

Gesetz bewährt sich für die ganze Umlaufsbewegung der Erde um die Sonne.

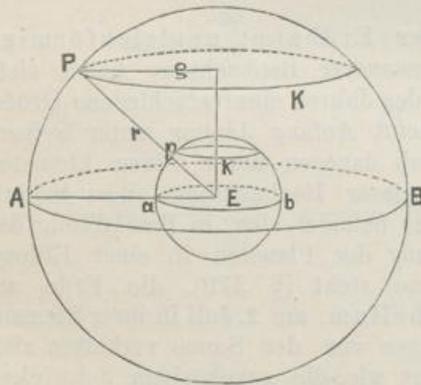
Dafs mit abnehmender Entfernung von der Sonne die Geschwindigkeit der Erde, welche durchschnittlich für die Sekunde 29,5 km oder 4 geographische Meilen beträgt, zunimmt, dient zur Bestätigung des sogenannten Flächensatzes (§ 379), nämlich dafs bei der Bewegung der Planeten um die Sonne vom Radius vector in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume bestrichen werden. Ferner stimmt mit der Beobachtung, dafs wir im Januar der Sonne näher sind als im Juli, die bekannte Erfahrung überein, dafs auf der südlichen Halbkugel der Erde, im besonderen in Australien, wo der Januar in den Sommer, der Juli in den Winter fällt, der Sommer heifser, der Winter kälter ist als auf der nördlichen Halbkugel.

Dritter Abschnitt.

Mathematische Geographie.

§ 363. Übertragung astronomischer Ortsbestimmungen auf die Erde. Äquator, Pole, Parallelkreise, Meridiane der Erde. Denkt man sich die Erde und den Himmel als zwei concentrische Kugeln, welcher Vorstellung sich am besten die scheinbare Drehung der Himmelskugel um die Erde anpafst, so lassen sich die in den ersten Ab-

Fig. 303.



zu jedem grössten Kugelkreise AB am Himmel ein grösster Kugelkreis ab der Erde.

Zur Bezeichnung derjenigen Punkte und Kreise, welche auf der Erdkugel den am Himmel bestimmten Punkten und Kreisen entsprechen, dienen grosenteils auch dieselben Namen. Die Erdaxe ist ein Teil der Himmelsaxe, ihre Schnittpunkte mit der Oberfläche der Erde sind die beiden Pole, der Nordpol und der Südpol der Erde. Demnach ist auch die Ebene durch die Himmelsaxe zugleich eine Ebene durch die Erdaxe, und es entsprechen den Himmelsmeridianen die Erdmeridiane als Kreise durch einen beliebigen Punkt auf der Erde und die Erdaxe.

Ebens
Erdä
bezeich
hat u
Äquato
und a
Äquato
wird d
so daf
Deklin

Be
dem Ä
Erdrad
nach el
multipl

§
eines I
Äquato
AQ als
bezoge
gemess
ihm zu
ausged
Centriv
geogr
die ge
Äquato
Meridia
stimmte
Winkel
Meridia
Anfang
der dur
wie Gre
derselbe
Insel F

Di
rialsyste
90° ge
Breite
ascensio
westlic

We
Breite h
gehören,
schieden
oder der
schieden
Das Ana
sie auf d
auf vers
eines Or

Ebenso ergibt der Himmelsäquator als Durchschnitt mit der Erde den Erdäquator, so daß auch dieser als derjenige größte Kreis der Erde zu bezeichnen ist, welcher überall gleiche Entfernung von den beiden Polen hat und darum die sämtlichen Erdmeridiane senkrecht durchschneidet. Der Äquator teilt die Erde in die nördliche und südliche Halbkugel, und als Parallelkreise bezeichnet man auch auf der Erde alle dem Äquator parallelen Kreise. Der Abstand jedes Parallelkreises vom Äquator wird durch den zwischen ihnen liegenden Bogen der Meridiane gemessen, so daß also jedem Parallelkreise auf der Erde ein Kreis von bestimmter Deklination (§ 354) am Himmel zugehört.

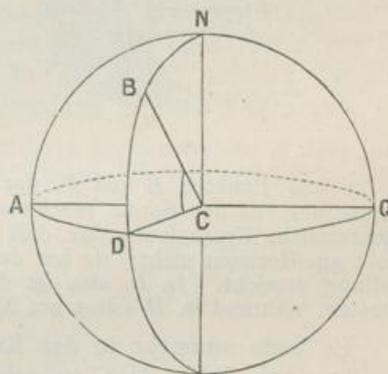
Bezeichnet man den Bogen eines Meridians zwischen einem Parallelkreis und dem Äquator oder den zugehörigen Centriwinkel des Meridians durch φ und den Erdradius durch r , so ist der Radius ρ des Parallelkreises $\rho = r \cos \varphi$, und demnach ebenso ein Grad des Parallelkreises gleich einem Äquatorialgrade, 111,3 km, multipliziert mit $\cos \varphi$, also z. B. für $\varphi = 60^\circ$ nur 55,65 km u. s. w.

