Managementwissen für Studium und Praxis

Herausgegeben von Professor Dr. Dietmar Dorn und Professor Dr. Rainer Fischbach

Bisher erschienene Werke:

Arrenberg · Kiy · Knobloch · Lange, Vorkurs in Mathematik
Baršauskas · Schafir, Internationales Management
Behrens · Kirspel, Grundlagen der Volkswirtschaftslehre, 2. Auflage
Behrens, Makroökonomie – Wirtschaftspolitik
Bichler · Dörr, Personalwirtschaft – Einführung mit Beispielen aus SAP® R/3® HR®
Blum, Grundzüge anwendungsorientierter Organisationslehre
Bontrup, Volkswirtschaftslehre
Bontrup, Lohn und Gewinn
Bontrup · Pulte, Handbuch Ausbildung
Bradtke, Mathematische Grundlagen für Ökonomen, 2. Auflage
Bradtke, Übungen und Klausuren in Mathematik für Ökonomen
Bradtke, Statistische Grundlagen für Ökonomen, 2. Auflage
Bradtke, Grundlagen im Operations Research für Ökonomen
Breitschuh, Versandhandelsmarketing
Busse, Betriebliche Finanzwirtschaft, 5. A.
Camphausen, Strategisches Management
Clausius, Betriebswirtschaftslehre I
Clausius, Betriebswirtschaftslehre II
Dinauer, Allfinanz – Grundzüge des Finanzdienstleistungsmarkts
Dorn · Fischbach, Volkswirtschaftslehre II, 4. Auflage
Dorsch, Abenteuer Wirtschaft ·75 Fallstudien mit Lösungen
Drees-Behrens · Kirspel · Schmidt · Schwanke, Aufgaben und Lösungen zur Finanzmathematik, Investition und Finanzierung
Drees-Behrens · Schmidt, Aufgaben und Fälle zur Kostenrechnung
Ellinghaus, Werbewirkung und Markterfolg
Fank, Informationsmanagement, 2. Auflage
Fank · Schildhauer · Klotz, Informationsmanagement: Umfeld – Fallbeispiele
Fiedler, Einführung in das Controlling, 2. Auflage
Fischbach · Wollenberg, Volkswirtschaftslehre I, 12. Auflage
Fischer, Vom Wissenschaftler zum Unternehmer
Frodl, Dienstleistungslogistik
Götze, Techniken des Business-Forecasting
Götze, Mathematik für Wirtschaftsinformatiker
Götze · Deutschmann · Link, Statistik
Götze · van den Berg, Techniken des Business Mapping
Gohout, Operations Research
Haas, Kosten, Investition, Finanzierung – Planung und Kontrolle, 3. Auflage
Haas, Marketing mit EXCEL, 2. Auflage
Haas, Access und Excel im Betrieb
Hans, Grundlagen der Kostenrechnung
Hardt, Kostenmanagement, 2. Auflage
Heine · Herr, Volkswirtschaftslehre, 3. Aufl.
Hildebrand · Rebstock, Betriebswirtschaftliche Einführung in SAP® R/3®
Hofmann, Globale Informationswirtschaft
Hoppen, Vertriebsmanagement
Koch, Marketing
Koch, Marktforschung, 3. Auflage
Koch, Gesundheitsökonomie: Kosten- und Leistungsrechnung
Krech, Grundriß der strategischen Unternehmensplanung
Kreis, Betriebswirtschaftslehre, Band I, 5. Auflage
Kreis, Betriebswirtschaftslehre, Band II, 5. Auflage
Kreis, Betriebswirtschaftslehre, Band III, 5. Auflage
Laser, Basiswissen Volkswirtschaftslehre
Lebefromm, Controlling – Einführung mit Beispielen aus SAP® R/3®, 2. Auflage
Lebefromm, Produktionsmanagement, 5. Auflage
Martens, Betriebswirtschaftslehre mit Excel
Martens, Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows, 2. Auflage
Martin · Bär, Grundzüge des Risikomanagements nach KonTraG
Mensch, Investition
Mensch, Finanz-Controlling
Mensch, Kosten-Controlling
Müller, Internationales Rechnungswesen
Olivier, Windows-C – Betriebswirtschaftliche Programmierung für Windows
Peto, Einführung in das volkswirtschaftliche Rechnungswesen, 5. Auflage
Peto, Grundlagen der Makroökonomik, 12. Auflage
Peto, Geldtheorie und Geldpolitik, 2. Aufl.
Piontek, Controlling, 2. Auflage
Piontek, Beschaffungscontrolling, 2. Aufl.
Piontek, Global Sourcing
Plümer, Logistik und Produktion
Posluschny, Kostenrechnung für die Gastronomie
Posluschny · von Schorlemer, Erfolgreiche Existenzgründungen in der Praxis
Reiter · Matthäus, Marktforschung und Datenanalyse mit EXCEL, 2. Auflage
Reiter · Matthäus, Marketing-Management mit EXCEL
Reiter, Übungsbuch: Marketing-Management mit EXCEL
Rothlauf, Total Quality Management in Theorie und Praxis, 2. Auflage
Rudolph, Tourismus-Betriebswirtschaftslehre, 2. Auflage
Rüth, Kostenrechnung, Band I
Sauerbier, Statistik für Wirtschaftswissenschaftler, 2. Auflage
Schaal, Geldtheorie und Geldpolitik, 4. Auflage
Scharnbacher · Kiefer, Kundenzufriedenheit, 3. Auflage
Schuchmann · Sanns, Datenmanagement mit MS ACCESS
Schuster, Kommunale Kosten- und Leistungsrechnung, 2. Auflage
Schuster, Doppelte Buchführung für Städte, Kreise und Gemeinden
Specht · Schmitt, Betriebswirtschaft für Ingenieure und Informatiker, 5. Auflage
Stahl, Internationaler Einsatz von Führungskräften
Steger, Kosten- und Leistungsrechnung, 3. Auflage
Stender-Monhemius, Marketing – Grundlagen mit Fallstudien
Stock, Informationswirtschaft
Strunz · Dorsch, Management
Strunz · Dorsch, Internationale Märkte
Weeber, Internationale Wirtschaft
Weindl · Woyke, Europäische Union, 4. Aufl.
Wilhelm, Prozessorganisation
Wörner, Handels- und Steuerbilanz nach neuem Recht, 8. Auflage
Zwerenz, Statistik, 2. Auflage
Zwerenz, Statistik verstehen mit Excel – Buch mit CD-ROM

Techniken des Business Mapping

Von
Prof. Dr. Wolfgang Götze
und
Dr. Nanja van den Berg

R. Oldenbourg Verlag München Wien

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

© 2003 Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH
Rosenheimer Straße 145, D-81671 München
Telefon: (089) 45051-0
www.oldenbourg-verlag.de

Das Werk einschließlich aller Abbildungen ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Bearbeitung in elektronischen Systemen.

Gedruckt auf säure- und chlorfreiem Papier
Druck: Grafik + Druck, München
Bindung: R. Oldenbourg Graphische Betriebe Binderei GmbH

ISBN 3-486-27478-3

Inhaltsverzeichnis

Vorwort VII

Einführung in den Gegenstand des Business Mapping IX

1. Techniken der thematischen Kartografie 1
1.1 Grundlagen 1
1.1.1 Schichtenmodell 2
1.1.2 Koordinatensysteme 3
1.2 Ausdrucksformen 11
1.2.1 Symbolkarten 11
1.2.2 Choroplethenkarten 13
1.2.3 Diagrammkarten 17
1.2.4 Mehrschichtige Karten 24
1.2.5 Sonderformen 25
1.3 Darstellung von Sachdaten 29
1.3.1 Darstellung einer oder mehrerer Variablen 29
1.3.2 Darstellung zeitlicher Veränderungen 31
1.3.3 Darstellung von Richtungsdaten 32
1.3.4 Darstellung von Zusammenhängen zwischen Variablen .. 35
1.3.5 Topfersche Regel 37
1.3.6 Zusammenfassung 38
1.4 Gestaltung von Karten 40
1.4.1 Grafische Grundelemente 40
1.4.2 Farben 43
1.4.3 Beschriftung und Legenden 50
1.4.4 Layout-Gestaltung 52
1.5 Grenzen statischer kartografischer Darstellungen 56
1.6 Fallstudie zu Preisen für das Wohnen in Mecklenburg-Vorpommern 57
1.7 Fallstudie Internationale Luftverkehrsströme 65
1.8 Übungen und Kontrollfragen 70
2. Techniken der Computerkartografie 72
2.1 Schlüsselsystematiken für Geometriedaten 72
2.2 Koordinatenerwerb 77
2.3 Scannen, Vektorisieren und Speichern von Karten 84
2.3.1 Rastergrafiken 84
2.3.2 Vektorgrafiken 88
2.3.3 Quadtree-Technik 93
2.3.4 Vergleich von Raster- und Vektordaten 95
2.3.5 Komplexbeispiel zur Fernerkundung 99
2.4 Oracle Spatial Cartridge (SC) 103
2.5 Datenimport und -Kartenexport 109

2.6 Kartografische Software 114
2.6.1 RegioGraph 114
2.6.2. MapInfo 122
2.6.3 Vergleich kartografischer PC-Software 125
2.7 Übungen und Kontrollfragen 137
3. Einführung in Geo-Informationssysteme 139
3.1 Begriffe und Standards 139
3.2 Flächenverschneidung und geografische Berechnungen. 142
3.3 Anwendungsgebiete und Software 145
3.4 ATKIS 147
3.5 STATIS-Berlin 152
3.6 Kartografische Applikationen im Internet 155
3.7 Spezielle GIS-Anwendungen im Gesundheitswesen 167
3.8 Spezielle GIS-Anwendungen im Tourismus 171
3.9 Spezielle GIS-Anwendungen im Marketing 176
3.10 Übungen und Kontrollfragen 180
4. Techniken der kartografischen Animation 181
4.1 Grundbegriffe der Animation 181
4.2 Animationstechniken 187
4.2.1 Temporale Animation 191
4.2.4 Nichttemporale Animation 196
4.3 Softwaretools für die kartografische Animation 199
4.3.1 Macromedia-Director 199
4.3.2 Programmiertools für WWW-Animationen 210
4.3.2.1 Animierte Karten im WWW 210
4.3.2.2 VRML 210
4.3.2.3 Java 213
4.3.3 Vergleich von Animationssoftware 216
4.4 Fallstudie zur Bevölkerungsentwicklung in Deutschland 230
4.5 Fallstudie zur Verbreitung von Mumps und Tuberkulose in den USA 235
4.6 Übungen und Kontrollfragen 244
5. Komplexbeispiel zur statischen und dynamischen Kartografie 245

Anlagen

Abbildungsverzeichnis 259
Tabellenverzeichnis 264
Literaturverzeichnis 267
Stichworte 275

Mit einem Blick ein Weltbild erfassen, ist Kunst. Wie viel doch in ein Auge hineingeht.

