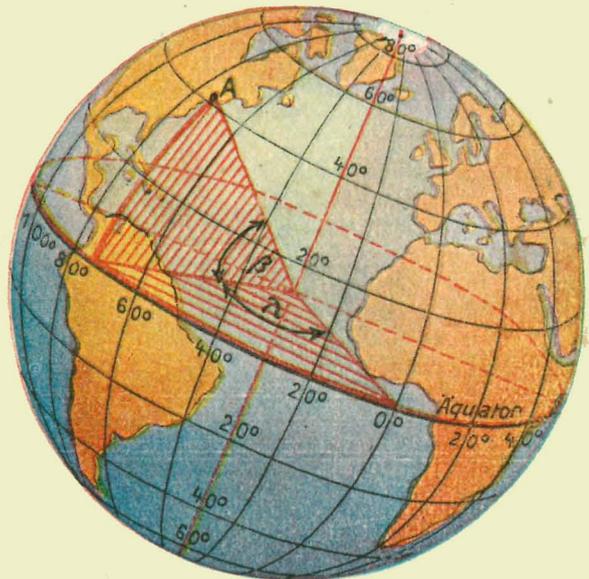


DAS GRADNETZ DER ERDE

EINFÜHRUNG IN DIE BEGRIFFE
DER GEOGRAPHISCHEN LÄNGE UND BREITE

Im Gradnetz der Erde wird jeder Punkt der Erde durch seine geographische Länge und Breite bezeichnet. Die Länge λ des Punktes A ist der Winkel, den die Ebenen des durch A gehenden Längengrades und der nullte Längengrad miteinander bilden. Die Breite β des Punktes A ist der im Winkelmaß gemessene Bogenabstand zwischen dem durch A gehenden Breitenkreis und dem Äquator. (Beispiel: New York $40^{\circ} 43' N$, $74^{\circ} 03' W$).



Dieser Band wurde von Herrn Dr. Horst Münnich, Leipzig-Mölkau,
verfaßt. Die Zeichnungen im Text und die Farbbilder auf der
Titel- und Rückseite stammen von Walter Heidenreuter, Leipzig

DAS GRADNETZ DER ERDE

Einführung in die Begriffe
der geographischen Länge und Breite

VOLK UND WISSEN SAMMELBÜCHEREI
NATUR UND WISSEN • SERIE N • BAND 1



V O L K U N D W I S S E N
VERLAGS G M B H • B E R L I N / L E I P Z I G

INHALT	Vorwort	3
	I. Die Lage eines Ortes auf der Erde	5
	II. Feststellung der Himmelsrichtung	6
	III. Länge und Breite	11
	IV. Gradnetz und Himmelsbeobachtungen . . .	13
	V. Orientierung am Himmel	19
	VI. Zusammenhänge zwischen dem Gradnetz und den Himmelssystemen	22
	Nachwort	24
	Fach- und Fremdwörter	26

P R E I S 6 0 P F E N N I G

In Futura gesetzt von Offizin Haag-Drugulin in Leipzig (M-103) / Druck des Umschlages von Wolfgang Leff, Borsdorf bei Leipzig (M-15) und des Innenteils von Fischer & Wittig, Leipzig (M-165)

Bestell-Nr. 12524

Lizenz Nr.334 · 1.-100.Tausend 1947 · Alle Rechte vorbehalten

V O R W O R T

Auf einer Wanderung oder einer Reise hat jeder einmal unvermittelt vor der Frage gestanden: Wohin müssen wir gehen, welche Richtung müssen wir einschlagen, um zu unserem Ziel zu gelangen? Wie dankbar waren wir, wenn uns erschöpfend über Richtung und Weg Auskunft gegeben wurde!

Wie oft haben wir aber auch gefragt, wenn im Rundfunk oder in der Zeitung ein sonst unbekannter Schauplatz eines wichtigen Ereignisses genannt wurde: Wo liegt dieser Ort? Diese beiden Fragen »Wohin?« und »Wo?« treten uns also sehr häufig entgegen, und unser Interesse erstreckt sich bei aller Verschiedenheit der zu erwartenden Antworten auf das Gemeinsame und Allgemeine. Wir können dabei zwei wesentliche Fragen unterscheiden; einmal wollen wir wissen, welche Richtung wir wählen und welche Entfernung wir zurücklegen müssen, um von unserem Standpunkt aus ein Ziel zu erreichen, im zweiten Falle aber interessiert uns die Lage eines Ortes im allgemeineren Sinne, d. h. wir wollen bestimmte Angaben darüber erhalten, ohne daß wir sie in Zusammenhang mit unserem Standpunkt bringen wollen.

Die Antwort auf unsere Fragen kann oft nur aus einem einfachen Hinweis bestehen. »Unten am Bache« oder »die dritte Station« können schon eindeutig unser Ziel oder die Lage eines Ortes beschreiben. In anderen Fällen bedarf es längerer und oft genug auch umständlicher Beschreibungen.

Das Allgemeine, das den Antworten zugrunde liegt, führt bei der Frage »wohin?« auf die Feststellung der Richtung, auf der Erde also auf die

Ermittlung der Himmelsrichtung, während die Frage »wo?« auf die absolute, die von anderen Punkten und Richtungen unabhängige Lage auf der Erde hinweist.

Die Ortsbestimmung ist eine Aufgabe der mathematischen Geographie. Wir wollen versuchen, die Mittel und Wege kennenzulernen, um die Lage eines Punktes schnell und unmißverständlich anzugeben. Die Bestimmung der absoluten Lage eines Punktes auf der Erde ist bereits in einem sehr frühen Stadium der menschlichen Kulturentwicklung befriedigend gelöst worden, obwohl sie erhebliche mathematische Kenntnisse erfordert. Wir selbst hingegen wollen uns bei unserem Versuch, das Gradnetz der Erde verständlich zu machen, bemühen, auch ohne viel Mathematik die für die Lagebestimmung nötigen Begriffe abzuleiten. Nur die wichtigsten Tatsachen über Gestalt und Bewegungen der Erde und die allereinfachsten Kenntnisse aus der Mathematik, etwa die Teilung des Kreisumfangs in 360 Winkelgrade ($^{\circ}$) zu je 60 Minuten ($'$), die Minuten wieder zu je 60 Sekunden ($''$), setzen wir als bekannt voraus.

I.

Die Lage eines Ortes auf der Erde

Über die Lage eines Ortes auf der Erde unterrichtet uns am schnellsten und besten eine Landkarte, aus der wir sowohl die Lage unseres eigenen Standpunktes als auch die Wege und Bahnen entnehmen können, die zu unserem Ziele führen. Nicht immer können wir uns jedoch an solche vorhandenen Linien halten, so daß wir in einem wegelosen oder unerschlossenen Gebiet auf jeden Fall die Himmelsrichtung feststellen müssen.

Von unserem Standpunkt aus können wir dann auch durch die Angabe der Richtung und der Entfernung jeden Punkt genau bezeichnen. Unser Standpunkt wird dabei Ausgangspunkt eines Bezugssystems, in dem jeder andere Punkt der Erde eindeutig festliegt.

Für Punkte unserer näheren Umgebung werden wir auch stets so verfahren, während wir bei weit entfernten Orten Vorsicht walten lassen müssen. Nicht jeder ist sich klar darüber, daß für einen Flieger der kürzeste Weg von Berlin nach Hawai über den Nordpol führt, da unsere normalen Landkarten das Bild der Erde stark verzerrt wiedergeben und die Richtung der kürzesten Entfernung nur auf dem Globus gefunden werden kann.

Die Bezeichnung der Lage eines Punktes nach Richtung und Entfernung ist zwar einfach und leichtverständlich, hat jedoch den Nachteil, daß für jeden anderen Standpunkt andere Richtungen und andere Entfernungen ermittelt werden müssen.

Versuchen wir hingegen, eine allgemeine Beschreibung der Lage eines Punktes zu geben, etwa einen vorüberführenden Fluß oder einen Verkehrsweg zu nennen, so muß vorausgesetzt werden, daß der Empfänger der Lagebeschreibung die Situation dieser Bezugslinien, der Flüsse, Straßen oder Bahnen, kennt. Diese Art der Beschreibung versagt notwendigerweise völlig, wenn der angesprochene Ort in einer gleichförmigen Umgebung, etwa in einer tischebenen Wüste oder gar auf dem Meere, liegt.

Wollen wir daher die Lage eines Ortes stets genau und unmißverständlich angeben, dann dürfen wir weder von unserem Standpunkt ausgehen noch die Umgebung dieses Ortes zur Beschreibung heranziehen. Wir müssen statt dessen ein Bezugssystem wählen, das überall auf der Erde gilt und das die absolute Lage eines Punktes anzugeben erlaubt. Dieses Bezugssystem ist das Gradnetz der Erde.

II.

Die Feststellung der Himmelsrichtung

Die wichtigste Voraussetzung für das Zurechtfinden auf der Erde ist das Aufsuchen der Himmelsrichtung: »Wir müssen uns orientieren.« Das Wort »Orient« bedeutet Aufgang der Sonne und weist auf die früher bevorzugte Himmelsrichtung, den Osten hin. In unserer Zeit wird der Norden (N) als wichtigste Haupthimmelsrichtung gewählt, und unsere Karten sind so eingerichtet, daß N »oben« liegt. Die anderen Himmelsrichtungen lassen sich finden, wenn wir vom Norden aus den vollen Kreis im Uhrzeigersinne über Osten (O), Süden (S) und Westen (W) umlaufen. Die zwischen diesen Haupthimmelsrichtungen liegenden Nebenhimmelsrichtungen erhalten ihre Benennung durch Zusammensetzungen aus den Namen der Haupthimmelsrichtungen, also NO, SO, SW, NW, ferner NNO, ONO, OSO, SSO, SSW, WSW, WNW und NNW. Durch weitere Unterteilung erhalten wir die vollständige Windrose (Abb. 1) mit insgesamt 32 Haupt- und Nebenhimmelsrichtungen, die der Seemann als Striche bezeichnet.

