



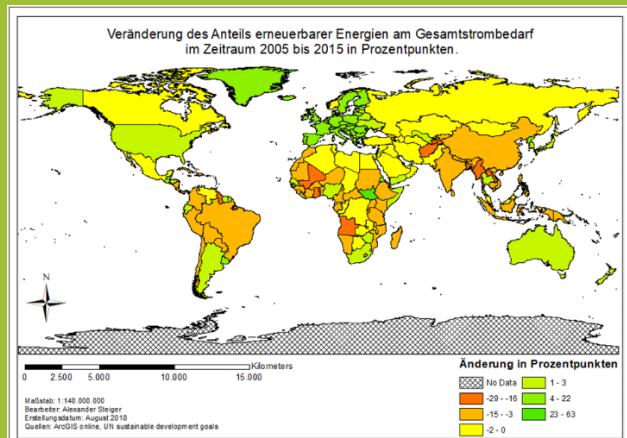
Tutorial: Thematische Kartographie



Thematische Kartographie

Zur Erstellung anspruchsvoller kartographischer Produkte als Visualisierungsform der GIS-Analysen sind kartographische Grundkenntnisse essentiell. Dieses Skript stellt wesentliche Aspekte der thematischen Kartographie zusammen. Dabei werden Lehrmaterialien der Professur für Geodäsie und Geoinformatik in Präsenz- und Fernstudium genutzt.

Dies ersetzt natürlich keine Lehrveranstaltung Kartographie. Daher wird das Studium kartographischer Lehrbücher nahegelegt.



Einführung - Was ist Kartographie?

Aufgabe der Kartographie ist es, die reale Welt in Karten und kartenverwandten Darstellungen abzubilden. Ausgehend von der Landschaft soll eine Karte entstehen. Doch wie definiert man „Kartographie“ und was macht eine Karte aus?

Der Hauptgegenstand der Kartographie sind Karten.

Definition:

Eine Karte ist ein maßstäblich verkleinertes, vereinfachtes (generalisiertes), inhaltlich ergänztes, erläutertes, analoges oder digitales Grundrissbild der Erde (bzw. von Teilen der Erde) oder anderer Weltkörper und des Weltraumes in einer Ebene.

Eine etwas andere Definition liefert die Internationale Kartographische Vereinigung (ICA):

Definition:

A map is a symbolized image of geographical reality, representing features of characteristics, resulting from the creative effort of its author's execution of choices, and is designed for use when spatial relationships are of primary relevance.

Diese zweite Definition hebt die Bedeutung des Kartenbearbeiters und die Ausrichtung auf den Nutzungszweck der Karte hervor. Sie soll die charakteristischen Eigenschaften der dargestellten Objekte und deren räumliche Beziehungen untereinander darstellen. Die Aufgabe des

Kartenbearbeiters besteht darin, die passenden graphischen Mittel dafür auszuwählen und anzuwenden.

Die Kartographie wird zuweilen als „die Kunst oder Technik der Kartenherstellung“ (vgl. The American Heritage Dictionary of the English Language, 2007) beschrieben. Neben den technischen Regeln zur Herstellung von Karten gibt es auch den künstlerischen (ästhetischen) Aspekt der Kartengestaltung, der durch die Automatisierung der Kartenherstellung etwas in den Hintergrund geraten ist. Neben dieser sehr allgemeinen Definition des Begriffs „Kartographie“ gibt es einige weitere. Hier zwei Beispiele:

Definition:

Die Kartographie ist ein Fachgebiet, das sich mit dem Sammeln (Erfassen), Speichern, Verarbeiten und Auswerten (Analysieren) raumbezogener Informationen sowie in besonderer Weise mit deren Veranschaulichung durch eine kartographische (zweidimensional-modellhafte) Darstellung (Präsentation) befasst.

HAKE/GRÜNREICH/MENG 2002

Definition:

Die Wissenschaft und Technik von der graphischen, kommunikativen, visuell-gedanklichen und technologischen Verarbeitung geo-räumlicher Informationen vor allem auf der Grundlage von Karten.

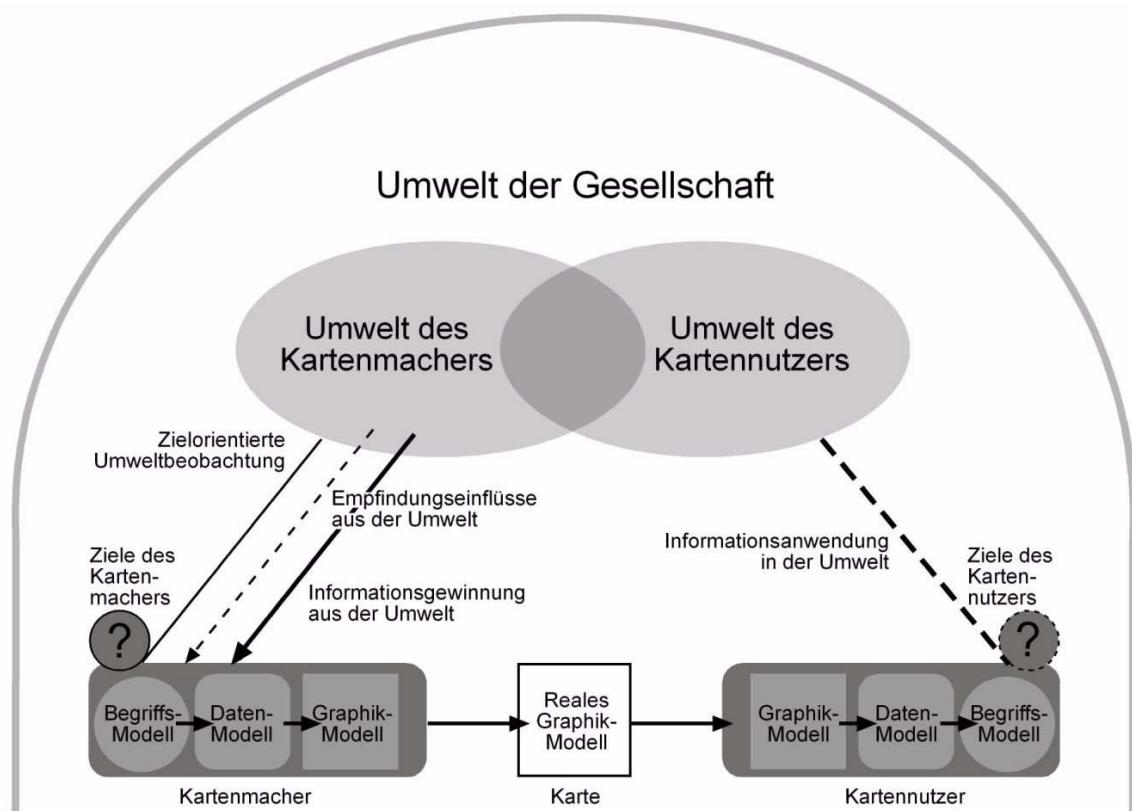
BOLLMANN 2002, Lexikon der Kartographie und Geomatik

Die Kartographie wird in verschiedene Teilbereiche eingeteilt. Es existieren unterschiedliche Gliederungen. Im Lexikon der Kartographie und Geomatik werden die Bereiche: Regionale Kartographie, Angewandte Kartographie, Allgemeine Kartographie und Wissenstheoretische Grundlagen der Kartographie unterschieden. Der Teilbereich der Regionalen Kartographie befasst sich mit den kartographischen Methoden und der Kartennutzung in verschiedenen Gebieten. Da sich die Kartographie regional oft recht unterschiedlich entwickelt hat, sind hier teils deutliche Unterschiede zu finden. Im Bereich der Angewandten Kartographie werden Entwicklungen hinsichtlich verschiedener Anwendungsbereiche, wie z. B. innerhalb von Navigationssystemen oder in der Planung betrachtet. Die Allgemeine Kartographie umfasst Erkenntnisse aus den Gebieten der kartographischen Darstellung und kartographischen Kommunikation. Die Wissenstheoretischen Grundlagen behandeln Fragestellungen zur Terminologie, die Vernetzung kartographischer Theorien und deren Einbringung in Forschung und Lehre. Hier werden außerdem Untersuchungen zur geschichtlichen Entwicklung der Kartographie und ihrer Methoden verortet.

Nach HAKE/GRÜNREICH/MENG (2002) besteht die Kartographie aus den Bereichen Gegenwart und Geschichte der Kartographie, Angewandte Kartographie und Allgemeine Kartographie. Dabei umfasst der Bereich Gegenwart und Geschichte der Kartographie das Schrifttum, Institutionen und die geschichtliche Entwicklung. Im Bereich der Angewandten Kartographie werden alle produktbezogenen Tätigkeiten, Karten und Atlanten zusammengefasst. Die Allgemeine Kartographie beschäftigt sich hingegen mit den Grundlagen, Verfahren und Werkzeugen.



Die Kartographie ist nicht nur eine Geo- sondern auch eine Kommunikationswissenschaft. Mit Hilfe von Karten und kartenähnlichen Produkten sollen raumbezogene Informationen übermittelt werden. Es existieren verschiedene Modelle der kartographischen Kommunikation. Ihnen ist eines gemeinsam: Subjektive Einflüsse sowohl bei der Kartenherstellung jedoch vor allem auf der Seite des Kartennutzers lassen sich nicht vermeiden und beeinflussen die Informationsübermittlung. Abbildung 1 zeigt ein Modell der kartographischen Kommunikation (verändert nach U. FREITAG).



Quelle: nach Lexikon der Kartographie und Geomatik, 2002

Abb. 1: Modell der kartographischen Kommunikation

Kartennutzung

Bei der Kartennutzung unterscheidet man zwischen aktiver und passiver Kartennutzung. Aktive Kartennutzung setzt ein hohes Maß an Interaktivität und Datenzugriffsmöglichkeiten voraus. Die klassische (analoge) Papierkarte hingegen ermöglicht lediglich eine passive Kartennutzung. Eine besondere Form der Kartennutzung ist die **Kartometrie**. Der Begriff beschreibt das Messen von Entfernung, Koordinaten, Richtungen, Flächen, Höhen und Hangneigungen in einer Karte. Es gibt verschiedene Hilfsmittel, die für Messungen in analogen Karten eingesetzt werden, z. B. Planzeiger (für Strecken, Koordinaten, Richtungswinkel und Hangneigungen, siehe Abbildung 2) und Planimeter (Flächen). Während das **Kartenlesen** ein reines „Dekodieren“ des Karteninhaltes ist (z. B. das Schätzen von Objektzahlen, Vergleich von Objekten), steht die **Karteninterpretation** für das Deuten räumlicher Zusammenhänge unter Verwendung von Vorwissen. Die Karteninterpretation ist vor allem in thematischen Karten von Bedeutung.

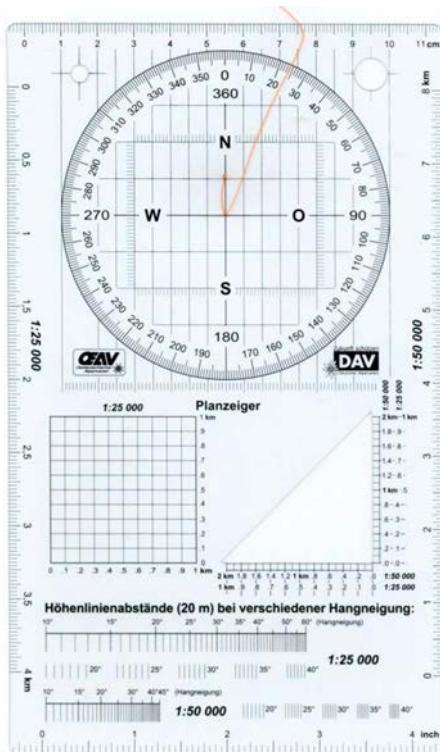


Abb. 2: Planzeiger

Wozu dienen Karten nun eigentlich?

Merke:

Die Haupteinsatzgebiete von Karten sind:

- zur Entscheidungsfindung
- für Erkenntnis und Bildung
- zur Orientierung

Herstellung einer Karte

Um von der Realität zu einer Karte zu kommen (siehe Abbildung 3) sind verschiedene Arbeitsschritte notwendig.

Der erste Schritt zur Herstellung einer Karte ist die Überführung des Abbildes der Realität (z. B. eines Luftbildes) in die Kartenebene. Dafür wird eine Kartenprojektion festgelegt. Im Zusammenhang damit wird ein Koordinatensystem ausgewählt, sodass eine Lagebestimmung des Gebietes möglich ist. Da das abgebildete Gebiet nicht in Originalgröße dargestellt werden kann, ist es notwendig, eine Skalierung vorzunehmen und einen entsprechenden Maßstab zu wählen. „Runde“ Maßstäbe, wie z. B. 1:50 000 oder 1:10 000 werden bevorzugt.



Abb. 3: Von der Realität zur Karte

Eine Karte ist ein abstrahiertes Bild der Wirklichkeit, d. h. die Objekte der Realität werden in Kartenobjekte umgewandelt. Dabei werden nicht alle Objekte der Realität in die Karte aufgenommen. Manche Objekte werden weggelassen, weil sie nicht wichtig sind oder für den Zweck der Karte nicht notwendig (z. B. Wanderwege für einen Autoatlas). Ähnliche Objekte werden zu einer Objektklasse zusammengefasst. Diese Arbeitsschritte werden unter dem Begriff Generalisierung zusammengefasst. Da eine „stumme“ Karte nur wenig Informationen übermittelt, wird die Karte durch Beschriftung und eine Legende (Zeichenerklärung) ergänzt. Diese Schritte wollen wir nun im Einzelnen betrachten.

Kartennetzentwürfe

Siehe hierzu das **Tutorial Kartennetzentwürfe und Koordinatensysteme**.

Kartenmaßstab

Der Kartenmaßstab wird als Verhältnis 1: Maßstabszahl angegeben. Er bestimmt das Verkleinerungsverhältnis zwischen der Grundrisskomponente der Naturstrecke und der Kartenstrecke. Diese „strenge Proportionalität“ gilt nur bei fehlender oder geringer Generalisierung. Vor allem in kleinmaßstäbigen Karten ist der Maßstab nicht im gesamten Kartenfeld gleich. Die Angabe 1:10 000 bedeutet, dass 1 cm in der Karte 10 000 cm = 100 m in der Realität entspricht.

Je größer die Maßstabszahl, desto kleiner der Maßstab.

Es existieren zwei Ausprägungen des Maßstabs – der nummerische Maßstab, z. B. 1:5 000 und der graphische Maßstab, z. B. eine Maßstabsleiste. Graphische Maßstäbe dienen dem einfachen Abschätzen von Entfernungen, manchmal auch von Geländeneigungen. Graphische Maßstäbe sind vor allem dann wichtig, wenn die Karte vergrößert oder verkleinert bzw. durch Kopieren vervielfältigt werden soll. Während der numerische Maßstab bei einer solchen Veränderung ungültig werden kann, behält der graphische Maßstab seine Wirksamkeit. Abbildung 4 zeigt zwei verschiedene Arten graphischer Maßstäbe.

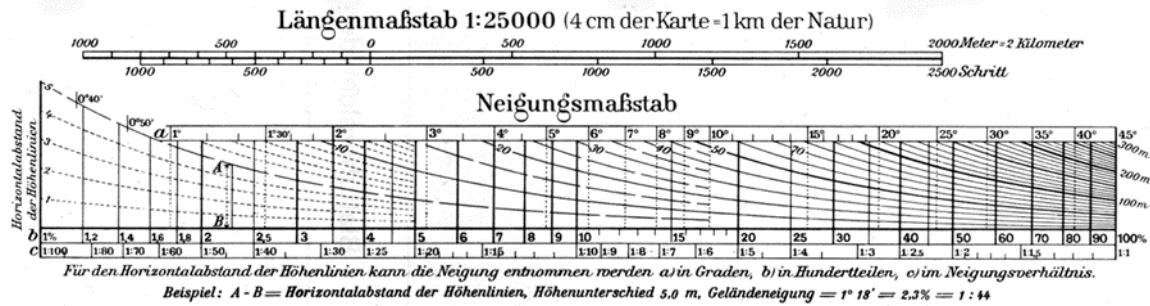


Abb. 4: Graphische Maßstäbe auf einer TK25 (Ausgabe 1990)

Die Wahl eines geeigneten Maßstabs richtet sich nach dem Zweck der Karte, nach den vorliegenden Daten oder bereits vorhandenen Karten, die für Vergleiche herangezogen werden sollen. Je nach Anwendungsgebiet werden bestimmte Maßstabsbereiche häufig verwendet.