§ 364. Geographische Breite und Länge. Zur Ortsbestimmung eines Punktes B auf der Erdkugel dienen dieselben Elemente, welche beim Äquatorialsystem (§ 354) zur Anwendung kommen, nämlich der Äquator AQ als Fundamentalkreis und auf ihn bezogen die Entfernung des Punktes, gemessen durch den Bogen BD des ihm zugehörigen Meridians in Graden ausgedrückt, oder der entsprechende Centriwinkel BCD des Meridians, die geographische Breite, und ferner die geographische Länge, d. i. der Äquatorialbogen AD zwischen dem Meridian des Ortes und einem bestimmten Anfangsmeridian, oder der Winkel ACD , welchen diese beiden Meridiane mit einander bilden. Als Anfangsmeridian NA wird entweder der durch eine bestimmte Sternwarte, wie Greenwich, Paris u. s. w. gewählt oder, damit alle Orte Europas auf derselben Seite des Anfangsmeridians liegen, der Meridian durch die Insel Ferro.

Die geographische Breite, entsprechend der Deklination im Äquatorialsystem, wird vom Äquator aus nach Norden und Süden von 0° bis 90° gerechnet und werden demnach Orte nördlicher und südlicher Breite unterschieden. Die geographische Länge, entsprechend der Rectascension der Gestirne, rechnet man vom Anfangsmeridian östlich und westlich von 0° bis 180° .

Weil alle Orte auf demselben Parallelkreise (§ 363) dieselbe geographische Breite haben und umgekehrt, bei gleicher Breite demselben Parallelkreise zugehören, so ergibt sich der Breitenunterschied zweier Orte, auch wenn sie verschiedene Länge besitzen, wenn sie zugleich auf derselben, nämlich der nördlichen oder der südlichen Erdhälfte liegen, durch Subtraktion, wenn sie dagegen verschiedenen Erdhälften angehören, durch Addition ihrer entsprechenden Breiten. Das Analoge gilt bei Bestimmung des Längenunterschiedes zweier Orte, je nachdem sie auf derselben durch den Anfangsmeridian bestimmten Erdhälfte liegen, oder auf verschiedenen Erdhälften. Daß die geographische Breite mit der Polhöhe eines Ortes übereinkommt, ist bereits in § 350 zum Austrag gekommen, ebenso

Fig. 304.

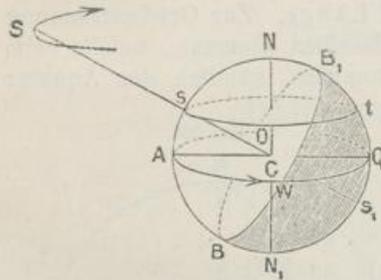


in § 351, durch welche Mittel die geographische Länge eines Ortes bestimmt wird. Ein Verzeichnis der Länge und Breite einiger Sternwarten folgt am Schluß.

§ 365. Beleuchtung der Erde durch die Sonne; die Tageszeiten. Die Wirkung der Licht- und Wärmestrahlen der Sonne auf die Erde verteilt sich in eigentümlicher Weise über deren ganze Oberfläche, vermöge der doppelten Bewegung der Erde um ihre Axe und um die Sonne.

Durch die bei der großen Entfernung der Sonne von der Erde (§ 370) als parallel anzunehmenden Sonnenstrahlen wird jederzeit die eine Hälfte der Erde beleuchtet, während die andere, der Sonne abgewendete Seite dunkel bleibt. Demnach ist stets auf der einen Hälfte der Erde Tag, auf der anderen Nacht. Dabei ergibt sich als der Mittelpunkt der erleuchteten Erdoberfläche der dem Mittelpunkt S der Sonne entsprechende Punkt s auf der Erde (§ 363), für welchen die Sonne momentan im Zenith steht.

Fig. 305.



An diesem Punkt s , sowie an allen Punkten desselben Meridians NAN_1 ist alsdann Mittag (meridies), weil für alle diese Punkte die Sonne sich im Meridian und zwar in der oberen Kulmination befindet (§ 351). Auf gleiche Weise ergibt sich, daß an dem zweiten Schnittpunkte s_1 der Centrale SC mit der Erdoberfläche und demnach in allen Punkten des zugehörigen Meridians NQN_1 Mitternacht ist, weil für alle diese Punkte die Sonne sich in ihrer unteren Kulmination befindet.

In den Punkten B und B_1 der Meridiane durch s und s_1 , welche an der Grenze der von der Sonne beschienenen Erdhälfte liegen, bietet sich dabei die eigentümliche Erscheinung dar, daß die Sonne in B um Mittag, in B_1 um Mitternacht am Horizont steht; sie hat dabei in B ihre höchste, in B_1 ihre niedrigste Stellung erreicht. In B_1 also ist das Phänomen der Mitternachtssonne eingetreten, während in B selbst um Mittag die Nacht nicht aufhört.

Es finde nunmehr in der Richtung von AWQ die Drehung der Erde um ihre Axe NN_1 statt, so scheint sich die Sonne in der entgegengesetzten Richtung, nämlich AOQ , zu bewegen und zwar auf einem bestimmten Parallelkreise zum Äquator, ihrem Tagbogen (§ 349), welchem auf der Erde der Parallelkreis st entspricht. Alle Punkte dieses Kreises, d. h. von gleicher Breite wie s , haben demnach im Laufe der folgenden 24 Stunden die Sonne nach einander im Zenith und zwar nach Verlauf von je einer Stunde im Vorschreiten von 15 Grad (§ 351). Denkt man sich also von dem Meridian NsN_1 aus nach Osten und Westen die je um 15° in der Länge sich unterscheidenden Meridiankreise gelegt, so nehmen dieselben nach Westen hin alle diejenigen Punkte der Erde auf, in denen der Mittag später als in den Punkten des Kreises NsN_1 und zwar bezüglich nach Verlauf von 1, 2, 3 . . . 12 Stunden eintritt, während in den nach Osten gelegenen Meridianen der Reihe nach der Mittag um 1, 2, 3 . . . 12 Stunden früher eingetreten ist*). Für die Punkte BOB_1 der Schatten-

*) Eine Änderung des Datums tritt nur bei dem 180° östlich oder westlich von Greenwich gelegenen Meridian (Datumsgrenze) ein, der fast ganz in die Südsee, östlich von Asien und Australien fällt, so daß Schiffe, je nachdem sie diesen Meridian nach Osten oder nach Westen hin passieren, einen Tag zurück- oder einen Tag vorzudatieren haben.

grenze
gang.