Statt der früher üblichen weiteren Teilung der Windrose in halbe, viertel und achtel Striche wird öfter auch die Kreisteilung für die Windrose angewandt. Dann entsprechen $N=0^\circ$, $O=90^\circ$, $S=180^\circ$ und $W=270^\circ$. Um eine beliebige Richtung zu bezeichnen, brauchen wir nur den Winkel zu messen, den diese mit der Nordrichtung bildet. Dieser Winkel heißt Azimut, und es bedeutet z. B. ein Azimut von 135° , daß die in Frage kommende Richtung nach SO weist.

Mit Hilfe der Windrose oder mit einer Winkelangabe, dem Azimut, können wir jede Richtung in der Natur festlegen, wenn uns wenigstens eine Haupthimmelsrichtung bekannt ist. Das heißt aber, als erstes immer die Nordrichtung zu ermitteln.

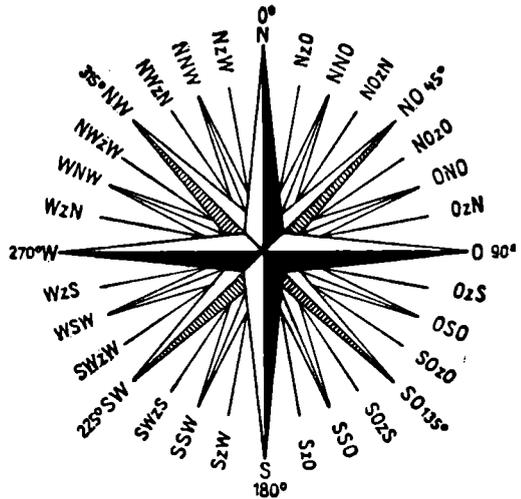


Abb. 1. Die Windrose. Die vollständige Windrose besteht aus 32 Haupt- und Nebenhimmelsrichtungen oder Strichen. NzO wird gelesen: Nord zu Ost. Bei der Verwendung der Winkelteilung entspricht $N=0^\circ$, $O=90^\circ$, $S=180^\circ$, $W=270^\circ$.

Aus der Beobachtung des gestirnten Himmels läßt sich auf der Nordhalbkugel die Nordrichtung leicht finden. Eine Betrachtung des Himmels in einer klaren Nacht lehrt uns, daß alle Sterne kreisförmige Bahnen an der Himmelskugel beschreiben. Der Mittelpunkt aller dieser Bahnen liegt in der Nähe eines hellen Sternes, des Nordsternes oder Polarsternes, der bei der Drehung des Himmelsgewölbes in Ruhe bleibt. Wir finden ihn, wenn wir vom bekanntesten Sternbild, dem Großen Bären oder Himmelswagen, ausgehen. Die Rückwand des Wagens, fünfmal »nach oben« verlängert, weist direkt auf den Polarstern (Abb. 2). Der Drehpunkt der Himmelskugel, der Himmelspol (P), fällt aber, wie Messungen ergeben haben, nicht genau mit dem Polarstern zusammen, sondern liegt $59' 48''$ (das entspricht der doppelten Breite des Vollmondes) davon entfernt, und zwar auf der Verbindungslinie vom Polarstern zum zweiten Deichselstern des Himmelswagens.

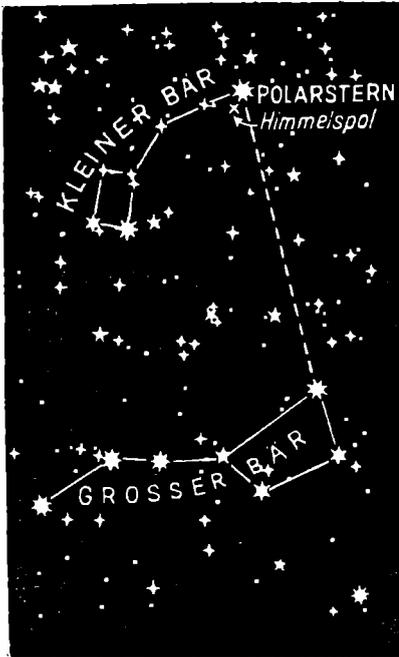


Abb. 2. Die Lage des Himmelspols. Der Polarstern wird durch fünfmalige Verlängerung der Rückwand des Himmelswagens gefunden. Der Himmelspol liegt $59' 48''$ (rund zweimal die Breite des Vollmondes) vom Polarstern entfernt.

Wir nennen den Punkt, auf den die Nordrichtung der Erde hinweist, den Nordpunkt. Er liegt senkrecht unter dem Himmelspol, so daß unsere Blickrichtung zu ihm zugleich die Nordrichtung ist. Steht ein Fernrohr zur Verfügung, läßt sich die Nordrichtung ganz genau feststellen: das auf den Himmelspol gerichtete Fernrohr muß nur genau in die Waagrechte heruntergeschwenkt werden.

Am Tage überstrahlt die Sonne durch ihre Leuchtkraft alle Sterne und muß selbst zum Wegweiser für uns werden. Sie geht in der östlichen Himmelsgegend auf, um die Mittagszeit erreicht sie in der Richtung nach Süden ihren höchsten Stand (sie kulminiert) und geht abends in der westlichen Himmelsgegend unter. Im Augenblick ihres Höchststandes, ihrer Kulmination, steht die Sonne genau in südlicher Richtung, was allerdings ohne Einschränkungen nur für den nördlichen Teil der Nordhalbkugel zutrifft, auf jeden Fall also für unsere Gegenden gilt.

Eine direkte Beobachtung des Höchststandes der Sonne ist nicht ganz einfach, allein schon deshalb, weil wir nicht mit ungeschütztem Auge in die Sonne sehen können. Dafür verrät aber die Sonne ihren Stand jederzeit durch die Länge ihres Schattens, der im Augenblick der Sonnenkulmination am kürzesten sein muß.

Um den kürzesten Schatten zu erkennen, benutzen wir eines der ältesten und zugleich einfachsten Instrumente zur Himmelsbeobachtung, nämlich den Schattenstab (Abb.3). Er besteht aus einem genau senkrecht stehenden Stab auf einer glatten Unterlage. Um die Beobachtung der Schattenlänge zu erleichtern, sind um den Fußpunkt des Stabes einige Kreise mit verschiedenen Halbmessern gezogen. Unsere Beobachtung beginnt damit, daß wir den Punkt A markieren, in dem der Weg der Schattenspitze (ausgezogene Kurve) am Morgen den äußeren Kreis schneidet. Die Punkte B, C usw. bezeichnen die Schnittpunkte des Weges der Schattenspitze mit den nächsten Kreisen, bis wir am Abend als letzten den Punkt F erhalten. Nun müssen wir alle Punkte, die auf demselben Kreis liegen, also A mit F, B mit E und C mit D verbinden und diese Verbindungslinien halbieren. Eine einfache Überlegung über den Verlauf der ausgezogenen Kurve belehrt uns, daß die Verbindungslinie der Halbierungspunkte (H_1 , H_2 und H_3) in die Richtung des kürzesten Schattens und daher in die genaue Nordrichtung fällt.

Abb. 3. Der Schattenstab. Die Richtung des kürzesten Schattens (k) des Schattenstabs fällt genau in die Nord-Südrichtung. S = Schattenstab. A, B, C, D, E, F = die Linie des Schattens der Stabspitze; H_1 , H_2 , H_3 = Halbierungspunkte.

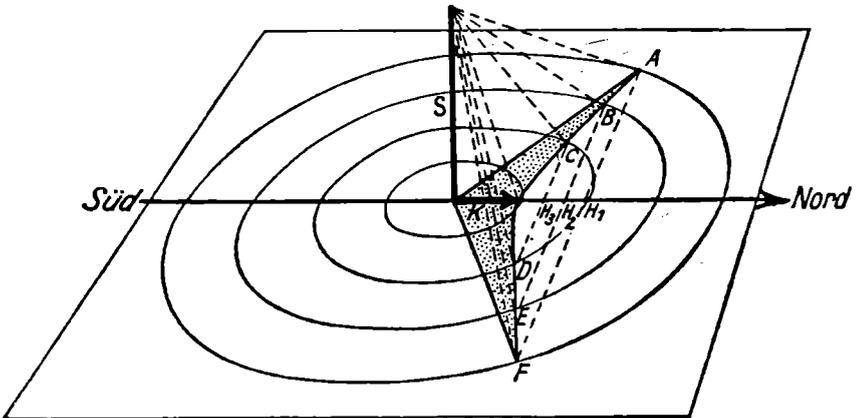
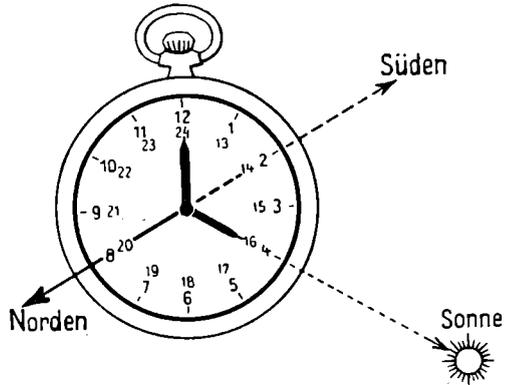


Abb. 4. Feststellung der Himmelsrichtung mit der Taschenuhr. Wenn der kleine Zeiger auf die Sonne gerichtet ist, zeigt die Verbindungslinie vom Mittelpunkt des Zifferblattes zur halben Tageszeit, die nach der 24-Stundenzählung abgelesen werden muß, nach Norden.



