

Teil I.

Mathematische oder Astronomische Geographie.

§ 1.

Die mathematische Geographie handelt von den **Himmelskörpern**, insbesondere von der **Erde** und zwar:

- 1) von ihrer Gestalt,
- 2) von ihren Größenverhältnissen,
- 3) von ihren Beziehungen zu Sonne und Mond.

§ 2.

Unter den Himmelskörpern oder Sternen unterscheidet man vier Klassen:

- 1) **Fixsterne** — stellae fixae —,
- 2) **Kometen** oder Schweifsterne,
- 3) **Planeten** oder Wandelsterne,
- 4) **Monde** oder Trabanten.

§ 3.

Die **Fixsterne** verändern ihren Standpunkt am Himmel nicht und leuchten mit eigenem Licht; zu ihnen gehört die Sonne.

Anmerkung 1. Die Entfernung der Fixsterne von der Erde wird mit Hilfe der Fixsternparallaxe berechnet d. h. mit Hilfe des Winkels, unter welchem der Durchmesser der Erdbahn von dem betreffenden Fixstern aus gesehen erscheint. Als Maßeinheit liegt diesen Rechnungen wegen der großen Dimensionen, die dabei in Frage kommen, das Lichtjahr zu Grunde.

Anmerkung 2. Die Entfernung der Erde von der Sonne findet man mit Hilfe der Sonnenparallaxe d. h. mit Hilfe des Winkels, unter welchem der Halbmesser der Erde von der Sonne aus gesehen erscheint.

§ 4.

Die **Kometen** bestehen aus einem Kern und einem gasförmigen Schweif. Die zu unserem Sonnensystem gehörenden Kometen bewegen sich in elliptischen Bahnen um die Sonne.

§ 5.

Die Planeten sind lichtlose Sterne, welche mit dem Centralkörper, der Sonne, das Sonnensystem bilden. Sie werden von der Sonne erleuchtet und bewegen sich um dieselbe in folgender Reihenfolge: Merkur, Venus, Erde, Mars, Ring der kleinen Planeten, Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun.

Die Zeit eines Umlaufes um die Sonne nennt man ein Planetenjahr; dasselbe wächst mit der Entfernung des Planeten von der Sonne.

Die Bahnen der Planeten sind Ellipsen, in deren einem Brennpunkte die Sonne steht; man unterscheidet demnach eine Sonnennähe — Perihel — und Sonnenferne — Aphel —. (Über die Ellipse s. Fig. I.)

§ 6.

Zu den Planeten gehört die Erde, ein kugelförmiger, an den Polen abgeplatteter Körper.

§ 7.

Für die Kugelgestalt der Erde sprechen folgende Gründe:

- 1) Der Horizont d. h. der dem Auge des Beobachters sichtbare Teil der Erde erscheint von jedem Punkte der Erdoberfläche, welcher einen freien Blick gewährt, kreisrund, was nur bei einer Kugel zutrifft.

Anmerkung 1. Die Ausichtsweite eines Punktes findet man aus folgender Rechnung: Es sei in Fig. II A die Spitze eines Berges, dessen Fußpunkt bei B liegt, so sind AD_1 und AD_2 die Ausichtsweiten. In dem rechtwinkligen Dreieck AD_1C ist aber $AD_1 = \sqrt{AC^2 - CD_1^2} = \sqrt{(r+h)^2 - r^2} = \sqrt{h \cdot (h+2r)}$, eine Größe, welche sich leicht aus der Höhe des Berges und der Länge des Erdradius berechnen läßt. Die Größe des so gefundenen Radius des Horizontes ist insofern ungenau, als die Brechung der Lichtstrahlen dabei nicht berücksichtigt ist.

- 2) Hoch in die Luft ragende Körper, wie Gebirge, Kirchtürme, Schiffe u. dergl. sind aus der Ferne nur durch ihre Spitzen sichtbar; der untere Teil wird also durch die zwischen dem Auge des Beobachters und dem Körper liegende Wölbung der Erde verdeckt.
- 3) Man kann die Erde umfahren.
- 4) Bei Mondfinsternissen (§ 20) erscheint der Schatten der Erde auf der hellen Mondscheibe stets kreisrund, es wirft aber von allen Körpern nur die Kugel stets einen kreisförmigen Schatten.
- 5) Soweit die Gestalt der übrigen Himmelskörper zu erkennen ist, zeigen sie die Form der Kugel; was aber für andere Sterne gilt, wird auch für die Erde gelten.

