

Kartographie

von

Dr.-Ing. Viktor Heissler †

a. o. Prof. an der Technischen Hochschule Hannover

Dritte Auflage

Mit 125 Abbildungen und 8 Anlagen



Sammlung Göschen Band 30/30 a

Walter de Gruyter & Co. Berlin 1968

vormals G. J. Göschen'sche Verlagshandlung · J. Guttentag,
Verlagsbuchhandlung · Georg Reimer · Karl J. Trübner · Veit & Comp.

„Die Anlagen 1-5 wurden freundlicherweise vom Landesvermessungsamt Rheinland-Pfalz, die Anlagen 6 und 7 vom Institut für Angewandte Geodäsie und die Anlage 8 vom Kartographischen Institut Bertelsmann zur Verfügung gestellt. Verfasser und Verlag danken diesen Stellen für ihre großzügige Unterstützung, durch die sie den vorliegenden Göschenband Kartographie in wertvollster Weise bereichert haben.“

©

Copyright 1968 by Walter de Gruyter & Co., vormals G. J. Göschen'sche Verlagshandlung / J. Guttentag Verlagsbuchhandlung / Georg Reimer / Karl J. Trübner / Veit & Comp., Berlin W 30. — Alle Rechte, einschl. der Rechte der Herstellung von Photokopien und Mikrofilmen, von der Verlagsbuchhandlung vorbehalten. — Archiv-Nr. 79 90 688 — Satz und Druck: Deutsche Zentraldruckerei AG., Berlin 61. — Printed in Germany.

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung	Seite
11 Kartographie und Kartenwesen	7
12 Karteneigenschaften	8
13 Kartenmaßstab	11
14 Kartengruppierung	12
2 Die Kartenaufnahme	
21 Gestalt und Größe des Erdkörpers	19
21.1 Bestimmung der kugelförmigen Erde aus Gradmessungen	19
21.2 Die Erde als Rotationsellipsoid — Erddimensionen	20
21.3 Das Geoid	22
22 Das Landesdreiecksnetz	22
22.1 Die Triangulierung	24
22.11 Signalisierung der Netzpunkte	24
22.12 Die Winkelmessung	25
22.2 Die Basismessung	27
22.21 Normalmaße und metrisches Maßsystem	27
22.22 Basismessgeräte und Basismessung	29
22.23 Das Basisvergrößerungsnetz	30
22.24 Entfernungsmessung mit elektromagnetischen Wellen	31
22.3 Die astronomische Ortsbestimmung	33
23 Das Landeshöhennetz	36
23.1 Höhenbezugsfläche und Höhenfestpunkte	36
23.2 Das geometrische Nivellement	38
23.21 Nivelliere mit Libellenhorizontierung	39
23.22 Nivelliere mit selbsthorizontierender Ziellinie	40
23.23 Nivellierlatten	41
23.3 Die trigonometrische Höhenmessung	41
23.4 Freihandnivelliere und Gefällmesser	43
23.5 Die barometrische Höhenmessung	44
23.51 Quecksilber- oder Hg-Barometer	44
23.52 Federbarometer	45
23.53 Siedebarometer	46
23.54 Berechnung barometrischer Höhenunterschiede	47
23.55 Barometrische Meßverfahren	48
24 Die topographische Geländeaufnahme	50
24.1 Die Tachymetrie	51
24.11 Der Reichenbachsche Fadendistanzmesser	51
24.12 Reduktionstachymeter	53
24.13 Bussolentachymeter	55
24.14 Meßtisch und Kippegel	55

	Seite
24.15 Genauigkeit der optischen Längen- und Höhenmessung	56
24.2 Verdichtung des Festpunktfeldes	56
24.21 Trigonometrisches Einschneiden	56
24.22 Polygonzüge	58
24.3 Terrestrisch-tachymetrische Aufnahmefethoden	59
24.31 Die Meßtischmethode	61
24.32 Die Zahlenmethode	62
24.33 Die kombinierte Methode	62
24.4 Anwendung der Photogrammetrie	63
24.41 Das Meßbild	63
24.42 Die Luftbildaufnahme	65
24.43 Doppelbilddauswertung	66
3 Die kartographischen Netzentwürfe	
31 Grundlagen	70
31.1 Kartennetz und Erdgestalt	70
31.2 Abbildungsprinzip und Einteilung der Netzentwürfe	72
31.3 Eigenschaften der Netzentwürfe	77
31.4 Art und Ausmaß der Verzerrungen — Verzerrungsellipse oder Indikatrix	77
32 Echte azimutale Abbildungen in normaler Lage	81
32.1 Mittabstandstreue azimutale Abbildung	82
32.2 Flächentreue azimutale Abbildung	84
32.3 Winkeltreue azimutale Abbildung	85
32.4 Gnomonische Abbildung	87
32.5 Orthographische Abbildung	88
33 Echte azimutale Abbildungen in schiefachsiger und transversaler Lage	89
34 Echte zylindrische Abbildungen in normaler Lage ...	94
34.1 Mittabstandstreue zylindrische Abbildung mit längen- treuem Äquator	94
34.2 Mittabstandstreue zylindrische Abbildung mit zwei län- gentreuen Parallelkreisen	95
34.3 Flächentreue zylindrische Abbildung	97
34.4 Winkeltreue zylindrische Abbildung	98
34.41 Die Loxodrome	101
35 Echte konische Abbildungen in normaler Lage	102
35.1 Einfache mittabstandstreue konische Abbildung	104
35.2 Mittabstandstreue konische Abbildung mit zwei län- gentreuen Parallelkreisen	105
35.3 Einfache flächentreue konische Abbildung	107
35.4 Flächentreue konische Abbildung mit zwei längentreuen Parallelkreisen	109
35.5 Winkeltreue konische Abbildung	110
35.6 Praktische Durchführung von Netzberechnungen bei den konischen Abbildungen	112
36 Polykonische Abbildungen, Polyederprojektion	113

Inhaltsverzeichnis

5

Seite

37 Unechte Abbildungen	116
37.1 Stab-Wernersche Abbildung	116
37.2 Sanson-Flamsteedsche Abbildung	117
37.3 Bonnesche Abbildung ..	117
37.4 Planisphären	118
37.41 Abbildung von Mollweide	118
37.42 Die Abbildungen von Aitoff und Hammer	120
37.43 Die Abbildung von Winkel	122
37.5 Planigloben	123
37.51 Globularprojektion	123
37.52 Nells modifizierte Globularprojektion	124
38 Geodätische Abbildungen	124
38.1 Die Soldnerschen Koordinaten	125
38.2 Die Gaußschen Koordinaten	126
38.3 Die Gauß-Krügerschen Meridianstreifensysteme	127
38.4 Das Gitternetz	129
4 Der Karteninhalt	
41 Die Situationszeichnung	132
41.1 Darstellungen der Siedlungen	133
41.11 Grundrißtreue Darstellung	133
41.12 Grundrißähnliche Darstellung	133
41.13 Ortssignaturen	138
41.2 Das Verkehrs- und Gewässernetz	139
41.3 Topographische Signaturen	142
42 Die Geländedarstellung	145
42.1 Vorstufe	146
42.2 Geländedarstellung durch Seiten- oder Schrägansichten	148
42.3 Geländedarstellung im Grundriß	149
42.31 Schraffen	151
42.32 Höhenlinien	156
42.33 Schummerung	161
42.34 Farbtöne	164
42.35 Kombinationen	166
43 Kartenschrift und Kartennamen	168
44 Die äußeren Kartenelemente	170
44.1 Maßstabsfolge	170
44.2 Blattbegrenzung — Blattschnitt	171
44.3 Blattbezeichnung	172
5 Die amtliche Kartographie	
51 Deutsche amtliche Kartographie	173
52 Die deutschen amtlichen Kartenwerke	174
52.1 Deutsche Grundkarte 1 : 5000	175
52.2 Topographische Karte 1 : 25 000	176
52.3 Topographische Karte 1 : 50 000	177
52.4 Karte des Deutschen Reiches 1 : 100 000	178
52.41 Topographische Karte 1 : 100 000	178