Nordstern und Sonne ermöglichen es, sowohl des Nachts als auch am Tage die Nordrichtung in der Natur aufzufinden, und zwar, wenn nötig, auf die genaueste Weise. Beim Wandern und auf Fahrten jedoch genügt oft schon eine angenäherte Bestimmung der Himmelsrichtung.

In diesen Fällen hilft uns am Tage eine Taschenuhr. Da die Sonne in 24 Stunden einmal das Himmelsgewölbe umkreist, der kleine Zeiger der Uhr aber in derselben Zeit das Zifferblatt zweimal umläuft, so bewegt sich die Sonne um den Betrag eines Winkels weiter, der stets halb so groß ist wie der Winkel, den in derselben Zeit der kleine Zeiger unserer Uhr überstreicht (Abb. 4). Daraus ergibt sich folgende Anweisung: Richte den kleinen Zeiger der Uhr auf die Sonne und halbiere den kleineren der beiden Winkel, den der kleine Zeiger mit der Zwölf bildet. Dann zeigt der Schenkel dieses halben Winkels ungefähr in die Südrichtung. Noch etwas einfacher wird unsere Regel, wenn wir die nach der 24-Stunden-Zählung abgelesene Tageszeit halbieren, weil wir dann nicht mehr zwischen Vormittag und Nachmittag unterscheiden müssen. Es zeigt dann nämlich stets die Verbindungslinie des Mittelpunktes des Zifferblattes mit der halben Tageszeit ungefähr nach Norden. Als Beispiel wollen wir annehmen, daß wir genau um 16 Uhr den kleinen Zeiger unserer Uhr auf die Sonne richten. Dann zeigt die 8 nach Norden.

Zu genauen Richtungsbestimmungen läßt sich die Taschenuhr verwenden, weil der Lauf der Sonne während des Jahres nicht gleichmäßig erfolgt, sondern regelmäßige Abweichungen erfährt, die bei einer genauen Bestimmung berücksichtigt werden müssen. Für unsere Zwecke genügt es aber vollständig, zu wissen, daß die Sonne angenähert um 6 Uhr (Normalzeit) im Osten, um 9 Uhr im Südosten, um 12 Uhr im Süden, um 15 Uhr im Südwesten und um 18 Uhr im Westen steht.

Damit haben wir verschiedene Möglichkeiten kennengelernt, die Himmelsrichtung auf Grund von Beobachtungen des Himmels zu finden. Wenn aber

Wolken oder Nebel den Himmel verdecken, sind wir gezwungen, durch Beobachtungen auf der Erde selbst unser Ziel, die Nordrichtung festzustellen, zu erreichen.

In bewohnten Gegenden kann es eine große Hilfe für uns bedeuten, wenn wir z. B. wissen, daß Altarräume in Kirchen, alte Grabkreuze und Starkästen nach Osten weisen. Aber in der Unendlichkeit des Meeres gibt es bei bedecktem Himmel weder natürliche noch künstliche Anhaltspunkte. Der Seemann ist daher auf ein Gerät angewiesen, das, schon von den Chinesen erfunden und im Abendland zuerst 1195 erwähnt, auch heute noch das gebräuchlichste Instrument darstellt, um jederzeit ohne Himmelsbeobachtungen Richtung und Weg zu finden.

Dieses Gerät ist der Kompaß, der aus einer auf einer Spitze sich frei drehenden Magnetnadel und aus einer Windrose oder Kreisteilung besteht. Die Handhabung des Kompasses ist heute jedermann bekannt. Die Nadel stellt sich nach einigem »Spielen« auf eine Richtung, die im allgemeinen nur um einen geringen Betrag von der genauen Nordrichtung abweicht. Diese Abweichung nennen wir die Mißweisung oder die Deklination. Sie beläuft sich in Deutschland auf 5–10° und ändert sich im Laufe längerer Zeit. Wir können daher den Kompaß zur genauen Bestimmung der Himmelsrichtung nur dann benutzen, wenn wir den Betrag der Mißweisung an unserem Standort kennen. Auf unseren Landkarten ist die Mißweisung besonders angegeben, entweder als Mittelwert für das ganze Gebiet oder durch eine besondere Karte, in der sie durch »Linien gleicher Mißweisung« dargestellt ist.

Benutzen wir den Kompaß auf einer Wanderung, so können wir die Mißweisung vernachlässigen und die Richtung der Nadel als mit der Nordrichtung übereinstimmend ansehen. Wenn der Seemann hingegen nach dem Kompaß steuert, muß er neben der Mißweisung auch noch die Abweichung beachten, die durch die Eisenteile seines Schiffes verursacht werden. Es bedeutet daher für ihn eine große Erleichterung, daß die Technik im Kreiselkompaß ein Gerät entwickelt hat, das die Nordrichtung stets ohne jede Abweichung mit der größten Genauigkeit anzeigt.

—

Mit den gebräuchlichsten Verfahren zur Feststellung der Himmelsrichtung haben wir uns nunmehr vertraut gemacht. Damit haben wir auch den ersten Teil unserer Aufgabe, die Lage eines Punktes in seiner Richtung vom eigenen Standort zu bezeichnen, gelöst. Die Ermittlung der Entfernung, die abgescritten oder auf andere Weise gemessen werden kann, bereitet im allgemeinen keine großen Schwierigkeiten. Wenden wir uns also unserer zweiten Aufgabe zu und leiten die Bezeichnungen für die allgemeine oder absolute Lage eines Punktes auf der Erde ab!

III.

Länge und Breite

Mit der Feststellung, daß z. B. Oschatz in der Mitte der Bahnstrecke von Leipzig nach Dresden liegt, haben wir die Lage eines Ortes durch eine bestimmte Linie gekennzeichnet. Wir können diese Lage aber noch eindeutiger kenntlich machen, wenn wir für einen Ort den Schnittpunkt zweier Linien angeben, etwa die Lage des Hermsdorfer Kreuzes als Schnittpunkt der Autobahnen Chemnitz—Weimar und Leipzig—Nürnberg. Leider versagt diese Art der Lagebeschreibung sofort, wenn solche bekannten und einprägsamen Linien fehlen, vor allem also auf dem Meer.

In diesen Fällen können wir uns nur in der Weise helfen, daß wir uns überall auf der Erde besondere Linien denken. Diese gedachten Linien werden zu einem erdumspannenden Bezugssystem, dem Gradnetz der Erde, vereinigt. Bei der Herleitung dieses Netzes gehen wir von der Tatsache aus, daß die Erde angenähert eine Kugel ist, und daß bei ihrer täglichen Drehung zwei Punkte, nämlich der Nord- und der Südpol, in Ruhe bleiben.

Damit sind uns zwei feste Punkte gegeben, an denen wir das Gradnetz anschließen können. Von Pol zu Pol denken wir uns lauter Halbkreise gezogen, die wir *Längenkreise* nennen (Abb. 5). Senkrecht zur Erdachse und senkrecht zu diesen Kreisen denken wir uns ebenfalls Kreise über die Erde gelegt. Im Gegensatz zu den unter sich stets gleich großen Längenkreisen wird diese zweite Art von Kreisen, die wir *Breitenkreise* nennen, vom Pol ausgehend immer größer, bis ein größter Kreis, der *Gleicher* oder *Äquator*, die Erde in zwei Halbkugeln teilt. In Richtung nach dem anderen Pol nehmen die Durchmesser dieser Kreise wieder ab. Die Bezeichnung dieser Kreise als Längen- und Breitenkreise oder auch kurz als Länge und Breite entspringt einer alten griechischen Gepflogenheit. Den Griechen des Altertums war im wesentlichen das Mittelmeergebiet Inbegriff der bekannten Welt. Dieses erstreckt sich aber mehr in die Ost-West-Richtung, die als die »Länge«, und weniger in die Nord-Süd-Richtung, die als die »Breite« angesprochen wurde.

Mit dem System der Längen- und Breitenkreise können wir erst dann etwas anfangen, wenn wir jedem dieser Kreise eine genaue Bezeichnung geben. Da es sich um Kreise handelt, werden wir die Kreisteilung in Grade, Minuten und Sekunden anwenden. Doch wo soll die Zählung der Kreise beginnen? Unter den Breitenkreisen ist der *Gleicher* der größte. Er erhält daher die Bezeich-

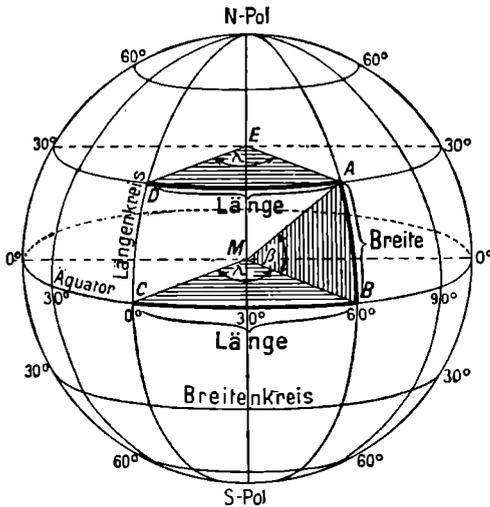


Abb. 5. Geographische Breite und Länge. Das Gradnetz der Erde besteht aus den von-Pol zu Pol laufenden Längengraden und den senkrecht dazu verlaufenden Breitenkreisen. Als geographische Länge wird der durch A gehende Längengrad, als Breite der durch A gehende Breitenkreis bezeichnet.

nung 0° , und von ihm aus bis zum Nordpol zählen wir dann 90° als nördliche (90° N), bis zum Südpol 90° als südliche Breite (90° S). Durch die vom Äquator nach den Polen zu steigenden Zahlen ist es üblich geworden, in äquatornahen Gebieten von niedrigen, in der Nähe der Pole von hohen Breiten zu sprechen, während unsere Heimat in mittleren Breiten liegt.