Ist die Erde demnach eine Kugel, so treffen für sie alle mathematischen Eigenschaften der Kugel zu. Man bestimmt also die Punkte ihrer Oberfläche auf folgende Weise:

- 1) Man denkt sich einen größten Kreis, den Äquator, in 360 gleiche Teile zerlegt, die man nach Belieben wieder in kleinere Stücke teilen kann, und durch jeden der Teilpunkte und die Pole größte Kreise gezogen; so entstehen 360 Halbkreise, welche alle senkrecht auf dem Äquator stehen. Sie werden Meridiane oder Mittagskreise genannt, weil alle Punkte, welche auf einem dieser Kreise liegen, zu gleicher Zeit Mittag haben. Den Meridian nun, auf welchem die Sternwarte von Greenwich liegt, nennt man den Nullmeridian und zählt von da nach Osten von 1° bis 360° . Die Entfernung vom Nullmeridian heißt östliche Länge (ö. L.); Paris $2^{\frac{1}{3}}^{\circ}$, Ferro $342^{\frac{1}{3}}^{\circ}$ ö. L.
- 2) Man denkt sich den Nullmeridian vom Äquator ab nach N. und S. in je 90 gleiche Teile zerlegt, die man ebenfalls nach Belieben in kleinere Stücke teilen kann, und durch jeden der Teilpunkte Parallelkreise zum Äquator gezogen, also 90 nach N. und S. Nennt man hier den Äquator den Nullkreis, so rechnet man von da von 1° bis 90° nach N. und S.; man nennt die Entfernung vom Äquator nördliche und südliche Breite — n. Br., s. Br. — Während die Meridiane alle die gleiche Länge haben, nimmt die Länge der Breitenkreise nach den Polen hin ab. (s. Fig. XV.)

Da nun Meridiane und Breitenkreise überall senkrecht aufeinander stehen, so ist jeder Punkt der Erdoberfläche als geometrischer Ort zweier sich unter einem rechten Winkel schneidenden geraden Linien bekannt, sobald die geographische Breite und Länge desselben festgestellt ist. (s. § 12 und § 15 Anm. 1.)

§ 8.

Die Abplattung der Erde wird bewiesen:

- 1) durch Gradmessungen. Die zu gleichen Centriwinkeln gehörenden Teile eines Meridians müssen gleiche Länge haben, wenn die Erde eine Kugel ist. Es ist aber durch Messungen festgestellt worden, daß ein Meridianstück, welches in der Nähe des Äquators gelegen ist, kleiner ist als ein solches in der Nähe der Pole bei gleichen Centriwinkeln. Daraus folgt, daß die Erde nach den Polen zu abgeplattet ist;

Anmerkung 1. Man mißt größere Abschnitte eines Meridians mit Hilfe der Triangulation: Ist die Länge des Bogens AB gesucht, (Fig. III), so mißt man zunächst mit dem Metermaß das kleinere Stück AC aus, konstruiert auf dieser Grundlinie das Dreieck ACD,

wobei D ein beliebiger hervorragender Punkt ist, vielleicht eine Bergspitze, dann kennt man in $\triangle ACD$ außer AC , $\sphericalangle DAC$ und $\sphericalangle DCA$, also auch AD , und in $\triangle ADB$ außer dem eben berechneten AD $\sphericalangle DAB$ und $\sphericalangle DBA$, also auch AB .

- 2) durch **Pendelbeobachtungen**. Wäre die Erde eine Kugel, so müßte die Schwerkraft auf ihr überall die gleiche sein, ein Pendel also, was an dem einen Orte Sekunden schlägt, sie auch an dem anderen schlagen. Thatsächlich aber muß man ein Pendel, welches am Äquator Sekunden schlägt, entsprechend verlängern, je weiter man zu den Polen gelangt, damit es wieder Sekunden schlägt. Die Schwerkraft nimmt demnach nach den Polen hin zu. Da nun aber die Schwerkraft mit der Annäherung an den Erdmittelpunkt wächst, so liegen die Pole ihm näher als Punkte des Äquators, d. h. die Erde ist nach den Polen hin abgeplattet. (S. § 11.)