	Seite
52.5 Topogr. Übersichtskarte des Deutschen Reiches 1 : 200 000	179
52.6 Übersichtskarte von Mitteleuropa 1 : 300 000	179
52.7 Internationale Weltkarte 1 : 1 Million	179
52.8 Kartenwerke im ostdeutschen Raum	180
53 Amtliche Kartenwerke ausländischer Staaten	181
53.1 Österreich	181
53.2 Schweiz	181
53.3 Frankreich	182
53.4 Italien	182
53.5 Großbritannien	183
53.6 Schweden	183
53.7 USA	184
53.8 UdSSR	184
6 Thematische Kartographie	
61 Allgemeines	185
62 Kartographische Ausdrucksformen	185
63 Methoden der thematischen Kartographie	187
63.1 Die qualitative Methode	187
63.2 Die quantitative Methode	189
63.21 Die absolute Methode	189
63.22 Mittelwertdarstellung	192
63.23 Die relative Methode	193
7 Die Kartenreproduktion	
71 Der Kartenentwurf	196
72 Herstellung der Kartenoriginale	196
72.1 Klassische Verfahren	196
72.11 Kupferstich	196
72.12 Kartolithographie	197
72.2 Moderne Verfahren	197
72.21 Zeichnung auf Karton und transparenten Folien ..	197
72.22 Schichtgravur	198
72.3 Hilfsmittel der modernen Verfahren	199
72.31 Reproduktionsphotographie	199
72.32 Mechanische Kartenbeschriftung	201
72.33 Kopie	203
73 Der Kartendruck	204
73.1 Herstellung der Druckformen	204
73.11 Umdruck	204
73.12 Druckplattenkopie	205
73.13 Druckplatten für mehrfarbige Karten	206
73.2 Druckverfahren	207
73.21 Hochdruck	207
73.22 Tiefdruck	207
73.23 Siebdruck	207
73.24 Flachdruck	207
Literaturverzeichnis	209
Sach- und Namenverzeichnis	210

1. Einführung

11 Kartographie und Kartenwesen

Die zahlreichen Definitionen der Begriffe „Kartographie“ und „Karte“ zeigen, wie unterschiedlich deren Wesen, Inhalt und Umfang beurteilt werden. Hier soll vorerst die *Kartographie* als jener Wissenszweig bezeichnet werden, der sich vornehmlich mit Entwurf und Herstellung eines Abbildes der Erdoberfläche oder eines ihrer Teile beschäftigt. Damit ist gleichzeitig der wesentliche Inhalt dieses Bandes aufgezeigt, der in den Hauptabschnitten die Geländeaufnahme [2], die Netzentwürfe [3] und den Karteninhalt [4] behandelt. Daß sich die Kartographie — darüber hinaus — mit der graphischen Darstellung von Beobachtungs- und Forschungsergebnissen¹⁾ der Geowissenschaften befaßt, wird durch den Abschnitt Thematische Karten [6] zum Ausdruck gebracht. Alle weiteren Zweige der Kartographie, wie z. B. die Herstellung von Globen, Reliefs u. dgl. finden keine Berücksichtigung.

Bei den *Karten* werden die astronomischen Karten sowie die See- und Luftfahrtkarten ausgeschaltet. Für die hier vorzugsweise behandelten Landkarten seien aus den zahlreichen Definitionen die folgenden herausgegriffen: *H. Louis*²⁾ bezeichnet als Karte „ein orientiertes, in angebbarem Maßstab verkleinertes, verebnetes, möglichst weitgehend ausmeßbar getreues Grundrißbild der Erdoberfläche oder von Teilen der Erdoberfläche, welches mit Hilfe seiner Darstellungselemente eine anschauliche

¹⁾ Bormann, W.: Sollen Lücken in der kartographischen Begriffsbestimmung geschlossen werden? Kartogr. Nachr. 1960; und Schmidt-Falkenberg, H.: Zur Definition und Gruppierung der geodätischen Karten; Allgem. Vermessungsnachr. 1960 mit Schrifttum.

²⁾ Nach Fochler-Hauke, G.: Geographie; Fischer-Lexikon 1959.

Vorstellung von dem abgebildeten Gebiet zu vermitteln versucht. Dabei kann sowohl die Gesamtheit der für einen Landstrich bedeutungsvollen Erscheinungen wie auch eine beschränkte Auswahl von Erscheinungen den Gegenstand des Karteninhalts bilden“. Nach *R. Finsterwalder*¹⁾ ist die Karte „die möglichst richtige und vollständige, durch Bezeichnungen erläuterte Darstellung der Landschaft in der zweidimensionalen Papierfläche unter Hervorhebung und Zusammenfassung des Wesentlichen. Feinheit und Hochwertigkeit der Wiedergabe, zugleich aber auch Zweckmäßigkeit und Wirtschaftlichkeit bei der Herstellung und Vervielfältigung sind Kennzeichen und Voraussetzung für eine Karte und ein Kartenwerk“. Nach *E. Imhof*²⁾ endlich sind Karten „verkleinerte, vereinfachte, inhaltlich ergänzte und erläuterte Grundrißbilder der Erdoberfläche oder von Teilen derselben“.

12 Karteneigenschaften

Wie schon z. T. in den Definitionen zum Ausdruck kommt, müssen die Karten bestimmte Eigenschaften aufweisen, um einerseits ihrem Wesen gerecht zu werden und andererseits eine befriedigende praktische Verwendbarkeit zu gewährleisten. *M. Eckert* fordert von der Karte, daß sie „richtig, vollständig, zweckentsprechend, klar und verständlich, lesbar und schön“ sei.

Diese Forderungen sind im wesentlichen bei allen topographischen und geographischen Karten berechtigt, verlangen jedoch in den einzelnen Maßstäben eine sinngemäße Auslegung. *Richtigkeit und Vollständigkeit* betreffen die geodätische Seite der Karten. Bei Karten *großen* Maßstabes ist Richtigkeit etwa der Genauigkeit gleichzusetzen, die wir sowohl von der Grundrißzeichnung als auch von der Geländedarstellung fordern. Ihre Grenzen sind durch die Aufnahme- und Zeichengenauigkeit festgelegt. Bei *kleinmaßstäblichen* Karten sind für die Richtigkeit in erster Linie die Vermessungsgrundlagen, aus denen die Karten abgeleitet werden, maßgebend. Daß diese Grundlagen durchaus noch nicht überall

¹⁾ Finsterwalder, R.: Begriffe Kartographie und Karte; Geogr. Taschenbuch 1951/52.

²⁾ Imhof, E.: Gelände und Karte; Erlenbach-Zürich 1950.

in ausreichender Güte vorliegen, zeigt Abb. 1, die eine Übersicht über die kartographische Erschließung der Erde wiedergibt.