Für die Längengrade bereitet die Wahl eines Anfangskreises größere Schwierigkeiten, weil alle Halbkreise zwischen Nord- und Südpol unter sich gleichwertig sind. Kein größter Kreis wie beim Gleicher bietet sich als natürlicher Anfang dar, sondern jeder Längengrad kann Anfang der Zählung sein. Heute sind fast alle Staaten der Erde übereingekommen, den Längengrad, der durch die frühere Londoner Sternwarte in Greenwich (sprich: Grinitsch) geht, als nullten Längengrad zu übernehmen. Von diesem Kreis aus zählen wir 180° nach Osten als östliche (180° O), 180° nach Westen als westliche Länge (180° W). Die Astronomen hingegen bevorzugen die über Osten durchgehende Zählung von 0° bis 360° .

In unserer Abbildung 5 ist der Punkt A nach Länge und Breite auf verschiedene Weise angegeben. Unserer Erklärung gemäß ist die Breite von A der Bogen des durch A gehenden Längengrades, vom Schnittpunkt B mit dem Äquator bis zu A gerechnet. Die Breite wird also auf einem Längengrad gemessen; es entspricht ihr der Winkel $\beta = \text{AMB}$, der im Mittelpunkt der kugelförmig gedachten Erde liegt.

Die Länge hingegen wird auf einem Breitenkreis gemessen, und zwar bezeichnet, wenn der durch C gehende Kreis der nullte Längengrad ist, entweder

der Bogen BC am Äquator oder der Bogen DA auf dem durch A gehenden Breitenkreis die Länge von A. Auch hier entsprechen diesen Bögen die Winkel $\lambda = \text{CMB}$ bei M und $\lambda = \text{DEA}$ bei E.

Wir können uns leicht vorstellen, daß auch durch jeden anderen Punkt der Erde ein Längen- und ein Breitenkreis gezogen werden kann, so daß wir durch zwei Winkelangaben, nämlich die geographische Breite β und die geographische Länge λ , die Lage eines Punktes im Gradnetz der Erde genau festlegen können. Die Ermittlung dieser beiden Winkel ist die geographische Ortsbestimmung; durch sie wird die Frage nach der Lage eines Punktes auf der Erde in der allgemeinsten Weise gelöst. Das Gradnetz ermöglicht auch zugleich die größte Genauigkeit in der Bezeichnung eines Punktes. Wenn wir z. B. Länge und Breite bis auf eine hundertstel Sekunde genau angeben, so bedeutet es, daß ein Ort bis auf 30 cm genau festliegt.



Mit diesen Erkenntnissen sind wir imstande, einen Ort seiner Lage nach zu bezeichnen. Wie aber finden wir einen Punkt mit gegebener Länge und Breite auf der Erde? Wie aber stellen wir umgekehrt Länge und Breite eines bestimmten Punktes, etwa unseres eigenen Standpunktes, fest? Es leuchtet ohne weiteres ein, daß der Gedanke, etwa die Bögen BA und BC in unserer Abbildung 5 direkt auszumessen, in der Durchführung sehr umständlich sein würde. Die Ermittlung von Länge und Breite geschieht daher auf eine ganz andere Weise, die im folgenden Kapitel entwickelt werden soll.

IV.

Gradnetz und Himmelsbeobachtungen

Schon die Suche nach der Himmelsrichtung wies uns auf den Anblick des gestirnten Himmels. Er ist seit Urmenschheitstagen Wegweiser für alle jene gewesen, die den Weg zu neuen Gestaden oder zur Heimat zurück suchten. Im Laufe der Zeit sind die Erkenntnisse über die scheinbaren und wirklichen Bewegungen der Gestirne immer mehr vertieft worden. Bei der Ermittlung der geographischen Länge und Breite kommen wir aber mit sehr einfachen Vorstellungen aus. Da für unsere Aufgabe nur die tägliche Drehung der Erde um sich selbst, nicht dagegen die jährliche Bahn der Erde um die Sonne von

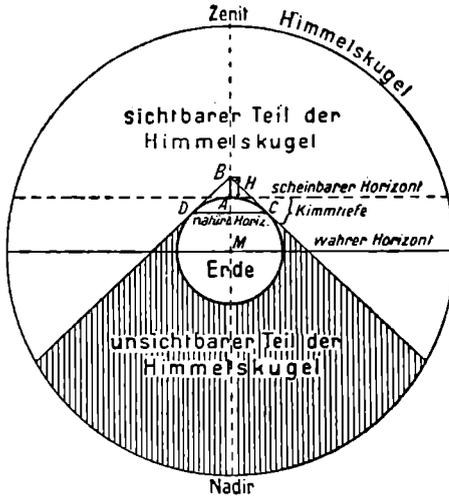


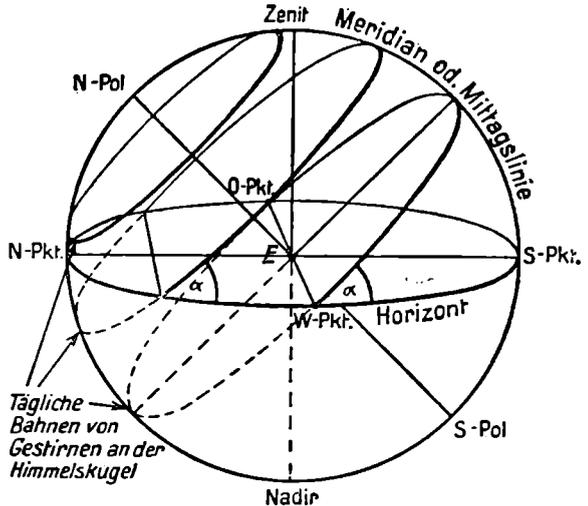
Abb. 6. Horizont und Himmelskugel. Von der im Mittelpunkt der Himmelskugel schwebend gedachten Erde aus wird der sichtbare Teil des Himmels vom unsichtbaren durch den natürlichen Horizont geschieden. Die in unserem Standpunkt auf der Lotlinie senkrecht stehende Ebene wird der scheinbare, eine dazu parallele Ebene durch den Erdmittelpunkt der wahre Horizont genannt.

Bedeutung ist, gehen wir von der scheinbaren Umdrehung des Himmelsgewölbes um die Erde aus.

Der Himmel erscheint als abgeflachte Kugelhaube, die mit einer kreisförmigen Begrenzungslinie, dem Horizont, auf der Erde aufsitzt. Auf dieser Himmelskugel scheinen die Fixsterne festgeheftet zu sein, denn sie behalten im Laufe des Jahres ihre gegenseitige Lage bei, während Sonne, Mond und Planeten ihren Ort am Himmel stetig verändern.

Ungeheuer groß sind die Entfernungen von der Erde zu den Sternen (über die dabei herrschenden Größenverhältnisse wird in den Bänden unserer Serie »Astronomie« berichtet) und zwischen den einzelnen Sternen. Da wir die Größe der Entfernungen zu unseren Bestimmungen nicht zu kennen brauchen, können wir eine Himmelskugel annehmen, an der sich alle Gestirne gleich weit von uns befinden. Abb. 6, der diese Annahme zugrunde liegt, mag uns das verdeutlichen. Auf der frei im Raum schwebenden Erde bezeichnen wir unseren Standpunkt mit A. Der Mittelpunkt der Erde, der gleichzeitig den Mittelpunkt der Himmelskugel bildet, heiße M. Dann entspricht eine durch A gelegte waagerechte Ebene unserem Horizont, da sie den für uns sichtbaren Teil der Himmelskugel begrenzt. Es hat sich eingebürgert, eine durch M gelegte Ebene, die die Himmelskugel halbiert, den wahren Horizont und die durch A gelegte Ebene den scheinbaren Horizont zu nennen. Der Abstand dieser beiden Ebenen, der gleich dem Erdradius ist, kann gegenüber Fixsternentfernungen vernachlässigt werden, während er bei Mondbeobachtungen berücksichtigt werden muß.

Abb. 7. Bahnen der Gestirne in mittleren Breiten. In mittleren Breiten stehen die Ebenen aller Gestirnsbahnen schräg zum Horizont (Winkel α).



Wenn sich unser Standpunkt nicht in Höhe der Erdoberfläche (bei A) befindet, sondern in einer bestimmten Höhe H über der Erde (bei B) liegt, ändert sich auch der Horizont. Die Sehstrahlen, die wir von B aus nach C und D ziehen können (Abb. 6), begrenzen dann den natürlichen Horizont. Diese Sehstrahlen bilden gleichzeitig mit dem wahren und scheinbaren Horizont einen Winkel, den wir *Kimmtiefe* nennen. Sie muß bei allen Gestirnsbeobachtungen in Rechnung gesetzt werden, wenn wir bei unseren Messungen vom natürlichen Horizont ausgehen.