- Großmaßstäbig (1:500 bis 1:5000)
 - Kataster und Immobilien
 - Versorgungsleitungen (Gas, Strom, Wasser)
 - detaillierte Stadt- und Umweltplanung (Bebauungsplan, Grünordnungsplan)
- Mittelmaßstäbig (1:10 000 bis 1:250 000)
 - Topographische Karten
 - Thematische Karten
 - Stadt- und Umweltplanung (Flächennutzungsplan, Landschaftsplan), Regionalplanung
 - Regionale Bodenkarten
 - Regionale geologische Karten
 - Regionale Biotopkartierungen
 - ...
- Kleinmaßstäbig (1:500 000 und kleiner)
 - Topographische Karten (Internationale Weltkarte 1:1 000 000)
 - Thematische Karten (nationale/globale Darstellung)
 - Atlanten

Je nach Größe des abgebildeten Gebietes kann eine Gliederung in Kartentypen erfolgen (vgl. Lexikon der Kartographie und Geomatik, 2002):

- Grundkarten (1:1000 bis 1:10 000)
- Detailkarten (1:10 000 bis 1:50 000)
- Übersichtskarten (1:50 000 bis 1:1 000 000)
- Generalkarten (1:1 000 000 bis 1:5 000 000)
- Erdteilkarten (1:5 000 000 bis 1:30 000 000)
- Erdkarten (1:30 000 000 und kleiner)

Man unterscheidet weiterhin den Maßstab der Aufnahme (Originalmaßstab) und den Folgemaßstab. Karten in einem Folgemaßstab entstehen aus bereits vorhandenen Karten. Beim Übergang einer Karte in einen kleineren Maßstab (geringere zur Verfügung stehende Darstellungsfläche) sind Schritte der Vereinfachung und Verkleinerung notwendig. Dies ist Teil eines Vorganges, den man Generalisierung nennt.

Generalisierung

Um die reale Welt in einer Karte darstellen zu können, muss zunächst ein Modell der Realität geschaffen werden. Im Vorgang der Modellierung ist es notwendig Vereinfachungen vorzunehmen, da die reale Welt in ihrer Komplexität nicht vollständig in einer Karte abgebildet werden kann. Aufgrund der reduzierten Fläche muss eine Verkleinerung vorgenommen werden. Auch aus Gründen der Lesbarkeit und entsprechend dem Zweck der Karte können nicht alle Daten und Informationen der Realität in eine Karte aufgenommen werden. Das gleiche Problem stellt sich bei der Ableitung einer Folgekarte (in kleinerem Maßstab) aus einer Originalkarte (größeren Maßstabs). Aus diesen Gründen muss eine Abstraktion erfolgen. Dieser Vorgang wird als Generalisierung bezeichnet.

Definition:

Die kartographische Generalisierung umfasst Theorien, Methoden und Verfahren zur Reduzierung und Verallgemeinerung von kartographischen Informationen. Dabei werden aus einer Informationsmenge bestimmte Teilmengen ausgewählt und zu übergeordneten Einheiten zusammengefasst. Die transformierten Informationen sollen dabei maßstabsbedingt einer großenreduzierten Kartenfläche angepasst oder vereinfacht bzw. fragestellungsorientiert dargestellt werden.

BOLLMANN, Lexikon der Kartographie und Geomatik, 2002

Bei der Umsetzung von realen Objektdaten in eine Karte (Aufnahmegeneralisierung bzw. Erfassungsgeneralisierung) bzw. einer Ausgangskarte in eine Folgekarte (Kartographische Generalisierung) kommt es darauf an, die Wirklichkeit in ihren wichtigsten und typischen Zügen sowie ihren charakteristischen Besonderheiten entsprechend

- der Zweckbestimmung,
- der Thematik und
- dem Maßstab

der Karte abzubilden. Abbildung 5 zeigt den Erhalt der charakteristischen Form trotz Vereinfachung der Grundrissdarstellung.

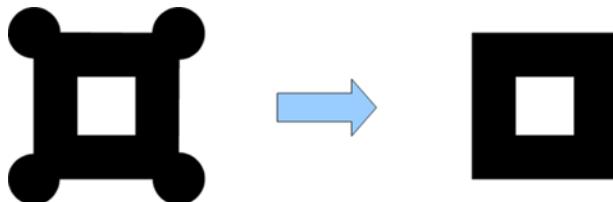


Abb. 5: Beispiel für den Erhalt des Charakteristischen

Es werden zwei Arten von Generalisierung unterschieden:

- **Aufnahmegeneralisierung/Erfassungsgeneralisierung** = Umsetzung der realen Welt in eine Karte
- **Kartographische Generalisierung** = Ableitung einer Folgekarte (kleinerer Maßstab) aus einer anderen Karte (größerer Maßstab)

Die Aufnahmegeneralisierung umfasst die Umsetzung realer Objekte in abstrakte Objekte der Karte. Sie ist der erste Schritt der kartographischen Modellbildung. Objekte werden dabei ausgewählt und nach Begriffen in Gruppen zusammengefasst. Geometrische Formen werden vereinfacht.

Neben der begrifflichen (sachlichen) Vereinfachung und Auswahl von Objekten ist die kartographische Generalisierung auch eine graphische Vereinfachung und vor allem eine Verallgemeinerung in Bezug auf die Geometrie (Lage). Die Grundsätze der kartographischen Generalisierung können in 7 Teilschritte gegliedert werden:

1. Vereinfachen
2. Vergrößern
3. Verdrängen
4. Zusammenfassen
5. Auswählen
6. Typisieren
7. Bewerten

Abbildung 6 zeigt die einzelnen Schritte.

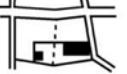
Generalisierung durch	Kartographische Darstellung		
	in der Ausgangskarte (Primärkarte) z.B. 1:10 000	in der Folgekarte (Sekundärkarte) z.B. 1:25 000	Rückvergrößerung in den Ausgangsmaßstab
Geometrisch mit geom. Wirkung	1. Vereinfachen		
	2. Vergrößern		
	3. Verdrängen		
	4. Zusammenfassen		
	5. Auswählen		
	6. Klassifizieren (Typisieren)	 	 
	7. Bewerten		

Abb. 6: Schritte der kartographischen Generalisierung (nach HAKE/GRÜNREICH/MENG 2002, S. 169)

Zur mathematischen Beschreibung des Generalisierungsvorgangs wurden aus empirischen Untersuchungen Formeln abgeleitet. Mit Hilfe der folgenden Formel kann die Strecke eines linearen Kartenobjekts in der Folgekarte aus der Streckenlänge in der Ausgangskarte abgeschätzt werden.

$$S_F = S_A \cdot \sqrt{\frac{M_A}{M_F}}$$

wobei gilt:

S_F : Strecke im Folgemaßstab

S_A : Strecke im Ausgangsmaßstab

M_A : Maßstabszahl im Ausgangsmaßstab

M_F : Maßstabszahl im Folgemaßstab

Mit dem Objekt-Auswahl-Gesetz von TÖPFER und PILLEWIZER (1979) kann die Objektanzahl der Folgekarte aus der Anzahl der Objekte in der Ausgangskarte abgeschätzt werden.

$$n_F = n_A \cdot \sqrt{\frac{M_A}{M_F}}$$

wobei gilt:

n_F : Anzahl der Objekte im Folgemaßstab

n_A : Anzahl der Objekte im Ausgangsmaßstab

M_A : Maßstabszahl im Ausgangsmaßstab

M_F : Maßstabszahl im Folgemaßstab

Im Zusammenhang mit Generalisierungsvorgängen sind die Mindestdarstellungsdimensionen für Kartenzeichen zu beachten. Diese geben Richtwerte für die minimale Ausdehnung von Kartenzeichen an, in der sie noch lesbar sind. Dabei ist zu beachten, dass farbige Kartenzeichen bzw. Kartenzeichen auf farbigem Untergrund in der Regel größer sein müssen, da der Kontrast geringer ist als bei schwarz-weißen Darstellungen. Richtwerte für Papierkarten sind (vgl. Lexikon der Kartographie und Geomatik, 2002):

- Linienbreite, s/w: 0,05 bis 0,08 mm
- Linienbreite, farbig: 0,08 bis 0,10 mm
- Linien- bzw. Flächenabstand: 0,15 bis 0,25 mm
- Quadrat, voll: 0,40 x 0,40 mm
- Rechteck, voll: 0,30 x 0,60 mm
- Punktdurchmesser: 0,25 mm
- Schrift: 6 pt

Für Bildschirmkarten gelten andere Werte. Aufgrund der Pixelstruktur und der im Vergleich zur Papierkarte geringen Auflösung ist ein Vergrößerungsfaktor von 2 bis 4 auf die für Papierkarten empfohlenen Werte anzuwenden.

Durch die Verkleinerung beim Übergang von einem großen in einen kleineren Kartenmaßstab unterschreiten einige Kartenzeichen die Mindestdarstellungsdimensionen. Wenn sie in der Folgekarte enthalten sein sollen, müssen sie vergrößert werden. Diesen Vorgang nennt man kartenmaßstäbliche Überhaltung. Dieser Effekt tritt sowohl bei linien- als auch bei flächenhaften Kartenzeichen auf. Die grundrissliche Darstellung geht über in eine Grundrisssignatur. Bei linearen Elementen, wie z. B. Flüssen oder Straßen, tritt die Überhaltung eher auf als bei flächenhaften



Elementen (siehe Abbildung 7). Sie ist dort im Allgemeinen auch größer. Während Verkehrswege primär in der Länge überhalten werden, ist es bei Fließgewässern die Breite. Die Generalisierung ist ein sich wiederholender, zyklischer Prozess. Nach jedem Schritt eröffnen sich zwei Möglichkeiten. Entweder das Objekt fällt durch Selektion weg oder die grundrissliche Darstellung wird durch das Erreichen der Mindestdarstellungsdimension zu einer Grundrissignatur. Grundrissignaturen können bei weiterer Verkleinerung erhalten bleiben. Dadurch wird die Überhaltung gesteigert. Als Ergebnis der Selektions- und Aggregationszyklen der Generalisierung ergeben sich durch den unterschiedlichen Grad der Überhaltung Unterschiede in den Objektmaßstäben benachbarter Objekte. Je nach Lagepriorität setzt eine Verdrängung früher (geringe Lagepriorität) oder später (hohe Lagepriorität) ein. Fließgewässer besitzen zum Beispiel eine höhere Lagepriorität als Verkehrswege.

Maßstab	Signaturendarstellung einer 10m breiten Straße mit Böschung	Rückvergrößerung auf 1:10 000
1:10 000		
1:25 000		
1:50 000		
1:100 000		

Abb. 7: Wirkung der Überhaltung

Bei der Generalisierung von Flächen unterscheidet man zwei Methoden: die selektive Flächengeneralisierung und die individuelle Flächengeneralisierung (siehe Abbildung 8).

Bei der selektiven Flächengeneralisierung werden jene Flächen gelöscht, die kleiner als eine bestimmte Mindestgröße sind und im kleineren Kartenmaßstab der Folgekarte nicht mehr dargestellt werden können. Die Form der verbleibenden Flächen bleibt erhalten. Die Konturlinien der verbleibenden Flächen werden maßstabsgerecht vereinfacht. Bei der individuellen Flächengeneralisierung werden benachbarte, durch kleine Zwischenräume getrennte Signaturflächen zu größeren zusammengefasst bzw. an größere Flächen angeschlossen. Soll die Heterogenität nah beieinanderliegender Flächen verdeutlicht werden, so werden die Zwischenräume vergrößert. Während die selektive Flächengeneralisierung mit Mindestgrößen arbeitet und dadurch gut automatisiert werden kann (und weitgehend objektiv ist), ist die individuelle Flächengeneralisierung stark subjektiv. Der Vorteil der individuellen Flächengeneralisierung besteht im Erhalt der natürlichen Flächenproportionen. Bei der selektiven Flächengeneralisierung verschieben sich die Flächenproportionen zu Ungunsten der Kleinflächen.

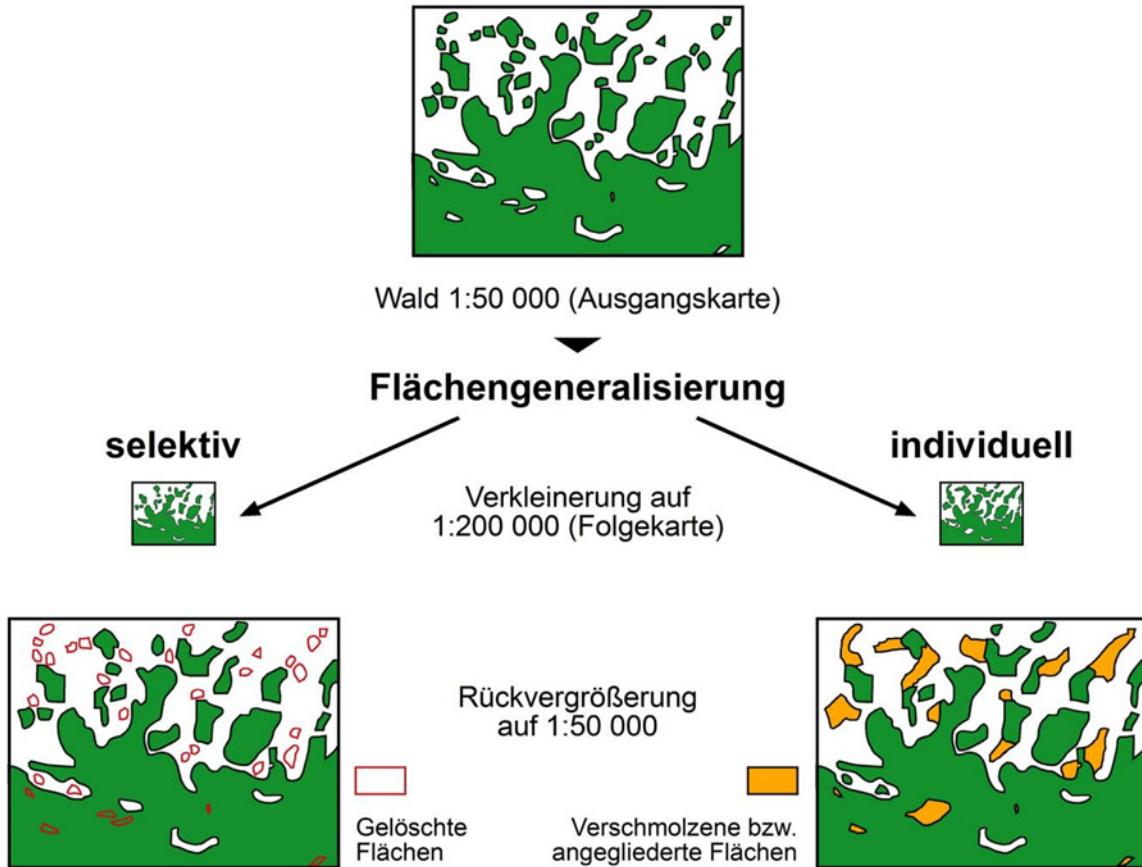


Abb. 8: Flächengeneralisierung

Die automatische Generalisierung digitaler Karten ist bisher noch nicht ohne manuellen Nachbearbeitungsaufwand möglich. Existierende Programme sind meist auf die Generalisierung bestimmter Kartenobjekte spezialisiert. Das Programmsystem CHANGE der Universität Hannover (www.ikg.uni-hannover.de) wurde beispielsweise für die Generalisierung von Gebäuden entwickelt.

Graphische Variablen

Um Objekteigenschaften in thematischen Karten darzustellen, werden graphische Eigenschaften (graphische Variablen) der Kartenzeichen verändert. Es existieren verschiedene Festlegungen für graphische Variablen. In der Kartographie werden die graphischen Variablen nach BERTIN verwendet. Demnach gibt es sechs graphischen Variablen (siehe Abbildung 9). Die Variable Muster wird teilweise auch als ‚Füllung‘ bezeichnet.

Die Länge einer graphischen Variable gibt an, wie viele Werte durch sie lesbar bzw. unterscheidbar dargestellt werden können. Für die Variablen Größe, Helligkeit und Farbe werden bei flächenhafter Anwendung folgende Werte veranschlagt:

Größe: ca. 5 Stufen

Helligkeit: ca. 7 Stufen

Farbe: ca. 8 Stufen



Farbe	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Form	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Größe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Helligkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muster	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Orientierung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Abb. 9: Die graphischen Variablen nach BERTIN und Beispiele für Variationen

Graphische Variablen besitzen unterschiedliche Eigenschaften. Bezüglich der Sichtbarkeit wird unterschieden in auflösend (dissoziativ) und verbindend (assoziativ). Bei kontinuierlicher Veränderung der graphischen Variablen Größe oder Helligkeit ist das Kartenzeichen ab einem bestimmten Grad nicht mehr lesbar. (Es löst sich auf.) Die Variablen Muster, Farbe, Orientierung und Form gelten hingegen als verbindende Variablen. Durch ihre Veränderung können Kartenzeichen einander angepasst werden. Die Wirkung einer graphischen Variable kann trennend, ordnend oder quantitativ sein (siehe Abbildung 10). Die graphische Variable Größe wirkt als einzige quantitativ. Die ordnende Wirkung ist bei der Variable Helligkeit besonders ausgeprägt. Farbe ist eine besonders stark trennende graphische Variable.

trennend (qualitativ)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
besonders durch die Variable Farbe				
ordnend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
besonders durch die Variable Helligkeit				
quantitativ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
besonders durch die Variable Größe				

Abb. 10: Wirkung der graphischen Variablen Farbe, Helligkeit und Größe

Tabelle 1 zeigt welche Wirkung die einzelnen graphischen Variablen erzielen können.