Karl Kraus

Vorwort

Das vorliegende Lehrbuch ist aus meiner Lehrveranstaltung „Business Mapping“ im Hauptstudium für Wirtschaftler und Informatiker hervor gegangen. Es basiert auf der Einheit von Vorlesung, PC-Seminar und Projektstudium. Ganz besonders wendet sich das Lehrbuch an Studierende von interdisziplinären Studiengängen wie der Tourismus- und Verkehrswirtschaft, der Wirtschaftsinformatik und des Wirtschaftsingenieurwesens. Es kann darüber hinaus aber auch für die Ausbildung von Betriebswirten eingesetzt werden. Die Demonstrations- und Praxisbeispiele reichen von Verkehr und Tourismus, über Handel und Dienstleistungen bis zur Demografie und dem Gesundheitswesen.

Das Buch wurde von W. Götze geschrieben. Tragende Beispiele zur Fernerkundung, zu Oracle Spatial Cartridge und zu mannigfaltigen GIS-Anwendungen hat N. van den Berg beigesteuert.

Das Kapitel 1 befasst sich mit Techniken des Visualisierens und Gestaltens von Karten. Daran schließen sich im Kapitel 2 Ausführungen zur Computerkartografie an, die in einen Softwarevergleich münden. Es folgt im Kapitel 3 eine Einführung in die Welt der Geo-Informationssysteme. Danach werden im Kapitel 4 Grundlagen der kartografischen Animation vermittelt und Softwaretools zur Animation vorgestellt.
Am Ende eines jeden Kapitels sind Fallstudien, Übungsaufgaben und Kontrollfragen zu finden. Den Abschluss bildet ein Komplexbeispiel, mit dem der Bogen über den gesamten Stoff gespannt wird.
Die Anwendungen und Lehrbeispiele sind mit den Softwareprodukten RegioGraph, SPSS und Macromedia Director erstellt worden.

Mein Dank richtet sich zuerst an alle Studenten, die an meinem Kartografieprojekt im WS 2002/03 teilgenommen und mich bei der technischen Aufbereitung von Grafiken und Beispielen unterstützt haben. Ein besonderes Dankeswort geht an die Diplomanden H. Beckmann und T. Feldmann, die mit originellen Anwendungen ganz erheblich zur Bereicherung des Buches beigetragen haben.

Für zahlreiche methodische, didaktische und redaktionelle Hinweise zum Manuskript bin ich den Kollegen Ch. Deutschmann und Th. Wengerek, sowie H. Link zu Dank verpflichtet.

Nicht zuletzt geht ein Dankeswort an Herrn Weigert vom R. Oldenbourg Verlag für die langjährig freundliche und unkomplizierte Zusammenarbeit.

Berlin

Wolfgang Götze

(Leiter des Autorenteams)

Einführung zum Gegenstand des Business Mapping

Mit Hilfe kartografischer Methoden lassen sich sowohl die Visualisierung als auch die Analyse raumbezogener Wirtschaftsdaten ganz erheblich unterstützen. Mit der Entwicklung einer leistungsfähigen technischen Basis zur Bildverarbeitung hat sich mit dem Business Mapping ein neues Tätigkeitsfeld im Geschäftleben herausgebildet. Es umfasst den Entwurf und die Gestaltung von Karten einerseits und das Erfassen, Verdichten, Präsentieren, Analysieren und Interpretieren von Geoinformationen andererseits. Das Business Mapping verbindet somit Techniken der klassischen Kartografie mit Techniken der empirischen Datenanalyse, wobei die visuelle Inspektion eine herausragende Rolle spielt.

Neben der statischen Darstellung von Querschnittdaten gewinnt die dynamische Darstellung von Längsschnittdaten an Bedeutung. Zeitvariable Merkmale können im Business Mapping sowohl statisch als auch dynamisch realisiert werden.
Das statische Mapping besteht im wesentlichen darin, Zeitdiagramme auf einer Karte zu positionieren. Ihm sind jedoch hinsichtlich der Periodenanzahl und der Anzahl von Gebietseinheiten enge Grenzen gesetzt.
Die Alternative besteht darin, für jede Periode eine Karte zu erstellen und die entsprechende Sequenz als Film zu realisieren. Die realisierbare Anzahl von Perioden und Ortspunkten fällt beim dynamischen Mapping wesentlich größer aus. Nachteilig ist, dass kartografische Legenden und Zusatzinformationen zwangsläufig in den Hintergrund treten. Folglich müssen höhere Ansprüche an die Aussagekraft der singulären Karte innerhalb einer Sequenz gestellt werden. Für eine kartografische Analyse sind im dynamischen Fall allerdings noch weiter reichende technische Anstrengungen notwendig.

Die softwaremäßige Realisierung des Business Mapping reicht im statischen Fall von kartografischen Tools für den PC bis zu geografischen Datenbanken, den Geo-Informationssystemen. Im dynamischen Fall werden zusätzlich multimediale Softwaretools aus dem Bereich der Animation benötigt. Die Schnittstellenproblematik zwischen der Kartografiesoftware und der Animationssoftware ist bislang noch nicht zufriedenstellend gelöst, aber es deuten sich bereits entsprechende Standardlösungen an.

1. Einführung in die thematische Kartografie

Karten (Maps) sind ebene, maßstabsgebundene Modelle räumlicher Informationen (vgl. Bill/Zehner [2001], S. 148 ff.). Das Kartenfeld (Surface) umfasst die grafische Darstellung und wird durch den Kartenrahmen (Frame) begrenzt. Auf der Fläche außerhalb des Kartenrahmens, dem Kartenrand (Margin), können weitere Informationen (Beschriftung, Koordinatennetze etc.) untergebracht werden. Im einfachsten Fall sind der Kartenrand und der Kartenrahmen identisch. Erklärende grafische Elemente (Titel, Legende, Quelle, Signatur, Datum etc.) sind dann innerhalb des Kartenfeldes anzuordnen.

1.1 Grundlagen

Die Vielfalt kartografischer Aufgabenstellungen einerseits und entsprechender Darstellungsformen andererseits lässt sich in nachfolgender Tabelle systematisieren:

Tabelle 1.1 Gliederung und Kartentyp (siehe Witt [1970], 25 ff.)

Gliederungsaspekt	**Kartentyp**
Sachgebiete	Verkehrskarten, Bevölkerungskarten, Gesundheitskarten, Sozialkarten, Absatzkarten, politische Karten, Wetterkarten, Medienkarten
Art der Information	qualitative oder quantitative Karten
Art und Umfang der Wiedergabe	analytische/synthetische/komplexe Karten
Zeitliches Verhalten	statische und dynamische Karten
Gestaltungsmittel	Symbol-/Diagramm-/Flächen-/Reliefkarten

Für die Wirtschaftskartografie sind nicht nur Business Maps im engeren Sinn, wie z. B. die Karte der Nielsen-Gebiete[1], Karten der Strom-Verkehrs- und Telekommunikationsnetze von Interesse. Für den Absatz von Arzneien und Lebensmitteln in einer Großstadt sind neben dem Gesundheitsatlas auch der Sozialatlas und der ethnografische Atlas von Interesse.
Die Informationsart einer Karte wird vor allem durch die Skalierung der Daten bestimmt. Nominal und ordinal skalierte Daten werden in qualitativen Karten, kardinal skalierte Daten in quantitativen Karten visualisiert. Je nachdem, ob eine einzige Variable oder mehrere Vari-

[1] Regionale Aufgliederung zur Verbraucherbefragung im Einzelhandel.

able mit Wechselwirkungen darzustellen sind, wird zwischen analytischen und komplexen Karten unterschieden. Werden komplexe Karten durch Zusatzinformationen bzw. Expertenwissen angereichert, so spricht man von synthetischen Karten. Sequenzen von (statischen) Karten heißen dynamische Karten. Je nach der Art der eingesetzten Visualisierungstechnik ist zwischen verschiedenen Kartentypen zu unterscheiden.