W
senkrec
Ebenen
folglich
6 Uhr
mittags
Zeit der
grenze

Bei
für alle
180°, f
Halkus
Entgege
wenn d
(§ 356)

§
zeiten
der str
sich di
wesentl
Mittag
des Au
nur ein

Di
zeit (E

man si
Erdflläc
stücke
Es seien
cylinder
fallende
durch s
verschie
kung de
Punkte
stücke
eben an

grenze BOB_1W findet bei der Stellung der Sonne in S Sonnenaufgang, für die Punkte der anderen Hälfte BWB_1 Sonnenuntergang statt.

Weil SC senkrecht steht auf der Ebene der Schattengrenze BOB_1W , und NC senkrecht auf der Ebene des Äquators $AOQW$, so ist der Durchschnitt beider Ebenen, OW , senkrecht auf der Ebene SCN , der anfänglichen Meridianebene; folglich ist für die Punkte des durch W gehenden Meridians die Vormittagszeit 6 Uhr (Morgen) und für die Punkte des durch O gehenden Meridians die Nachmittagszeit 6 Uhr (Abend). Ebenso läßt sich durch eine einfache Rechnung die Zeit des Sonnenaufganges und Sonnenunterganges für jeden Punkt der Schattengrenze BWB_1 bestimmen.

Bei der in Fig. 305 gewählten Stellung der Sonne nördlich vom Äquator ist für alle Punkte der Nordhälfte der Erde der Tagbogen der Sonne größer als 180° , für alle Punkte der Südhälfte kleiner als 180° , d. h. auf der nördlichen Halbkugel sind die Tage länger, auf der südlichen kürzer als die Nächte. Das Entgegengesetzte tritt ein bei einer Stellung der Sonne südlich vom Äquator. Nur wenn die Sonne sich im Äquator selbst befindet, d. h. zur Zeit der Äquinoktien (§ 356), haben auf der ganzen Erde Tag und Nacht gleiche Länge.

§ 366. Erwärmung der Erde durch die Sonne; die Jahreszeiten. Die Erwärmung der Erde ist fast ausschließlich ein Resultat der strahlenden Wärme der Sonne und findet demnach nur statt, solange sich die Sonne über dem Horizont befindet, also am Tage, ist dann aber wesentlich von der Höhe der Sonne abhängig und zwar am stärksten am Mittag, wo die Sonne ihre größte Höhe erreicht, am schwächsten zur Zeit des Auf- und Unterganges der Sonne. In der Nacht erleidet die Erde nur einen Wärmeverlust durch die Ausstrahlung in den Weltenraum.

Die Erde wird durch die parallel einfallenden Sonnenstrahlen (§ 365) jederzeit (Fig. 306) von einem ganzen Strahlencylinder DBB_1D_1 getroffen. Denkt

Fig. 306.

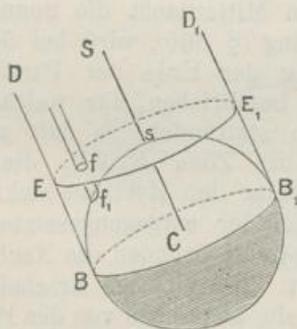
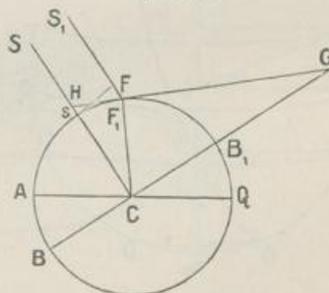


Fig. 307.



man sich nunmehr in s , dem Schnittpunkt der Axe dieses Cylinders mit der Erdoberfläche, die Tangentialebene an die letztere gelegt, so erleiden gleiche Flächenstücke dieser Ebene durch die Sonne gleiche Erleuchtung und gleiche Erwärmung. Es seien auf dem Durchschnittskreis EE_1 der Tangentialebene mit dem Strahlencylinder Flächenstücke f von gleichem Inhalt verzeichnet und die auf dieselben auffallenden Strahlencylinder bis zur Erdoberfläche erweitert, so erhalten auch die durch sie auf der Erde begrenzten Flächenstücke f_1 , obschon im allgemeinen von verschiedener Größe, gleichviel Licht und Wärme, wenn von der verschiedenen Wirkung der Licht- und Wärmestrahlen bei verschiedenen Entfernungen der einzelnen Punkte der Erde von der Sonne abgesehen wird. Nunmehr mögen die Flächenstücke f so klein angenommen werden, daß die zugehörigen Flächenstücke f_1 als eben anzusehen sind, so findet zwischen f und f_1 , wenn α der Winkel ist der