Nur auf dem Meere steht uns der natürliche Horizont im allgemeinen als gut erkennbare und wirklich gerade Linie zur Verfügung. Auf dem Lande, wo der Horizont von den Geländeformen abhängt, ist er als Ausgangslinie für Messungen am Himmel nicht geeignet. Hier beziehen wir unsere Messungen auf die Lotlinie, nämlich auf die durch das ruhig hängende Senkblei gegebene Linie. Verlängern wir sie bis zur Himmelskugel, dann schneidet sie diese in einem Punkte, den wir *Zenit* nennen. Sein Gegenpunkt, den wir erhalten, wenn wir die Lotlinie nach der anderen Seite bis zum Schnitt mit der Himmelskugel verlängern, heißt der *Nadir*.

Horizont, Zenit und Nadir sind Linien und Punkte am Himmel, die uns das Zurechtfinden erleichtern. Einen weiteren Punkt des Himmels haben wir bereits im Himmelsnordpol kennengelernt. Da sich das Himmelsgewölbe um ihn dreht, muß auch auf der südlichen Himmelskugel ein Drehpunkt, der *Himmels-südpol*, vorhanden sein. Die Verbindungslinie beider Pole ist die *Weltachse*, die mit der Erdachse zusammenfällt.

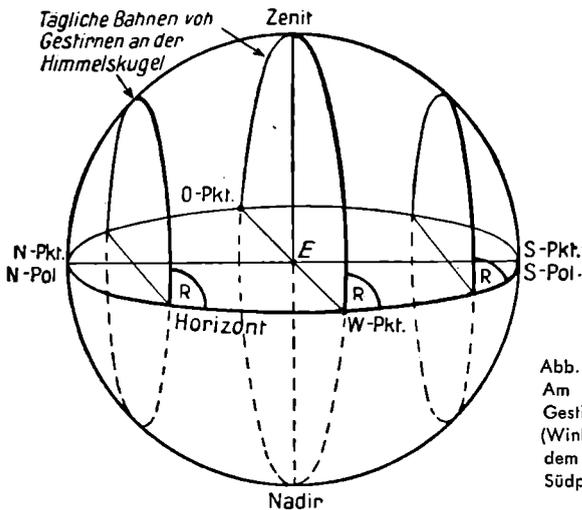


Abb. 8. Bahnen der Gestirne am Äquator. Am Äquator stehen die Ebenen aller Gestirnsbahnen senkrecht zum Horizont (Winkel R). Der Himmelsnordpol fällt mit dem Nordpunkt, der Südpol mit dem Südpunkt zusammen.

Um die Weltachse beschreiben die Sterne kreisförmige Bahnen. Ihr scheinbarer Durchmesser ändert sich, wie wir es bereits von den Breitenkreisen her kennen, von Null an den Polen bis zu einer größten Sternbahn in der Mitte zwischen den Polen. In Übereinstimmung mit der irdischen Bezeichnung nennen wir diese größte Gestirnsbahn den Himmelsäquator, dessen Ebene mit der des irdischen Äquators zusammenfällt.

Bei unseren Beobachtungen stellen wir schließlich noch fest, daß alle Gestirne genau im Süden ihren höchsten Stand erreichen, wie wir es schon von der Sonne her kennen. Die Verbindungslinie aller Gestirns höchststände oder Kulminationen heißt der Meridian oder der Mittagskreis. Er stellt einen größten Kreis dar, den wir vom Schnittpunkt mit dem Horizont im Süden, den Südpunkt, über Zenit und Himmelsnordpol bis zum Nordpunkt und im unsichtbaren Teil der Himmelskugel über Nadir und Himmelsnordpol wieder bis zum Südpunkt verfolgen können (Abb. 7).

Alle diese Linien und Punkte, nämlich Horizont, Zenit, Nadir, Himmelsäquator, Himmelspole und Mittagskreis, dienen der Orientierung am Himmel. Wir wollen nun untersuchen, wie uns diese Linien und Punkte von unserem Standpunkt aus erscheinen und welche Änderungen eintreten, wenn wir ihn verlassen.

Aus der Ableitung folgt, daß Zenit und Horizont mit unserem Standpunkt fest verbunden sind, so daß zu einem anderen Standpunkt ein anderer Zenit und ein anderer Horizont gehört. Himmelsäquator und -pole liegen am Himmel fest, von einer anderen Stellung aus erblicken wir sie nur unter

einem anderen Winkel. Uns interessiert nun besonders, welche Änderungen wir beobachten können, wenn wir längs eines Längengrades nach Süden oder Norden, d. h. in andere Breiten, oder längs eines Breitenkreises nach Osten oder Westen, d. h. in andere Längen, gehen.

Bei einer Südwanderung tauchen am südlichen Horizont Sternbilder auf, die wir bisher nicht sehen konnten. Außerdem ändern sich die Neigungswinkel aller Gestirnsbahnen gegenüber dem Horizont, die für unsere Breiten in Abb. 7 dargestellt sind, ebenso die Lage des Himmelspols. Je weiter wir südlich gelangen, je geringer also die Breite wird, um so steiler wird die Neigung, bis am Äquator die Bahnen aller Gestirne senkrecht zum Horizont stehen, während der Himmelsnordpol mit dem Nordpunkt, der Himmelssüdpol mit dem Südpunkt des Horizonts zusammenfällt (Abb. 8).

Treten wir auf die Südhalbkugel über, so verschwindet der Himmelsnordpol ganz unter dem Horizont und der Himmelssüdpol taucht dafür auf. Die Bahnen der Sterne sind gegen Norden geneigt und dort erreichen sie ihren höchsten Stand. Wären wir von unserem ursprünglichen Standpunkt aus nach Norden gegangen, so könnten wir beobachten, wie die Gestirnsbahnen eine immer flachere Neigung gegen den Horizont erhalten. Der Himmelsnordpol nähert sich dabei unserem Zenit und die Zahl der Sterne, die nicht mehr unter dem Horizont verschwinden, also nie untergehen, wird immer größer. Am Nordpol selbst fallen Zenit und Himmelspol zusammen und alle Gestirne beschreiben Bahnen, die parallel zum Horizont verlaufen (Abb. 9).

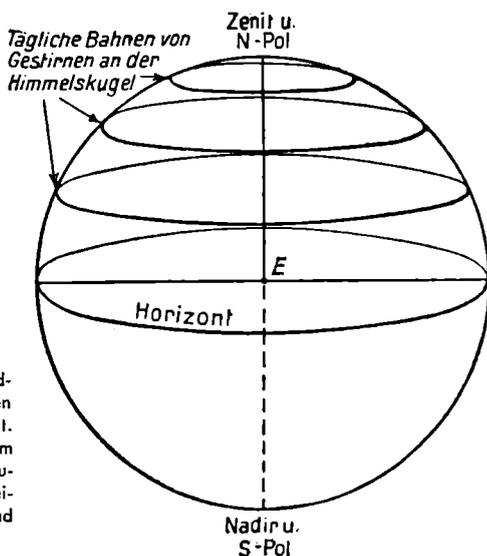


Abb. 9. Bahnen der Gestirne am Nordpol. Am Nordpol verlaufen die Bahnen aller Gestirne parallel zum Horizont. Der Nordpol des Himmels fällt mit dem Zenit, der Südpol mit dem Nadir zusammen. Am Südpol bestehen die gleichen Verhältnisse, nur sind Zenit und Nadir vertauscht.

Unsere Wanderung längs eines Längenkrees, also in der Nord-Süd-Richtung, zeigt uns, daß sich die Lage der Himmelspole und die Neigungen der Gestirnsbahnen ändern. Offensichtlich besteht ein enger Zusammenhang mit der geographischen Breite!

Verfolgen wir einen Breitenkreis in Ost- oder Westrichtung, etwa von A über B nach C (Abb. 10), so beschreibt der Zenit einen Weg von Z über Z_B nach Z_C . Die Lage des Himmelspols und auch die Neigung der Gestirnsbahnen gegen den Horizont ändern sich hingegen nicht. Dagegen variiert der Zeitpunkt, in dem wir ein Gestirn in der gleichen Lage sehen. Erde und Himmelskugel verdrehen sich gegeneinander, B kommt nach einiger Zeit in die Lage von A und sieht jetzt den Himmel so, wie ihn A vorher gesehen hat. Für den Punkt C tritt dieser Augenblick noch später ein.

Da sich also die Beobachter in A, B und C auf demselben Breitenkreis, dagegen auf verschiedenen Längenkreisen befinden, können sie zwar am Himmel die gleiche Lage von Zenit und Horizont feststellen, jedoch nur zu verschiedenen Zeiten. Wir entnehmen daraus, daß der Zeitpunkt der gleichen Lage von Zenit und Horizont am Himmel zur Ermittlung der geographischen Länge dienen kann. Als Ergebnis unserer Ost-West-Wanderung erkennen wir, daß zwischen Längenbestimmungen und Zeitbestimmungen deutliche Verbindungen bestehen.

Ein Vergleich soll uns diese Verhältnisse noch einmal verdeutlichen. Wenn wir auf dem Jahrmarktsplatz im Riesenrad fahren und eine bestimmte Lampe des Festplatzes fest ins Auge fassen, dann sehen wir diese einmal neben, einmal über und ein andermal unter uns. Im großen haben wir die gleichen Beobachtungen bei unserer Nord-Süd-Wanderung gemacht. In einem ge-

wöhnlichen horizontalen Karussell sehen wir dieselbe Lampe im Vorbeifahren stets unter demselben, auf die Horizontale bezogenen Winkel. Die einzelnen Insassen des Karussells sehen die Lampe unter diesem Winkel, aber nacheinander. Das entspricht den Verhältnissen, die wir bei unserer Ost-West-Wanderung angetroffen haben.