1.1.1 Schichtenmodell

Inhaltlich baut sich eine Karte aus mehreren Schichten auf. Dazu gehören die **Geometriedaten**, die in einem speziellen Koordinatensystem dargestellt werden. Sie bilden die Kartengrundlage mit Umrissen von Ländern, Bezirken, Gemeinden etc. (Basic-Layer). Ergänzt wird diese Kartengrundlage oft durch weitere grafische Elemente wie Städte, Strassen, Flüsse etc. , die jeweils eigene Schichten (Standard-Layer) bilden. Die Geometriedaten werden von Softwareherstellern bzw. Institutionen als Vorlage zur Verfügung gestellt. Über den Geometriedaten werden **Sachdaten** geschichtet (Sicht-Layer). Die Sachdaten sind den entsprechenden Ortspunkten, Strecken oder Flächen mit Hilfe einer Schlüsselsystematik zuzuordnen.
Beispielsweise werden der Ausländeranteil je Großstadt, der Passagieranteil einer Fährlinie oder der Kfz-Bestand je Bundesland punkt-, strecken- und flächenbezogen verortet. Es können auch verschiedene Variable geschichtet werden, z. B. die Einwohnerdichte und die Kfz-Dichte von Landkreisen. Das **Schichtenmodell** ist von der Computerkartografie aufgegriffen und softwaremäßig implementiert worden.
Im Unterschied zu den Standard-Layern, die miteinander beliebig kombinierbar sind, ist von den Sicht-Layern meist nur die oberste Schicht sauber erkennbar. Sollen verschiedene Variablen ausgewertet werden, muss entsprechend umgeschichtet werden.

Beispiel 1.1.1 Eine physische Karte von Mecklenburg Vorpommern wird über der Kartengrundlage, bestehend aus den Umrissen der Kreisgrenzen, aufgebaut. Als Standard-Layer dienen eine See-Schicht, eine Fluss-Schicht, eine Städte-Schicht mit Orten zwischen 50- und 100 Tausend Einwohnern, eine Autobahn-Schicht, eine Bundes-Straßen-Schicht und eine Schicht mit Hauptstrecken der Bundesbahn (siehe Bild 1.1.2).

Beispiel 1.1.2 Für die Stadt Berlin werden über einer Grundkarte, bestehend aus 94 Gebietseinheiten, 6 Schichten aufgetragen. Sie umfassen Grünflächen, Gewässer, Strassen, Eisenbahnstrecken, Ortspunkte und Stadtgrenzen (vgl. Bild 1.1.3).

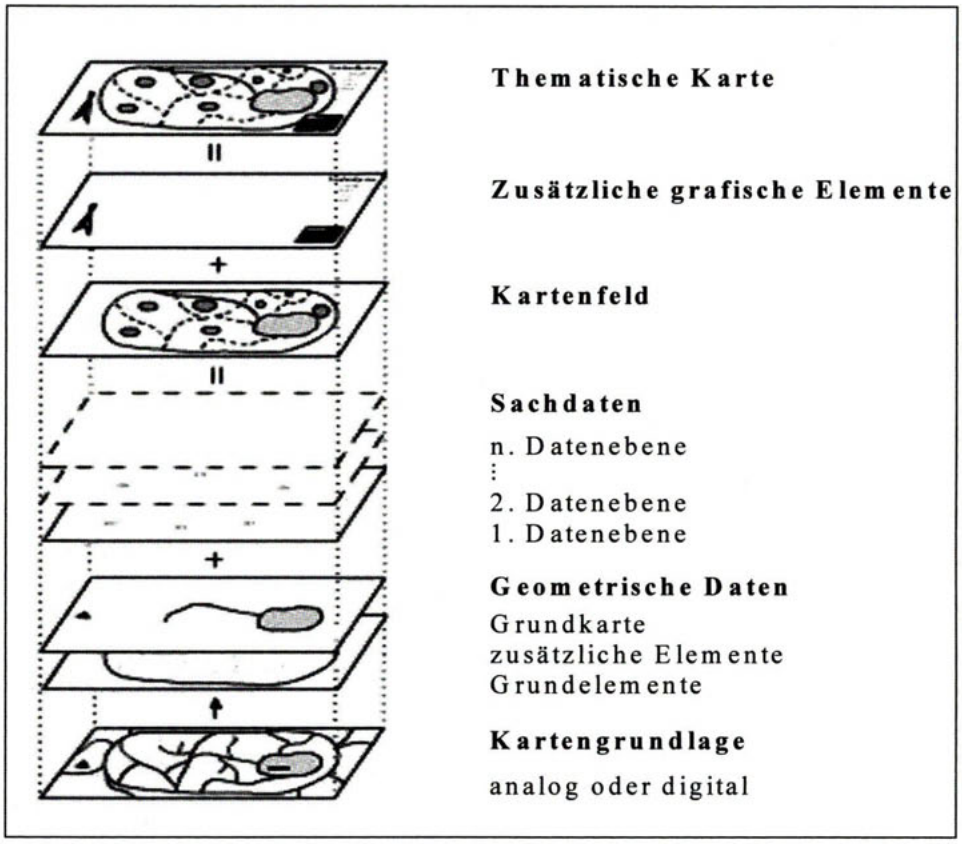


Bild 1.1.1 Schichtenmodell (frei nach Olbrich [1996], 24)

1.1.2 Koordinatensysteme

Die Kartengrundlage zeichnet sich durch einen **Maßstab** und ein **Koordinatensystem** aus. Die Maßstabszahl m gibt dabei das Verhältnis des verkleinerten Karteninhalts zum Original an. Der Maßstab ist 1:m. Bei einer Maßstabszahl größer als 200.000 spricht man von „kleinen" Maßstäben, bei einer Maßstabszahl kleiner als 25.000 von „großen" Maßstäben und für alle anderen Werte m von „mittleren" Maßstäben. Für sehr kleine Maßstäbe mit m größer als 1.000.000 (Weltkarten, Ozeankarten etc.) kann die Krümmung der Erdoberfläche als konstant angenommen werden.

Über der angenommenen Erdkugel lässt sich ein Netz aus Längen- und Breitengraden aufspannen. Daraus ergibt sich ein krummliniges **geografisches Koordinatensystem**, in dem jeder Orts-Punkt durch die nördliche (südliche) Breite ϕ und die östliche (westliche) Länge λ beschieben wird.

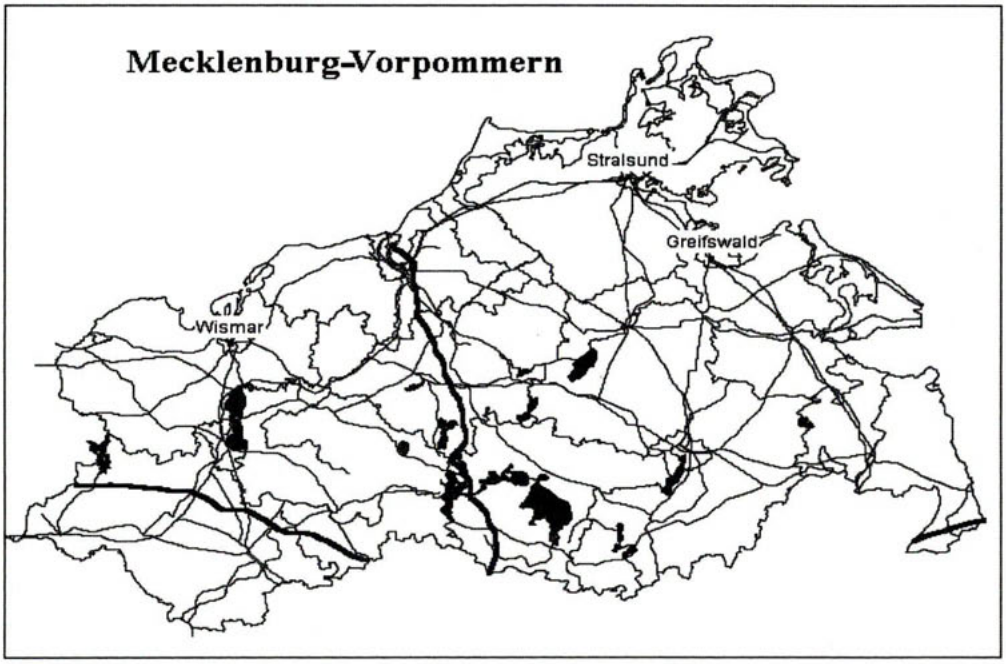


Bild 1.1.2 Mehrschichtige Karte von Mecklenburg-Vorpommern mit ausgewählten Städten