Tab. 1: Wirkung der graphischen Variablen nach BERTIN (nach KOCH)

Graphische Variable	Wirkung		
	trennend	ordnend	quantitativ
Größe (G)	o	o	+
Helligkeit (H)	o	+	

Muster (M)	o	o	
Farbe (C)	+		
Orientierung (O)	o		nur bei Verzicht auf spontanes Erkennen regionaler Zusammenhänge zu empfehlen
Form (F)	(o)		

+ sehr starke Wirkung o Wirkung vorhanden (o) schwache Wirkung

Für die Kombination graphischer Variablen gelten einige Gesetzmäßigkeiten. Eigenschaften, die jede beteiligte Variable besitzt, werden verstärkt. So ist zum Beispiel eine Kombination aus Helligkeit und Muster stark ordnend. Kombinationen aus Farbe und Orientierung oder Farbe und Form sind stark trennend. Eigenschaften, die bei einer der beteiligten Variablen fehlen, werden hingegen abgeschwächt. Da die Variable Größe als einzige quantitativ wirkt, wird diese Wirkung in jeder Kombination abgeschwächt. Dennoch wird die Variable Größe häufig mit Farbe kombiniert um einen Rezeptionsanreiz zu schaffen. Die Kombination von Helligkeit und Farbe ist weniger stark ordnend als die Variable Helligkeit allein. Ebenso verhält es sich bei Kombinationen aus Helligkeit, Orientierung und Form sowie Helligkeit, Muster und Orientierung. Werden auflösende Variablen (Größe und Helligkeit) mit verbindenden Variablen kombiniert so überträgt sich die auflösende Wirkung auch auf die Gesamtkombination. Die ordnenden Variablen Größe, Helligkeit und Muster können sowohl gegenläufig als auch gleichläufig kombiniert werden. Gleichläufige Kombinationen führen zu einer Verstärkung der ordnenden Wirkung. Ein Beispiel für eine gleichläufige Kombination von Größe und Helligkeit ist die Verwendung kleiner heller Signaturen mit großen dunklen Signaturen. Eine gegenläufige Kombination führt zu einer Abschwächung der ordnenden Wirkung. Ein Beispiel für eine gegenläufige Kombination von Größe und Helligkeit ist die Verwendung von kleinen dunklen Signaturen und großen hellen Signaturen.

Farbanwendung in der Kartographie

Für die graphische Variable Farbe besitzt drei Eigenschaften: den Farbton selbst, die Farbsättigung und die Farbhelligkeit. Die Farbsättigung beschreibt den Grad der Farbreinheit (unverweißlicht, unverschwärzlich). Die Farbhelligkeit bezeichnet die Eigenhelligkeit der Farbe im Vergleich zur Grauskala. Sogenannte „unbunte Farben“ können nur nach Helligkeit (Tonwert) beschrieben werden (Grauskala).

Farbe wirkt sehr stark selektiv. Sie wird daher zur Darstellung von Qualitäten genutzt. Werden Farbe und Helligkeit kombiniert entstehen geordnete Reihen. Die Abstände zwischen den Farben müssen ausreichend groß sein, um sie in der Karte sicher unterscheiden zu können. Die Wirkung der graphischen Variable Farbe ist sehr stark von Assoziationen abhängig. So verbindet man z. B. Blau mit Wasser und Grün mit Vegetation. Andere Beispiele für Assoziationen sind:

- Beispiel 1: Rot = Zunahme; Blau / Grün = Abnahme
- Beispiel 2: „Ampelprinzip“; Rot = Halt, Gefahr; Grün = Freie Fahrt
- Beispiel 3: Dunkle Farben = alt, weit zurückliegend; Helle Farben = neu, gegenwärtig (Geologische Karten)

Diese Assoziationen sind unbedingt zu beachten!

Achtung: Assoziationen können sich auch kulturell unterscheiden.

Bei der Wahl von Farbzusammenstellungen (z. B. für Farbskalen) sind einige Hinweise zu beachten. Die Karte sollte ein gewisses Maß an Farbharmonie enthalten. Allerdings wird zu viel Harmonie schnell langweilig. Hier gilt es ein ausgewogenes Verhältnis von Farbharmonie und Farbkonflikten zu finden. Im Allgemeinen sind Farbzusammenstellungen, in denen nicht alle Elemente (Farbton, Sättigung, Helligkeit) gleichzeitig verändert werden, harmonisch. Zumindest eine Gemeinsamkeit sollte alle Farben zusammenhalten. Einige Beispiele, wie das zu realisieren ist, sind:

- Gleicher Farbton: Variation nach Weiß / Schwarz
- Gleiche Farbsättigung: Spektralreihe
- Gleiche Helligkeit: schwierig zu realisieren, wegen Eigenhelligkeit der Farben

Wertmaßstab

In thematischen Karten spielt neben dem Kartenmaßstab auch der sogenannte Wertmaßstab eine wichtige Rolle. Er bestimmt, wie die dargestellten quantitativen Daten in graphischer Form umgesetzt werden. Der Wertmaßstab bezieht sich auf die graphische Variable Größe und ist (weitgehend) unabhängig vom eigentlichen Kartenmaßstab. Man unterscheidet drei Arten von Wertmaßstäben:

- gleitend
- gestuft
- Werteinheitssignaturen

Werteinheitssignaturen sind Kartenzeichen, die einen festgelegten Wert repräsentieren (Punktmethode). Gleitende und gestufte Wertmaßstäbe sind mathematische Funktionen für längen-, flächen- oder volumenproportionale bzw. anderweitig abgebildete Mengen- oder Diagrammsignaturen. Abbildung 11 zeigt die unterschiedlichen Arten von Wertmaßstäben anhand eines Beispiels.

Grundsätzlich besteht die Wahl zwischen längen-, flächen- und volumenproportionalen Wertmaßstäben. Es gibt auch vermittelnde Wertmaßstäbe, die auf komplexen mathematischen Berechnungen beruhen. Sie sollen die bessere Schätzbarkeit flächenproportionaler Wertmaßstäbe mit der größeren darstellbaren Wertespanne der volumenproportionalen Wertmaßstäbe verbinden.

Die Wahl eines geeigneten Wertmaßstabs ist ein Optimierungsproblem. Es sind verschiedene Aspekte zu berücksichtigen. So ist nicht nur festzulegen, welche Anforderungen an die Schätzbarkeit der Werte gestellt werden, sondern auch wie groß die darstellbare Wertespanne ist, wie viel Platz in der Karte zur Verfügung steht und ob es eine Individualwertdarstellung oder eine Gruppendarstellung (Klassenbildung) sein soll. Alle Bedingungen können meist nicht gleichzeitig zur vollsten Zufriedenheit erfüllt werden. Empirische Untersuchungen haben gezeigt, dass längenproportionale Wertmaßstäbe am sichersten geschätzt werden. Flächenproportionale Wertmaßstäbe und vor allem volumenproportionale Wertmaßstäbe werden mit deutlich größerem Fehler geschätzt. Die darstellbare Wertespanne ist abhängig von der Art des Wertmaßstabs. Mit längenproportionalen Wertmaßstäben sind lediglich Wertespannen bis etwa 1:100 (Verhältnis Minimum:Maximum) darstellbar. Flächenproportionale Wertmaßstäbe erlauben eine Darstellung von Wertespannen bis 1:1 000. Ab diesem Minimum-Maximum-Verhältnis ist eine streng flächenproportionale Darstellung nicht mehr möglich. Der zur Verfügung stehende Platz in der Karte ist ein wichtiger Einflussfaktor bei der Wahl eines geeigneten Wertmaßstabs. Längenproportionale Figuren wachsen mit steigenden Werten deutlich stärker als flächen- oder volumenproportionale Figuren. Der Grad der quantitativen Generalisierung (Klassenbildung) bestimmt die Anzahl der

dargestellten Wertklassen (hoher Grad an Generalisierung = wenige Klassen). Auch eine Darstellung individueller Werte (keine Klassen => gleitender Wertmaßstab) ist möglich.

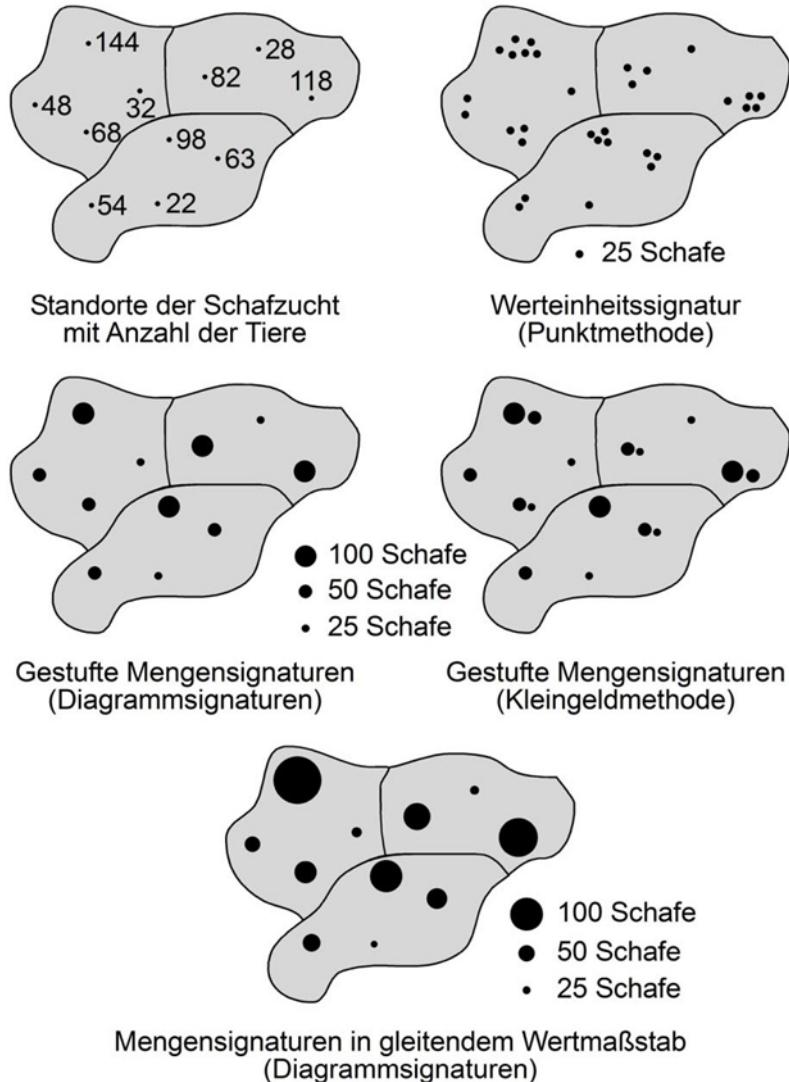


Abb. 11: Arten von Wertmaßstäben

Die Festlegung eines Wertmaßstabs beginnt mit der Definition der Basiswerte, z. B. 1 cm entspricht 50 Schafen (bei einem längenproportionalen Wertmaßstab), 1 mm² entspricht 200 t CO₂ (bei einem flächenproportionalen Wertmaßstab) oder 1 mm³ entspricht 200 t Kartoffeln (bei einem volumenproportionalen Wertmaßstab). Auf Grundlage dieser Basiswerte können alle anderen Werte in eine entsprechende Größe umgerechnet werden. In den nachfolgenden Abbildungen werden die genannten Festlegungen der Basisgrößen graphisch umgesetzt. Die Abbildungen sind verkleinert.

Für längenproportionale Wertmaßstäbe berechnet sich die Größe der Kartenzeichen wie folgt:

$$l_i = k \cdot N_i$$

wobei gilt:

$$k = l_0/N_0$$

l_i : Länge entsprechend des Datenwertes

l_0 : Basislänge

N_i : darzustellender Datenwert

N_0 : Basiswert

Abbildung 12 zeigt die Anwendung eines längenproportionalen Wertmaßstabs.

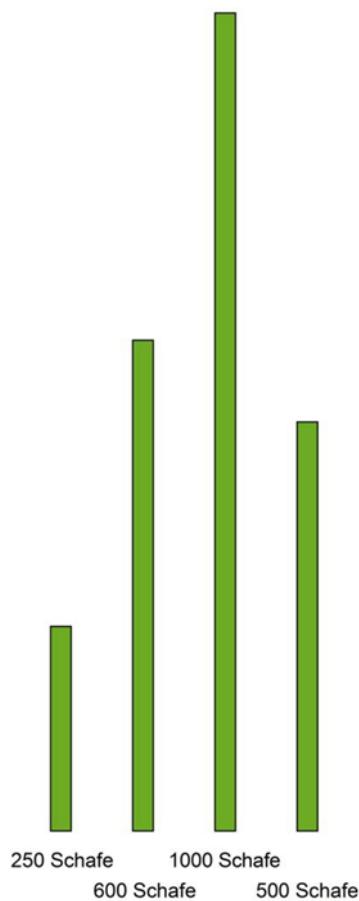


Abb. 12: Längenproportionaler Wertmaßstab

Flächenproportionale Wertmaßstäbe können auf verschiedene geometrische Formen angewendet werden. Die Verwendung von bildhaften Kartenzeichen empfiehlt sich für Mengensignaturen nicht. Eine einfache (und damit sehr gut geeignete) geometrische Form ist das Quadrat (siehe Abbildung 28). Soll ein flächenproportionaler Wertmaßstab darauf angewendet werden, ist folgende Formel zu nutzen:

$$a_i = \sqrt{F_0 \cdot \frac{N_i}{N_0}}$$

mit:

a_i : Seitenlänge des Quadrats F_0 : Basisfläche

N_i : darzustellender Datenwert N_0 : Basiswert

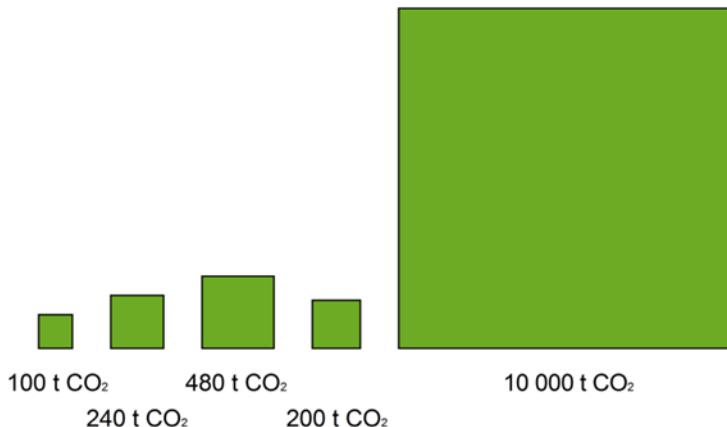


Abb. 13: Flächenproportionaler Wertmaßstab

Ebenso wie flächenproportionale können auch volumenproportionale Wertmaßstäbe auf verschiedene geometrische Formen angewendet werden, wobei die Form nicht zu komplex und möglichst symmetrisch sein sollte. Die Symmetrie der geometrischen Form ist für volumenproportionale Wertmaßstäbe besonders wichtig, da die Darstellung einer dreidimensionalen Figur in einer Karte nur zweidimensional erfolgen kann. Das bedeutet wiederum, dass die Figur nicht vollständig abgebildet werden kann. Erst im Kopf wird sie vervollständigt und so eine Schätzung des dargestellten Wertes möglich. Als Beispiel soll hierfür der Würfel dienen (siehe Abbildung 14):

$$a_i = \sqrt[3]{V_o \cdot \frac{N_i}{N_0}}$$

mit:

a_i :	Seitenlänge des Würfels	F_0 :	Basisvolumen
N_i :	darzustellender Datenwert	N_0 :	Basiswert

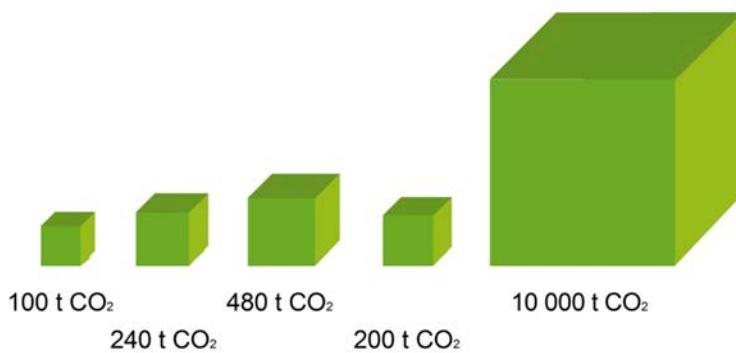
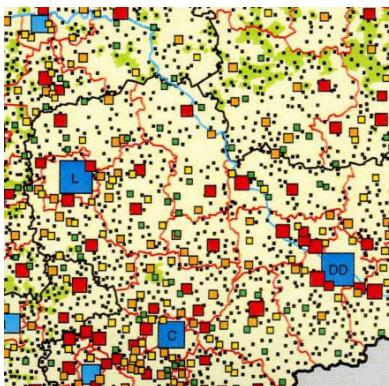


Abb. 14: Volumenproportionaler Wertmaßstab

Die Wahl eines geeigneten Wertmaßstabs orientiert sich in jedem Fall an den darzustellenden Daten. Verschiedene Wertmaßstäbe führen zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen. Abbildung 15 zeigt Ausschnitte aus einer Karte der Bevölkerungsverteilung von Deutschland. Während für die linke Karte ein nicht flächenproportionaler Wertmaßstab (nach JENSCH, vgl. Lexikon der Kartographie und Geomatik, 2002) verwendet wird, nutzt die rechte Karte einen flächenproportionalen Wertmaßstab. Der Wertmaßstab nach JENSCH arbeitet mit Logarithmen. Die Basisgröße ist in beiden Karten identisch.