Die *Vollständigkeit* wird neben der geodätischen Erfassung der topographischen und sonstigen Gegebenheiten vor allem durch den Kartenmaßstab bestimmt. Je kleiner der Maßstab, desto geringer ist die zur Verfügung stehende Fläche, und desto weniger Einzelheiten können wiedergegeben werden. Die Vollständigkeit ist also relativ und hängt wesentlich von einer geschickten Aus-

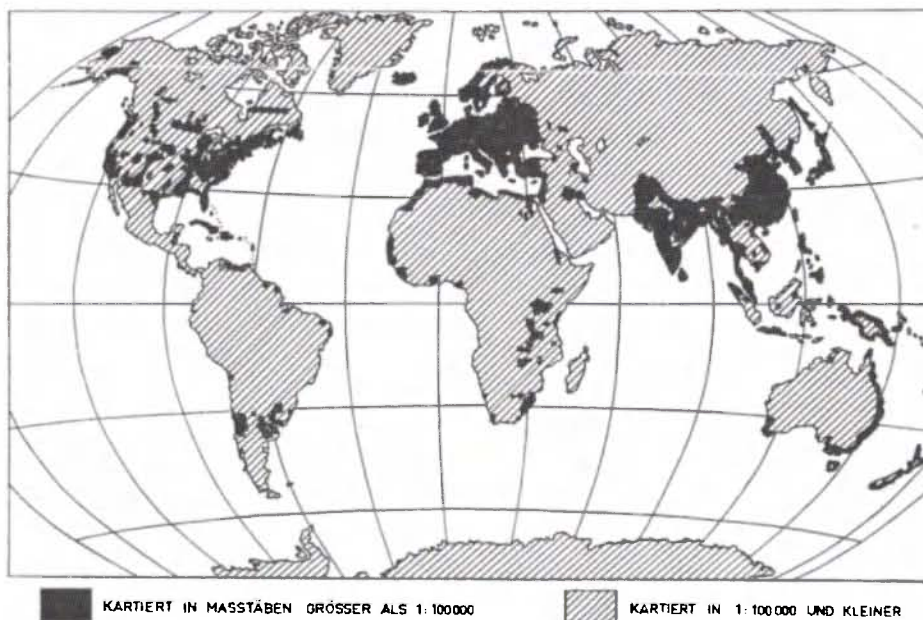


Abb. 1. Kartographische Erschließung der Erde 1960
(Nach Bertelsmann Hausatlas)

wahl ab. Bei den großen Maßstäben wächst der Karteninhalt, und es kommen immer mehr Gegenstände und Erscheinungen zur Darstellung. Nun ist aber die Erdoberfläche, ihre Beschaffenheit und ihre Bedeckung ständigen Veränderungen unterworfen, die durch Naturkräfte und insbesondere durch menschliche Einwirkung ausgelöst werden. Man denke an die Unzahl von Bauwerken aller Art, an die vielfältigen Aus- und Umgestaltungen des Verkehrs- und Gewässernetzes u. v. a. Die Erfassung und Einarbeitung dieser Veränderungen in die Karten bilden das Hauptproblem der amtlichen Topographie und Kartographie. Je größer der Maßstab, um so rascher veralten die Karten, und ihre praktische Brauchbarkeit nimmt ab; sie müssen ständig nachgeführt, d. h. auf den neuesten Stand gebracht werden. Deshalb beein-

flußt die Frage, wie die Karten zweckmäßig und wirtschaftlich *nachzuführen* sind, sowohl die inhaltliche Gestaltung der Kartenwerke als auch die Reproduktionsart in hohem Maße.

Karten werden auf den verschiedensten Gebieten und zu unterschiedlichen Zwecken gebraucht. Je nach der Verwendungsart wechseln die Ansprüche, so daß Maßstab, Netzentwurf, innere Gestaltung und Format in erster Linie vom *Zweck* bestimmt werden, dem sie vornehmlich oder ausschließlich zu dienen haben. Aus Zweckmäßigkeitsgründen werden z. B. für technische Aufgaben vielfach Karten in verhältnismäßig großen Maßstäben, in der Geographie dagegen auch solche sehr kleinen Maßstabs gefordert. Bei geographischen Karten wird im Hinblick auf bessere Vergleichsmöglichkeiten die Flächentreue, bei Karten für geodätische, astronomische und nautische Zwecke hingegen die Winkeltreue bevorzugt. Ein und dasselbe Gebiet wird aus Gründen der Zweckbestimmung z. B. als reine topographische Karte anders gestaltet als eine Touristenkarte. Karten für den Feldgebrauch haben zweckmäßig ein handliches, kleines Format, Wandkarten sind verhältnismäßig groß.

Die *Klarheit und Verständlichkeit* einer Karte hängt wesentlich von den Signaturen, von der Farbgebung und von der übersichtlichen Gestaltung ab. Anschauliche Zeichen sind verständlicher als abstrakte; mit der Farbgebung können klare Abgrenzungen von begrifflich Zusammengehörigem gegeben werden. Wird das für den bestimmten Kartenzweck Wesentliche gegenüber dem übrigen Karteninhalt entsprechend hervorgehoben, so ist die Karte übersichtlich und wird damit auch klar und verständlich.

Die *Lesbarkeit* einer Karte hängt einmal von der Größe der Kartenelemente ab, deren kleinste Dimensionen das Auflösungsvermögen des menschlichen Auges nicht unterschreiten dürfen. Sie wird weiter von dem gegenseitigen Abstand der Kartenzeichen beeinflusst; überladene Kartenbilder sind schwer lesbar. Die Lesbarkeit ist endlich von der Anordnung der Zeichen und Schriften und insbesondere auch von der Qualität des Druckes abhängig.

Die *Schönheit* des Kartenbildes, d. h. seine ästhetische Wirkung, wird vom Gesamteindruck geprägt. Voraussetzung ist ein harmonisches Zusammenwirken aller Elemente, eine geschmackvolle Auswahl der Farbtöne, die Anwendung einer sich einordnenden Schriftart und nicht zuletzt eine drucktechnisch einwandfreie Vielfältigung.

13 Kartenmaßstab

Unter dem Kartenmaßstab wird allgemein das *lineare* Verkleinerungs- oder Verjüngungsverhältnis der Karte gegenüber der Natur verstanden. Bedeutet K eine bestimmte Kartenstrecke und N die ihr entsprechende Naturstrecke, so ist der Maßstab $M = K : N$ oder $M = 1/N : K$. Wird $N : K = m$ gesetzt, so erhält man mit

$$M = 1 : m$$

die übliche Form der Maßstabsangabe; sie besagt, daß einer Längeneinheit — z. B. 1 mm — in der Karte m Einheiten — z. B. m mm = $m/1000$ m — in der Natur entsprechen. Die Zahl m wird Maßstabszahl oder Maßstabsfaktor, mitunter auch Modul genannt. Auf den deutschen amtlichen Kartenwerken ist neben der üblichen Maßstabsbezeichnung zusätzlich angegeben, welcher Kartenstrecke — ausgedrückt in cm — die Naturstrecke von 1 km entspricht. Nach einem Vorschlag von *M. Eckert* heißt die Karte $M = 1 : 25\,000$ „4-cm - Karte“, $M = 1 : 50\,000$ „2-cm - Karte“, $M = 1 : 100\,000$ „1-cm - Karte“ usw.

Die Umrechnung von Kartenmaßen in Naturmaße und umgekehrt kann mit Hilfe der Formeln $N = m \cdot K$ und $K = N : m$ leicht durchgeführt werden.

Zum *Flächenverhältnis* zwischen Natur und Karte führt folgende Überlegung: Eine beliebig begrenzte Fläche kann man sich in ein Rechteck mit den Seiten a und b verwandelt denken. Die Naturlängen der Rechteckseiten ergeben sich aus den Kartenlängen zu $a_N = m \cdot a_K$ bzw. $b_N = m \cdot b_K$; die Naturfläche des Rechteckes ist

$$F_N = a_N \cdot b_N = m \cdot a_K \cdot m \cdot b_K.$$

Da das Produkt $a_K \cdot b_K$ die Kartenfläche F_K darstellt, ist

$$F_N = F_K \cdot m^2,$$

d. h., die Naturfläche ist gleich Kartenfläche mal Maßstabsfaktor zum Quadrat.

Die Umrechnung zwischen verschiedenen Maßstäben gestaltet sich wie folgt: Im Kartenmaßstab $M_1 = 1 : m_1$ entspricht der

Naturstrecke N die Kartenstrecke $K_1 = N : m_1$, im Maßstab $M_2 = 1 : m_2$ entspricht derselben Strecke N eine Kartenstrecke $K_2 = N : m_2$. Daraus folgt das Verhältnis

$$K_1 : K_2 = m_2 : m_1,$$

d. h., Kartenlängen in verschiedenen Maßstäben verhalten sich umgekehrt wie die entsprechenden Maßstabszahlen. Analog ergibt sich für die Flächen

$$F_{K1} : F_{K2} = m_2^2 : m_1^2,$$

d. h. Kartenflächen in verschiedenen Maßstäben verhalten sich umgekehrt wie die Quadrate der entsprechenden Maßstabszahlen.