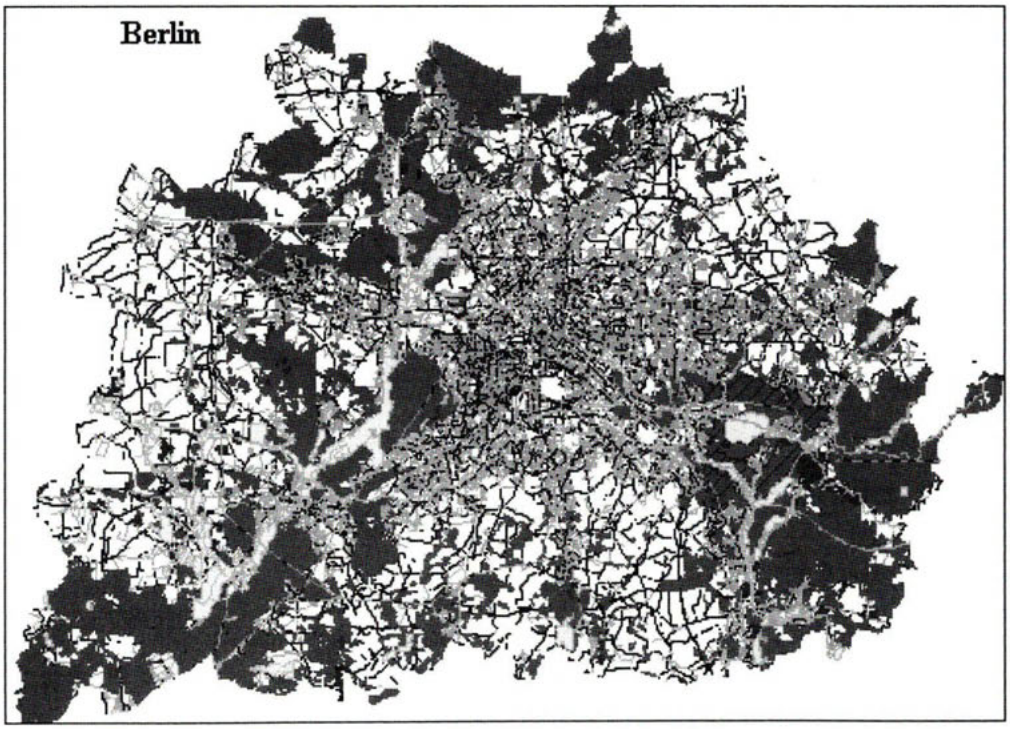


Bild 1.1.3 Mehrschichtige Karte von Berlin

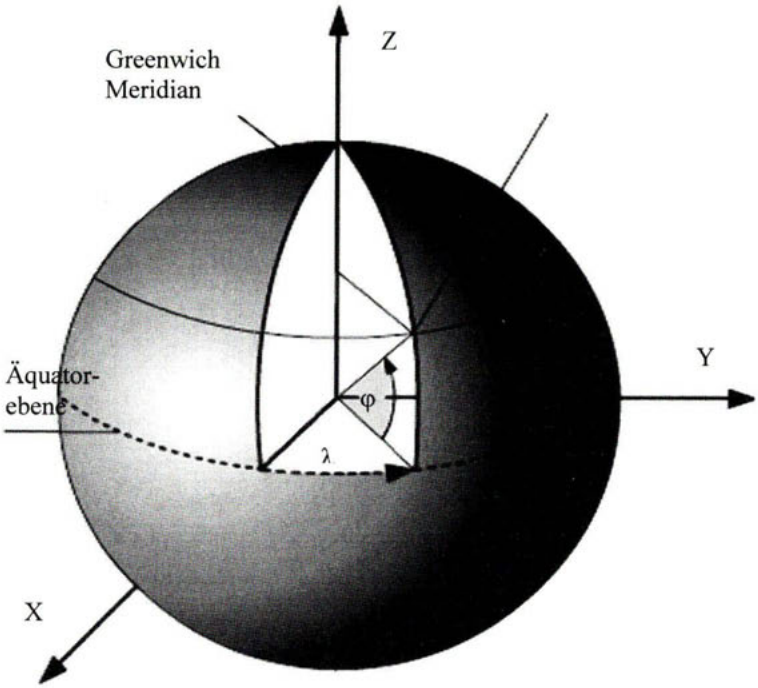


Bild 1.1.4 Geografisches Koordinatensystem auf einer Kugel

Zur Umrechnung auf die kartesischen Koordinaten x, y und z werden folgende Formeln genutzt:

$$\tan \lambda = \frac{y}{x} \qquad \cot \varphi = -\frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{z}.$$

Beispiel 1.1.3 Die Altstadt von Stralsund liegt im Schnittpunkt der geografischen Koordinaten 54° 19' nördlicher Breite und 13° 05' östlicher Länge.

Bei Karten mit größeren Maßstäben (Landes- und Gemeindekarten) werden meist höhere Anforderungen an die Genauigkeit gestellt und **rechtwinklige geodätische Koordinatensysteme** verwendet. Die ungleichmäßig gekrümmte Erdoberfläche (Ellipsoid-Form) ist dabei in ein ebenes, geradliniges Koordinatensystem zu überführen, ohne dass sich Abstände, Winkel und Flächeninhalte verändern. Man spricht von einer längen-, winkel- und flächentreuer Abbildung. Es gibt dafür verschiedene Ansätze (siehe Bild 1.1.5). Am bekanntesten sind Projektionen auf einen einhüllenden Zylinder bzw. Kegel oder auf eine Tangentialebene an einem der beiden Pole (Azimutalprojektion). Dabei

kann die Symmetrieachse auch auf dem Äquator (Transversalprojektion) oder zwischen der Rotationsachse und dem Äquator (schiefachsig) liegen (vgl. Georgiadou u.A., in de By [2001], 108 ff.).

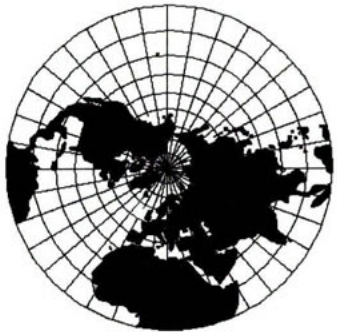
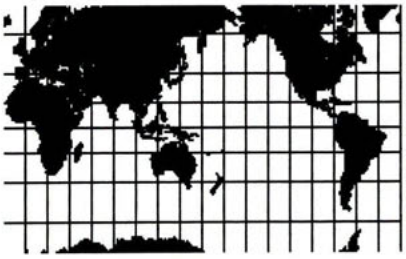
Stereografische Projektion	**Orthografische Projektion**
	
Winkeltreuer Zylinderentwurf	**Albers-Projektion**
	
Flächentreuer Azimutalentwurf	**Flächentreuer Zylinderentwurf**

Bild 1.1.5 Netzentwürfe für geodätische Koordinatensysteme (nach Fasbender [1991], 131ff.)

In Deutschland haben sich die auf Gauß und Krüger zurück gehenden geodätischen Koordinaten (Gauß-Krüger-System) durchgesetzt. Dieses System ist während des Zeitraums 1820 – 1825 entwickelt worden und gab Anlass zu tiefgründigen mathematischen Forschungsarbeiten. So zeigte Gauß 1827 mit seinem Theorema Egregium, dass es prinzipiell nicht möglich ist, die Krümmung einer räumlichen Fläche durch eine isometrische, d.h. eine längen- winkel- und flächentreue Abbildung zu verändern. Eine Kugel lässt sich somit nur wieder in eine Kugel überführen. Das wird auch durch die Alltagserfahrung erhärtet, wonach es nicht gelingt, einen aufgeschnittenen Gummiball oder Viertelsegmente einer Apfelsinenschale beulenfrei glatt zu streichen. Im Gegensatz dazu ist es sehr wohl möglich, eine Zylinderoberfläche isometrisch abzuwickeln und „glatt zu streichen".

Da eine totale isometrische Abbildung der Erdoberfläche auf ebene Karten nicht möglich ist, sind Projektionstechniken gefragt, die wenigstens näherungsweise und fehlerarm isometrisch transformieren. Gauß und Krüger entwickelten dazu die Idee, das Erdellipsoid sukzessiv durch Zylinder einzuhüllen und diese streifenweise in einer ebenen Karte abzuwickeln (siehe Bild 1.1.6 und Bild 1.1.7). Jeder Zylinder berührt das Ellipsoid in einem **Hauptmeridian** (0°, 3°, 6° etc.), der seinerseits längentreu abgebildet wird. Um eine möglichst geringe Verzerrung zu gewährleisten, reicht der abzuwickelnde Zylinderstreifen vom Hauptmeridian aus gesehen nur 1,5° nach Osten und 1,5° nach Westen (siehe Bilder 1.1.8 und 1.1.9).

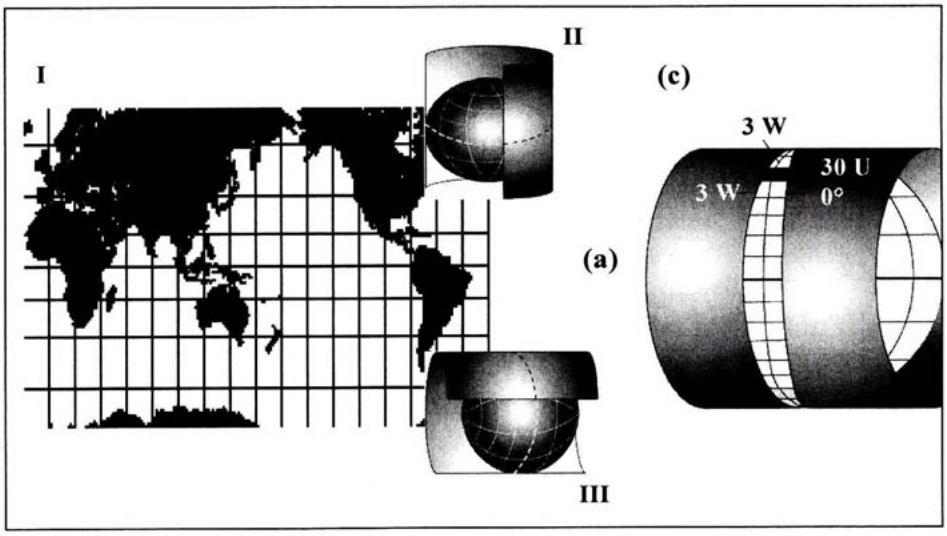


Bild 1.1.6 Transformation des Erdellipsoids in Gauß-Krüger-Koordinaten Teil 1 (Kraak [1996], 85)

Im Gauß-Krüger-System bildet der Hauptmeridian die x-Achse und der Äquator die y-Achse. Die x-Koordinate gibt die Entfernung vom Äquator an und wird als **Hochwert H** bezeichnet.