Anmerkung 1. Bei den gewöhnlichen mathematischen Berechnungen von Größenverhältnissen der Erde läßt man die Abplattung außer acht, so daß also der Äquator und ein jeder Meridiankreis als gleiche Größen betrachtet werden.

§ 9.

Die **Größenverhältnisse** der Erde (Fig. IV) sind folgende:

Radius des Äquators — r	= 6377 km.
Radius der Meridiankreise — ρ	= 6356 km.
Abplattung oder $r - \rho$	= 21 km = $\frac{1}{299} r$.
Umfang des Äquators — U	= 40,070 km.
Ein Grad am Äquator oder Meridian	= 111,3 km.
Oberfläche — O	= 510 Mill. \square km.
Inhalt — J	= 1,1 Billion ckm.

Anmerkung 1. Bei allen Rechnungen legt man einen mittleren Radius für alle größten Kreise der Erde von 6370,3 km zu Grunde, welcher einer Kugeloberfläche von 510 Mill. \square km. entspricht.

§ 10.

Bei ihrem Laufe um die Sonne bewegt sich die Erde in einem Tage um ihre eigene Achse und zwar in der Richtung von West nach Ost — **Erdrotation**. — Während der Zeit einer Umdrehung tritt die Sonne am Anfang und Ende in den Meridian des Beobachtungspunktes. Da aber die Sonne wie andere Fixsterne scheinbar Bögen am Himmel beschreiben, indem sie im Osten am Horizont aufgehend in die Höhe steigen, bis sie im Meridian die Höhe — Kulmen — erreicht haben, und dann wieder nach Westen zu absteigen, so redet man von einer Kulmination der Sterne. Danach kann man also den **Sonntag** als die Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden Kulminationen der Sonne definieren, wäh-

rend man ebenso einen **Sterntag** als die Zeit zwischen zwei Kulminationen eines Fixsternes erklären kann. Der Sterntag ist etwa 4 Minuten kürzer als der Sonnentag.

§ 11.

Für die **Erddrotation** sprechen folgende Gründe:

- 1) Es fehlt eine **Centralkraft**, welche die Bewegung des Himmels bewirkt. Die Gestirne müßten bei der Annahme einer solchen Centralkraft trotz ihrer verschiedenen z. T. ungeheuren Entfernung, trotz ihrer ungleichen Größe alle in derselben Zeit ihren Umlauf vollenden, was nicht wahrscheinlich ist.
- 2) Der **Foucault'sche Pendelversuch**: Ein frei im Raume schwebendes Pendel verändert seine Schwingungsebene nicht; wenn trotzdem ein in der Meridianebene des Beobachtungsortes schwingendes Pendel seine Lage gegen seine Umgebung verändert, so muß sich die Lage des Beobachtungsortes verschieben.
- 3) Der **Fallversuch**: Läßt man von der Spitze eines hohen Turmes einen schweren Gegenstand fallen, so muß derselbe genau den Punkt der Erde erreichen, der senkrecht unter ihm liegt, vorausgesetzt, daß die Erde still steht. In Wirklichkeit aber weicht die Falllinie etwas nach Osten hin ab. Dies erklärt sich dadurch, daß sich die Turmspitze bei einer Drehung der Erde schneller bewegt als der Fuß des Turmes, weil sie einen größeren Bogen zu beschreiben hat, der fallende Gegenstand aber auch im Fall die anfängliche Drehungsgeschwindigkeit beibehält, also seinem Fußpunkt etwas in der Richtung der Erddrehung d. h. östlich vorausseilt. Bewegt sich aber die Erde um ihre eigene Achse, so erklärt sich leicht

- 1) die **Aufschwellung der Erde am Äquator**, denn wie ein Ball sich bei schneller Achsendrehung in der Mitte aufbauscht, so ist es auch dem einst glutflüssigen Erdkörper ergangen;
- 2) die **Abnahme der Schwerkraft vom Äquator nach den Polen** zu, denn bei einer Achsendrehung der Erde wird die Schwerkraft durch die Centrifugalkraft beeinträchtigt (s. § 7);
- 3) die **Erscheinung der Windablenkung**, wie sie bei den Passaten sichtbar ist.

§ 12.