Der Maßstab einer Karte ist streng genommen innerhalb eines Kartenblattes verschieden, da es theoretisch keine universell längentreue Abbildung gibt [vgl. 31.3]. Er kann jedoch praktisch bei Karten größeren Maßstabs als konstant angenommen werden. Bei kleinmaßstäblichen Karten, die große Teile der Erdoberfläche zur Darstellung bringen, wird entweder der Mittelpunktmaßstab oder ein Durchschnittswert angegeben.

14 Kartengruppierung

Karten können nach verschiedenen Gesichtspunkten gruppiert werden. Rein äußerlich unterscheiden wir — je nachdem die Herstellung bzw. Herausgabe von amtlichen oder privaten Stellen erfolgt — zwischen *amtlichen* und *privaten* Karten und je nach Umfang bzw. Anzahl zwischen *Einzelkarten* und *Kartenwerken*; letztere gliedern sich in *Atlanten*, d. s. aufeinander abgestimmte Kartensammlungen, und *Kartenreihen*, die aus gleichartigen Einzelblättern bestehen.

Neben diesen formalen Unterscheidungen sind Gruppierungen nach Kartenmaßstab, Karteninhalt, Verwendungszweck oder Entstehungsart üblich. Solche ermöglichen eine bessere Charakterisierung der einzelnen Kartenarten, doch gehen z. Z. noch die Ansichten über die Abgrenzungen und insbesondere über die Zweckmäßigkeit der bisher angewandten Terminologie und über die Richtigkeit der gegebenen Definitionen je nach Standpunkt stark auseinander.

Vielfach wird noch auf die von *M. Eckert-Greifendorf*¹⁾ gegebene Karteneinteilung zurückgegriffen, die sich auf die beiden Hauptgruppen Landkarten und Meereskarten stützt. Bei den *Landkarten* werden unterschieden: *geographisch konkrete Karten*, d. h. Karten in großen Maßstäben, die das in der Wirklichkeit Gegebene so naturgetreu wie nur möglich in der Bildebene wiederzugeben versuchen, und *geographisch abstrakte Karten*, d. h. Karten in kleinen Maßstäben, die durch Anwendung von Signaturen das Wesentliche eines Gegenstandes vom Zufälligen absondern, nur dieses Wesentliche darstellen und außerdem alles Unwichtige unterdrücken. Bei ihnen spielt die Generalisierung die Hauptrolle. Auf dieser Grundlage werden unter Berücksichtigung des *Maßstabes* folgende Kartengruppen aufgestellt:

A. Geographisch konkrete Karten.

- a) topographische Spezialkarten von den größten Maßstäben bis zu 1 : 25000 und
- b) Generalkarten oder Übersichtskarten in den Maßstäben 1 : 50000 bis 1 : 200000.

B. Geographisch abstrakte Karten

- a) chorographische Karten, zu denen die physischen oder physikalischen Karten in den Maßstäben von 1 : 1 Million an bis zu den kleinsten Maßstäben gezählt werden, sofern sie noch das orographische Bild der Erde zeigen.
- b) angewandte Karten; sie bringen auf der Grundlage einer mehr oder weniger detaillierten chorographischen Karte eine oder mehrere physische, biologische, anthropogeographische, historische oder politische Erscheinungen zur Veranschaulichung. Ihre Maßstäbe sind die gleichen wie die der chorographischen Karten.

C. Die dritte Gruppe bildet den Übergang von den geographisch konkreten zu den geographisch abstrakten Karten; sie bewegen sich in den Maßstäben von 1 : 200000 bis 1 : 500000. Da bei ihnen schon weitgehend Signaturen angewandt werden müssen, entfernen sie sich von der topographischen Basis und leiten allmählich zu den chorographischen Karten über.

Nach der *Zweckbestimmung* unterscheidet die Eckert-Greifendorfsche Einteilung:

¹⁾ Kartenkunde; Berlin 1950; Die Kartenwissenschaft; Berlin und Leipzig 1921; siehe auch: Die Eingrenzung der Kartographie, *Pet. Geogr. Mitt.* 1937.

- A. Die topographischen Spezialkarten. Sie dienen hauptsächlich Wirtschaftszwecken.
- B. Die Landkarten. Sie umfassen die topographischen Übersichtskarten und die chorographischen Karten und ermöglichen eine sichere und schnelle allgemeine Orientierung.
- C. Die physischen oder physikalischen Karten, die sich a) in allgemeine und b) in spezielle physikalische Karten gliedern. Zu a) gehören geologische, bodenkundliche, hydrographische und orographische bzw. geomorphologische Karten; zu b) erdmagnetische, meteorologische, klimatologische und ozeanologische bzw. Meereskarten mit Einschluß der Seekarten.
- D. Die biologischen Karten; sie zerfallen je nach ihrem Forschungs- und Darstellungsgebiet in tier- und pflanzengeographische Karten.
- E. Die anthropo- und kulturgeographischen Karten. Sie beherrschen das größte Gebiet der angewandten Karte. Zu ihnen zählen Sprachen-, Religions-, Rassen- und Völkerkarten, Bevölkerungsdichte- und Siedlungskarten, die verschiedenen Verkehrskarten, politische und historische Karten, die große Zahl der Karten mit den vielfältigen statistischen Angaben u. v. a. m.

Die *Meereskarten* werden in allgemeine Meereskarten und in Seekarten gegliedert. Zu den allgemeinen Meereskarten zählen die ozeanischen Tiefenkarten, die durch Zahlenangaben der tieferen Ozeanteile ein Geländebild des Meeresbodens liefern, weiter die Karten, die sich mit der Physik des Meerwassers beschäftigen (Meeresströmungskarten, Temperatur- und Salzgehaltskarten) und die biologischen und meerwirtschaftlichen Karten (Fischereikarten). Die Seekarte dient der Schifffahrt. In ihr erscheinen neben einem schmalen, der Orientierung dienenden Küstenstreifen alle für die Nautik notwendigen Angaben (Fahrwasser, Tiefenverhältnisse, Watten, Sandbänke, Riffe und Klippen, Seezeichen, zeitliche Hindernisse wie Wracks usw.). Je nach Maßstab und Inhalt werden unterschieden: Übersichtskarten in Millionenmaßstäben bis zur Kleinstgrenze 1 : 2500 000, Segel- oder Kurskarten in den Maßstäben 1 : 300 000 bis 1 : 700 000, Küstenkarten 1 : 100 000 bis 1 : 300 000 und Sonderkarten der Häfen mit Maßstäben von 1 : 5000 bis 1 : 100 000.

Diese Gruppierung ist einseitig, erfaßt nicht den gesamten Kartenbereich und ist auch terminologisch in gewisser Hinsicht anfechtbar.

R. Finsterwalder¹⁾ unterscheidet folgende Arten:

„1. *Originalkarten*. Sie umfassen alle topographischen Karten und Kartenwerke, welche ein möglichst exakt-maßstäbliches Bild der Landschaft ohne wesentliche Generalisierung in den Maßstäben 1 : 5000 bis etwa 1 : 200 000 geben. Sie gehören zum Aufgabenbereich des Vermessungsingenieurs.

2. *Geographische Karten*. Hierbei handelt es sich um Karten kleineren Maßstabs, vor allem in Atlanten, ferner Schulwandkarten u. ä., bei denen die Generalisierung der landschaftlichen Formen und Gegebenheiten eine entscheidende Rolle spielt und weitergehende geographische Kenntnisse erfordert.

3. *Angewandte Karten*. Bei ihnen spielt die topographische Unterlage, die oft nur als beschränktes, der Orientierung dienendes Gerippe erscheint, eine sekundäre Rolle; die Hauptsache stellen Eintragungen spezieller Art, sehr oft statistischen Inhalts und ähnlicher Zweckbestimmung dar. Sie spielen in der Geographie und in vielen anderen Wissenschaften eine große Rolle.