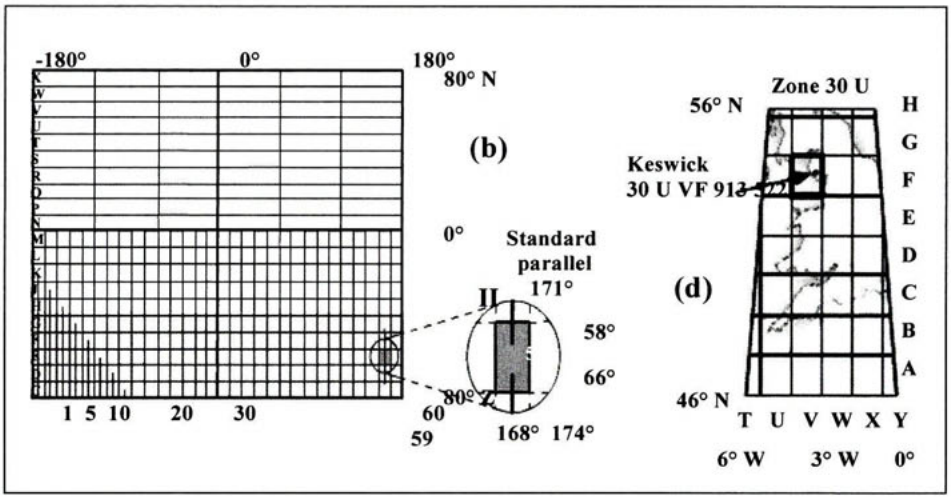


Bild 1.1.7 Transformation des Erdellipsoids in Gauß-Krüger-Koordinaten Teil 2 (Kraak [1996], 85)

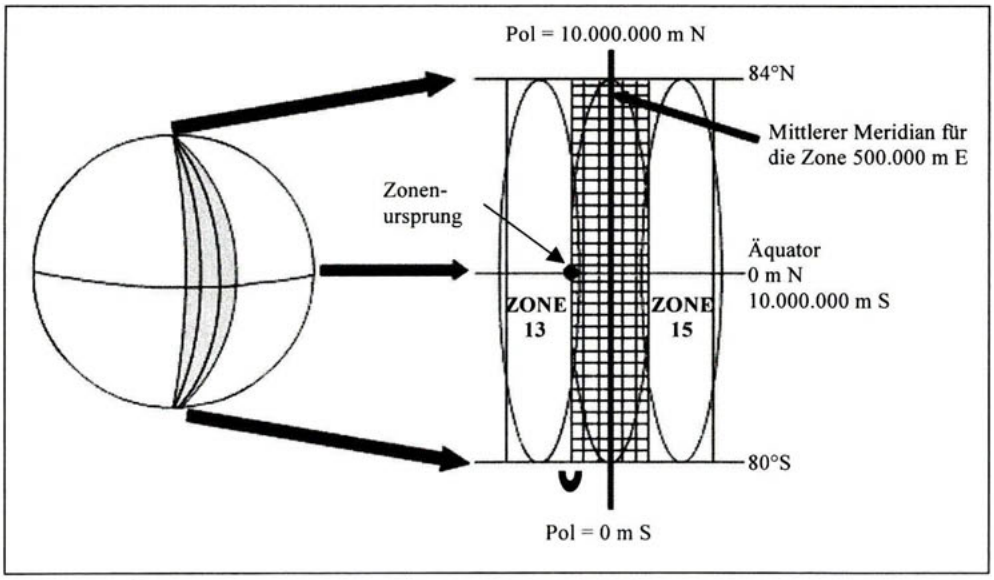


Bild 1.1.8 Überlappung von Segmenten (Clark [1996], 63)

Die y-Koordinate kennzeichnet den Abstand vom Hauptmeridian. Sie wird als **Rechtswert R** bezeichnet. Es hat sich eingebürgert, den Hauptmeridian durch drei zu teilen und ihm den Wert 500.000 m zuzuordnen. Auf diese Weise können bei einer Subtraktion keine negati-

ven R-Werte entstehen. Zusätzlich ist die Angabe der Richtung (Ost oder West) erforderlich. Für Deutschland gelten die Hauptmeridiane 3°, 6° und 12°. Zur Umrechnung von Gauß-Krüger-Koordinaten in geografische Koordinaten sei auf entsprechende Software wie z. B. auf EasyTrans (siehe Mathes [2002]) verwiesen.

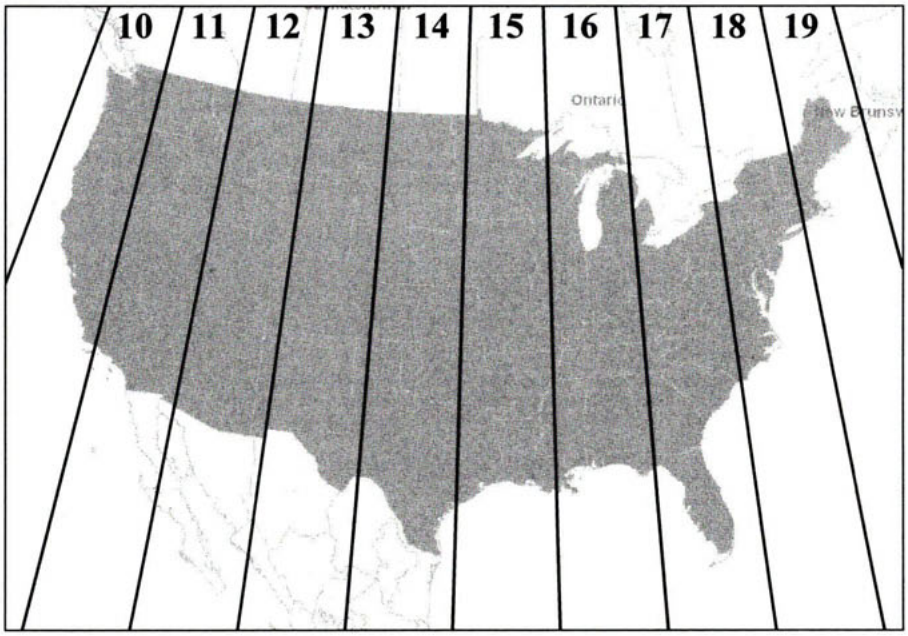
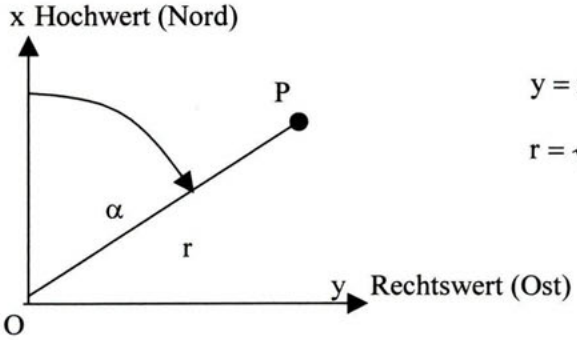


Bild 1.1.9 Segmente der USA (Clark [1996], 63)

Neben rechteckigen (kartesischen) Koordinaten werden auch **Polarkoordinaten** verwendet, wobei jeder Punkt P (x, y) durch einen Abstand r von Nullpunkt O und einen Winkel α zwischen der Verbindungsstrecke OP und der Abszisse erfasst wird (siehe Bild 1.1.10). Beide Koordinatensysteme lassen sich einfach ineinander umrechnen.



$$y = r \cdot \sin\alpha \quad x = r \cdot \cos\alpha$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad \alpha = \arctan\frac{y}{x}.$$