Wertmaßstab nach JENSCH



flächenproportionaler Wertmaßstab

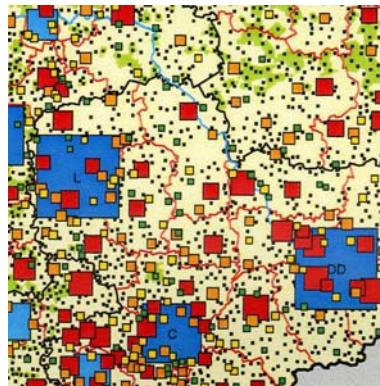
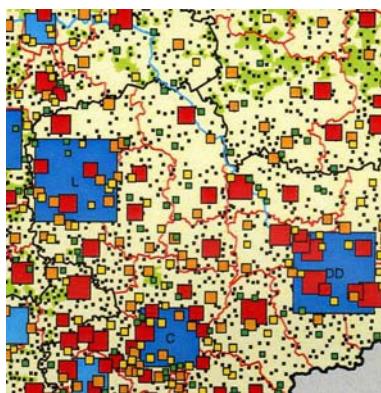


Abb. 15: Auswirkung unterschiedlicher Wertmaßstäbe (HEY 2006, Karten 2 und 7)

Neben dem Wertmaßstab hat auch die gewählte Basisgröße große Auswirkungen auf das Kartenbild. Abbildung 16 stellt zwei Basisgrößen bei einem flächenproportionalen Wertmaßstab gegenüber. Basisgröße 1 ist größer als Basisgröße 2.

Basisgröße 1



Basisgröße 2

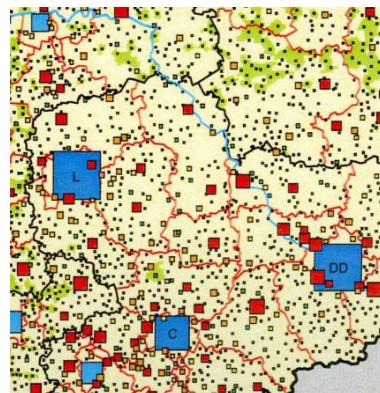


Abb. 16: Auswirkung unterschiedlicher Basisgrößen (HEY 2006, Karten 7 und 8)

Wertmaßstäbe können auch linienbezogen angewendet werden. Die daraus entstehenden Figuren werden als Banddiagramme bezeichnet. Banddiagramme arbeiten mit einer Variation der Strichbreite (siehe Abbildung 17, links). Das Problem bei Banddiagrammen besteht darin, dass die Bandfläche eher als Quantitätsaussage wahrgenommen wird als die Bandbreite allein (siehe Abbildung 17, rechts). Größere Bandbreiten werden unterschätzt.

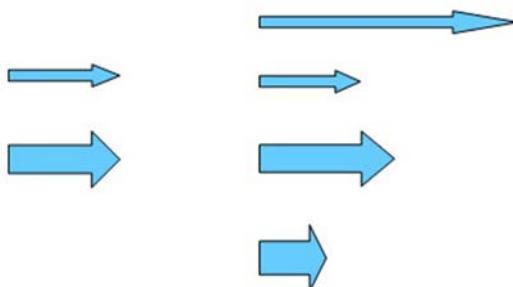


Abb. 17: Banddiagramme

Auch die Fläche kann als Träger quantitativer Information dienen. Entsprechend eines geeigneten Wertmaßstabs werden die Grundrisse der Flächen in Abhängigkeit der darzustellenden Werte verzerrt. Der Mengenwert wird an den Grundriss gebunden (siehe Abbildung 18). Eine daraus resultierende Karte wird als **Anamorphote** bezeichnet.

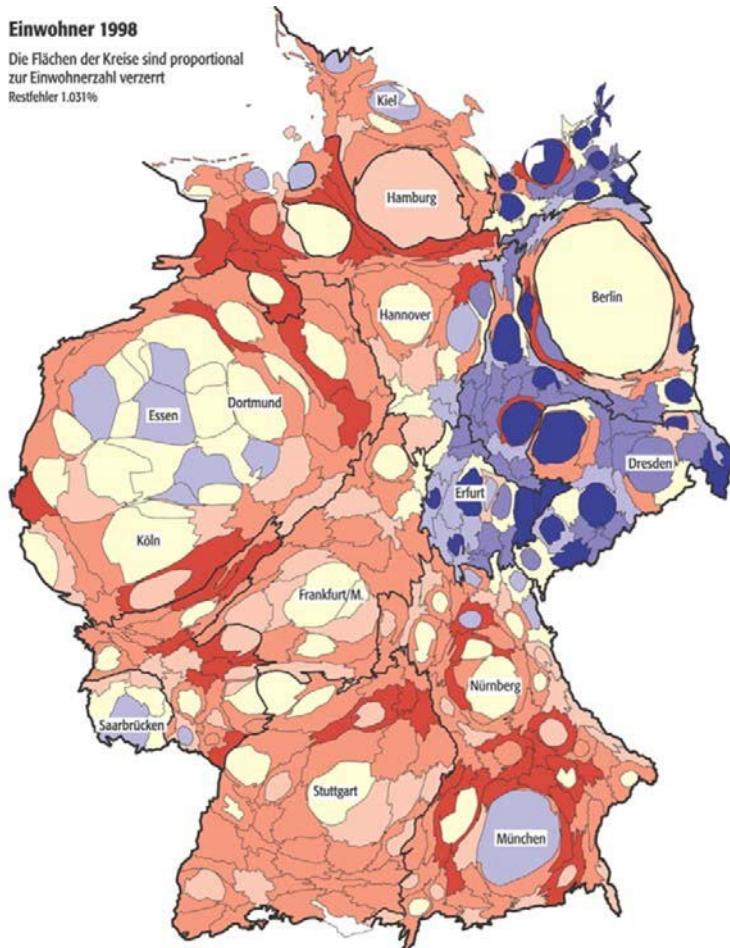


Abb. 18: Kartenanamorphote (Lexikon der Kartographie und Geomatik, 2001)

Relief- und Geländedarstellung

Die Darstellung der dritten Dimension in einer zweidimensionalen Darstellung (Karte) ist schwierig. In früheren Zeiten wurden künstlerische Mittel angewandt um das Relief und Geländeformen darzustellen. Eines dieser Mittel waren im 15. bis 17. Jh. die sogenannten „Maulwurfshügel“, die allgemein auf ein Gebirge hindeuteten, jedoch keine speziellen Erhebungen repräsentierten. Diese Form der Reliefdarstellung ist zwar anschaulich, erlaubt jedoch keine regelbasierte Herstellung. Dafür wurden im 18. und 19. Jh. Schraffen entwickelt. Schraffen sind Striche, deren Länge, Richtung, Dichte und Breite Auskunft über das dargestellte Gelände liefern. Abbildung 19 zeigt Beispiele für diese frühen Techniken der Reliefdarstellung.

Heutige Karten verwenden neben anschaulichen Techniken (z. B. Schummerung = Schattierung) auch abstrakte Mittel um das Relief darzustellen. Dazu gehören Höhenlinien, Höhenschichtfärbung und Punkte mit Höhenangaben, wie z. B. Trigonometrische Punkte. Höhenlinien werden durch Interpolation zwischen signifikanten Einzelpunkten (Koten) gewonnen. Außerdem dienen Kanten und



Geripplinien, die mit photogrammetrischen Verfahren erfasst wurden als Grundlage für die Bestimmung von Höhenlinien. Abbildung 20 zeigt eine Reliefdarstellung mittels Höhenlinien.



Böschungsschraffen



Schattenschraffen mit Felszeichnung

Abb. 19: Reliefdarstellung ca. 15. bis 19. Jh. (Lexikon der Kartographie und Geomatik, 2002)



Abb. 20: Reliefdarstellung mittels Höhenlinien (Lexikon der Kartographie und Geomatik, 2002)

Definition:

Höhenlinien sind Verbindungslien zwischen Geländepunkten gleicher Höhe bezogen auf eine definierte Ausgangsfläche in Orthogonalprojektion auf die Kartenebene. Man bezeichnet Höhenlinien auch als Isohypsen. Tiefenlinien werden analog auch als Isobathen bezeichnet.

Höhenlinien werden in ihrer Farbe häufig an das Gelände angepasst. So sind Höhenlinien in felsigem Gebiet schwarz, Höhenlinien auf Gletschern blau und Höhenlinien in anderen Gebieten braun (siehe Abbildung 21).

Für den geübten Kartenleser liefert das Höhenlinienbild zahlreiche Informationen über die Geländeformen. Einen Überblick, wie sich verschiedene Hangformen im Höhenlinienbild zeigen, gibt Abbildung 22.

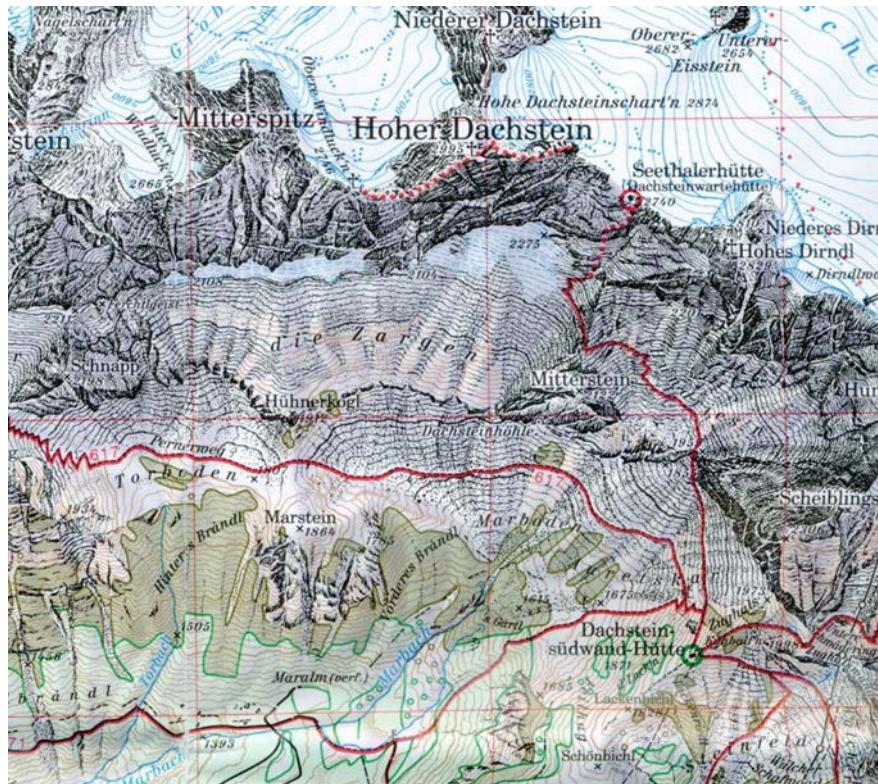
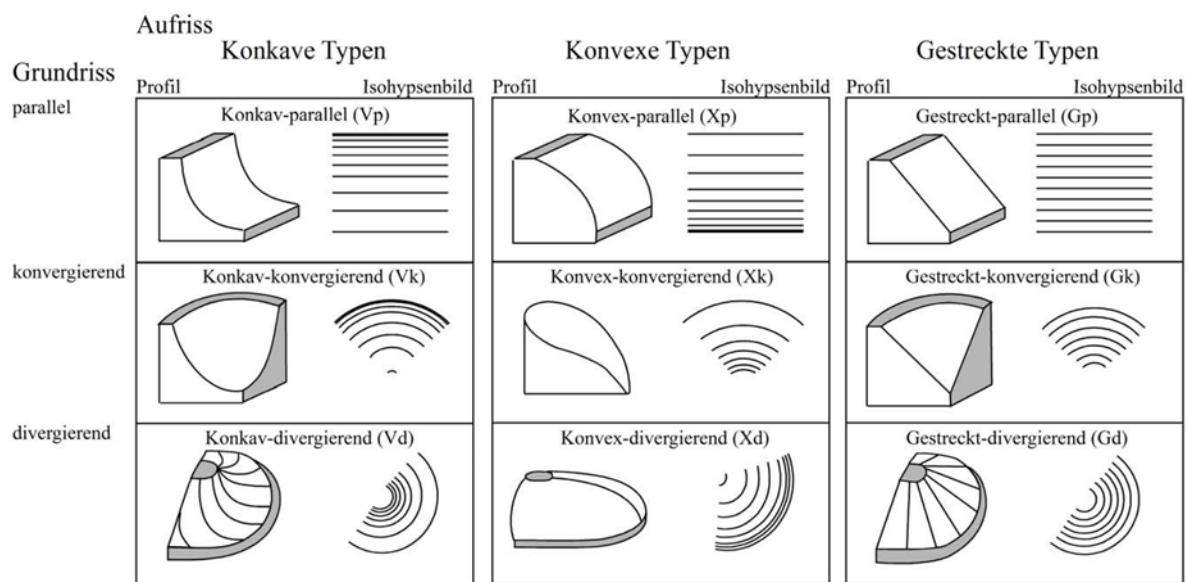


Abb. 21: Mehrfarbige Höhenliniendarstellung (Ausschnitt aus: Alpenvereinskarte 14
Dachsteingebirge, 1:25 000, 2000)



Wölbungstypen im Aufriss und Grundriss, Darstellung der Hangformen, aus: BAIK 1992

Abb. 22: Hangtypen im Höhenlinienbild

Die Beschriftung der Höhenlinien steht stets mit dem Fuß zum Tal und unterstützt damit die Relieferkennung. Man kann es sich so vorstellen, dass man, wenn man im Tal steht und die Berge/Hügel hinaufblickt, die Höhen der Höhenlinien lesen kann. Für die Darstellung von Positiv- und Negativformen mittels Höhenlinien sind Standards festgelegt worden, die eine eindeutige Identifizierung ermöglichen. Eine solche kleine Erhebung oder Mulde würde durch eine in sich

geschlossene Höhenlinie dargestellt. Um zu zeigen, dass es sich um eine Erhebung handelt, werden zwei kurze Striche nach außen an gegenüberliegende Seiten der Höhenlinie gezeichnet. Handelt es sich hingegen um eine Mulde, werden die Striche nach innen gezeichnet (siehe Abbildung 23).



Abb. 23: Kennzeichnung von Reliefformen im Höhenlinienbild: Kuppe (links) und Mulde (rechts)

Ein wichtiger Parameter der Höhenliniendarstellung ist die Äquidistanz.

Definition:

Die Äquidistanz gibt den konstanten vertikalen Abstand benachbarter Höhenlinien (= Höhenunterschied) an. Je kleiner die Äquidistanz desto lückenloser wird das Gelände beschrieben.