4. *Karten besonderer Art*. Hier sind die Katasterkarten zu nennen, welche vor allen Dingen die Eigentumsverhältnisse festlegen oder erläutern und eigentlich keine topographische Zweckbestimmung haben, aber doch die örtlichen topographischen Verhältnisse so weit erkennen lassen, daß sie spezieller topographischer Eintragungen und Erläuterungen nicht unbedingt bedürfen.“

Auch diese Einteilung ist im Hinblick auf den gesamten Kartenbereich unvollständig; sie umfaßt im wesentlichen das Gebiet der sog. „Landkarten“. Die in Geodätenkreisen eingebürgerten Bezeichnungen „Originalkartographie“ und „Originalkarte“ werden des öfteren mit der Begründung abgelehnt, daß der schöpferische Anteil der Geographen bei der Herstellung geographischer und insbesondere beim Entwurf thematischer Karten ebenfalls als Originalität gewertet werden müsse. Im übrigen widersprechen sie dem Begriff „Original“, wie er im Sinne der technischen Kartenherstellung verwendet wird, nämlich

¹⁾ Begriffe Kartographie und Karte, Geogr. Taschenb. 1951/52; siehe auch: Kartographie und ihre heutigen Aufgaben, Ztschr. f. Verm.wesen 1937; Die deutsche Originalkartographie, die Entwicklung seit 1919 und ihr heutiger Stand, Ztschr. d. Ges. f. Erdk. 1942; Die kartogr. Darstellung — zur heutigen Lage der Kartographie, Ztschr. f. Verm.wesen 1950; Zur Terminologie im Vermessungswesen. Ztschr. f. Verm.wesen 1956.

als der zur Vervielfältigung einer kartographischen Darstellung erforderlichen Unterlage. Die in diesem Zusammenhang vorgeschlagenen Bezeichnungen „Urkarte“ und „Urkartenwerk“ dürften sich wohl kaum durchsetzen.

In dem Bestreben, eine das Gesamtgebiet kartographischer Arbeit umfassende Kartengruppierung zu schaffen, hat in letzter Zeit *H. Schmidt-Falkenberg*¹⁾ eine Einteilung vorgeschlagen, die sich in der Terminologie nach jenen Fachwissenschaften richtet, die in erster Linie an der Erstellung bzw. Ausrichtung des Karteninhalts maßgebend beteiligt sind. Seine auf dem Inhalt aufbauende und gleichzeitig den Maßstab lose berücksichtigende Gruppierung zeigt folgendes Aussehen²⁾:

- a) *Geodätische Karten*: Karten bis zu den Maßstäben 1 : 300 000/1 : 500 000, die nach Schmidt-Falkenberg vorwiegend Forschungs- und Beobachtungsergebnisse — richtiger ausgedrückt: *Messungs-* und *Beobachtungsergebnisse* — der Geodäsie (Katasteraufnahme, Topographie, Stadt-, Forst-, Seevermessung usw.) enthalten. Sie können demnach in Katasterkarten (richtiger Katasterpläne), Topographische Karten, Stadtkarten, Forstkarten, Seekarten usw. gegliedert werden.
- b) *Geographische Karten*: Karten in den Maßstäben kleiner als 1 : 300 000/1 : 500 000, die vorwiegend Forschungs- und Beobachtungsergebnisse der Geographie, Geomorphologie usw. enthalten und auf geodätischen Ausgangsunterlagen aufbauen. Dabei bleibt offen, ob eine weitere Untergliederung notwendig ist, und wie diese vorgenommen werden soll.
- c) *Astronomische Karten* (Himmels-, Weltkörperkarten): Karten, die vorwiegend Forschungs- und Beobachtungsergebnisse der Astronomie, Astrophysik usw. enthalten.
- d) *Sonderkarten*: Karten, die einen oder mehrere Darstellungsgegenstände im Vergleich zu anderen wesentlich vorrangig behandeln oder graphisch besonders hervorheben. Die Grundlage der Sonderkarten bilden geodätische, geographische oder astronomische Karten.

Dieser z. Z. noch in der Fachpresse diskutierte Gruppierungsvorschlag umfaßt alle Karten, grenzt die ein-

¹⁾ Grundsätzliches zu Geodätischen und Geographischen Karten, *Pet. Geogr. Mitt.* 1958; Aufgaben der Kartographie und Gruppierung der Karten, *Verm.techn. Rundsch.* 1959; Begriffe und Erläuterungen zu kart. Darstellungsarten des Geländes, *Kart. Nachr.* 1960; Zur Definition und Gruppierung der Geod. Karten, *Allg. Verm.nachr.* 1960.

²⁾ Siehe auch Bormann, W., *Fußn.* S. 7.

zernen Arten klar gegeneinander ab und dürfte prinzipiell von der beteiligten Fachwelt anerkannt und aufgenommen werden. Gegen die angewandten Bezeichnungen sind jedoch schon berechtigte Einwände laut geworden.

So ist der Begriff „Sonderkarten“ sehr umstritten. In den letzten Jahrzehnten hat sich die Bezeichnung „thematische Karten“ stark eingebürgert. Ihre Anwendung wird durch die Tatsache begründet, daß bei diesen Karten immer ein bestimmtes Thema im Vordergrund steht.

Recht verschieden sind die Ansichten über das Wesen einer „*topographischen*“ Karte. Sie gehen aus den unterschiedlichen Definitionen und insbesondere aus den stark voneinander abweichenden Abgrenzungen hervor. So finden wir den Anfang der topographischen Kartenreihe bei den Maßstäben: größer als 1 : 5000, 1 : 5000, 1 : 10000 und 1 : 20000, das Ende schwankt nach der kleinmaßstäblichen Seite hin zwischen 1 : 100000 und 1 : 1 Million.

Wie aus der Bezeichnung (*topos* = Ort und *graphein* = beschreiben) hervorgeht, handelt es sich bei den topographischen Karten um solche, die einen Ort beschreiben, d. h. ihn in der Karte durch zeichnerische Mittel zur Darstellung bringen. Die Aufgabe ist hauptsächlich vermessungstechnischer Natur. Soll im geodätischen Sinn ein Ort ausreichend beschrieben, d. h. in der Karte einwandfrei wiedergegeben werden, so ist seine Festlegung durch drei Koordinaten erforderlich. Es genügt also nicht allein die Situationszeichnung, vielmehr muß auch die dritte Dimension, die Höhe, zum Ausdruck gebracht werden. Voraussetzung für eine topographische Karte ist somit in erster Linie eine geometrisch einwandfreie Höhendarstellung. Das einzige Mittel hierfür ist heute die Höhenlinie [42.33]. Der Grenzmaßstab einer Höhenliniendarstellung — und damit die von dieser Seite gegebene obere Grenze der topographischen Karten — ist der Maßstab 1 : 500000. Nun wird aber die *lagemäßige* Beschreibung durch die Situationszeichnung gegeben [41]. Bei ihr muß mit kleiner werdendem Maßstab generalisiert [41.12] werden. Durch die Generalisierung geht — wenn wir hier nur die Siedlungen betrachten — zuerst die Grundriß-

treue [41.11] und im weiteren Verlauf auch die Grundrißähnlichkeit [41.12] immer mehr verloren. Etwa beim Maßstab 1 : 300 000 setzt die Ortssignatur [41.13] ein. Sie gibt Einwohnerzahlen wieder. Mit dem Maßstab 1 : 300 000 hat also die zeichnerische Wiedergabe des Siedlungsraumes, d. h. die *topographische Darstellung*, bereits ihr Ende gefunden. Sie wurde abgelöst von der *geographischen Beschreibung*. Nach der großmaßstäblichen Seite hin ist einer topographischen Karte eigentlich keine Grenze gesetzt, sofern die Ausführung es rechtfertigt, sie als Karte zu bezeichnen. Damit ist der äußere Rahmen abgesteckt; jedoch ist der topographische Karteninhalt innerhalb der Maßstabsreihe umfangs- und genauigkeitsmäßig recht verschieden, ein Umstand, der wesentlich die Anwendungsmöglichkeiten der topographischen Karten bestimmt. Die Karten bis etwa 1 : 50 000 gestatten es, auf Grund ihres detailreichen topographischen Inhalts einen beliebigen Kartenpunkt auch in der Natur mit einer für viele Zwecke ausreichenden Genauigkeit zu lokalisieren, und sind daher geeignet, als Grundlage für die Durchführung mannigfaltiger technischer Arbeiten zu dienen. Der Inhalt der kleineren Maßstäbe dagegen ist schon wesentlich generalisiert. Die Anwendung dieser Karten beschränkt sich auf jene Gebiete, die sich mit einer weniger detaillierten übersichtlichen Darstellung begnügen.