Die **Länge des Sonnentages** rechnet man zu 24 Stunden. Es beschreibt also in je 24 Stunden jeder Punkt der Erdoberfläche einen vollen Kreis oder 360 Grad. Daraus ergibt sich, daß jeder Punkt in 4 Minuten je einen Grad seines Breitenkreises durchseilt

oder mit anderen Worten, daß ein Zeitunterschied von 4 Minuten einen Längenunterschied von 1° darstellt und zwar nach O., wenn die Uhr der des Ausgangspunktes 4 m. vorausgeht, nach W., wenn sie ihr nachgeht. Ist es in Greenwich 12 h. mittags, so zeigt die Uhr von Paris 12 h. 9 m. 20 s., die von Ferro 10 h. 49 m. 20 s.

§. 13.

Die Erde bewegt sich um die Sonne (Fig. V) — **Erdrevolution** —; das **Erdjahr** d. h. die Zeit einer Umdrehung um die Sonne rechnet man zu $365\frac{1}{4}$ Sonnentag; der Umfang der Erdbahnellipse hat eine Länge von 934 Millionen km, so daß die mittlere Fortbewegungsgeschwindigkeit der Erde 29,6 km in der Sekunde beträgt; die Entfernung der Erde von der Sonne beträgt im Aphel 151 Mill. km, im Perihel 146 Mill. km, die mittlere Entfernung demnach 148,5 Mill. km, die Excentricität der Ellipse $2\frac{1}{2}$ Mill. km oder $\frac{1}{60}$ der mittleren Entfernung. (s. auch Fig. I.)

Anmerkung 1. Die Dauer des Erdjahres ist genau 365 T. 5 h. 48 m. 46 s. Der Kalender Julius Cäsars hat ein Jahr von $365\frac{1}{4}$ T. zur Grundlage, so daß auf 3 Jahre zu 365 T. stets ein Schaltjahr zu 366 T. folgte. Auf Veranlassung des Papstes Gregor XIII. — 1582 — ist in den Ländern der römisch-katholischen Kirche ein neuer Kalender eingeführt, wonach von den Säcularschaltjahren nur jedes vierte als Schaltjahr gerechnet wird. Dadurch ist die Differenz zwischen der Kalenderrechnung und der wahren Zeit nahezu ausgeglichen.

Anmerkung 2. Die Fortbewegungsgeschwindigkeit der Erde ist um so größer, je näher die Erde der Sonne kommt; hierin liegt ein Grund für die Verschiedenheit der Länge der Sonnentage.

Anmerkung 3. Das Aphel fällt in den Sommer, das Perihel in den Winter der nördlichen Halbkugel.

§ 14.

Die scheinbare Bahn der Sonne (Fig. VI) — **Eklipitik** — zerlegt man vom Widderpunkt an in 12 gleiche Teile, Zeichen genannt, welche ihren Namen nach dem benachbarten Sternbilde führen. Man sagt, die Sonne steht im Zeichen des Widders, wenn sie zwischen dem genannten Zeichen und der Erde steht.

Anmerkung 1. Die Sternbilder merkt man nach folgendem Hexameter:

Sunt: Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo,

Libraque, Scorpius, Arcitenens, Caper, Amphora, Pisces.

Das Sternbild und die nach ihnen benannten 30° der Eklipitik decken sich nicht, sondern sind heute etwa um ein volles Zeichen gegeneinander verschoben.

§ 15.

Die Erdachse bildet mit der Ebene der Eklipitik stets einen Winkel von $66\frac{1}{2}^\circ$, sie bleibt also stets sich selbst parallel; daraus folgt, daß

- 1) sich die Himmelsrichtungen nie verändern;
- 2) die Sonnenstrahlen bald senkrecht auf die nördliche Halb-

kugel, bald auf den Äquator, bald auf die südliche Halbkugel einfallen, also eine Verschiedenheit der Jahreszeiten entsteht.

Anmerkung 1. Da sich die Himmelsrichtungen nie verändern, so bleibt auch die Polhöhe d. h. die Neigung des Nordpols — Polarsfern! — zur Horizontalebene für jeden Ort stets die gleiche. Man hat damit ein leichtes Mittel, die geographische Breite eines Ortes zu bestimmen, denn sie ist gleich der Polhöhe. (s. Fig. VII.)

§ 16.