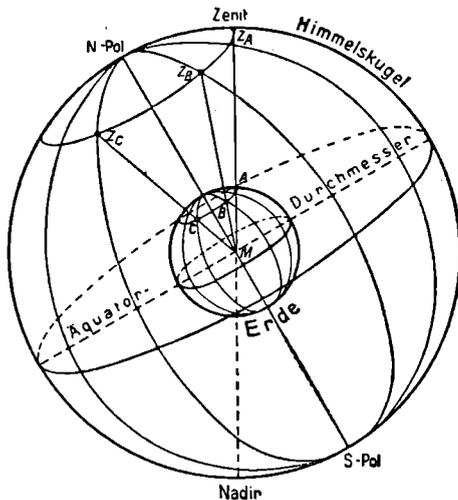


Abb. 10. Die tägliche Drehung der Himmelskugel. Durch die tägliche Drehung geht der Zenit zu C (Z_C) in Z_B und schließlich in Z_A über. Die auf demselben Breitenkreis wohnenden Beobachter (A, B und C) beobachten nacheinander dieselbe Lage des Zenits am Himmel.

V.

Orientierung am Himmel

Das Gradnetz der Erde ist ein Bezugssystem mit parallelen Breitenkreisen und mit senkrecht zu diesen stehenden Längenkreisen. Es ist ein sogenanntes rechtwinkliges System, das in dieser Form am besten für eine Kugel geeignet ist. Wir wenden es daher auch für die Orientierung an der Himmelskugel an. Zu diesem Zweck müssen wir am Himmel Linien und Punkte aufsuchen, an denen wir ein solches Gradnetz gewissermaßen aufhängen können. Solche Punkte und Linien kennen wir bereits in Zenit-Horizont-Nadir einerseits und Himmelsnordpol-Himmelsäquator-Himmelsnordpol-Himmelsäquator-Himmelsnordpol andererseits. Darauf bauen wir zwei Systeme auf, ein Horizontalsystem und ein Äquatorialsystem, die beide für unsere Aufgabe herangezogen werden müssen.

Das horizontale System enthält als Grundlinien die Lotlinie und den Horizont. Da wir zu Winkelmessungen wenigstens eine feste und stets sofort herstellbare Ausgangslinie haben müssen, benutzen wir auf dem Lande zu meist die Lotlinie in unserem Standpunkt, auf dem Meer hingegen den Horizont. Hier muß nur stets der Unterschied zwischen scheinbarem und natürlichem Horizont, die Kimmtiefe, berücksichtigt werden.

Bei der Übertragung des Gradnetzes auf das horizontale System wählen wir, entsprechend den Polen auf der Erde, Zenit und Nadir als Festpunkte. Der dem Äquator des Erdsystems entsprechende größte Kreis bildet bei dem Himmelsystem den Horizont (Abb. 11). Parallel zu ihm denken wir uns Kreise, ähnlich den Breitenkreisen, die wir Horizontalkreise nennen. Auch hier fangen wir am Horizont mit 0° an und zählen bis zum Zenit $+90^\circ$, bis zum Nadir -90° .

Senkrecht oder vertikal zum Horizont denken wir uns ebenfalls Kreise am

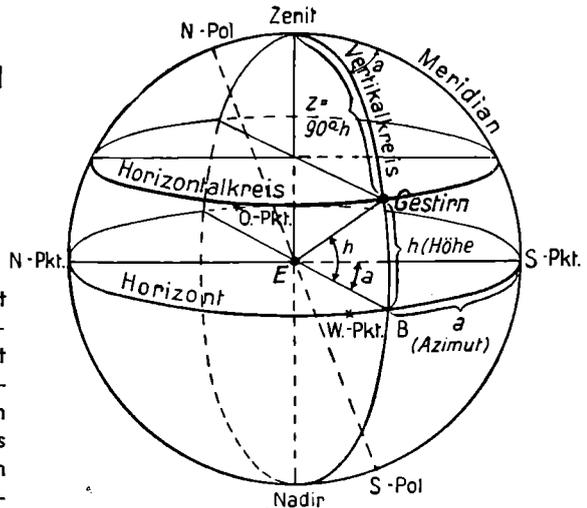


Abb. 11. Das horizontale System. Es besteht aus den zum Horizont parallelen Horizontalkreisen und den durch Zenit und Nadir gehenden Vertikalkreisen. Die Lage eines Gestirns wird durch die Höhe h und das Azimut a bezeichnet.

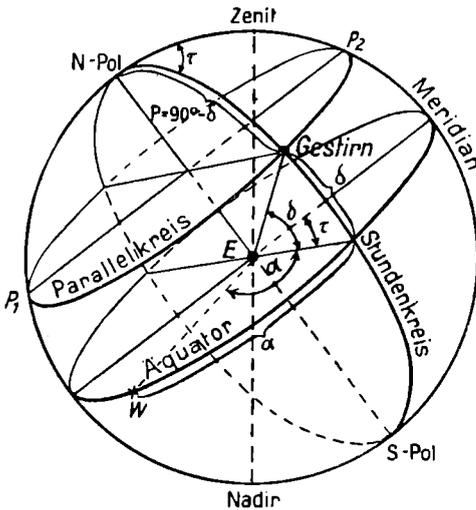


Abb. 12. Das äquatoriale System. Es besteht aus den zum Äquator parallelen Parallelkreisen und den durch die Himmelspole gehenden Stundenkreisen. Die Lage eines Gestirns wird durch die Deklination δ und die Rektaszension α bezeichnet.

Himmel gezogen, ähnlich den Längenkreisen, die wir Vertikalkreise nennen. Zwar sind auch diese Kreise alle gleich groß, aber die Schwierigkeiten für einen Anfangspunkt der Zählung wie bei den Längenkreisen besteht hier nicht, weil der Horizont durch die vier Haupthimmelsrichtungen Nordpunkt, Ostpunkt, Südpunkt und Westpunkt eine feste Einteilung aufweist. Der durch den Nord- und Südpunkt gehende Vertikalkreis, der Meridian unseres Standpunktes, ist durch Himmelsbeobachtungen am leichtesten auffindbar. Wir beginnen daher vom Meridian im Südpunkt aus die Zählung der Vertikalkreise über den Westpunkt, Nordpunkt und Ostpunkt von 0° bis 360° . Abweichend davon zählt der Seefahrer vom Nordpunkt aus einmal über den Ostpunkt, ein andermal über den Westpunkt bis zum Südpunkt von 0° bis 180° .

Die Lage eines Gestirns an der Himmelskugel wird im horizontalen System, genau wie beim Gradnetz, durch Winkelangaben bezeichnet. Der Breite entspricht hier die Höhe eines Gestirns über dem Horizont, die wir daher auch als Höhe h bezeichnen. Der Länge entspricht der Winkel zwischen dem Vertikalkreis, der durch das Gestirn geht, und dem Meridian. Er heißt das Azimut a und entspricht vollständig dem Richtungswinkel, den wir unter diesem Namen bereits kennengelernt haben. Die Bögen h und a sind aber gleich den Winkeln, die die Sehstrahlen von der staubkornkleinen Erde E nach dem Gestirn, nach B und nach dem Südpunkt bilden. Oft spielt auch der Winkel z , der Winkel zwischen Gestirn und Zenit, eine Rolle. Er heißt Zenitabstand, und es gilt, da der Abstand des Zenits vom Horizont 90° beträgt, die Gleichung $z = 90 - h$.

Unser zweites System, das äquatoriale, verknüpfen wir mit den Himmelpolen und dem Himmelsäquator, wodurch es im Gegensatz zum horizontalen System zu einem am Himmel fest liegenden System wird. Da Erd- und Weltachse zusammenfallen und auch Erd- und Himmelsäquator in der gleichen Ebene liegen, so läßt sich das Gradnetz der Erde fast unverändert auf den Himmel übertragen (Abb. 12). Wir müssen nur die Benennung für die entsprechenden Kreise ändern. So werden die Breitenkreise des Himmels Parallelkreise genannt, deren Zählung ebenfalls am Äquator mit 0° beginnt und an den Polen mit 90° endet. Die der Breite entsprechende Maßzahl für den Parallelkreis, der durch das beobachtete Gestirn geht, nennen wir die Deklination — die nicht mit der Kompaßdeklination verwechselt werden darf — und bezeichnen sie mit δ (vgl. Bogen und Winkel δ in Abb. 12).

Die Längenkreise der Erde lassen sich nicht ohne weiteres den Längenkreisen des Himmels zuordnen. Schon Abb. 10 ließ ja erkennen, daß die Ebene eines Längenkreises in 24 Stunden den ganzen Himmel umwandert, während die Himmelslängenkreise mit dem Himmel fest verbunden bleiben müssen. Es ist daher notwendig, genau wie auf der Erde, einen festen Anfangspunkt zu haben, den wir willkürlich wählen können. Die Astronomen haben sich für einen bestimmten Punkt des Himmelsäquators entschieden und nennen ihn Widderpunkt (w). Er bildet den Nullpunkt der Zählung der Himmelslängenkreise. Derjenige Kreis, der durch das beobachtete Gestirn geht, schließt mit dem, der durch den Widderpunkt geht, einen Bogen oder einen Winkel ein, der Gerade Aufsteigung oder Rektaszension (α) genannt wird.