Im Rahmen dieses Bandes ist der Grenzmaßstab zwischen topographischen und geographischen Karten bei 1 : 200 000 gezogen. Mit dieser Abgrenzung stimmt auch die von *H. Louis*¹⁾ vorgeschlagene Gruppierung überein, die im einzelnen lautet:

1. Topographische Plankarten mit Maßstäben größer als 1 : 10 000,
2. Topographische Spezialkarten 1 : 20 000 bis 1 : 50 000,
3. Topographische Übersichtskarten 1 : 75 000 bis 1 : 200 000 (in wenig besiedelten Gebieten bis 250 000).

¹⁾ Über Kartenmaßstäbe und kartogr. Darstellungsstufen der geogr. Wirklichkeit; *Ztschr. f. Verm.wesen* 1956.

Außerdem unterscheidet er noch:

4. Generalkarten 1 : 250 000 bis 1 : 500 000 (max. bis 1 : 1 Mill.),
5. Regional- und Länderkarten 1 : 1 Mill. bis 1 : 10 Mill.,
6. Erdteilkarten ab 1 : 20 Mill.

Die in der Schweiz übliche Gruppierung richtet sich nach den Maßstäben. *E. Imhof*¹⁾ unterscheidet:

1. Pläne: bis einschließlich 1 : 10 000,
2. Topographische Karten oder Detailkarten: kleiner als 1 : 10 000, bis einschließlich 1 : 100 000,
3. Geographische oder Übersichtskarten: kleiner als 1 : 100 000.

2. Die Kartenaufnahme

Der wesentliche Inhalt jeder topographischen Karte [14] ist letztlich das Ergebnis geodätischer Messungen. In einem Teilgebiet, der *Erdmessung*, befaßt sich die Geodäsie mit der Bestimmung der Gestalt und Größe des Erdkörpers und legt damit ein Bezugssystem fest, mit dessen Hilfe die gegenseitige Lage der zu vermessenden Elemente angegeben werden kann. Die *Landesvermessung* schafft durch das Landesdreiecksnetz und das Landeshöhenetz die Grundlage für die *topographische Aufnahme* des Geländes, die entweder nach den klassischen terrestrischen Verfahren oder neuerdings immer mehr mit Hilfe der Photogrammetrie ausgeführt wird.

21 Gestalt und Größe des Erdkörpers

21.1 Bestimmung der kugelförmigen Erde aus Gradmessungen

Nach der primitiven Vorstellung der Naturvölker war die Erde eine Scheibe. Doch bereits *Pythagoras* (um 500 v. Chr.) erkannte die Erde als Kugel. *Eratosthenes* führte 195 v. Chr. die erste geschichtlich beglaubigte Erdmessung durch, indem er mit einfachsten Mitteln, jedoch methodisch einwandfrei, den Breitenunterschied der beiden etwa im Meridian gelegenen Orte Syene (dem heutigen Assuan) und Alexandria durch astronomische Beobachtungen bestimmte und die Entfernung zwischen den beiden

¹⁾ Gelände und Karte.

Orten (den Bogen auf der Erde) aus direkten Messungen ableitete. Eratosthenes hatte beobachtet, daß in Assuan sich die Sonne alljährlich am Mittag des 21. Juni eine kurze Zeit in einem tiefen Brunnen spiegelte, also im Zenit stand. Zur gleichen Zeit maß er mit Hilfe eines Schattenstabes die Sonnenhöhe in Alexandria und erhielt damit den Zentriwinkel γ im Erdmittelpunkt (Abb. 2). Die Entfernung b der beiden Orte leitete er aus der Reisezeit der Kamelkarawane ab. Durch eine einfache Proportion berechnete er aus den Größen b und γ den Erdumfang und erreichte dabei eine Genauigkeit von etwa 16%.

Nach dieser Methode wurden im Altertum noch weitere Erdmessungen durchgeführt. Im Mittelalter fand das Problem keine Beachtung. Die erste Gradmessung zu Beginn der Neuzeit verdanken wir dem französischen Arzt *Fernel*. Er bestimmte 1525 die Länge des Meridianbogens zwischen Paris und Amiens, indem

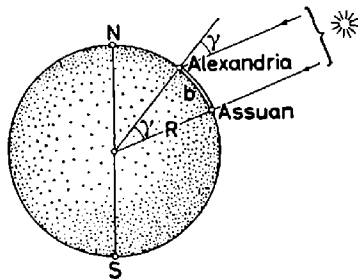


Abb. 2. Erdmessung des Eratosthenes

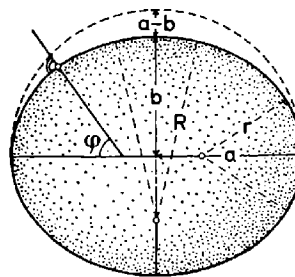


Abb. 3. Erdellipsoid

er die Umdrehungen der Räder seines Reisewagens mit Hilfe einer Klingel zählte. 1617 wandte *Snellius* bei der Messung eines Bogens in Holland erstmalig die Triangulation [22.1] an. *Picard* benutzte 1669 bei den Triangulierungsarbeiten als erster ein Fernrohr mit Fadenkreuz. Die Fortsetzung seiner Erdmessungen übernahm 1683 die Familie *Cassini* und führte sie in vier Generationen weiter.

21.2 Die Erde als Rotationsellipsoid — Erddimensionen

Zweifel an der Kugelgestalt der Erde tauchten auf, als *Newton* (um 1670) das Gravitationsgesetz fand. Die Schwerkraft auf der Erdoberfläche setzt sich zusammen aus der zum Erdinnern weisenden Anziehungskraft und der normal zur Rotationsachse gerichteten Fliehkraft. Da letztere im Äquator am größten ist und nach den Polen zu abnimmt, muß — nach Newton — die Erde

im Flüssigkeitsstadium am Äquator eine Aufwölbung erfahren haben. Da die damals vorliegenden Messungen eher das Gegenteil bewiesen hatten, ließ die Pariser Akademie durch zwei Expeditionen den Krümmungshalbmesser eines Gradbogens am Äquator (1735 bis 1741 im heutigen Ekuador, das damals zu Peru gehörte) und in möglicher Nähe des Poles (1736—1737 in Lappland) bestimmen. Das Ergebnis zeigte den größten Halbmesser am Pol (Abb. 3).

An den in der Folgezeit ausgeführten Gradmessungen, bei denen es in der Hauptsache galt, die Genauigkeit zu steigern, beteiligten sich bald alle Kulturländer. In Frankreich bekamen die Arbeiten einen besonderen Auftrieb durch den Beschluß der Nationalversammlung vom Jahre 1790, den zehnmillionsten Teil des Erdmeridianquadranten als Einheit für das Längenmaß zu wählen [22.21]. Zu diesem Zweck wurde 1792 der Pariser Meridian von Barcelona bis Dünkirchen gemessen. In Deutschland führte der Göttinger Mathematiker *C. F. Gauß* 1822—1824 zwischen dem Inselsberg und Altona eine Gradmessung durch, die wegen der dabei angewandten verbesserten Methoden ein hohes wissenschaftliches Niveau erreichte. Berühmt geworden ist auch die von *Bessel* 1831 ausgeführte Gradmessung in Ostpreußen.