Bild 1.1.10 Polarkoordinaten

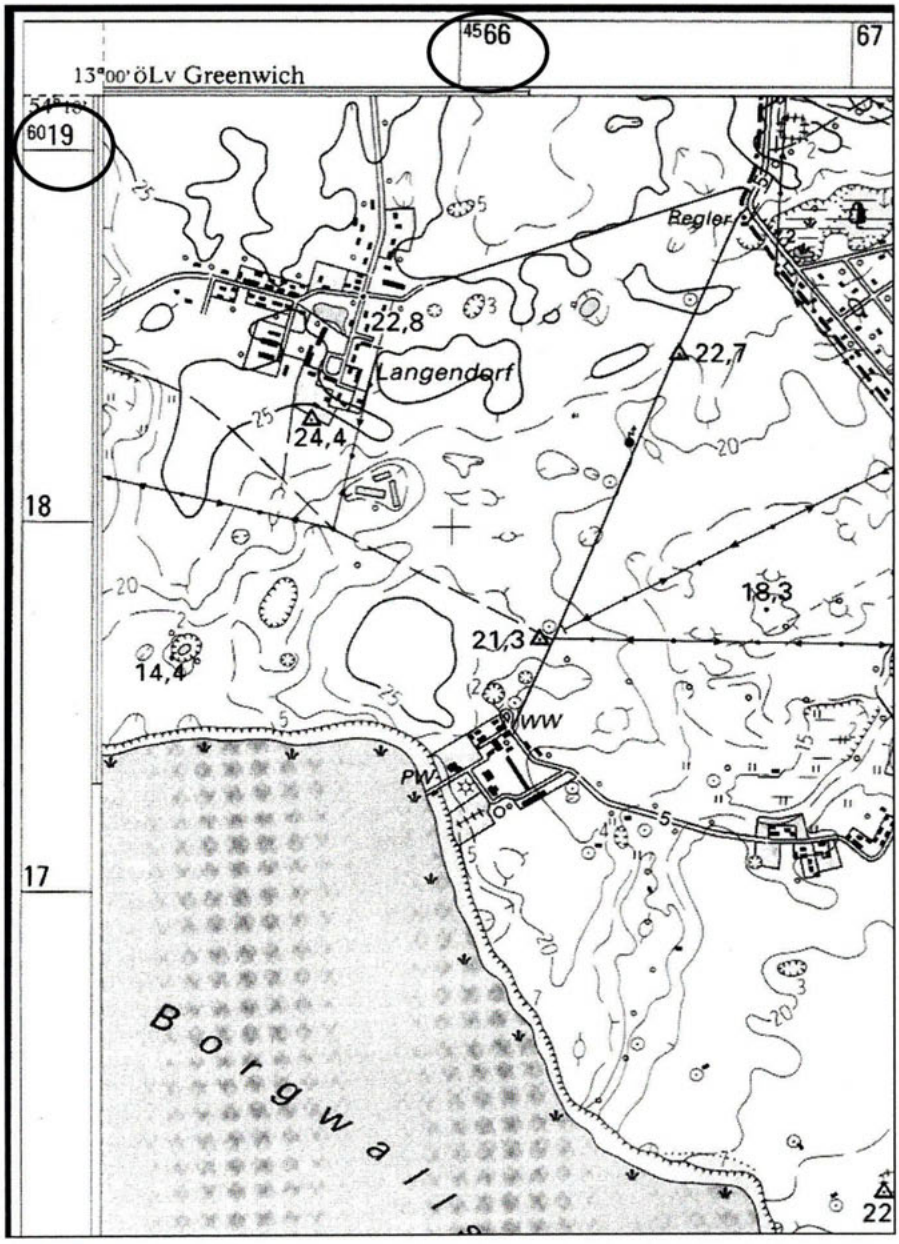


Bild 1.1.11 Gauß-Krüger-Koordinaten in einer topografischen Karte

Beispiel 1.1.4 Der Geländepunkt 21,3 (Kreuzung von Versorgungsleitungen) hat den Hochwert 6017.670 und den Rechtswert 4566.167. Der Abstand zum Äquator beträgt 6017,67 km. Der Hauptmeridian ergibt sich aus 4·3°=12° östlicher Länge. Die Entfernung vom Hauptmeridian beträgt 566.167-500.000 m = 66.167 m. Die entsprechenden geografischen Koordinaten sind 13° 1' ö. L. und 54° 17' n. B..

1.2 Ausdrucksformen

Für die Wahl einer geeigneten kartografischen Ausdrucksform ist neben sachgebietsspezifischen Aspekten (Verkehr, Wetter, Absatz, Migration) vor allem die Daten- und Problemstruktur entscheidend.
Die Entscheidung für den adäquaten Kartentyp muss in Abhängigkeit davon getroffen werden, ob eine oder mehrere Variable zu berücksichtigen sind, ob die Variablen nominal, ordinal oder kardinal skaliert sind und ob auf Wechselwirkung oder auf Zeitabhängigkeit untersucht werden soll.

Tabelle 1.2.1 Skalierung von Geodaten

Skala	**Eigenschaft**	**Beispiele**
nominal	Daten nur namentlich markiert	Kontinent, Land, Gebäudenutzung, Straßen-Typ, naturräumliche Gliederung
ordinal	Daten sind der Größe nach sortierbar	Stufung der Wasserqualität an einem Badestrand, Stufung der Kreditwürdigkeit von Entwicklungsländern
kardinal	Daten besitzen Maßeinheit und lassen sich umrechnen	Bevölkerungsdichte, abgefertigte Flugpassagiere, CO_2-Emission

In der Computerkartografie sind vor allem sogenannte Symbolkarten, Choroplethenkarten (Flächenkarten) und Diagrammkarten üblich. Verschiedene Karten eines Typs oder Karten unterschiedlicher Typisierung lassen sich auch zu einer mehrschichtigen Karte zusammenfassen. Darüber hinaus gibt es weitere Kartentypen wie Relief-Karten, 3D-Karten, Flächenkartogramme etc.

1.2.1 Symbolkarten

Mit Hilfe von Symbolen können qualitative Aussagen über die Verortung von Objekten und deren Eigenschaften gemacht werden. Sie bieten sich vor allem für nominal und ordinal skalierte Daten an.

Beispiel 1.2.1 Für einen Ferienort werden Symbole für das Schwimmbad und ein Drei-Sterne-Hotel eingetragen. Der Fischreichtum angrenzender Gewässer wird durch ein weiteres Symbol gekennzeichnet.

Selbsterklärende Symbole, wie der Fisch über dem Teich oder das Bad-Logo, werden **sprechende Symbole** genannt. Sie stehen in einem unmittelbaren Bezug zum verorteten Objekt und werden vorwiegend für nominal skalierte Daten verwendet. Sie lassen aber auch Erweiterungen auf höhere Skalierungsarten zu. So könnte ein von See zu See schwankender Fischreichtum dadurch visualisiert werden, dass das Standardsymbol entweder eingeschrumpft oder aufgeblasen wird.
Abstrakte Objekte wie Punkte, Kreise, Dreiecke, Sterne etc. werden **geometrische Symbole** genannt. Sie lassen sich im Gegensatz zu sprechenden Symbolen gruppieren und eignen sich vor allem für ordinal skalierte Daten. Neben den Sternen eines Hotels könnten die Kochmützen einer Gaststätte oder die Wasser-Qualität eines Strandes geometrisch symbolisiert werden.
Im ganz allgemeinen Sinne können auch Buchstaben, Linien oder Flächen als Symbole verwendet werden. Symbole werden in vielen Karten auch als Zusatzinformation verwendet.

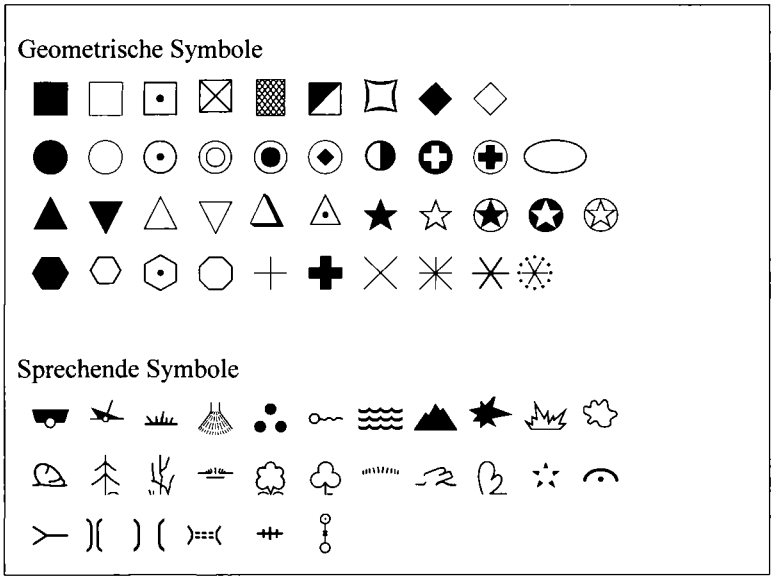


Bild 1.2.1 Geometrische und sprechende Symbole aus dem Zeichensatz von MapInfo-Cartografic

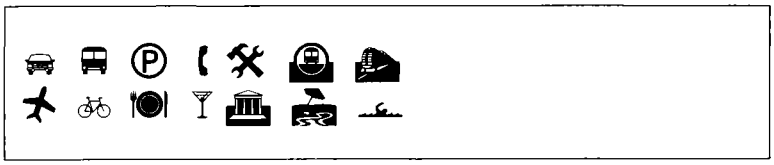


Bild 1.2.2 Sprechende Symbole für Verkehr und Tourismus aus dem Zeichensatz Webdings

Beispiel 1.2.2 Die 14 europäischen Standorte des Automobilproduzenten Opel verteilen sich auf 7 Länder, wobei eine Konzentration in Deutschland (4 Standorte in Bochum, Eisenach, Kaiserslautern und Rüsselsheim) und Großbritannien (2 Standorte in Luton und Ellesmere Port) zu verzeichnen ist.

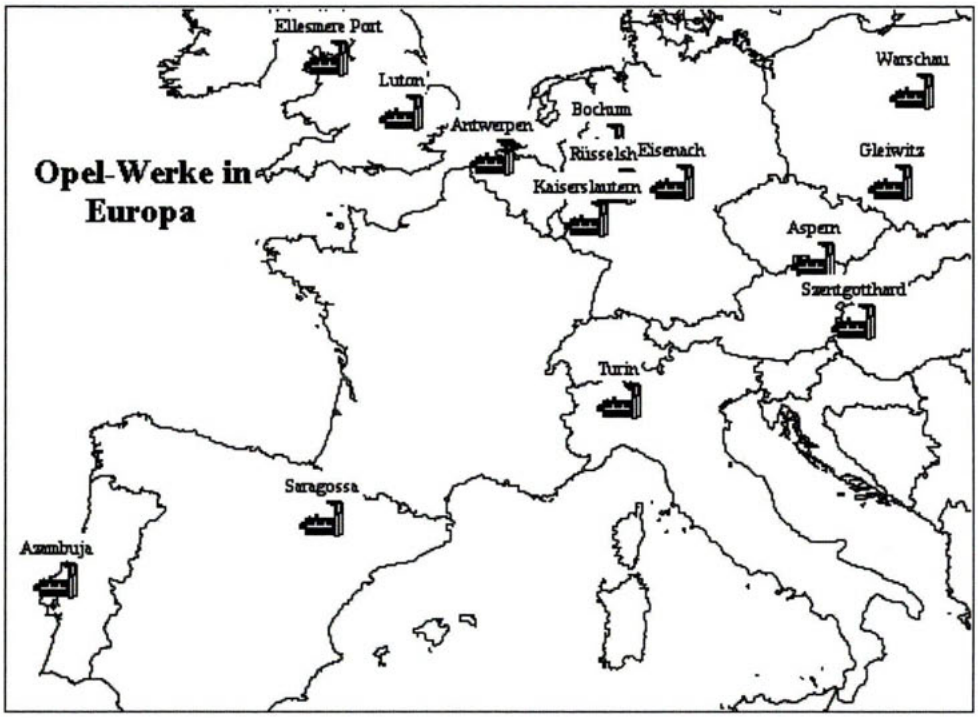


Bild 1.2.3 Symbolkarte für Produktionsstandorte

1.2.2 Choroplethenkarten

Wenn flächenbezogene Daten darzustellen sind, wird meist die gesamte zugehörige Fläche einbezogen und entsprechend gefärbt, schraffiert oder gepunktet. Man spricht von einer **Choroplethenkarte**, die im Unterschied zur Symbolkarte augenfälliger und nachhaltiger Botschaften vermittelt. Choroplethenkarten setzen eine **kardinale** Datenskalierung voraus. Sollen flächenbezogenen Daten in der Karte miteinander verglichen werden, so sind Relativwerte (Verhältniszahlen) zu bevorzugen. Das gilt insbesondere dann, wenn unterschiedlich große Flächen zu füllen sind.