Ist die Äquidistanz gering, liegen die Höhenlinien in bergigem Gelände dicht beieinander und sind schwer lesbar. Für flaches Gelände kann das Höhenlinienbild bei einer großen Äquidistanz jedoch sehr lückenhaft sein. Daher sollte sich die Wahl der Äquidistanz am darzustellenden Gelände orientieren. Dabei gilt: runde Formen, wie Mulden und Bergkuppen, sind wichtiger als eckige Formen, wie z. B. Felsnadeln. IMHOE entwickelte eine Formel zur Berechnung der „idealen“ Äquidistanz. Diese bezieht die Neigung des Geländes mit ein.

$$\tilde{A} = n \cdot \ln n \cdot \tan \alpha \text{ mit: } n = \sqrt{\frac{M}{100} + 1}$$

α : maximaler Neigungswinkel in °

M : Maßstabszahl

Sollte das Gelände sowohl Steilräume (größere Äquidistanz) als auch Flachräume (geringe Äquidistanz) enthalten, kann mit Zwischenhöhenlinien bzw. Hilfshöhenlinien gearbeitet werden, die im Flachraum zwischen den weit auseinanderliegenden Höhenlinien Informationen zum Geländeverlauf geben (siehe Abbildung 24). Diese besonderen Höhenlinien werden nur teilweise gezeichnet, d. h. sie beginnen und enden im Kartenbild. Reguläre Höhenlinien führen hingegen immer von Kartenrand zu Kartenrand oder bilden in sich geschlossene Kurven. Höhenlinien kreuzen sich nie. Ausnahmen bilden senkrechte Felswände und Überhänge. Diese können mit Höhenlinien nicht sinnvoll dargestellt werden.

Für die Darstellung von Geländeformen, in denen vertikale Felswände dominieren müssen alternative Methoden entwickelt werden. Abbildung 25 zeigt eine solche Lösung für die Sächsische Schweiz (BÖHM, Rolf: Die Gansfelsen, Detailkarte für wissenschaftliche Zwecke). Darin wird die Lage einer Felswand durch eine Linie markiert. Die Stärke dieser Linie gibt an, wie hoch die Felswand ist.

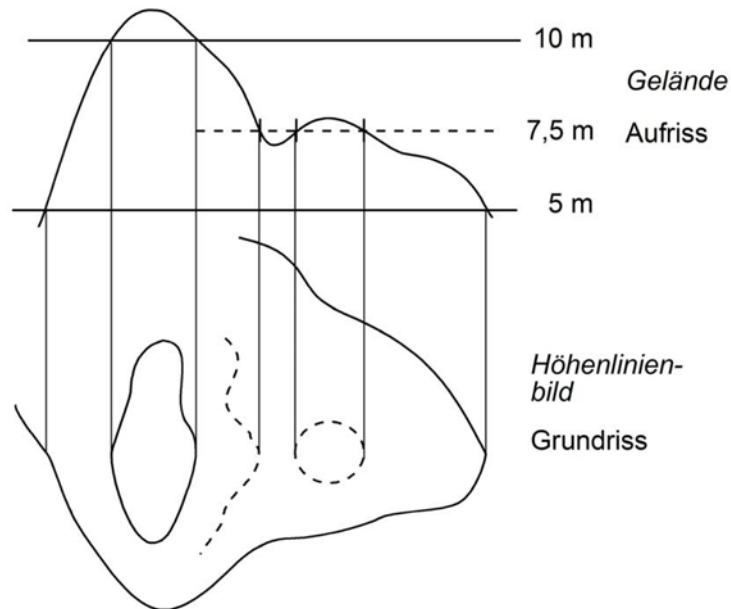


Abb. 24: Hilfshöhenlinien

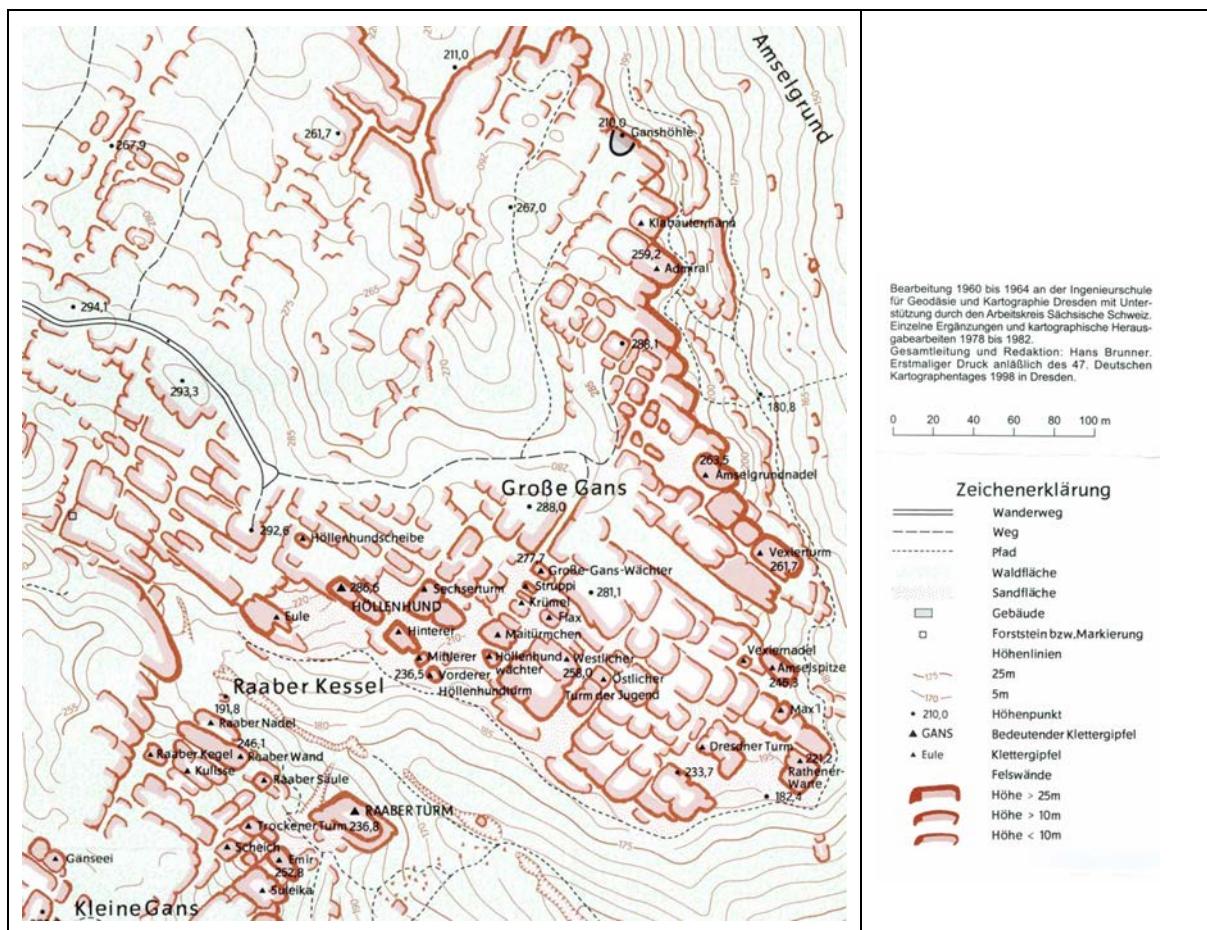


Abb. 25: Spezielle Reliefdarstellung für senkrechte Felswände (BÖHM, Rolf: Die Gansfelsen, Detailkarte für wissenschaftliche Zwecke, 1998)

Fehler der Höhenlinien in der Karte führen zu Fehlinterpretationen des Geländes. So führt ein Lagefehler in der Karte zu Fehlern bei der Höhenbestimmung von Geländepunkten. Analog dazu führen Höhenfehler in der Karte zu Fehlern bei der Lagebestimmung von Geländepunkten mit bekannter Höhe. Grobe Fehler im Höhenlinienbild können als Spalten oder Trichter im Relief gedeutet werden.

Eine weitere Form der abstrakten Geländedarstellung ist die Höhenschichtfärbung.

Definition:

Die Methode der Höhenschichtfärbung stellt das Gelände dar, indem der Zwischenraum zweier bestimmter Höhenlinien, die nicht notwendigerweise direkt benachbart sind, entsprechend einer Farbskala eingefärbt wird. Man spricht deshalb auch von einer Farbhöhencodierung oder einer hypsometrischen Höhenschichtfärbung.

Es gibt verschiedene Ansätze für die Gestaltung hypsometrischer Farbstufenfolgen. Die bekanntesten sind:

- E. VON SYDOW (1847): je höher, desto heller
- F. HAUSLAB (1864): je höher, desto dunkler
- K. PEUCKER (1898): Spektraladaptive Farbskala (unten: grau, oben: rot, dazwischen: Grün-, Gelb- und Orangetöne)

Ein Beispiel für eine Höhenschichtfärbung zeigt Abbildung 26. Hier werden die Täler in Grüntönen dargestellt. Es folgen Beigetöne für die höher gelegenen Gebiete und schließlich Grau bzw. Weiß für die Berggipfel.

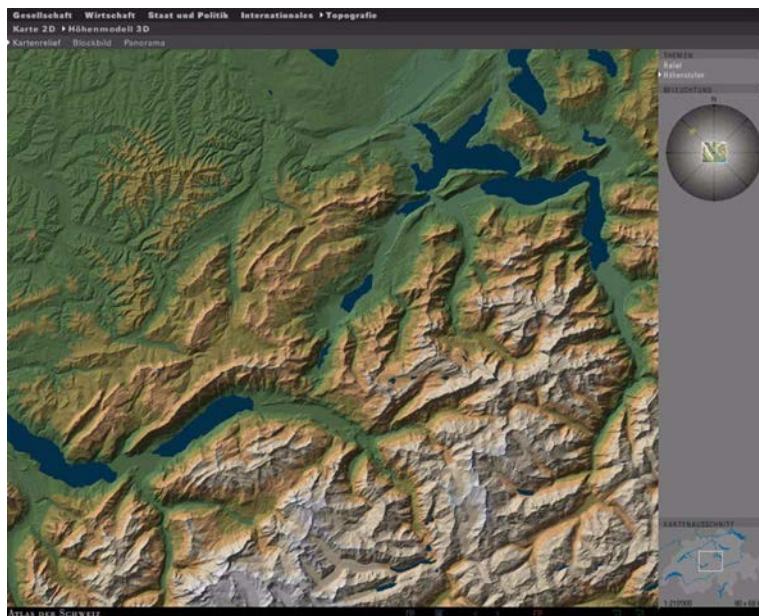
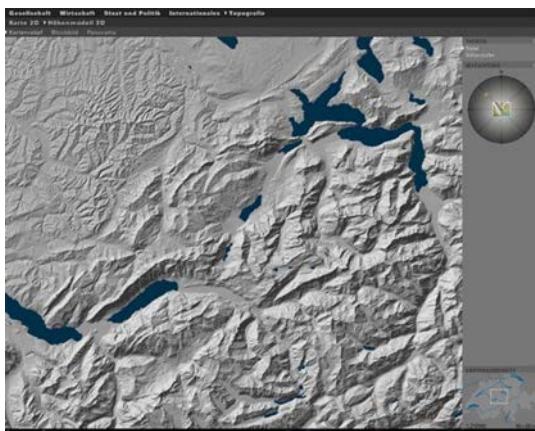


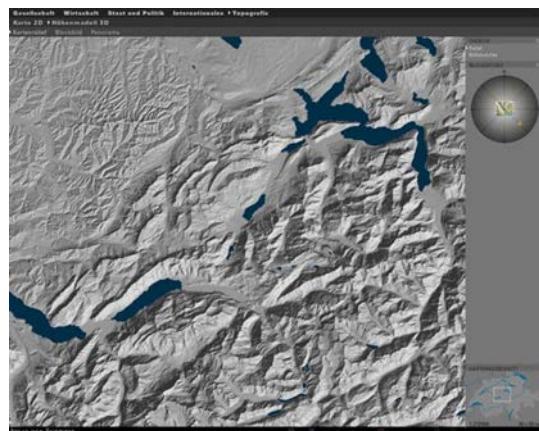
Abb. 26: Höhenschichtfärbung (Atlas der Schweiz, 2000)

Eine der Erfahrung angepasste Methode der Reliefsdarstellung ist die Schummerung. Dabei wird ausgehend von einem angenommenen Lichteinfall eine Schattierung des Geländes vorgenommen und so ein plastischer Eindruck erzeugt. Als Beleuchtungsrichtung wird dabei meist Nordwesten (siehe Abbildung 27 links) genutzt, auch wenn die Sonne selten dort steht. Ändert man die Beleuchtungsrichtung jedoch auf Südost tritt ein Effekt auf, der als „Reliefumkehr“ bezeichnet wird (siehe Abbildung 27 rechts). Dabei erscheinen Täler plötzlich als Berge und Berge scheinen sich in die Tiefe zu erstrecken. Dieser Effekt kann durch gezieltes „mentales“ Gegensteuern ausgeglichen werden,

was jedoch ein gewisses Maß an Konzentration erfordert. Da eine Karte möglichst spontan erkannt werden soll, ist von einer Süd- oder Südostbeleuchtung abzuraten. Eine mögliche Erklärung für das Phänomen der Reliefumkehr ist, dass sich bei einem schreibenden Rechtshänder die künstliche Lichtquelle (Kerze, Lampe) links oberhalb des Blattes befindet. Im Laufe der Zeit hat sich dieser Eindruck wohl so verfestigt, dass er Eingang in die Kartographie fand. Aus Satellitenbildern, die (auf der Nordhalbkugel) meist nicht aus Nordwesten beleuchtet sind, werden daher oft zunächst die Schatten entfernt und anschließend mit simulierter Nordwestbeleuchtung wieder eingefügt.



Beleuchtungsrichtung Nordwesten



Beleuchtungsrichtung Südosten

Abb. 27: Schummerung (Atlas der Schweiz, 2000)

Je nachdem welche Geländeeigenschaft durch einen dunkleren Ton dargestellt wird, unterscheidet man verschiedene Formen der Schummerung (siehe Abbildung 28). Bei der Böschungsschummerung bestimmt die Neigung den Grad der Flächentönung. Je steiler das Gelände ist, desto dunkler ist die Tönung. Bei der Schräglightschummerung wird eine Beleuchtungsrichtung von Nordwesten und ein Einfallwinkel von 45° bis 20° angenommen. Je flacher das Gelände ist, desto geringer muss der Einfallwinkel sein, um einen Schattenwurfeffekt zu erzeugen. Ebenen werden bei dieser Methode entweder in einem hellen Ton (der sogenannte „Ebenenton“) dargestellt oder weiß gelassen. Lichthänge, also Hänge, die der Beleuchtung zugewandt sind, werden weiß dargestellt. Am häufigsten wird eine Mischung aus Böschungs- und Schräglightschummerung angewendet – die sogenannte Kombinationsschummerung. Dabei werden die Ebenen weiß belassen und die Lichthänge werden je nach Steilheit mit einem zarten Farbton aus der Böschungsschummerung versehen.

Erstreckt sich ein Höhenzug von Nordwest nach Südost kann er mit der Beleuchtungsrichtung aus Nordwest nicht gut dargestellt werden. Um auch hier die Effekte von Licht- und Schattenhang zu erzeugen wird lokal die Beleuchtungsrichtung verändert (z. B. auf West).

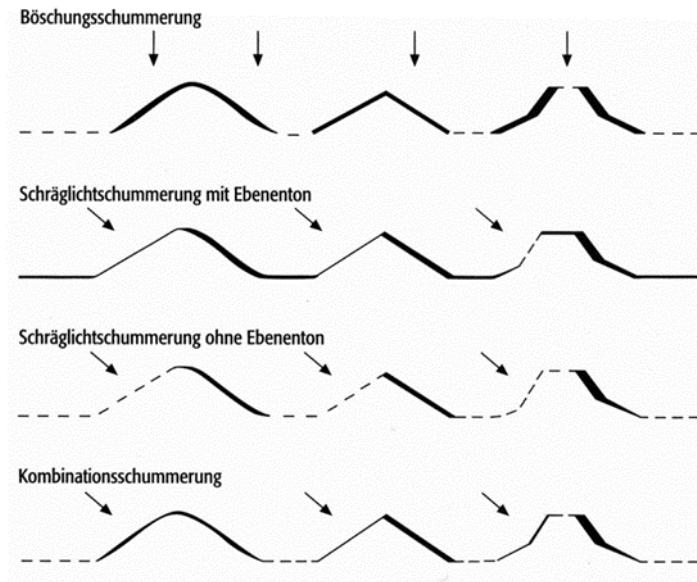


Abb. 28: Formen der Schummerung

Kartenschrift

Kartenschriften sollten auch bei geringer Größe gut lesbar sein. Daher sollten seriflose Fonts, wie Arial oder Verdana, verwendet werden. Die Schrift sollte nie kleiner als 6 pt sein. Um eine eindeutige Zuordnung zwischen Beschriftung und Kartenobjekt herstellen zu können, sollte die Beschriftung so dicht wie möglich an das Kartenobjekt herangerückt werden. Dabei hat sich aus der Erfahrung eine Rangfolge der Schriftpositionen relativ zum Kartenobjekt herausgebildet (siehe Abbildung 29).