Bessel faßte 1840 alle ihm bekannten Messungen zusammen und errechnete durch Ausgleichung der Messungswidersprüche die Dimensionen eines Erdellipsoids, das der preußischen Landesvermessung und der deutschen Reichsvermessung zugrunde gelegt wurde. In der Folgezeit wurden noch mehrfach Erddimensionen berechnet. Das von *Hayford* gefundene Ellipsoid wurde 1924 zum „Internationalen Ellipsoid“ erklärt und als allgemeine Referenzfläche empfohlen. Das großräumigste Material endlich hat *Krassowskyj* zu den von ihm 1944 veröffentlichten Erddimensionen verarbeitet.

Erddimensionen¹⁾

Erdmaße	Nach Bessel	Hayford	Krassowskyj
Große Halbachse a	6377397 m	6378388 m	6378245 m
Kleine Halbachse b	6356079 m	6356912 m	6356863,02 m
Abplattung $\alpha = \frac{a - b}{a}$	1 : 299,153	1 : 297	1 : 298,3

¹⁾ Jordan-Eggert-Kneißl: Handbuch der Vermessungskunde, Bd. IV/1.

21.3 Das Geoid

Schon die ersten Berechnungen der Erddimensionen aus mehreren Gradmessungen zeigten Differenzen, die sich nicht allein durch Messungsungenauigkeiten erklären ließen, und man kam schließlich zu der Überzeugung, daß der mathematische Körper nicht genau durch ein Rotationsellipsoid dargestellt werden kann. Seine Form ist physikalisch bestimmt durch die ruhend gedachte Meeresoberfläche, die man sich auch unter den Kontinenten — etwa durch ein System kommunizierender Röhren — fortgesetzt denken kann. Für diese Fläche hat *Listing* 1873 die Bezeichnung „Geoid“ geprägt. Die Geoidfläche ist eine Niveaulfläche, d. h. sie

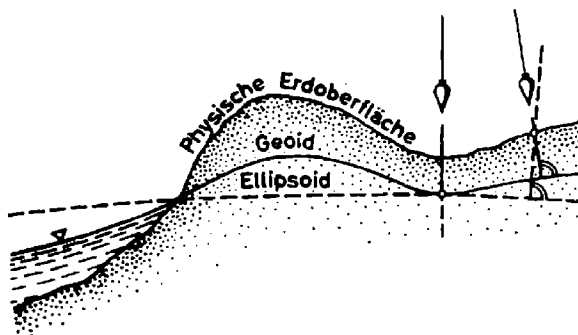


Abb. 4. Geoid

wird in allen Punkten von den Lotrichtungen senkrecht geschnitten. Die Lotrichtungen hängen aber von der Massenverteilung ab, und da die Massen — insbesondere in der Erdkruste — unregelmäßig gelagert sind, ist die Geoidfläche keine glatte, sondern eine schwach gewellte Fläche (Abb. 4). Die Abweichungen des Geoids von einem ihm optimal angepaßten Rotationsellipsoid, die sog. „Geoidundulationen“, sind jedoch gering; sie bleiben mit Sicherheit unter 100 m.

Auf das Geoid beziehen sich die Höhenmessungen; das Ellipsoid ist Rechenfläche für die Bestimmung der Lagekoordinaten einer Landesvermessung über große Bereiche, für kleinere Bereiche kann es durch die Schmiegungskugel ersetzt werden.

22 Das Landesdreiecksnetz

Soll ein größerer Teil der Erdoberfläche — ein Land — zusammenhängend vermessen werden, so wird das ganze Gebiet mit einem Netz von Festpunkten, den „trigonometrischen Punkten“ (TP) überzogen. Dieses Festpunkt-

feld besteht aus einer großen Anzahl von Bodenpunkten und Hochpunkten. Die Bodenpunkte werden durch Steinpfeiler vermarkt; eine darunterliegende Platte dient als Sicherung (Abb. 5). Hochpunkte sind Kirchturmspitzen (Abb. 6), Fahnenstangen auf Aussichtstürmen usw.



Abb. 5. TP-Vermarkung
(Bodenpunkt)



Abb. 6. Trigonometrischer
Hochpunkt mit
Beobachtungsstand

Die Koordinaten dieser Festpunkte werden in einem rechtwinkligen Koordinatensystem [38] festgelegt. Zunächst wählt man Punkte in einer Entfernung von 30 . . . 50 km aus, die möglichst gleichseitige Dreiecke bilden und wegen der notwendigen gegenseitigen Sicht vornehmlich auf beherrschenden Geländehöhen liegen. Es sind die TP I. Ordnung. Auf jedem Punkt werden die Dreieckswinkel gemessen (*Triangulation*). Damit ist die Form des Dreiecksnetzes festgelegt. Seinen Maßstab erhält man durch Bestimmung der Länge mindestens *einer* Seite, die man mittels des Basisvergrößerungsnetzes aus einer direkt gemessenen 5 . . . 8 km langen Basis ableitet. Schließlich muß das Dreiecksnetz auf dem Ellipsoid orientiert werden. Zu diesem Zweck werden die geographische Breite φ und die geographische Länge λ von mindestens *einem* Netzpunkt P sowie das Azimut α einer von diesem ausgehenden Dreiecksseite (Winkel zwischen der geographischen Nordrichtung und der Dreiecksseite)

durch astronomische Messungen ermittelt (Abb. 7). Jetzt können alle Dreiecksseiten ellipsoidisch berechnet werden; außerdem lassen sich die geographischen Koordinaten aller Netzpunkte durch geodätische Übertragung bestimmen. Da diese jedoch für die Folgemessungen wenig geeignet sind, rechnet man von den Netzpunkten ellipsoidische rechtwinklige Koordinaten (x, y in Abb. 7), die schließlich nach den in [38.1] und [38.2] angegebenen Verfahren in ebene rechtwinklige Koordinaten umgewandelt werden.

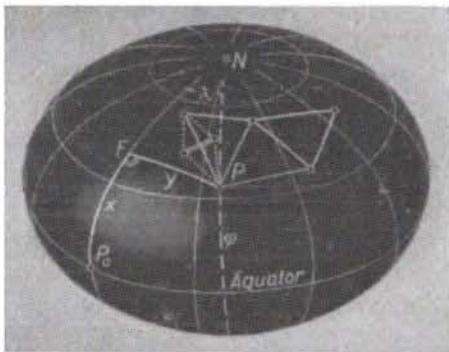


Abb. 7. Punktfestlegung auf dem Ellipsoid



Abb. 8. Beobachtungsturm

Das Dreiecksnetz I. Ordnung bildet den großen Rahmen für alle folgenden Messungen. Es wird durch die Netze II. O. (mit Seitenlängen von 10 ... 20 km), III. O. (3 ... 10 km) und IV. O. (1 ... 3 km) verdichtet.

22.1 Die Triangulierung

22.11 Signalisierung der Netzpunkte. Bei der Triangulierung höherer Ordnung sind weite Sichten notwendig. Um diese zu erreichen und um die für eine genaue Winkelmessung ungünstigen bodennahen Luftschichten zu vermeiden, müssen Beobachtungsstände und Ziele möglichst hoch gelegt werden. Zu diesem Zweck errichtet man über den Bodenpunkten Signaltürme, die eine Höhe von 30 m und mehr erreichen können. Sie werden aus Holz (Abb. 8) und neuerdings aus Stahl hergestellt; letztere werden nach beendeter Arbeit abmontiert. Die Türme bestehen aus zwei ge-

trennten Teilen: einem stabilen Beobachtungsgerüst für die erschütterungsfreie Aufstellung des Theodolits und einem leichteren Gerüst, das mit Leitern und einer Plattform für den Beobachter versehen ist und an der Spitze die Zielmarke (Heliotrop oder Scheinwerfer) trägt. Bei Kirchtürmen ist gewöhnlich der Knauf Zielpunkt, und die Beobachtung wird exzentrisch von Brüstungen oder aufgemauerten Pfeilern aus durchgeführt (siehe Abb. 6).