Tangentialebenen in s und F_1 (Fig. 307, in welcher f und f_1 bezüglich durch F und F_1 ersetzt sind), die bekannte Beziehung statt $f = f_1 \cos \alpha$, woraus sich

$$f_1 = \frac{f}{\cos \alpha}$$

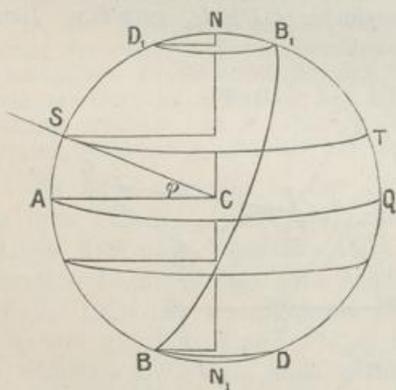
ergiebt. Der Winkel α ist $= F_1GC = F_1Cs$. Wenn man also die Wärmemenge, welche das Flächenstück f der Tangentialebene, die von den Sonnenstrahlen senkrecht getroffen wird, in einer Sekunde von der Sonne erhält, durch W bezeichnet, so erhält das Flächenstück $f_1 = \frac{f}{\cos \alpha}$, welches um den Bogen $sF_1 = \alpha$ von s entfernt ist, die gleich große Wärmemenge, folglich ein Flächenstück f in der gleichen Entfernung die Wärmemenge $W \cos \alpha$, oder wenn man durch β den Winkel S_1F_1H bezeichnet, unter welchem die Sonnenstrahlen das Flächenstück f_1 erreichen, und welcher den Winkel α zu 90° ergänzt, d. h. wenn β der Höhenwinkel der Sonne ist, so erhält f_1 in einer Sekunde die Wärmemenge:

$$W \sin \beta,$$

also: gleiche Flächenstücke auf der Erde erhalten bei gleichem Einfallswinkel der Sonnenstrahlen in gleicher Zeit gleichviel Wärme von der Sonne; und

bei verschiedenen Einfallswinkeln sind die gleichen Flächenstücke auf der Erde erteilten Wärmemengen proportional dem Sinus des Höhenwinkels der Sonne.

Während sich die Erde um ihre Axe NN_1 dreht (Fig. 308), d. h. im Zeitraum eines vollen Tages, beschreibt der Punkt S , für den sich die Sonne im Zenith befindet, und dessen Breite etwa φ sein möge, den Parallelkreis ST , haben also nach und nach alle Punkte der Breite φ am Mittag die stärkste Erwärmung. Dem entsprechend empfängt auch die nördliche Hälfte der Erde, welcher der Parallelkreis ST angehört, innerhalb 24 Stunden mehr Licht und



Wärme von der Sonne, als die Südhalbkugel, welche um mehr als die Breite φ vom Zenithstande der Sonne entfernt ist. Durch den Punkt B_1 , für den um Mitternacht die Sonne nicht unterging (§ 365), wird bei der Umdrehung der Erde der Parallelkreis B_1D_1 beschrieben, für welchen das Gleiche stattfindet, so daß also für die ganze Zone B_1ND_1 die Sonne nicht unter den Horizont sinkt, während auf der entgegengesetzten Zone BN_1D in 24 Stunden die Nacht nicht aufhört. Die gleichen Erscheinungen treten ein, abgesehen von der Parallel-

verschiebung der Kreise ST , B_1D_1 und BD , solange sich die Sonne nördlich vom Äquator befindet. Im ganzen empfängt alsdann der Norden mehr Licht und Wärme von der Sonne als der Süden, und es herrscht infolgedessen nördlich vom Äquator, wo die Tagbogen der Sonne mehr als 180° betragen, die warme Jahreszeit, der Sommer, dagegen südlich vom Äquator, wo die Tage kürzer sind als die Nächte, die kalte Jahreszeit, der Winter. In vollkommen entgegengesetzter Art macht sich der Einfluß der Sonne auf die Erde geltend, solange sie ihre Stellung südlich vom Äquator behauptet, indem dadurch auf der Nordhälfte der Erde der Winter, auf der Südhalbkugel der Sommer bedingt wird. Nur beim Übergang der Sonne vom Nordhimmel zum Südhimmel und umgekehrt, d. h. wenn

sich die
teilen
beginnt
ander

Die
während
23 1/2 Gr
Äquinok
größte
daher d
im Nord
Nächte,
d. h. mi
Süden d
der Son
die Jahr
Auf
der Som
verschie
Anfang
Umlauf
keit bes
bindungs
Sonne, d
Erdbahn
nächst g
das kürz
eine klei

Zu
Fig. 30
tivische
Erde an

der Erd
21. Mär
Äquator
axe auf
verteiler
kreis ge
senkrech
Zwische
im Früh
Herbst,
der Son

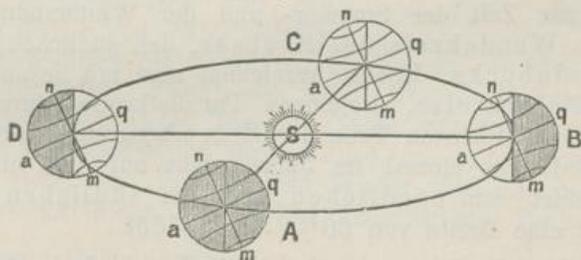
sich die Sonne im Äquator befindet, also zur Zeit der Äquinoktien, verteilen sich Licht und Wärme gleichmäÙig auf beide Hälften der Erde, beginnt also mit dem Frühling für die eine Erdhälfte die warme, für die andere Hälfte mit dem Herbst die kalte Jahreszeit.