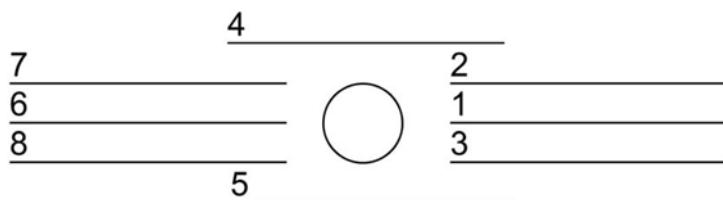


Abb. 29: Rangfolge bevorzugter Schriftpositionen

Die gesamte Kartenschrift sollte vom südlichen Kartenrand aus leserichtig sein (siehe Abbildung 30). Der Abstand zwischen Objekt und Beschriftung sollte ausgewogen sein, d. h. für eine kleine Schrift ein kleiner Abstand; für eine große Schrift ein großer Abstand. Überlappungen der Beschriftung sind unbedingt zu vermeiden. Namen sollten niemals getrennt werden, es sei denn es besteht akuter Platzmangel. Silben sollten auf keinen Fall getrennt werden.

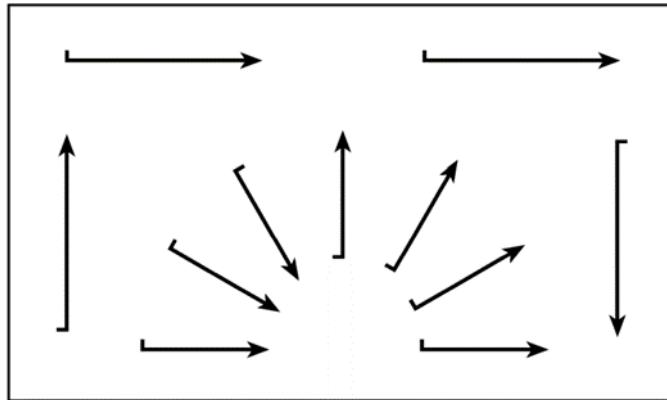


Abb. 30: Leserichtung der Kartenschrift

Für die Ausrichtung der Beschriftung gilt: möglichst parallel zum oberen bzw. unteren Kartenrahmen. Wenn ein geographisches Koordinatennetz verwendet wird, sollte die Beschriftung parallel zum nächstgelegenen Breitenkreis verlaufen. Für Ortsnamen an großen Gewässerflächen gilt: Liegt die Siedlung direkt am Wasser kann der Ortsname in der Wasserfläche platziert werden. Liegt die Siedlung jedoch im Achterland muss der Ortsname auf der Landfläche platziert werden.

Bei der Beschriftung linearer Objekte sollte der Name parallel zum Objekt verlaufen und möglichst waagerecht sein (siehe Abbildung 31 links). Die Beschriftung von flächenhaften Objekten, die eine deutlich dominierende Ausbreitungsrichtung aufweisen, muss der Hauptachse angepasst werden (siehe Abbildung 31 rechts). Der Name kann gesperrt werden, muss aber noch zusammenhängend lesbar sein.

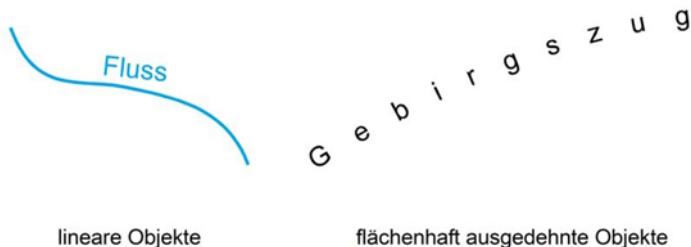


Abb. 31: Schriftplatzierung

Die Namensschreibung für Gebiete außerhalb des eigenen Sprachbereiches erfordert besondere Methoden. Werden in diesen Gebieten lateinische Buchstaben verwendet, so kann durch die Anwendung sogenannter diakritischer Zeichen (Akzente) eine problemlose Übertragung stattfinden. Für die Übertragung nichtlateinischer Schriften stehen zwei Möglichkeiten zur Verfügung: Transliteration und Transkription.

Definition:

Als Transliteration beschreibt man die buchstabengetreue Übertragung aus der Orthographie der Ausgangssprache in die der Zielsprache. Dabei wird die Aussprache nicht berücksichtigt.

Der Vorteil der Transliteration besteht darin, dass zum einen bereits Transliterationsalphabete der ISO vorhanden sind, und zum anderen eine Rückübertragung möglich ist, da jeder Buchstabe eindeutig festgelegt ist. Nachteile sind die Notwendigkeit zusätzlicher diakritischer Zeichen und die teilweise ungewöhnlichen Buchstabenkombinationen. Das Transliterationsverfahren ist nicht für Laut- und Bilderschriften (z. B. Japanisch) geeignet.

Definition:

Bei der Transkription werden die Namen ausgehend von der Aussprache in der Originalsprache in die Orthographie der Zielsprache übertragen. Dabei werden keine diakritischen Zeichen eingesetzt (z. B. => tsch).

Vorteile der Transkription sind die leichte Lesbarkeit und dass die Aussprache in etwa abgelesen werden kann. Nachteilig ist, dass eine eindeutige Rückübertragung nicht möglich ist und transkribierte Namen mehr Platz benötigen als die ursprünglichen.

Legendengestaltung

Definition:

Die Legende bzw. Zeichenerklärung ist die zusammenfassende Erläuterung aller in der Karte verwendeten graphischen Elemente. Sie ist der Schlüssel zum Verstehen (Dekodieren) des Karteninhalts.

(nach E. GAEBLER)

Grundanforderungen, die an eine Legende gestellt werden sind:

- Vollständigkeit (alle Kartenzeichen erläutern!)
- Richtigkeit (gleiche Größe der Kartenzeichen wie in der Karte!)
- Klarheit und Verständlichkeit (logischer Aufbau, Gliederung in Sachgruppen)

Für die Gestaltung der Legende gelten einige Regeln. So sollen punktartige Kartenzeichen axial angeordnet werden. In Zusammenhang mit der Verwendung von Wertmaßstäben ist die Einhaltung des Gebots der Richtigkeit hier besonders wichtig. Die Erläuterung von Diagrammfiguren erfolgt am besten an einem Beispieldiagramm. Bei linienhaften Kartenzeichen sollte darauf geachtet werden, dass alle Linienelemente, die zur Erläuterung in der Legende genutzt werden, gleich lang sind. Eine unterschiedliche Länge impliziert Bedeutungsunterschiede bzw. Unterschiede in der Wichtigkeit, die meist nicht vorhanden sind. Strukturierte Linien, also z. B. strichpunktartige Linien oder gestrichelte Linien, müssen immer anhand der Darstellung von mindestens drei Gliedern erläutert werden. Für Pfeile gelten ebenfalls einige besondere Bedingungen. Sie sollten möglichst horizontal angeordnet sein und in Richtung des größten Raumes (meist das Kartenfeld) zeigen. Stellen die Pfeile jedoch gegensätzliche Aussagen dar, so sollen sie auch in der Legende gegensätzlich angeordnet werden. Bei flächenbezogenen Kartenzeichen werden häufig Legendenkästchen zur Erläuterung genutzt. Diese sollten rechteckig sein und eine Konturlinie besitzen. Auf keinen Fall sollten Schatteneffekte eingesetzt werden, um die Kästchen plastisch hervorzuheben. Fortlaufende Kästchenreihen sollten nur bei der Erläuterung quantitativer Kontinua, wie z. B. Niederschlägen, verwendet werden. Bei qualitativen Daten sind die Kästchen stets getrennt zu platzieren. Weisen die erläuterten Areale in der Karte gerundete Formen auf (z. B. Braunkohletagebau), so können sie in der Legende auch ohne Legendenkästchen als individuell geformte Fläche erläutert werden.

Besitzen Schriftgröße, -farbe, -neigung oder Schriftart eine Bedeutung, so muss diese in der Legende erläutert werden. Namen, die der gleichen Thematik zugeordnet werden, sollten in Gruppen zusammengefasst werden. Zu erläuternde Namen sollten in etwa gleich lang sein und linksbündig angeordnet werden. Besitzen die Namen eine Rangordnung (z. B. Hauptstadt, Kreisstadt, Gemeinde) so sollten sie der Wertigkeit nach geordnet von oben nach unten angeordnet werden.

Insgesamt lässt sich zum Aufbau der Legende sagen, dass sich die Ordnung primär nach dem Inhalt richtet. Es werden zuerst punktartige, dann linienhafte und flächenbezogene Kartenzeichen platziert.

Zwei sachlich zusammengehörige Zeichen, wie z. B. Burg und Burgruine, können nebeneinander angeordnet und erläutert werden. Es werden zwei Arten von Legende unterschieden. Je nach Ausdehnung der Legende spricht man von einer Kartenfeld- oder einer Kartenrandlegende (siehe Abbildung 32).

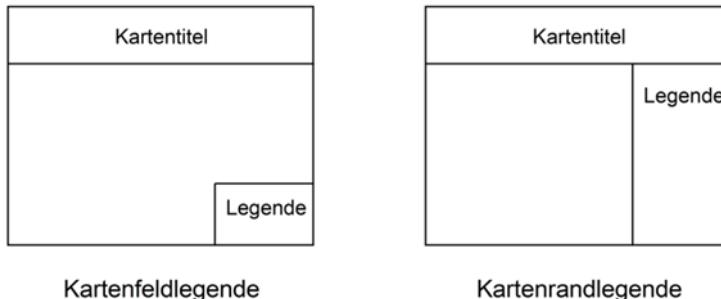


Abb. 32: Legendenformen

Kartenrandgestaltung

Das Layout einer Karte besteht aus dem Titel (Thema) und wenn erforderlich einem Untertitel, der Legende (Zeichenerklärung), dem Kartenmaßstab (numerisch, wenn möglich auch graphisch), dem Referenzsystem (Koordinaten), der Methode der Datenerhebung bzw. der verwendeten Basiskarte, dem Datum der Datenerhebung bzw. der kartographischen Bearbeitung, dem Autor und wenn erforderlich dem Herausgeber (bei Anlagekarten). Ein Nordpfeil ist nur notwendig, wenn die Karte nicht nach Norden zeigt bzw. die Nordrichtung nicht aus der Karte abgelesen werden kann (z. B. wenn kein Koordinatennetz gegeben ist). Es werden zwei Formen von Kartenlayouts unterschieden: Rahmenkarten und Inselkarten (siehe Abbildung 33).

Definition:

*Eine **Rahmenkarte** ist eine Karte, deren Kartenbild von den Linien eines Kartenrahmens begrenzt wird.*

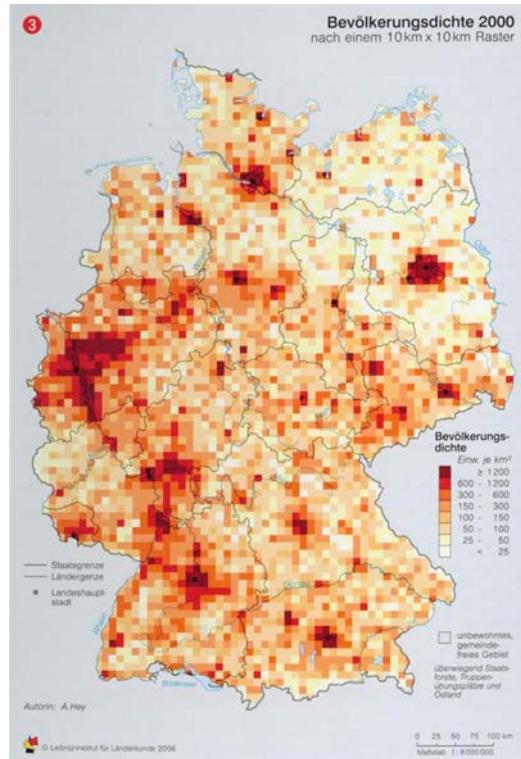
(Lexikon der Kartographie und Geomatik, 2002)

*Eine **Inselkarte** ist eine Karte, deren Kartenbild nicht bis zum Karten- rahmen reicht. Die Darstellung beschränkt sich auf ein unregelmäßig begrenztes Gebiet, das meist durch Gebiets- bzw. Ländergrenzen vorgegeben ist.*

(Lexikon der Kartographie und Geomatik, 2001)



Rahmenkarte (H. ZEUNER)



Inselkarte (A. HEY)

Abb. 33: Formen des Kartenlayouts

Für die Kartendarstellung der gesamten Welt kann zwischen zwei Formen des Kartenlayouts gewählt werden – der Planisphären- und der Planiglobendarstellung (siehe Abbildung 34). Die Planiglobendarstellung findet sich häufiger in älteren Karten. Sie beruht auf der Einteilung der Welt in zwei „Halbkugeln“.



Planisphärendarstellung
(www.boehmwanderkarten.de, 13.08.13)



Planiglobendarstellung (Johannes BLAEU, 1664)

Abb. 34: Formen des Kartenlayouts bei Weltkarten

Topographische Karten

Es werden zwei Hauptarten von Karten unterschieden – Topographische und Thematische Karten. Beide Kartenformen unterscheiden sich durch die dargestellten Inhalte und ihren Zweck. Die

Hauptfunktionen einer topographischen Karte sind die Orientierung und die Navigation. Im Kartenfeld wird die so genannte kartographische Situation dargestellt. Abbildung 35 zeigt die Elemente der kartographischen Situation anhand von Kartenausschnitten. Alle darüberhinausgehenden Informationen werden in thematischen Karten dargestellt.

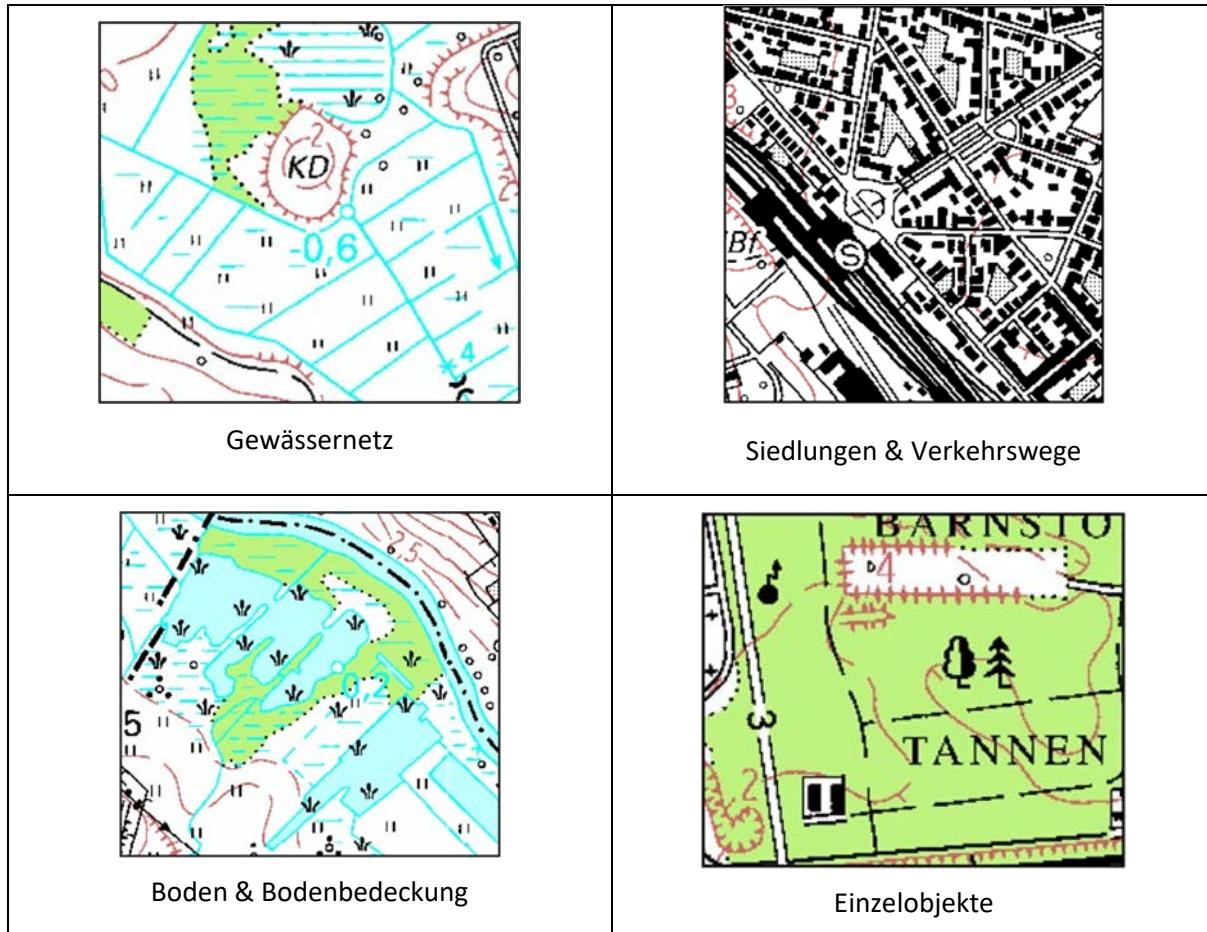


Abb. 35: Elemente der kartographischen Situation

Eine topographische Karte unterscheidet sich von einer thematischen Karte dadurch, dass die thematische Karte nicht den Raum an sich, sondern konkrete und abstrakte, raumbezogene Erscheinungen und Prozesse des natürlichen und auch des sozio-ökonomischen Bereiches darstellt. Die thematische Karte beruht stets auf einer topographischen Grundlage. Die Abbildungen 36 und 37 zeigen den Unterschied zwischen einer topographischen und einer thematischen Karte.