Beispiel 1.2.3 Die Anzahl von zugelassenen Pkw im Stadtkreis Stralsund und im umgebenden Landkreis Nord-Vorpommern unterschei-

den sich absolut nur wenig voneinander. Bei den flächenbezogenen Dichten ist ein völlig anderes Ergebnis zu erwarten. Eine Zusammenfassung von Relativ-Werten, die vor allem in der Bevölkerungsstatistik gebräuchlich sind, zeigt Tabelle 1.2.2.

Tabelle 1.2.2 Dichtemaße (Müller [1993], 46)

Dichtemaß	**Bevölkerung im Zähler**	**Fläche im Nenner**
Bevölkerungsdichte (arithmetische) Umkehrung: Arealitätsziffer (Flächendichte) = Fläche pro Einwohner	Gesamte Wohnbevölkerung des Untersuchungsgebiets	Gesamte Gemarkungsfläche (auch unbewohnte und unbewohnbare) des Untersuchungsgebiets
Arbeitsplatzdichte	Alle Erwerbspersonen mit Arbeitsplatz im Untersuchungsgebiet	Gesamte Gemarkungsfläche (auch unbewohnte und unbewohnbare) des Untersuchungsgebiets
Einwohner-Arbeitsplatzdichte	Wohnbevölkerung plus Beschäftigte im II. und III. Sektor	Gesamte Gemarkungsfläche
Bruttosiedlungsdichte	Gesamte Wohnbevölkerung des Untersuchungsgebiets	Bau-, Verkehrs- und Grünflächen des Untersuchungsgebiets
Nettosiedlungsdichte	Gesamte Wohnbevölkerung des Untersuchungsgebiets	Bauflächen des Untersuchungsgebiets
Bruttowohndichte	Gesamte Wohnbevölkerung des Untersuchungsgebiets	Wohngrundstücke zuzüglich Verkehrs-, Grün-, Gemeinbedarfsflächen und Läden im Untersuchungsgebiet
Nettowohndichte	Gesamte Wohnbevölkerung des Untersuchungsgebiets	Wohngrundstücke (Nettowohnbauland) im Untersuchungsgebiet
Erweiterte Nettowohndichte	Gesamte Wohnbevölkerung des Untersuchungsgebiets	Wohngrundstücke mit zugehörigen Verkehrs- und Grünflächen
Physiologische Bevölkerungsdichte	Gesamte Wohnbevölkerung des Untersuchungsgebiets	Landwirtschaftliche Nutzfläche des Untersuchungsgebiets
Agrardichte (landwirtschaftliche Dichte)	Landwirtschaftliche Bevölkerung (Erwerbspersonen plus Angehörige) im Untersuchungsgebiet	Landwirtschaftliche Nutzfläche des Untersuchungsgebiets
Mann-Land-Ratio	Erwerbspersonen in der Landwirtschaft mit Arbeitsplatz im Untersuchungsgebiet	Landwirtschaftliche Nutzfläche des Untersuchungsgebiets

Um kardinale Daten in einer Choroplethenkarte flächenmäßig zu verorten, ist eine verdichtende **Klassenbildung** erforderlich. Jeder Klasse kann dann eine Farbschattierung oder Schraffur zugeordnet werden.

Die **Anzahl der Klassen** und die **Klassengrenzen** lassen sich mit Hilfe heuristischer Regeln bestimmen (siehe Götze u.a. [2002], S. 11 ff.). Aus statistischer Sicht sollten bei n Beobachtungen nicht mehr als $\sqrt{n}$ Klassen gebildet werden. Die Regel nach Sturges weist als optimale Klassenzahl $1 + 3{,}32 \cdot \log(n)$ aus Letztere reduziert die Klassenzahl für n größer als 43 stärker als die Wurzelformel.

Für Raster, Schraffuren und Grautöne sollten nicht mehr als 6 Klassen gebildet werden. Die Mischung zweier Buntfarben lässt bis zu 12 Klassen zu (siehe Haake [1994]), die aber nur selten ausgeschöpft werden.

Die gebräuchlichen Methoden zur Klassenbildung fasst Tabelle 1.2.3 zusammen. Eine alternative Klassenbildung zeigt Bild 1.2.4.

Tabelle 1.2.3 Techniken zur Datenklassierung

Klassenbildung	Vorteil	Nachteil
Äquidistant → gleiche Klassenbreiten	unabhängig von der Verteilung der Daten	sachlogisch nicht nachvollziehbar
Logarithmisch → Klassenbreite nimmt exponentiell zu oder ab	geeignet für Daten mit großer Spannbreite und asymmetrischer Verteilung	unterschiedlich breite Klassen
Wurzel → Klassenbreite nimmt quadratisch zu oder ab	dito	dito
Quantile → alle Klassen gleichhäufig besetzt	geeignet als erste, grobe Darstellung	sachlogisch nicht nachvollziehbar, stark variierende Klassenbreiten
Sinnklassen→ alle Klassen problemabhängig besetzt	sachlogisch korrekt	unterschiedlich breite Klassen
Natürlich → Klassen von Lücke zu Lücke	häufig Sinnklassen	unterschiedlich breite Klassen

Für die Praxis ist folgendes **Gruppierungsschema** zu empfehlen:

1) Versuch einer Sinnklassenbildung, evtl. Übernahme der Klassierung aus Jahrbüchern etc.

2) Quantil-Klassen bilden und mit äquidistanten Klassen vergleichen

3) Sinnklassen modifizieren oder aus 2) ableiten.

Falls die Daten stark streuen oder Ausreißer an den Rändern zu erkennen sind, sollten Logarithmen oder Wurzeln gebildet und dann äquidistant klassiert werden.

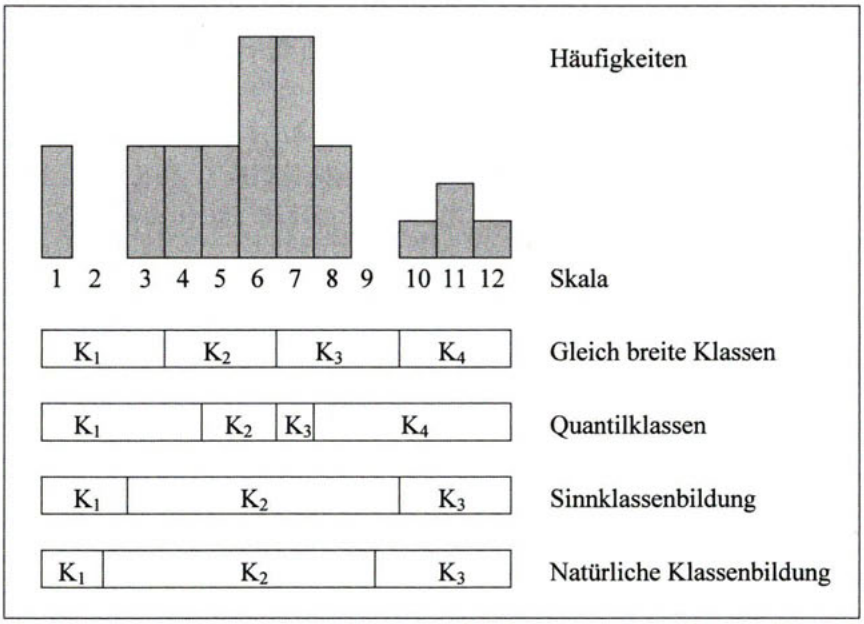


Bild 1.2.4 Vergleich verschiedener Klassierungstechniken

Beispiel 1.2.4 Die unterschiedliche Besiedlungsdichte europäischer Staaten soll für das Jahr 2000 mit Hilfe einer Choroplethenkarte visualisiert werden. Als Maßzahl dient die Bevölkerungsdichte je Quadratkilometer. Es werden vier gleichhäufige Klassen (bis unter 76, von 76 bis unter 104, von 104 bis unter 153, mehr als 153) gebildet und mit Hilfe von vier Graustufen eingefärbt (vgl. Bild 1.2.5).

Für den Fall, dass zwei Variable in ihrer Wechselwirkung flächenmäßig dargestellt werden sollen, bieten sich **zweidimensionale Choroplethenkarten** an. Dabei wird jede Variable gesondert klassiert. Die Kombination zweier Klassen für X und Y wird in einer Kreuztabelle farblich gestaltet. Meist werden 4 oder 9 Felder gebildet und mit verschiedenen Farben belegt (siehe Kap. 1.3.4).