Die Sonne geht am 21. März und am 23. September durch den Äquator, während sie am 21. Juni und am 21. Dezember ihren weitesten Abstand, nämlich $23\frac{1}{2}$ Grad bezüglich nördlich und südlich vom Äquator erreicht. Vom Frühlingsäquinoktium an also nehmen im Norden die Tage zu, bis sie am 21. Juni ihre größte Länge erreichen. Alsdann kehrt die Sonne wieder zum Äquator zurück — daher der Name Sonnenwende oder Solstitium — nehmen also die Nächte im Norden zu, bis mit der Herbst-Tagundnachtgleiche der Norden die längeren Nächte, der Süden die längeren Tage bekommt. Vom 21. Dezember an endlich, d. h. mit der Wintersonnenwende des Nordens, wo im Norden der kürzeste, im Süden der längste Tag eingetreten ist, gleichen sich allmählich, mit der Rückkehr der Sonne zum Äquator, Tag und Nacht in ihrer Zeitdauer, und demnach auch die Jahreszeiten in ihrem Gegensatz, wieder aus.

Auf der Nordhälfte der Erde dauert gegenwärtig der Frühling 92 Tage 21^h , der Sommer 93 Tage 14^h , der Herbst 89 Tage 17^h , der Winter 89 Tage 2^h . Die verschiedene Länge der Jahreszeiten ist eine Folge davon, daß sich die Erde Anfang Januar im Perihel, Anfang Juli im Aphel befindet (§ 362), also in ihrer Umlaufbewegung um die Sonne im Herbst und Winter eine größere Geschwindigkeit besitzt, als im Frühling und Sommer; hierzu kommt noch, daß die Verbindungslinie der beiden Äquinoktien, welche zugleich durch den Mittelpunkt der Sonne, d. h. durch den dem Perihel zunächst gelegenen Brennpunkt (§ 379) der Erdbahn geht, diese in zwei ungleiche Stücke teilt, von denen das der Sonne zunächst gelegene, von der Erde im Winterhalbjahr ihrer Nordhälfte durchlaufene, das kürzere ist. Wegen der Präcession der Nachtgleichen (§ 358) tritt alljährlich eine kleine Änderung in der Länge der Jahreszeiten ein.

Zur Veranschaulichung der gewonnenen Resultate dient auch die Fig. 302, in welcher der Jahresumlauf der Erde um die Sonne in perspektivischer Lage dargestellt ist. *A, B, C, D* sind die vier Stellungen der Erde am Beginn der einzelnen Jahreszeiten, *nm* die unveränderte Stellung

Fig. 302.



der Erdaxe, um welche die tägliche Umdrehung der Erde stattfindet. Am 21. März (*A*) und am 23. September (*C*) hat die Sonne ihre Stellung im Äquator, d. h. im Zenith über dem Erdäquator; die Projektion der Erdaxe auf die Ekliptik wird eine Tangente der Erdbahn. Licht und Wärme verteilen sich gleichmäÙig über beide Hälften der Erde. Der Erleuchtungskreis geht durch die beiden Pole *n* und *m* der Erde und steht demnach senkrecht auf dem Äquator. Beide Erdhälften befinden sich in der Zwischenzeit zwischen Sommer und Winter und zwar in *A* die Nordhälfte im Frühling, die Südhälfte im Herbst, dagegen in *C* die Nordhälfte im Herbst, die Südhälfte im Frühling. Am 21. Juni (*B*) wendet die Erde der Sonne ihre nördliche, am 21. Dezember (*D*) ihre südliche Halbkugel

zu: in beiden Stellungen haben die Projektionen der Erdaxe auf die Ekliptik die Richtung eines Radius der Erdbahn. In der Stellung *B* hat der Breitenkreis $23\frac{1}{2}^{\circ}$ die Sonne um Mittag im Zenith und erstreckt sich der Erleuchtungskreis bis zur Breite $66\frac{1}{2}^{\circ}$. Die Nordhälfte der Erde hat längere Tage und kürzere Nächte als die Südhälfte; auf der ersteren herrscht also die wärmere, auf der letzteren die kältere Jahreszeit. Umgekehrt verhält es sich bei der Stellung *D* am 21. Dezember, wo im Norden der Winter, im Süden der Sommer beginnt.

§ 367. Die Wendekreise und Polarkreise. Zwischen den Gegensätzen, welche der Norden und der Süden der Erde in Beziehung auf die Jahreszeiten darstellen, nämlich dafs gleichzeitig mit dem nördlichen Sommer der südliche Winter eintritt, zu seinem Höhepunkt wächst und wieder endigt und umgekehrt, bildet die Äquatorialgegend insofern die Vermittelung, als hier, wo die Unterschiede in der Dauer des Tages und der Nacht fortfallen, auch nicht mehr ein halbjähriger Sommer und ein halbjähriger Winter eintritt. Weil nämlich am Äquator die Sonne zur Zeit der Äquinoktien um Mittag im Zenith steht, dagegen zur Zeit der Sonnenwende die größte Abweichung ($23\frac{1}{2}^{\circ}$) vom Äquator, also die Höhe $66\frac{1}{2}^{\circ}$ besitzt, so sind hier der 21. März und der 23. September die heifsesten, der 21. Juni und der 21. Dezember dagegen die am wenigsten heifsen Tage. Anstelle des Sommers und Winters treten in den Äquatorialgebenden die Regenzeiten. Vom Äquator aber bis zur Breite der Sonnenwende nähern sich einander mehr und mehr diejenigen beiden Tage des Jahres, an denen die Sonne um Mittag im Zenith steht, und macht sich darum durch Konzentration der Wärme allmählich mehr ein heifser Hochsommer geltend. Man nennt die Parallelkreise in der Breite $23\frac{1}{2}^{\circ}$ auf beiden Seiten des Äquators, oberhalb deren die Sonnenwende stattfindet, also die Sonne einmal im Jahre im Zenith steht, die Wendekreise (circuli tropici) und zwar, entsprechend der Stellung der Sonne in der Ekliptik zur Zeit der Sommer- und der Wintersonnenwende, den nördlichen den Wendekreis des Krebses, den südlichen den Wendekreis des Steinbocks. Ebenso bezeichnet man mit besonderen Namen, nämlich der Polarkreise, diejenigen Parallelkreise, durch welche die nördlichsten und südlichsten Teile der Erde abgegrenzt werden, an denen die Sonne mindestens einmal im Jahre nicht auf- und nicht untergeht, und unterscheidet den nördlichen und den südlichen Polarkreis. Beiden kommt eine Breite von $66\frac{1}{2}^{\circ}$ zu (§ 365).