22.12 *Die Winkelmessung.* In der Geodäsie werden Horizontal- und Vertikalwinkel gemessen. Als Winkeleinheit gilt nach DIN 1315 (Juli 1958) der Grad oder Altgrad ($^{\circ}$), gleich dem 90. Teil des rechten Winkels ($\angle$) und das Gon oder der Neugrad (g), gleich dem 100. Teil des rechten Winkels. Der Altgrad wird meist sexagesimal, der Neugrad dezimal unterteilt, so daß die Minute $1' = 1^{\circ}/60$ und die Sekunde $1'' = 1'/60 = 1^{\circ}/3600$ bzw. die Neuminute $1^{\text{c}} = 1\text{g}/100$ und die Neusekunde $1^{\text{cc}} = 1\text{g}/10000$ ist.

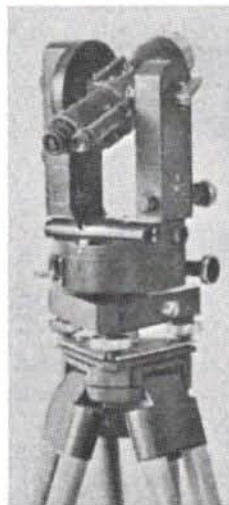


Abb. 9.
Theodolit
— Jena 020

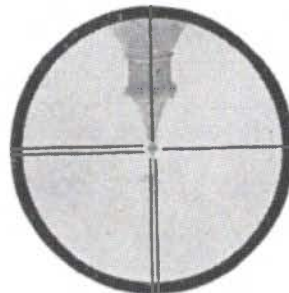


Abb. 10. Strichkreuz

Im Vermessungswesen setzt sich die Neugrad-Teilung immer mehr durch; Astronomie und Geographie behalten die Altgrad-Teilung bei.

Das Instrument für die Winkelmessung ist der *Theodolit* (Abb. 9). Er besteht aus zwei Hauptteilen: dem bei der Horizontalwinkelmessung feststehenden Unterbau und dem drehbaren Oberbau. Zum Unterbau gehören der Dreifuß mit den Fußschrauben und der Horizontal- oder Teilkreis. Der Oberbau besteht aus dem Zeigerkreis¹⁾ — Alhidade genannt —, den beiden

¹⁾ Auf ihm befindet sich ein Zeiger, der die Richtung des Fernrohrs am Teilkreis abzulesen gestattet.

Fernrohrträgern und der Kippachse mit dem Fernrohr. Zur Vertikalwinkelmessung ist ein Vertikal- oder Höhenkreis notwendig, der fest auf der Kippachse sitzt.

Das *Fernrohr* kann mit dem Oberbau um die Vertikal- oder Stehachse in horizontaler Richtung gedreht werden; die Kippachse ermöglicht Bewegungen in der Vertikalebene. Das Fernrohr selbst besteht in seiner einfachsten, bereits auf *Kepler* (1611) zurückgehenden Form aus zwei Sammellinsen, einer Objektlinse mit langer und einer Okularlinse mit kurzer Brennweite. Um es als Meß- bzw. Zielfernrohr benutzen zu können, ist es mit einem Strichkreuz (Abb. 10) ausgestattet.

Bei der Horizontalwinkelmessung muß die Stehachse genau lotrecht gestellt werden. Dazu dient eine auf der Alhidade befestigte *Libelle*, die mit den Fußschrauben zum Einspielen gebracht werden kann.

Die *Teilkreise* sind aus Metall oder neuerdings meist aus Glas gefertigt. Die Teilstriche sind bei Metallkreisen auf einem Silberstreifen graviert, bei Glaskreisen meist geätzt. Der Horizontalkreis ist rechtsläufig (im Sinne des Uhrzeigers) beziffert. Während dieser bei der Winkelmessung feststeht und die Alhidade (der Zeigerkreis) sich bewegt, macht der auf der Kippachse festsitzende Höhenkreis die vertikalen Bewegungen des Fernrohrs mit, und die Höhenzeiger sind fest. Durch Einspielen der Höhenzeigerlibelle werden die Zeiger in die für die Ablesung erforderliche horizontale Lage gebracht. Neuerdings finden wir an Stelle einer Höhenzeigerlibelle einen Kompensator, d. i. eine Einrichtung, mit welcher der Höhenzeiger durch den Einfluß der Schwerkraft automatisch in die richtige Lage gebracht wird. Der Höhenkreis ist so beziffert, daß entweder Höhenwinkel (α) oder meistens Zenitdistanzen ($z = 90^\circ - \alpha$) abgelesen werden.

Um das Fernrohr in horizontaler oder vertikaler Richtung in einer bestimmten Lage festhalten und scharf auf ein Ziel einstellen zu können, sind *Klemmen* und *Feinstellschrauben* notwendig.

Der Theodolit wird beim Feldgebrauch auf einem Stativ befestigt. Vor der Winkelmessung ist die *Horizontierung* (mittels Libelle) und *Zentrierung* (mittels Lot) durchzuführen. Auf Pfeilern und Brüstungen werden die Fußschrauben eingegipst.

Bei der Horizontalwinkelmessung unterscheiden wir die einfache Winkelmessung, die satzweise Richtungsmessung und die Repetitionswinkelmessung¹⁾.

¹⁾ Näheres siehe Werkmeister-Großmann: Vermessungskunde II; Slg. Göschen, Bd. 469, 1959.

22.2 Die Basismessung

22.21 *Normalmaße und metrisches Maßsystem*¹⁾. Ein Normalmaßstab dient zur Abgleichung der bei der Ausführung von Längenmessungen verwendeten Meßwerkzeuge. Man unterscheidet End- und Strichmaßstäbe. Normalmaßstäbe sind stets aus Metall hergestellt. Es muß daher immer bekannt sein, bei welcher Temperatur der Stab die Normallänge besitzt; mit Hilfe des thermischen Ausdehnungskoeffizienten läßt sich die Länge bei anderen Temperaturen berechnen.

Um die Schaffung unseres heutigen Maßsystems haben sich die Franzosen besondere Verdienste erworben. 1766 hatte *Ludwig XV.* den bei der Gradmessung in Peru [21.2] benutzten Maßstab, die „Toise du Perou“, zum französischen Normalmaß erklärt. Anfang des 19. Jahrhunderts wurden einige Kopien an andere Staaten ausgegeben und dort als Urmaß für die Längeneinheit verwandt. Aber schon am 8. Mai 1790 hatte die französische Nationalversammlung beschlossen, ein neues Maßsystem zu schaffen, das auf einem Naturmaß als Längeneinheit beruhen sollte. Auf Vorschlag von *Borda* wurde der zehnmillionste Teil des Erdmeridianquadranten als Längeneinheit gewählt und dafür die Bezeichnung „Meter“ geprägt. Aus der zu diesem Zweck durchgeführten Gradmessung zwischen Barcelona und Dünkirchen [21.2] zusammen mit der Messung von Peru ergab sich 1 Meter = 443,296 Par. Linien (1 toise = 6 Par. Fuß = 72 Par. Zoll = 864 Par. Linien). Diese als *legales Meter* bezeichnete Einheit wurde mit Gesetz v. 10. 12. 1799 in Frankreich eingeführt und durch einen 25 mm breiten und 4 mm hohen Platinstab festgelegt, dessen Länge bei 0° C das Meter definierte. Der als Endmaß ausgebildete Stab — *Mètre des Archives* genannt — war zu Vergleichsmessungen wenig geeignet und hat daher nie die Bedeutung eines wahren Urmeters erlangt.

Am 8. August 1870 trat auf französische Einladung die „Internationale Meter-Kommission“ in Paris unter Beteiligung von 24 Staaten zusammen. Sie mußte zwar infolge des deutsch-französischen Krieges unterbrochen werden; es zeigte sich jedoch hier schon die Neigung, von der früheren natürlichen (auf den Erdkörper bezogenen) Definition des Meters abzugehen, und so wurde auch auf der im September 1872 weitergeführten und von 30 Staaten beschickten Konferenz die Erstellung eines neuen Meterprototyps beschlossen.

¹⁾ Ledersteger, K.: Das internationale Meter und seine Festlegung; Ztschr. f. Verm.wesen 1956.