Eine zweite Möglichkeit der Zählung besteht noch, wenn wir bei der zu unserem Standpunkt gehörigen und daher am Himmel nicht festliegenden Mittagslinie beginnen. Das von uns zu beobachtende Gestirn steht im Augenblick der Kulmination im Mittagskreis, während es vorher und nachher mit dem Mittagskreis einen Winkel einschließt, der wegen der Drehung der Erde von der verflossenen Zeit abhängt. Daher heißt dieser Winkel Stundenwinkel (τ), und auf Grund dieser Beziehung werden die Himmelslängenkreise Stundenkreise genannt. Alle drei Winkel, Deklination, Rektaszension und Stundenwinkel können von der winzig kleinen Erde (E) aus gemessen werden. Zusammen mit Höhe und Azimut bilden alle diese Winkel die Grundlage zur Berechnung von Länge und Breite auf der Erde.

VI.

Zusammenhänge zwischen dem Gradnetz und den Himmelsystemen

Die Methoden dieser Berechnung können nicht im einzelnen aufgezeigt werden. Im Grundsätzlichen gehen sie alle auf die Tatsache zurück, daß in irgendeinem Punkte der Erde zu einem bestimmten Zeitpunkt nur ganz bestimmte Werte für die erläuterten Winkel gemessen werden können und daß für einen anderen Ort und zu einer anderen Zeit andere Winkelwerte gefunden werden. Wie aus diesen Winkelwerten die Lage eines Ortes nach Länge und Breite ermittelt wird, ist Aufgabe der geographischen Ortsbestimmung, die in einem anderen Band unserer Sammelbücherei behandelt wird.

Die einfachsten Verfahren zur Ortsbestimmung können wir verstehen, ohne besondere mathematische Kenntnisse zu besitzen. So führt uns folgende einfache Überlegung auf die Ermittlung der Breite: Da unter 90° Breite, also am Pol, auch die Höhe des Himmelspols 90° über dem Horizont beträgt, während unter 0° Breite, also am Äquator, die Polhöhe 0° ist, können wir schließen, daß in den Zwischenlagen die Höhe des Himmelspols ebenfalls gleich der geographischen Breite ist. Um die Breite eines Ortes festzustellen, genügt es also, die Höhe des Himmelspols über dem Horizont zu messen.

Die Verfahren zur Längenbestimmung sind nicht von gleicher Einfachheit wie die Breitenbestimmungen, weil sie mit einer Zeitbestimmung verbunden sind. Wir wollen daher nur einen Weg zur Bestimmung eines Längenunterschieds angeben. Wenn die Sonne in unserem Standpunkt kulminiert, wird sie einige Zeit später in einem weiter westlich gelegenen Ort kulminieren, während sie eine gewisse Zeit vorher für einen östlich gelegenen Ort kulminiert hat. Wir wollen annehmen, die Sonne kulminiere in einem Ort B genau eine Stunde später als in einem zweiten Ort A. Der Längenunterschied zwischen A und B errechnet sich dann auf Grund folgender Beziehungen: eine Erdumdrehung, d. h. das Durchlaufen aller 360 Längengrade, dauert 24 Stunden. Dann werden in einer Stunde 15° durchlaufen; der Längenunterschied zwischen A und B beträgt also 15 Längengrade. Zur Vervollständigung sei bemerkt, daß ein Zeitunterschied von einer Minute 15 Längenminuten und von einer Sekunde 15 Längensekunden entspricht.

Eine Frage, die wir nicht unbeantwortet lassen möchten, ist die nach dem Wert des Gradnetzes und den Ergebnissen, die dessen Anwendung zur Bestimmung der Lage eines Ortes auf der Erde mit sich gebracht hat. Wir wissen

bereits, daß der Seemann bei der Feststellung seines Schiffsortes allein auf das Gradnetz angewiesen ist. Auf dem Lande bezeichnen wir die Lage eines Punktes im allgemeinen Sprachgebrauch nicht nach Länge und Breite. Aber ein Forscher, der in unerschlossenen Ländern neu entdeckte Orte aufnehmen will, muß die Lage nach dem Gradnetz bestimmen. Der Astronom schließlich, für dessen Zwecke die zuverlässigsten Instrumente zur Winkelmessung entwickelt worden sind, ist stets bestrebt, die Lage eines Ortes nach Länge und Breite auf das Allergenauveste zu berechnen, weil er damit neue Erkenntnisse über Wesen und Gestalt des Himmels und der Erde gewinnen will.

Gerade diese von der Wissenschaft geforderte Genauigkeit hat zu Folgerungen geführt, die wir nicht unbeachtet lassen können, weil sie die Voraussetzungen, unter denen wir das Gradnetz der Erde ableiteten, berühren.

Wir sind von einer kugelförmigen Erde ausgegangen. Die Ergebnisse der Gradmessungen, die in dem Band »Die Gestalt der Erde« näher behandelt werden, haben aber gezeigt, daß die Erde nicht genau eine Kugel, sondern ein an den Polen abgeplatteter Körper ist, der außerdem kleinere, durch die Verteilung von Land und Meer auf der Erde verursachte Unregelmäßigkeiten aufweist und daher den Namen Geoid erhalten hat. Sind die Abweichungen jedoch so entscheidend, daß wir ein neues Gradnetz einführen müssen, oder können wir unsere Überlegungen und Messungen weiterhin auf eine kugelförmige Erde gründen, wobei wir die wirklichen Verhältnisse in Form einer Verbesserung der für Länge und Breite erhaltenen Werte berücksichtigen? Man hat sich für den Weg der Korrekturen an den alten Ergebnissen entschieden, vor allem deshalb, weil die Abweichungen, die beachtet werden müssen, tatsächlich nur gering sind.

N A C H W O R T

Die Bestimmung von Breite und Länge erfordert Beobachtungen und Messungen an den Gestirnen, da das Gradnetz der Erde auf der Orientierung am Himmel beruht: jeder Ortsveränderung auf der Erde entspricht eine Änderung der Sehwinkel zu den Sternen. Das Gradnetz des Himmels als Hilfskonstruktion zum Auffinden von Sternbildern ist die folgerichtige Fortentwicklung der Erfahrungen steter Beobachtung, die Übertragung dieses Netzes auf die Erde konnte jedoch erst dann vorgenommen werden, als über die Gestalt der Erde keine grundsätzlichen Zweifel mehr bestanden.

Einfach und unmißverständlich besagt die geographische Breite und Länge, daß der durch sie bestimmte Ort im Schnittpunkt des angegebenen Breitenkreises mit dem angegebenen Längengrad zu finden ist. Daher ist es richtig, was in diesem Zusammenhang nachdrücklich betont werden soll, nur vom Grad der Breite oder Breitenkreis, ebenso nur vom Grad der Länge oder Längengrad, nicht aber von »Breitengraden« und »Längengraden« zu sprechen. Ein Breitengrad ist ein Streifen von der Ausdehnung eines Neunzigstels der Entfernung Äquator-Pol, und ein Längengrad ist ein Kugelzweieck, dessen Ecken die Pole darstellen. Breiten- und Längengrad schneiden sich in einer Fläche, einem sogenannten Eingradfeld, das daher die Lage eines Punktes nicht eindeutig bestimmt.

Die wesentlichste Tatsache zur Erklärung des Gradnetzes besteht in der täglichen Drehung der Erde um sich selbst. Die jährliche Bewegung der Erde

um die Sonne findet im Gradnetz nur insoweit Ausdruck, als sich die Neigung der Erdbahn gegen die Äquatorebene um $23\frac{1}{2}^{\circ}$ in der besonderen Bedeutung widerspiegelt, die die Breitenkreise von $23\frac{1}{2}^{\circ}$ N und S, die sogenannten Wendekreise, Wendekreis des Krebses (n) und des Steinbocks (s), sowie von $66\frac{1}{2}^{\circ}$ N und S, die sogenannten Polarkreise, auszeichnen. Als Grenzkreise des mit dem Jahreslauf wechselnden Sonnenstandes müssen die Wende- und Polarkreise im Zusammenhang mit der hier nicht näher zu beschreibenden Entstehung der Jahreszeiten gewürdigt werden.

Wie auch die Wende- und Polarkreise zeigen, bestehen zwischen dem Gradnetz, das heute selbst im täglichen Leben ein Begriff geworden ist, und anderen Erscheinungen aus der Himmelskunde mannigfaltige Zusammenhänge, aber der eigentliche Wert dieses Netzes liegt in dem Vorteil, jeden Punkt der Erde lediglich durch zwei Zahlenangaben, durch Länge und Breite, bezeichnen zu können. Das Auffinden dieser beiden Zahlen ist Aufgabe der geographischen Ortsbestimmung, über die in dem betreffenden Band unserer Sammelbücherei ausführlich gesprochen wird. (»Die geographische Ortsbestimmung«, Volk und Wissen Sammelbücherei, Gruppe II, Serie N, Band 2).