Der Unterschied der Jahreszeiten ist durch die Schiefe der Ekliptik bedingt. Fiele die Ekliptik mit dem Äquator zusammen, d. h. hätte die Erdaxe zur Ebene ihrer Bahn um die Sonne eine senkrechte Lage, so würde der Tagbogen der Sonne das ganze Jahr unverändert 180° betragen, Tag und Nacht also würden auf der ganzen Erde von gleicher Dauer sein, und ebenso würde überall die Sonne täglich im Ostpunkt aufgehen und im Westpunkt untergehen und um Mittag dieselbe Höhe, das Komplement der geographischen Breite, erreichen. Demnach würde sowohl die Erleuchtung, als die Erwärmung der Erde durch die Sonne während des ganzen Jahres keine Änderung erfahren. Die Äquatorialgebenden würden unerträglich von der Hitze, die Polargebenden von der Kälte zu leiden haben. — Wenn dagegen die Schiefe der Ekliptik 90° betrüge, d. h. der Äquator der Erde auf der Ebene ihrer Bahn senkrecht stände, oder die Erdaxe in die Ebene ihrer Bahn fiele, so würde an den Polen der heifseste Hochsommer herrschen, weil die Sonne zur Sommersonnenwende den ganzen Tag über im Zenith stehen würde; am Äquator dagegen würde die Sonne zur Zeit der Solstitien den ganzen Tag über bezüglich am Nord- oder am Südpunkt feststehen, so dafs also

wie zu
Jahre

durch
gegen
Jahres
einmal
unter
darum
von 4
Im Ge
beiden
auf de
geht u
Mittag
Zonen
südlich
einzel
Hochs
oder M
jedoch
spitzen
Wärme
in den
hindur
der E
in den
verlore

Z
Zone,
Breite
auf be
um M
innerh
raum
Breite
dauern

Vo
kommen
mäßige
Wende
28 Min
die Dau
an sch
und En
den Ho
noch vo
Sonnem
Sonnem
wirkend
Punkte
Breiten
und Wi

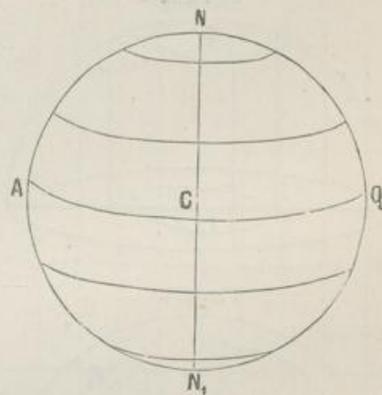
wie zur Zeit der Nachtgleichen zweimal im Jahre Sommer, so auch zweimal im Jahre Winter sein würde.

§ 368. Die fünf Zonen. Nach der verschiedenen Erwärmung durch die Sonne unterscheidet man auf der Erde fünf durch Parallelkreise gegen einander abgegrenzte Zonen. Die größte Erwärmung im Laufe des Jahres erfolgt zwischen den Wendekreisen (§ 367), wo die Sonne mindestens einmal im Jahre im Zenith steht und ihre Mittagshöhe am Äquator nicht unter $66\frac{1}{2}^{\circ}$, an den Wendekreisen nicht unter 43° sinkt. Man nennt darum den Äquatorialgürtel zwischen den Wendekreisen, der eine Breite von 47° besitzt, die heiße Zone, bisweilen auch den Tropengürtel. Im Gegensatz hierzu heißen die durch die Polarkreise abgegrenzten, die beiden Pole bis zur Breite $66\frac{1}{2}^{\circ}$ umgebenden Teile der Erdoberfläche, auf denen die Sonne mindestens einmal im Jahre (im Sommer) nicht untergeht und (im Winter) nicht aufgeht, und auch am längsten Tage die Mittagshöhe 47° (an den Polen nur $23\frac{1}{2}^{\circ}$) nicht übersteigt, die kalten Zonen, oder die nördliche und die südliche Polarzone. Die Sonne geht in einzelnen Gegenden der kalten Zone im Hochsommer mehrere Tage, ja Wochen oder Monate nicht unter, ihre Strahlen jedoch treffen die Erde unter einem so spitzen Winkel, daß sie nur eine geringe Wärmewirkung äußern (§ 366), während in den langen, ebenfalls selbst Monate hindurch andauernden Winternächten der Erdoberfläche durch Ausstrahlung in den Weltraum sehr viel Wärme verloren geht.