Am 21. März — Zeichen des Widders — **Frühlingsanfang** — steht die Sonne senkrecht über dem Äquator, erscheint an den Polen im Horizont und geht für alle Orte der Erde genau im O. auf und im W. unter; Tag und Nacht sind überall gleich lang. (s. Fig. VIII.)

Am 21. Juni — Zeichen des Krebses — **Sommersanfang** — erreicht die Sonne mit ihrer senkrechten Stellung über $23\frac{1}{2}^{\circ}$ n. Br. d. i. dem Wendekreis des Krebses, ihren nördlichsten Stand, um sich dann wieder äquatorwärts zu wenden; der Nordpol ist Tag und Nacht erhellt, der Südpol dagegen in Dunkel gehüllt; die Sonne geht in NO. auf und in NW. unter, die Tage sind bei uns länger als die Nächte. (s. Fig. IX.)

Am 23. September — Zeichen der Waage — **Herbstesanfang** treten dieselben Erscheinungen zu Tage, wie am 21. März. (s. Fig. VIII.)

Am 21. Dezember — Zeichen des Steinbockes — **Wintersanfang** — erreicht die Sonne mit ihrer senkrechten Stellung über $23\frac{1}{2}^{\circ}$ s. Br. d. i. dem Wendekreis des Steinbockes, ihren südlichsten Stand, um sich dann wieder nordwärts zum Äquator zu wenden; der Südpol ist Tag und Nacht erleuchtet, der Nordpol ohne Licht. Die Sonne geht in SO. auf und in SW. unter; die Tage sind bei uns kürzer als die Nächte. (s. Fig. X.)

Anmerkung 1. Die beiden Pole haben die eine Hälfte des Jahres hindurch Nacht, die andere Tag. Die Kreise $66\frac{1}{2}^{\circ}$ n. Br. und $66\frac{1}{2}^{\circ}$ s. Br., welche die Grenzen des am 21. Dezember und am 21. Juni von der Sonne beleuchteten Teiles der Erdoberfläche bilden, heißen nördlicher und südlicher Polarkreis. Da nun Wende- und Polarkreise für die Stellung der Sonne und damit für die Beleuchtung und Erwärmung der Erde besonders bezeichnend sind, so teilt man nach ihnen die Erdoberfläche in Zonen ein und zwar (Fig. XI) in

- 1) eine heiße Zone zwischen den beiden Wendekreisen,
- 2) zwei gemäßigte Zonen zwischen den Wende- und Polarkreisen,
- 3) zwei kalte Zonen nördlich und südlich der Polarkreise.

§ 17.

Ein Trabant der Erde ist der **Mond**, welcher sie in einem Abstände von 384,000 km bei ihrem Laufe um die Sonne begleitet; er ist ein kugelförmiger Körper mit zahlreichen Kratern.

§ 18.

Der Mond bewegt sich in $29\frac{1}{2}$ Tagen einmal um seine eigene Achse und in derselben Zeit einmal um die Erde; er wendet daher der Erde stets dieselbe Seite zu.

§ 19.

Die Mondbahn bildet mit der Erdbahn einen Winkel von etwa 5° , so daß beide sich in einer geraden Linie, der Knotenlinie, schneiden.

§ 20.

Steht Sonne, Erde und Mond in der Richtung der Knotenlinie, so entsteht

- 1) eine **Mondfinsternis**, wenn die Erde zwischen Sonne und Mond steht, ihr Schatten also den Mond trifft;
- 2) eine **Sonnenfinsternis**, wenn der Mond zwischen Erde und Sonne steht und uns die Sonnenscheibe verdeckt.

Die Finsternis ist partiell, wenn der verfinsterte Körper nur teilweise verdunkelt wird, total, wenn er ganz verdeckt ist.

§ 21.

Je nachdem die uns zugekehrte Mondhälfte ganz oder teilweise von der Sonne beschienen ist, unterscheidet man mehrere Phasen des Mondes:

- 1) **Neumond** — **Konjunktion** zur Sonne —, wenn die Mondscheibe ganz dunkel ist;
- 2) **Vollmond** — **Opposition** zur Sonne —, wenn die Mondscheibe ganz erleuchtet ist;
- 3) **Mondviertel** — **Quadraturen** —, bei halber Beleuchtung der Mondscheibe.

Opposition und **Konjunktion** nennt man die Syzygien.