Abb. 36: Topographische Karte (Atlas der Schweiz, 2000)

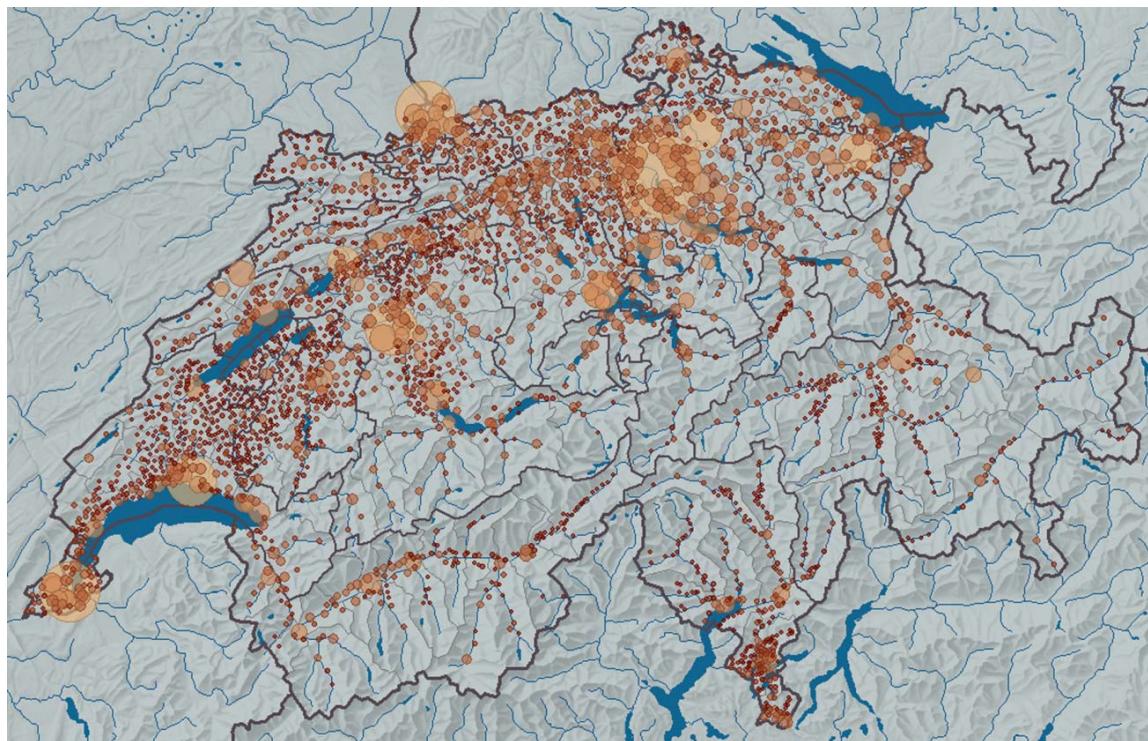


Abb. 37: Thematische Karte – Zahl der Erwerbstätigen (Atlas der Schweiz, 2000)



Die Herstellung und Aktualisierung Amtlicher Topographischer Karten liegt in den Händen nationaler Vermessungs- und Kartographiebehörden. In Deutschland sind die Zuständigkeiten zwischen dem Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG, www.bkg.bund.de) und den einzelnen Landesvermessungsämtern (in M-V z. B. das Amt für Geoinformation, Vermessungs- und Katasterwesen, www.laiv-mv.de) aufgeteilt. Typisch für amtliche topographische Karten sind Maßstabsreihen. In Deutschland werden amtliche topographische Karten in den Maßstäben 1:5000 (alte Bundesländer), 1:10 000 (neue Bundesländer), 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000 und 1:200 000 herausgegeben. Dabei werden die kleinen Maßstäbe durch Generalisierung aus den Topographischen Grundkarten (1:5000 bzw. 1:10 000) abgeleitet. Ein Teil der Maßstabsreihe und die Effekte der Generalisierung zeigt Abbildung 38.

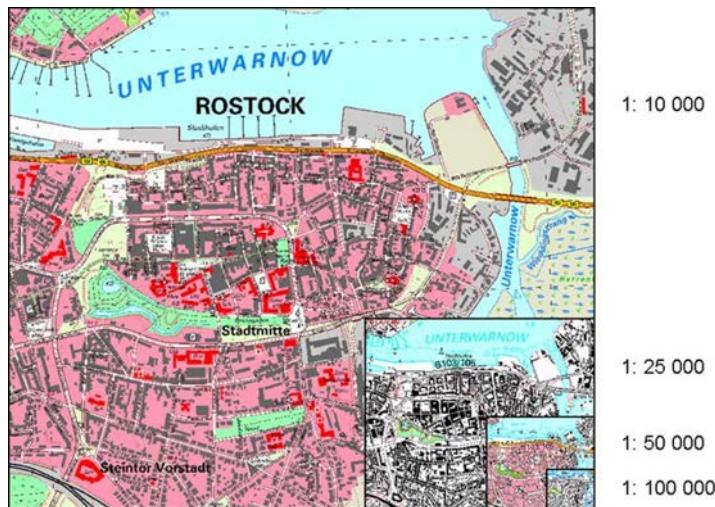
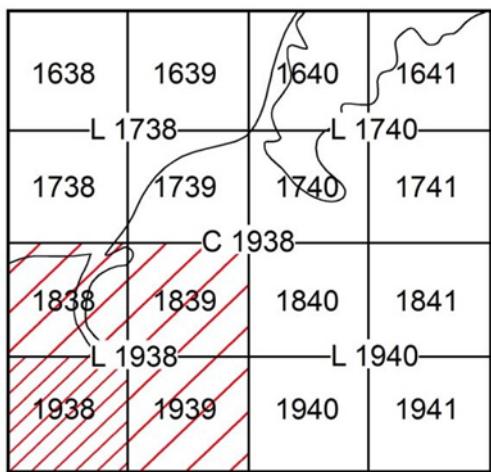


Abb. 38: Teil der Maßstabsreihe der amtlichen Topographischen Karten

Nomenklatur der Amtlichen Topographischen Karten in Deutschland

Die Blätter der Amtlichen Topographischen Karten bilden das gesamte Bundesgebiet flächendeckend ab. Die einzelnen Blätter der Maßstabserien fügen sich dabei nahtlos aneinander. Die analogen Karten werden mit einer Nomenklatur versehen, um einzelne Blätter schnell zu finden, bzw. benachbarte Kartenblätter sofort feststellen zu können. Die Nomenklatur der TK in Deutschland basiert auf der Benennung der Blätter im Maßstab 1:25 000. Die Karten dieser Kartenserie sind mit einer Blattnummer und dem Blattnamen eindeutig gekennzeichnet. Der Blattname ist der Name des größten dargestellten Ortes oder, falls nicht vorhanden, eines darauf enthaltenen bedeutenden topographischen Objekts. Die Blattnummer besteht aus einem vierstelligen Zahlencode, der sich in Zone (von Nord nach Süd) und Kolonne (von West nach Ost) gliedert. Die Nummerierung der Zonen beginnt im Norden mit dem Blatt **0916 Ust** (Insel Sylt) und endet im Süden mit dem Blatt **8727 Biberkopf**. Die Nummerierung der Kolonnen beginnt im Westen mit dem Blatt **4901 Selfkant** und endet im Osten mit den Blättern **4555** bis **5055** (z. B. **4855 Görlitz**).

Die Bezeichnung der Kartenblätter anderer Maßstabsreihen ist weitestgehend daraus abgeleitet. Vier Blätter einer großmaßstäbigeren Kartenserie bilden denselben Bereich wie ein Blatt des nächst kleineren Maßstabs ab (siehe Abbildung 39). Blätter kleinerer Maßstäbe (1:50 000 bis 1:100 000) übernehmen dabei die Blattnummer des Blattes, welches im Maßstab 1:25 000 das Gebiet der südwestlichen Ecke des Gesamtgebietes abbildet. Dieser Blattnummer wird je nach Maßstabsbereich ein Buchstabe vorangestellt (L = 1:50 000, C = 1:100 000).



C 1938
Rostock

TK 100
Topogr. Karte 1:100 000

L 1938
Rostock

TK 50
Topogr. Karte 1:50 000

1938
Rostock

TK 25
Topogr. Karte 1:25 000

Abb. 39: Nomenklatur der Maßstabsreihen der Amtlichen TK in Deutschland

Mit Ausnahme des Bundeslandes Mecklenburg-Vorpommern kann aus der Blattnummer der TK25 die Bezeichnung der Blätter der TK10 abgeleitet werden, die dasselbe Gebiet abbilden. Die vier Blätter der TK10 erhalten zusätzlich zur Blattnummer der übergeordneten TK25 einen der Blattnummer nachgestellten Buchstabenzusatz, der die Lage der Blätter bezogen auf die Himmelsrichtungen kennzeichnet. (NW = Nordwesten, NO = Nordosten, SO = Südosten, SW = Südwesten). In Mecklenburg-Vorpommern leitet sich die Bezeichnung der TK10 hingegen von der Internationalen Weltkarte 1:1 000 000 (IWK) ab. Der Blattschnitt der IWK orientiert sich an Meridianen und Breitenkreisen. Ein Blatt umfasst jeweils 6° Länge und 4° Breite (siehe Abbildung 40). Die Blätter der TK10 fügen sich daher in Mecklenburg-Vorpommern nicht in die Blattschnitte der TK25, deren Abgrenzung durch andere Meridiane und Breitenkreise bestimmt ist, ein. Die Bildung der Blattbezeichnung für die TK10 zeigt Abbildung 41.

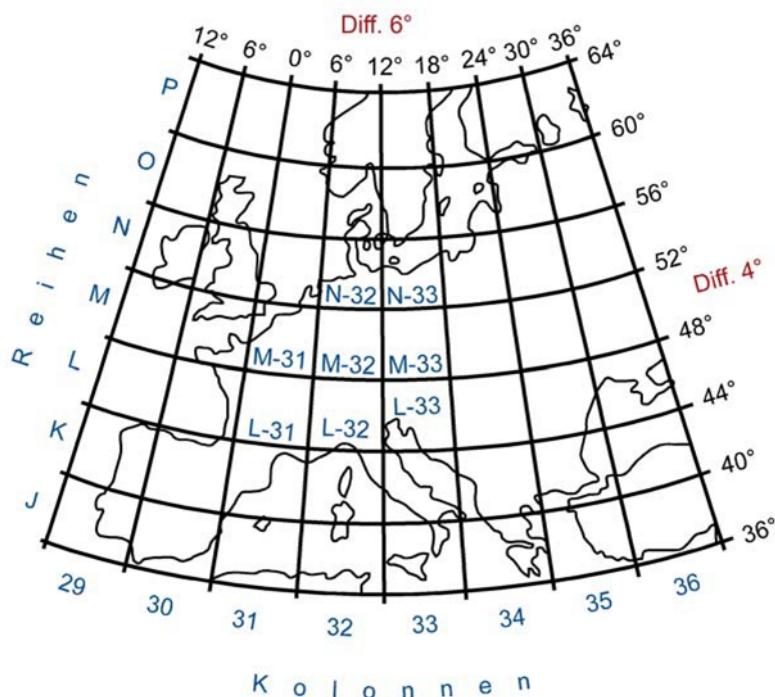


Abb. 40: Blattschnitt der Internationalen Weltkarte (IWK)

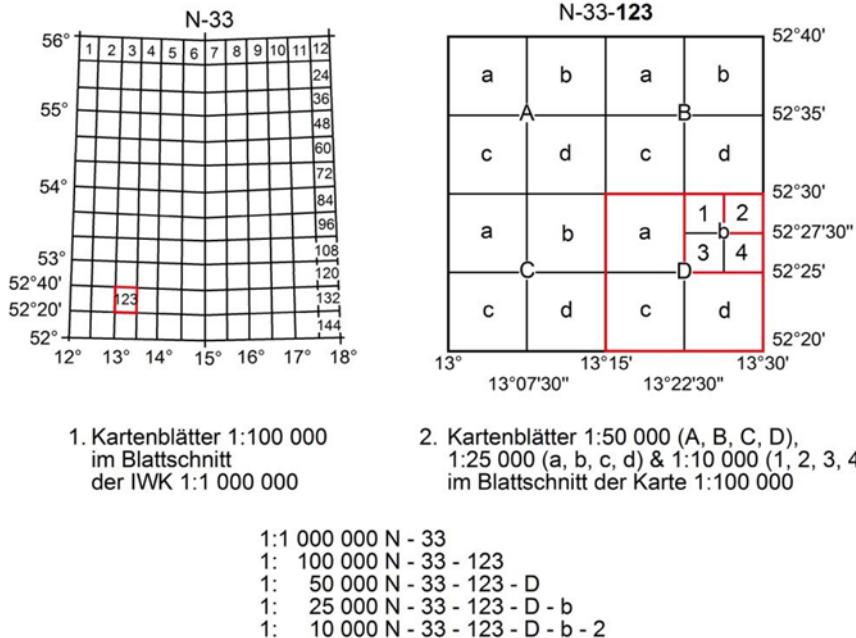


Abb. 41: Nomenklatur der Blätter der Internationalen Weltkarte (IWK)

Thematische Karten

Eine thematische Karte geht über die Darstellung der Topographie hinaus. Eine thematische Karte besteht aus der topographischen Grundlage, dem speziellen thematischen Inhalt und dem entsprechend gestalteten Kartenrahmen (siehe Abbildung 42).

Definition:

Eine thematische Karte dient zur Darstellung von konkreten und abstrakten raumbezogenen Erscheinungen (Sachverhalte und Zustände) und/oder Prozessen des natürlichen und des sozioökonomischen Bereichs des geographischen Raums. Sie beruht stets auf einer topographischen Grundlage.

Für die Gestaltung thematischer Karten können allgemeine Regeln angegeben werden. Wesentliche Objekte und Sachverhalte bzw. intensive Ausprägungen sollen durch intensive Farben bzw. Linienstärken graphisch hervorgehoben werden. Für die Darstellung von gleichen oder miteinander verwandten Objekten und Sachverhalten empfehlen sich gleiche Positions- und Linearsignaturen und gleiche Farben bzw. gleiche Rasterung, Muster oder Schraffuren von Flächen. Ist ein Sachverhalt unbestimmt oder umstritten (z. B. bei Grenzverläufen), dann ist dies durch Punktierung oder Strichierung von Linearsignaturen, durch Farbübergänge oder die Verzahnung von Flächen zu kennzeichnen. Auch spezielle Signaturen, Farben, Muster, Schraffuren oder Raster eventuell mit zusätzlichen Informationen (z. B. Fragezeichen) können verwendet werden um unsichere Sachverhalte darzustellen. Qualitätsunterschiede werden durch unterschiedliche Positions- und Linearsignaturen bzw. durch unterschiedliche Farbe, Rasterung, Muster oder Schraffur der Fläche ausgewiesen. Unterschiede in der Quantität werden durch eine unterschiedliche Größe (bei Positions- und Linearsignaturen sind das Länge, Höhe und Breite) oder durch eine unterschiedliche Intensität der Farben, Raster, Muster oder Schraffuren der Flächen dargestellt. Bestehen Zusammenhänge zwischen Objekten und Sachverhalten werden die Signaturen entsprechend gruppiert (z. B. alle Objekte, die mit



Wasser zu tun haben, werden in Blautönen dargestellt). Die wichtigste Regel bei der Gestaltung von Karten und kartenähnlichen Darstellungen allgemein ist jedoch, dass die Darstellung niemals genauer sein kann als die aufgenommenen Primärdaten. Für die Anwendung dieser Regeln ist es zunächst erforderlich zu erläutern, welche Datentypen es gibt und welche besonderen Eigenschaften sie jeweils aufweisen.