Zwischen der kalten und heißen Zone, also eingeschlossen von den Breitengraden $66\frac{1}{2}^{\circ}$ und $23\frac{1}{2}^{\circ}$, liegen auf beiden Erdhälften die gemäßigten Zonen. In ihnen erreicht selbst um Mittag die Sonne niemals das Zenith des Beobachters; es wechseln innerhalb jeder 24 Stunden Tag und Nacht mit um so größerem Spielraum in der Verschiedenheit ihrer Länge, je größer die geographische Breite eines Ortes ist. Sommer und Winter sind durch die länger andauernden, vermittelnden Jahreszeiten Frühling und Herbst getrennt.

Von den 512 Million Quadratkilometern, welche die Erdoberfläche beträgt, kommen etwa 204 Million auf die heiße Zone, 264 Million auf die beiden gemäßigten und 44 Million auf die beiden kalten Zonen. — Während an den Wendekreisen der längste Tag und demnach auch die längste Nacht 13 Stunden 28 Minuten betragen, nimmt von den Polarkreisen, d. h. von der Breite $66\frac{1}{2}^{\circ}$ an, die Dauer des längsten Tages schnell zu, so daß dieselbe von der Breite $67^{\circ} 18'$ an schon mehr als einen Monat beträgt. Es ist dabei vorausgesetzt, daß Anfang und Ende des Tages von dem Hindurchgehen des Mittelpunktes der Sonne durch den Horizont aus gerechnet werden, während in Wirklichkeit die Sonnenstrahlen noch von bedeutender Leuchtkraft sind, wenn bereits mehr als die Hälfte der Sonnenscheibe sich unterhalb des Horizontes befindet; außerdem wird auch die Sonnenscheibe selbst durch die in der Nähe des Horizontes vorzugsweise stark wirkende atmosphärische Strahlenbrechung (§ 353) gehoben, so daß für alle Punkte der Erde die Tageslänge einen Zuwachs erhält, der in den höheren Breiten mehrere Stunden betragen kann. — Die Temperaturdifferenz im Sommer und Winter wird mit abnehmender geographischer Breite geringer: so beträgt der

Fig. 309.

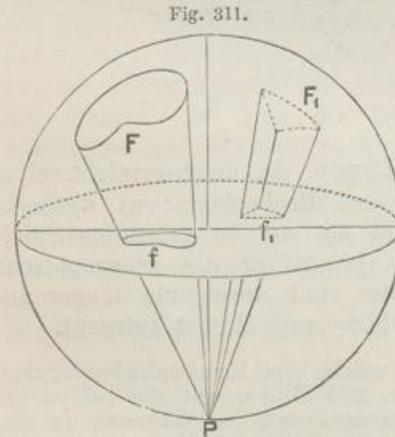
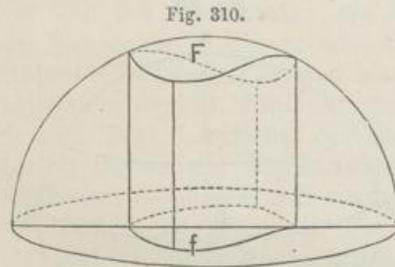


Unterschied zwischen der mittleren Temperatur des heifsesten und des kältesten Monats für

Jakutsk . . .	Breite	62° 2'	63,5° C.
München . . .	"	48° 9'	19,5° C.
Palermo . . .	"	38° 7'	13,9° C.
Mexiko . . .	"	19° 26'	7,9° C.
Quito . . .	"	0° 14'	1,7° C.

§ 369. Kartenprojektionen. Ein genaues Bild der Oberfläche der Erde oder der Himmelskugel ist einzig auf einem Erd- oder Himmelsglobus darzustellen: durch eine ebene Zeichnung, eine Erd- oder Himmelskarte, läßt sich immer nur ein mehr oder weniger verzerrtes Bild geben, weil kein Teil einer Kugelfläche — von der Abplattung der Erde wird ganz abgesehen — auf eine Ebene ausgebreitet oder projiziert werden kann, ohne gröfsere oder geringere Ausdehnung oder Zusammenziehung einzelner Teile. Zur praktischen Anwendung bei Zeichnung von geographischen oder Sternkarten gelangen vorzugsweise drei Projektionssysteme,

das orthographische, das stereographische und die Mercatorprojektion.



Grundebene, mit sämtlichen Punkten von F verbunden, so sind die Schnittpunkte der Verbindungslinien ebensoviele Punkte der zu entwerfenden Karte. Diese selbst stellt also das Bild der Figur F dar, wie diese einem in P befindlichen Auge erscheint. Als Vorteile der stereographischen Projektion sind hervorzuheben, daß im allgemeinen Kreise der Halbkugel auch Kreise in der Zeichnung werden, und daß sehr kleine Dreiecke der Halbkugel in ähnliche Dreiecke auf die Zeichnung übertragen werden, so daß die gezeichnete Figur der zu projizierenden in den kleinsten Teilen ähnlich ist. Während bei der orthographischen Projektion die seitlichen

1. Bei der orthographischen Projektion (Fig. 310) wird jeder Punkt der Halbkugel auf ihre Grundebene senkrecht projiziert, so daß durch die Karte die Halbkugel dargestellt wird, wie sie einem in sehr großer (unendlicher) Entfernung über der Grundebene befindlichen Auge erscheinen würde. Es werden dabei nur die mittleren Teile der Halbkugel in ziemlich unveränderter Form abgebildet, die seitlich gelegenen aber erleiden große Verzerrungen, so daß sich die orthographische Projektion nur zur Darstellung kleiner Teile der Kugel eignet.