FACH - UND FREMDWÖRTER

Abkürzungen: lat = lateinisch, gr = griechisch, arab = arabisch

- Äquator** aequare (lat) = gleichmachen – Gleicher. Am Äquator teilt der Horizont jede Gestirnsbahn in zwei gleiche Teile. Der Erdäquator teilt die Erde in eine Nord- und Südhalbkugel.
- Astronomie** ἀστρον (astron, gr) = Gestirn, νόμος (nomos, gr) = das Gesetz; Sterngesetze, Sternkunde. – Die Wissenschaft von den für die Gestirne gültigen Gesetzen.
- Azimut** as sumut (arab) = die Wege. – Winkel zwischen der Richtung zu einem Gestirn oder einem anderen Punkt und der Nord-(Süd-)Richtung.
- Deklination** declinare (lat) = ablenken. – Abweichung der Magnetnadel von der genauen Nord-Süd-Richtung. Im äquatorialen Himmelsystem wird der Abstand eines Gestirns vom Äquator ebenfalls als Deklination bezeichnet.
- Geographie** γῆ (ge, gr) = Erde, γράφω (grapho, gr) = schreiben; Erdbeschreibung. – Wissenschaft von den Räumen und Erscheinungen der Erdoberfläche. Bestimmung der Himmelsrichtung und Ermittlung der geographischen Breite und Länge sind ein Teilgebiet der mathematischen Geographie.
- Geoid** γῆ (ge, gr) = Erde, εἶδος (eidos, gr) = Bild, Gestalt – Erdgestalt. Da sich die Gestalt der Erde mit einem regelmäßigen und mathematisch formulierbaren Körper nicht zu völliger Übereinstimmung bringen läßt, hat sie diesen besonderen Namen erhalten.
- Globus** globus (lat) = Kugel. – Darstellung der Erde (Erdglobus) oder der Himmelskugel (Himmelsglobus).
- Horizont** ὁρίζειν (horizein, gr) = begrenzen. – Grenzlinie zwischen dem Himmelsgewölbe und der Erde.
- Kimm** niederdeutsches Wort für den Horizont auf dem Meere.

Kompaß	aus dem Italienischen zu <i>compassare</i> (lat) = abschreiten, abmessen. – Gerät zum Bestimmen der Himmelsrichtung durch eine sich frei drehende Magnetnadel.
Kulmination	<i>culmen</i> (lat) = höchster Punkt. – Höchster Stand, den ein Gestirn auf seiner Bahn im Laufe eines Tages erreicht.
Lotlinie	Lot = Blei. – Richtung des Fadens am ruhig hängenden Senkblei.
Meridian	<i>meridianus</i> (<i>meridies</i>) (lat) = mittägig; vollständig: <i>circulus m.</i> (lat) = Kreis; Mittagskreis. – Im Mittagskreis kulminieren alle Gestirne, im besonderen auch die Sonne.
Nadir	<i>sem̄t nazīr</i> (arab) = Richtung des Fußes. – Gegenpunkt zum Zenit an der Himmelskugel.
orientieren	<i>oriens</i> (lat) = Sonnenaufgang. – Auffinden der Himmelsrichtung.
Rektaszension	<i>rectus</i> (lat) = gerade, <i>ascensio</i> (lat) = das Aufsteigen. – Gerade Aufsteigung, der in Zeit angegebene Winkel zwischen dem Stundenkreis eines Gestirns und dem Stundenkreis des Widerpunktes.
variieren	<i>variare</i> (lat) = ändern – sich ändern.
vertikal	<i>vertex</i> (lat) = Scheitel. – Senkrecht, Richtung des Fadens am ruhig hängenden Senkblei.
Widerpunkt	nach dem Sternbild des Widder benannt. – Der Punkt am Himmel, an dem, von der Erde aus gesehen, die Sonne am 21. März steht.
Zenit	<i>sem̄t ar-ras</i> (arab) = Richtung des Kopfes. – Schnittpunkt der über unseren Scheitel verlängert gedachten Lotlinie mit der Himmelskugel.

Die Aussprache der im Text verwendeten griechischen Buchstaben:

α = alpha	δ = delta	τ = tau
β = beta	λ = lambda	φ = phi

SCHRIFTEN ZUR WEITERBILDUNG

Wer tiefer in die Probleme und die Praxis der Lagebestimmung eindringen will, sei auf folgende Hand- und Lehrbücher verwiesen:

- Eckert, M. Geographisches Praktikum, Leipzig 1931 (Verlag Wagner und Debes).
- Geisler, W. Das Bildnis der Erde, Halle 1925 (Verlag Edgar Thamm).
- Graff, K. Grundriß der geographischen Ortsbestimmung, Berlin 1941 (Verlag Julius Springer).
- Günther, S. Handbuch der mathematischen Geographie, Stuttgart 1890 (Verlag I. Engelhorn).
- Handbuch der geographischen Wissenschaften, hg. v. Klute, Band I, Physikalische Geographie, Potsdam 1933 (Akademische Verlagsgesellschaft Athenaion m. b. H.).
- Herz, N. Lehrbuch der mathematischen Geographie, Leipzig 1906 (Hofbuchhandlung Carl Fromme).
- Jordan, W. Grundzüge der astronomischen Zeit- und Ortsbestimmung, Berlin 1885 (Verlag Julius Springer).
- Lautensach, H. Allgemeine Geographie, Gotha 1926 (Verlag Justus Perthes).
- Marcuse, A. Handbuch der geographischen Ortsbestimmung, Braunschweig 1905 (Verlag Friedrich Vieweg und Sohn).
- Martus, E. Astronomische Erdkunde, Leipzig 1912 (Kochs Verlagsanstalt).
- Platzmann, J. Das Himmelsbuch, Berlin 1925 (Deutsche Buchgemeinschaft G. m. b. H.).
- Wagner, H. Lehrbuch der Geographie, Hannover 1920 (Hahnsche Buchhandlung).
- Wirtz, C. Tafeln und Formeln aus Astronomie und Geodäsie, Berlin 1918 (Verlag Julius Springer).

Der Inhalt dieses Bandes leitet über zu den folgenden Bänden unserer Sammelbücherei, in denen die hier behandelten Gegenstände und Fragen ergänzt und weitergeführt werden:

- Serie N Die geographische Ortsbestimmung
 Die Gestalt der Erde

IN DER GRUPPE II »NATUR UND WISSEN«

der Volk und Wissen Sammelbücherei liegen bisher folgende Bände vor:

A <i>Mathematik</i>	12502	Redne rasch und richtig
	12521	Naturgesetz und funktionale Abhängigkeit
B <i>Physik</i>	12511	Vom Wesen der Wärme
F <i>Zoologie</i>	12523	Verborgenes Leben
	12522	Tierleben im Tümpel
K <i>Meteorologie</i>	12501	Das Wetter im Sprichwort
N <i>Allgemeine Geographie</i>	12524	Das Gradnetz der Erde
O <i>Länder und Völker</i>	12518	Die lebende Landkarte
	12509	Steinzeitvölker der Gegenwart
P <i>Reisen und Forschungen</i>	12548	Neun Monate auf treibender Eisscholle
Q <i>Der junge Naturforscher</i>	12519	Meine Steinsammlung

Die Zahlen zwischen Serie und Titel sind die Bestellnummern. Weitere noch in Vorbereitung befindliche Bände werden fortlaufend an dieser Stelle angezeigt

DIE GRUPPE II UMFASST FOLGENDE SERIEN

- **A** MATHEMATIK

- B** PHYSIK

- C** CHEMIE

- D** ALLGEMEINE BIOLOGIE

- E** BOTANIK

- F** ZOOLOGIE

- G** DER MENSCH

- H** ASTRONOMIE

- I** GEOPHYSIK

- K** METEOROLOGIE

- L** GEOLOGIE

- M** MINERALOGIE

- N** ALLGEMEINE GEOGRAPHIE

- O** LÄNDER UND VÖLKER

- P** REISEN UND FORSCHUNGEN

- Q** DER JUNGE NATURFORSCHER

- R** SCHÖNHEITEN U. SELTSAMKEITEN

- S** NOCH NICHT VERFÜGT

- T** NOCH NICHT VERFÜGT

- U** GESCHICHTE DER NATURWISSENSCHAFT

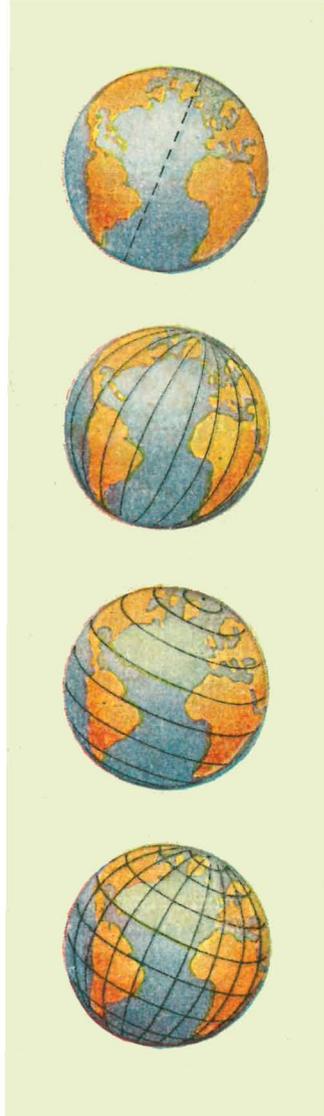
Frei im Weltenraum schwebend dreht sich die Erde um die Erdachse.

Der Äquator bildet mit der Ebene der Erdbahn um die Sonne einen Winkel von $23\frac{1}{2}^{\circ}$; um den gleichen Betrag ist die Erdachse geneigt.

Bei der täglichen Umdrehung bleiben die Pole in Ruhe. Von Pol zu Pol spannen sich die Längengrade, die alle gleichgroß sind.

Senkrecht zur Erdachse stehen die Ebenen der Breitenkreise. Ihre Durchmesser, die an den Polen gleich null sind, wachsen stetig, bis im Äquator der größte Breitenkreis erreicht ist.

Längen- und Breitenkreise bilden zusammen das Gradnetz der Erde. Jeder Punkt der Erde kann durch den Schnittpunkt eines Längengrades mit einem Breitenkreis bezeichnet werden.



GRUPPE I / DICHTUNG UND WAHRHEIT
SCHRIFTLICHTUNG: PROF. DR. W. HEISE

IN VORBEREITUNG:
GRUPPE III / TECHNIK UND VERSUCH