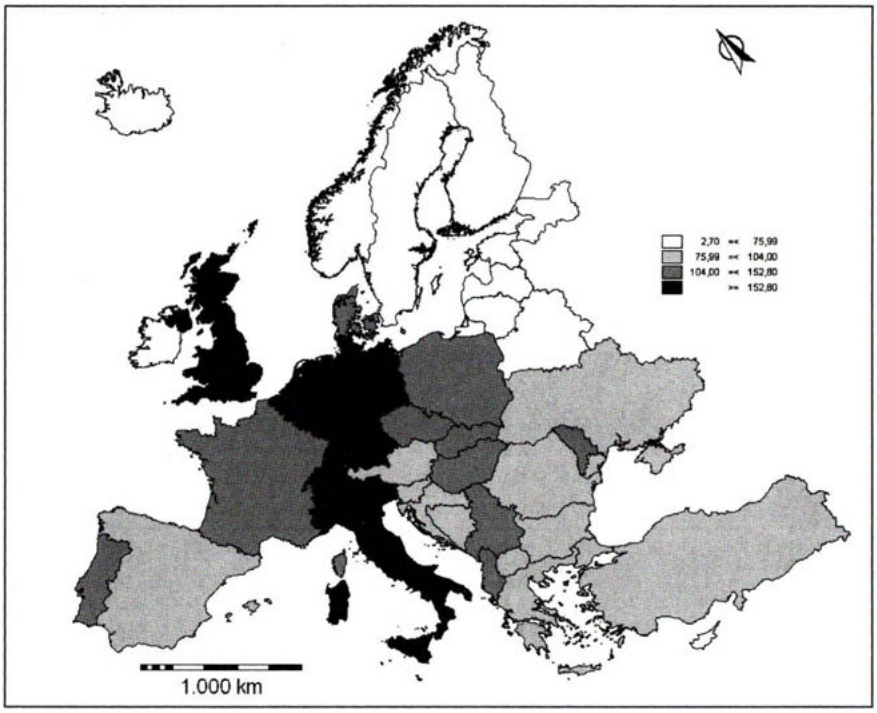


Bild 1.2.5 Bevölkerungsdichte europäischer Länder für das Jahr 2000

1.2.3 Diagrammkarten

Durch die Verortung von quantitativen, nichträumlichen Daten entstehen **Diagrammkarten**. Sie umfassen räumliche, zeitliche und andere Aspekte. Je nach Aufgabenstellung werden Kreis-, Balken-, Kurven- oder Symboldiagramme eingesetzt. Die Verortung erfolgt entweder punktweise oder flächenweise, wobei auch mehrere Diagramme jeweils an einer Positionen festgemacht oder auf ein Gebiet verteilt werden können.

Beispiel 1.2.5 Die durchschnittliche monatliche Tagestemperatur und Niederschlagsneigung werden über den Touristikzentren an der Ostsee aufgetragen. An die Hanse-Städte wird der Besucherzustrom für die letzten 5 Jahre dargestellt.

Besonders weit verbreitet sind Balken- und Flächendiagramme, mit denen Häufungen, positive und negative Veränderungen (Migration) und Zeitverläufe **flächenproportional** abgebildet werden können. Dabei vermittelt die Fläche eines Balkens, Dreiecks oder Quadrats einen Eindruck von der Häufigkeit beobachteter Werte einer Variablen.

Beispiel 1.2.6 Anzahl von Einraum-, Zweiraum und Mehrraumwohnungen in den Städten des Landes Mecklenburg-Vorpommern mit mehr als 50.000 Einwohnern oder der Jahresumsatz von drei Lebensmitteldiscountern (ALDI, LIDL, SPAR) in den Landkreisen Mecklenburg-Vorpommerns.

Bei großen Spannweiten sind anstelle von flächenproportionalen Balken eher **volumenproportionale Säulen** angeraten. Bei extremen Werten an den Rändern sollte logarithmisch transformiert werden. Zur Darstellung mehrerer Variabler in einem Diagramm dienen **gestapelte** oder **gruppierte** Balkendiagramme.

Tabelle 1.2.4 Spezielle Balken- und Flächendiagramme (Quelle: RegioGraph)

	Balken 3D		Stapel		Streifendreieck
	Balken rund		Stapel 3D		3 F-Dreieck
	Pyramiden		Stapel rund		4 F-Quadrat
	Symbolbalken		Pyramide		Kreisring

Um tageszeitliche oder richtungsseitige Abhängigkeiten zu visualisieren, können auch kreisförmige Balkendiagramme, wie Balkensterne, Ziffernblatt- oder Winddiagramme (vgl. Olbrich [1996], 49) genutzt werden.

Beispiel 1.2.7 Passierende Fahrzeuge an einer Kreuzung im Berufsverkehr (von 6.00 bis 8.00 Uhr und von 16.00 bis 18.00 Uhr). Die Balken werden auf dem Ziffernblatt ausgerichtet und der Häufigkeit entsprechend gedehnt.

Beispiel 1.2.8 Anzahl der Ferntouristen aus Deutschland nach Kontinenten für ein Jahr. In die Richtung der Zielkontinente werden Balken gelegt, deren Fläche proportional zur Häufigkeit ist.

Die zeitliche Veränderung von Variablen wird mit Hilfe von **Kurvendiagrammen** abgebildet. Dazu gehören Polygonzüge oder glatte Linien, mit denen eine oder mehrere Variable in einer Grafik als Liniendiagramm erfasst werden können. Seltener trifft man kurvige **Flächendiagramme**, bei denen die Fläche zwischen Kurve und Zeitachse schraffiert oder gefärbt wird. Sollen mehrere Variable flächenförmig

aufgetragen werden, überlagern sich die Markierungen. Es wird dann Summierbarkeit der Variablen (Kardinalskala etc.) gefordert.

Beispiel 1.2.9 Die Unfallstatistik in Deutschland zeigt die Entwicklung der Anzahl der Getöteten von 1957 bis 2000 nach der Art der Verkehrbeteiligung in einem Flächendiagramm (siehe Bild 1.2.6).

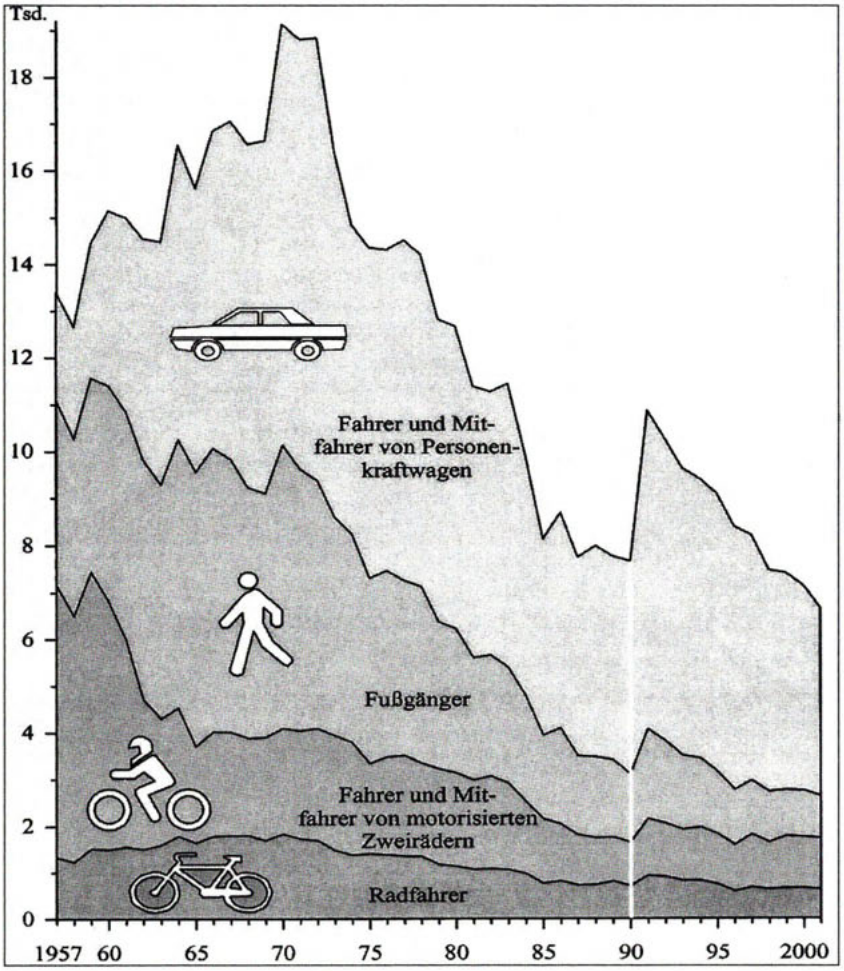


Bild 1.2.6 Flächendiagramm zu Getöteten bei Straßenverkehrsunfällen nach Art der Verkehrsbeteiligung (Quelle: Verkehr in Zahlen [2000])

Eine geeignete Form zur Darstellung summierbarer Variabler sind **Kreisdiagramme** (siehe Tabelle 1.2.5). Den Werten oder Anteilen werden Sektoren zugeordnet. In 3D-Präsentation spricht man von **Tortendiagrammen**. Eine Erweiterung auf **Sektorflügeldiagramme** ist möglich, wenn zwei unterschiedlich dimensionierte Variable oder die Häufigkeiten einer nominal skalierten Variablen zu visualisieren sind.