2. Die stereographische Projektion ist von diesem Mangel im ganzen frei. Um eine Figur F (Fig. 311) von einer Halbkugel auf deren Grundebene zu übertragen, denkt man sich die Halbkugel zur vollen Kugel erweitert und den tiefsten Punkt P der Erweiterung, d. i. den unteren Pol der

Figuren
Zeichn
graphis
3
erfährt
werden
Systeme
Man le
Linie (d
die Mer
parallel
den Ta
dem Äq
— und
vorzugs
Äquator
projizier
bunden,
Verbind
Kugelflä
die Cyli
vielen I
Figur, v
ausgebr
projizier
Karte er
largegen
(Fig. 31

Die
struktion
angenehm
sind die
zu reduzi
sprechend
Längengr
Abszissen
tion das
graphisch
Teilen al
daß anst

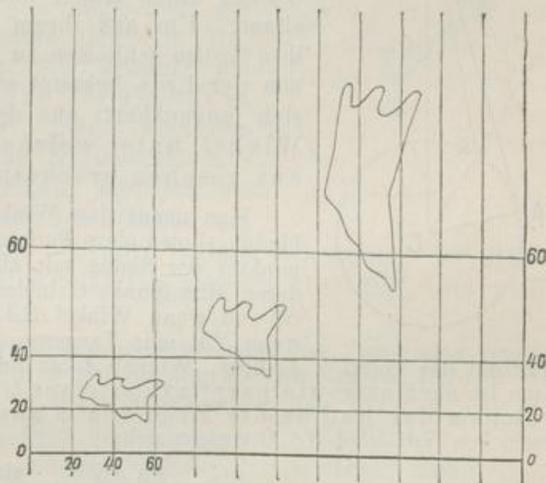
$y_1 = r$
Diese Or
erst für
für $\varphi =$

Aufs
auch bei
in welche
dromisc
Mercator
übrigen
dus Pt.

Figuren, in Vergleich mit den der Mitte näher gelegenen, sich in der Zeichnung sehr verengt darstellen, erscheinen dieselben bei der stereographischen dagegen sehr erweitert.

3. Durch die Mercatorprojektion (Gerhard Mercator, † 1594), erfährt die Kugel eine Darstellung, wie sie von keinem Punkt aus gesehen werden kann. Anstelle der Parallelkreise und der Meridiane treten zwei Systeme paralleler, einander senkrecht durchschneidender gerader Linien. Man legt (zu angenäherter Konstruktion) etwa den Äquator als eine gerade Linie (Abscissenaxe) zu Grunde, errichtet auf ihm in gleichen Abständen die Meridiane als Lote (Ordinaten) und trägt die Parallelkreise als Linien parallel zum Äquator ein, in Abständen von diesem, welche gleich sind den Tangenten der zugehörigen Breite an einem Kreise, dessen Umfang dem Äquator gleich ist. Oder man denkt sich an die darzustellende Kugel — und um eine ganze Kugelfläche darzustellen, ist die Mercatorprojektion vorzugsweise geeignet — eine Cylinderfläche gelegt, welche die Kugel im Äquator berührt, und den Mittelpunkt der Kugel mit den Punkten der zu projizierenden Figur *F* verbunden, so durchschneiden die Verbindungslinien, über die Kugelfläche hinaus verlängert, die Cylinderfläche in ebensovielen Punkten einer neuen Figur, welche auf die Ebene ausgebreitet die Mercatorprojektion darstellt. Auf der Karte erscheinen dabei die Polargegenden sehr ausgedehnt (Fig. 312).

Fig. 312.



Die oben angegebene Konstruktion ist, wie bemerkt, nur angenähert richtig. In der That sind die Ordinaten in der Art zu reduzieren, daß an jeder entsprechenden Stelle Breiten- und Längengrade und Ordinaten- und Abscissengrade auf der Projektion dasselbe Verhältnis haben. Demnach ist auch hier, wie bei der stereographischen Projektion, die gezeichnete Figur der zu projizierenden in den kleinsten Teilen ähnlich. Bei genauer Bestimmung durch analytische Mittel ergibt sich, daß anstelle der der Breite φ zukommenden Ordinate $y = r \cdot \operatorname{tg} \varphi$ die Ordinate $y_1 = r \cdot \log \operatorname{nat} \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right)$ zu setzen ist, wo r den Radius der Erde bedeutet. Diese Ordinaten stimmen für kleine Werte von φ fast ganz überein und zeigen erst für höhere Breiten größere Unterschiede. Es hat nämlich die Differenz $\frac{y-y_1}{r}$ für $\varphi = 20^\circ, 40^\circ, 60^\circ, 80^\circ$ bezüglich die Werte 0,01, 0,08, 0,41, 3,23.

Außer bei Darstellung der ganzen Erdoberfläche wird die Mercatorprojektion auch bei Schiffskarten den übrigen Projektionsmethoden vorgezogen, weil die Linie, in welcher sich ein Schiff in demselben Windstriche bewegt, die sogenannte loxodromische Linie, mit allen Meridianen denselben Winkel bildet, also bei der Mercatorprojektion eine gerade Linie wird. Die meiste Anwendung findet im übrigen die stereographische Projektion; dieser Projektion hat sich schon Claudius Ptolemäus (um 120 n. Chr.) in seiner Geographie bedient.