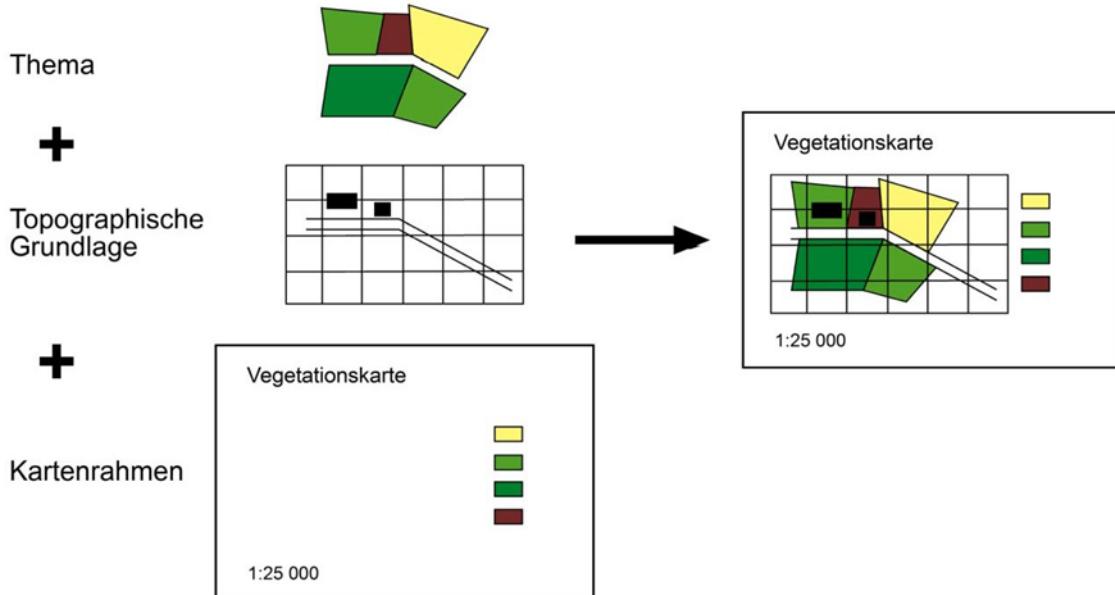


Abb. 42: Schematischer Aufbau einer thematischen Karte

Datentypen

Grob können die Datentypen in qualitative und quantitative Datentypen unterschieden werden. Die qualitativen Datentypen werden gegliedert in nominalskalierte Daten und ordinalskalierte Daten. Nominalskalierte Daten erlauben lediglich eine Aussage gleich/ungleich. Eine Skalenbegrenzung ist nicht definiert. Nominalskalierte Daten sind z. B. Fluss, Gebäude, Straße (siehe Abbildung 43).



Abb. 43: Nominalskalierte Daten

Ordinalskalierte Daten besitzen einen definierten Anfangspunkt der Skala. Die Skala ist jedoch nicht begrenzt. Ordinalskalierte Daten bestimmen eine Rangfolge. Ein Beispiel ordinalskalierter Daten sind administrative Grenzen: Staatsgrenze, Landesgrenze, Kreisgrenze (siehe Abbildung 44).

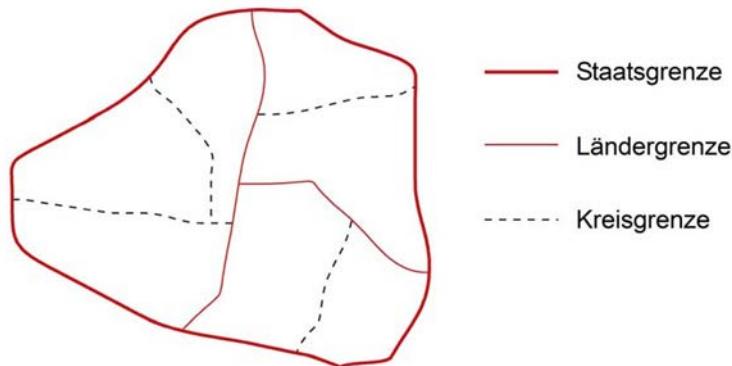


Abb. 44: Ordinalskalierte Daten

Quantitative Daten werden in intervallskalierte und in rational skalierte Daten unterschieden. Bei intervallskalierten Daten ist die Skala nach oben und unten offen. Lediglich der Nullpunkt ist definiert. Ein typisches Beispiel intervallskalierter Daten sind Temperaturwerte. Rational skalierte Daten werden auf einer Skala mit absolutem Nullpunkt angegeben. Die Skala ist nach oben offen. Ein Beispiel für rational skalierte Daten sind Ertragsmengen.

Quantitative Daten besitzen eine weitere wichtige Eigenschaft – den Bezug. Quantitative Daten ohne Bezug werden als Absolutwerte bezeichnet. Ein Beispiel für Absolutwerte ist die bloße Anzahl von Objekten (z. B. 500 Schafe). Quantitative Daten mit Bezug können sich entweder auf eine Fläche oder auf eine Grundgesamtheit beziehen. Der Flächenbezug ist für räumlich verteilte Daten recht häufig. Ein typisches Beispiel flächenbezogener quantitativer Daten ist die Bevölkerungsdichte (Einwohner je km^2). Ein Beispiel für quantitative Daten bezogen auf eine Grundgesamtheit ist die Studentendichte einer Stadt (Studenten je Einwohner). Daten, die sich auf eine Grundgesamtheit beziehen, erfordern eine andere Darstellung als flächenbezogene Daten. Daten, die sich auf eine Grundgesamtheit beziehen, sollten durch Einfärben der Mengensignaturen dargestellt werden, welche die Grundgesamtheit repräsentieren. Flächenbezogene Daten sollten durch Einfärben der Bezugsflächen wiedergegeben werden.

Quantitative Daten werden vor der Darstellung meist generalisiert. Diese quantitative Generalisierung nennt man Klassifizierung. Die Klassifizierung soll dazu dienen, eine graphische Darstellung überhaupt erst zu ermöglichen. Unklassifizierte Daten lassen sich oft nicht vernünftig darstellen (siehe Abbildung 45).

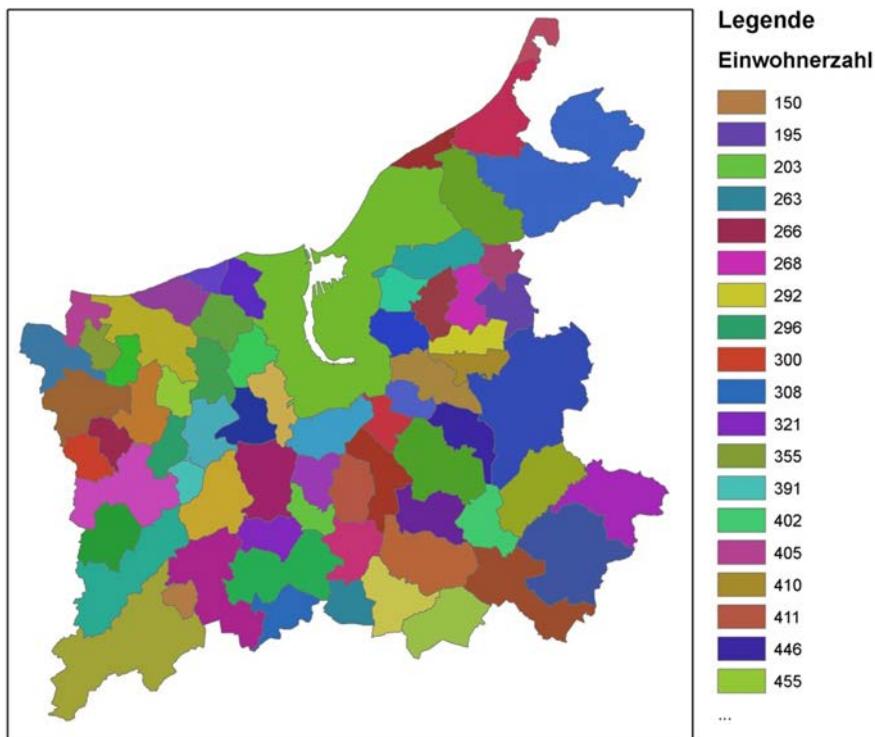


Abb. 45: Darstellung ohne Klassifikation

Klassifizierungsmethoden

Die Klassifizierung soll weiterhin dazu dienen, die Karten übersichtlich zu gestalten und einer zu großen Kartenbelastung (Grad der Verdeckungen durch Signaturen) entgegenzuwirken. Es soll auf den ersten Blick ersichtlich sein, was zusammengehört und was nicht.

Definition:

Eine thematische Karte dient zur Darstellung von konkreten und abstrakten raumbezogenen Erscheinungen (Sachverhalte und Zustände) und/oder Prozessen des natürlichen und des sozioökonomischen Bereichs des geographischen Raums. Sie beruht stets auf einer topographischen Grundlage Klassenbildung ist eine quantitative Generalisierung zur Darstellung statistischer Einzelwerte, deren charakteristische Verteilung erkennbar bleiben soll.

Bei der Klassifizierung werden verschiedene Werte in Klassen zusammengefasst. Zu dem Prinzip für eine korrekte Klassifizierung gehört die Forderung nach Vollständigkeit. Alle Datenwerte sollen in den gebildeten Klassen enthalten sein. Die Klassen sollen eine geschlossene Abfolge bilden. Zwischen den Klassen soll es keine Lücken geben. Diese Forderung kann nicht für alle Daten erfüllt werden. Ist eine Lücke im Wertebereich ein charakteristisches Merkmal der zu klassifizierenden Daten, dann ist eine Lücke zwischen benachbarten Klassen nicht nur erlaubt, sondern auch erforderlich. Eine weitere Anforderung an eine korrekte Klassifizierung ist das Festlegen eindeutiger Klassengrenzen. Die Zuordnung von Datenwerten zu einer Klasse muss eindeutig sein. Dies drückt sich in der Beschreibung der Klassen aus. In der Legende sind die Grenzen folgendermaßen anzugeben: 5 bis < 10, 10 bis < 15 usw. Die Anzahl der Klassen richtet sich nach den Ausgangsdaten. Ist der Wertebereich sehr groß sind mehr Klassen zu definieren, als bei Daten mit sehr kleinem Wertebereich. Die Genauigkeit der Klassengrenzen soll nicht größer sein als die der Ausgangsdaten. Der Informationsverlust durch die

Zusammenfassung der Werte in Klassen soll so gering wie möglich gehalten werden. Offene Klassen, wie z. B. < 20 sollten vermieden werden, da sonst die Minimal- bzw. Maximalwerte "unsichtbar" werden. Je nach Art und Verteilung der Ausgangsdaten soll eine passende Klassifizierungsmethode gewählt werden.

Mögliche Klassifizierungsmethoden sind:

- Sachbezogene Klassenbildung (natürliche Gruppen)
- Klassenbildung nach Sinnschwellen
- Klassenbildung nach mathematischen Regeln
- Klassenbildung aufgrund statistischer Messzahlen
- Räumliche Klassenbildung

Die Sachbezogene Klassenbildung wird auch als Bildung natürlicher Gruppen bezeichnet. Sie beruht auf einer statistischen Analyse der Ausgangsdaten. Wird eine statistische Häufigkeitsanalyse anhand eines Histogramms durchgeführt, befinden sich die Klassengrenzen dort, wo deutlich weniger Werte vorhanden sind bzw. wo Werte fehlen (siehe Abbildung 46).

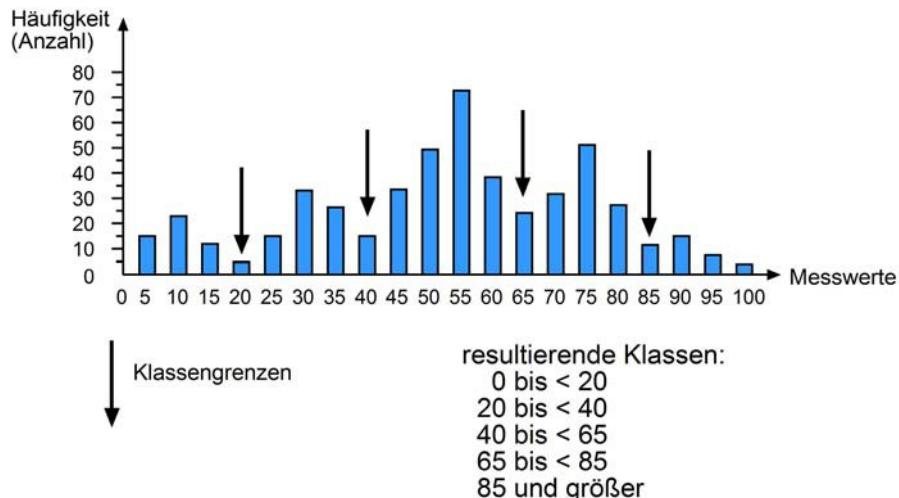


Abb. 46: Histogramm für eine sachbezogene Klassenbildung

Wird die statistische Analyse auf eine kumulative Häufigkeitsverteilung (Summenkurve) angewendet, sind die Klassengrenzen dort zu setzen, wo charakteristische Kurvenknicken Veränderungen in der Häufigkeit der Werte anzeigen (siehe Abbildung 47).

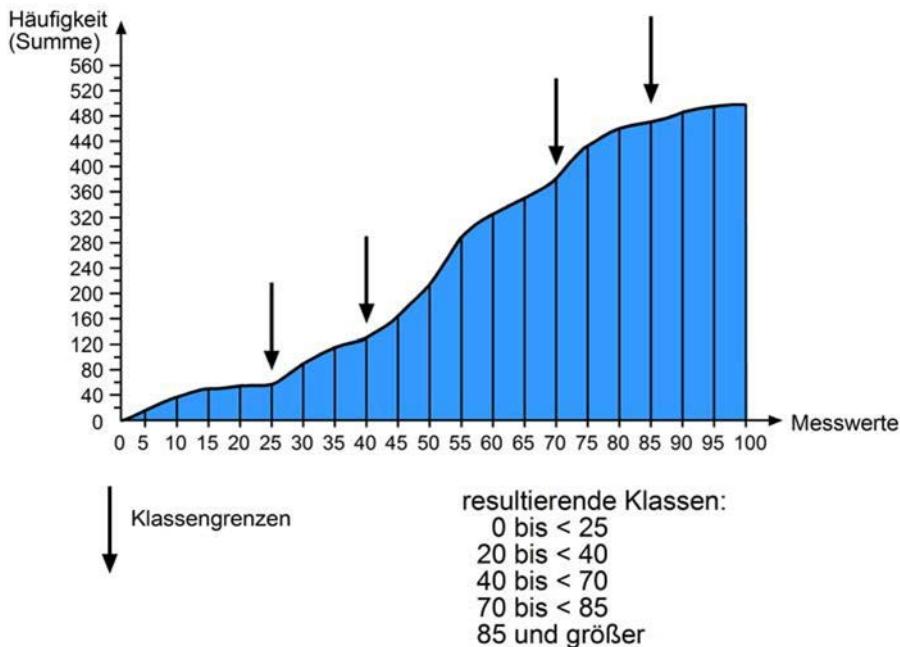


Abb. 47: Summenkurve für eine sachbezogene Klassenbildung

Die Klassenbildung nach Sinnschwellen beruht auf Erfahrungswerten. Sie wird von Experten vorgegeben. Ein typisches Beispiel einer Klassenbildung nach Sinnschwellen sind Hangneigungsgruppen (siehe Tabelle 2).

Tab. 2: Klassenbildung nach Sinnschwellen (Hangneigungsgruppen)

Neigungsgruppe	Neigungswinkel	Verbale Bezeichnung
0	0°-0°59'	eben
1	1°-1°59'	sehr flach
2	2°-4°59'	flach
3	5°-8°59'	mäßig geneigt
4	9°-12°59'	stark geneigt
5	13°-16°59'	steil
6	17° und mehr	sehr steil

Die Klassenbildung nach mathematischen Regeln ist rein schematisch. Es werden verschiedene mathematische Bedingungen zugrunde gelegt. Äquidistante Abstände werden bei gleichmäßig verteilten Werten angewendet. Dabei wird die Spannweite zwischen Minimal- und Maximalwert in gleich große Intervalle b aufgeteilt, so dass gilt:

$$N_{min} + b + b + \dots = N_{max}$$

Das Intervall b berechnet sich nach der Formel:

$$b = \frac{N_{max} - N_{min}}{m} \text{ mit } m \text{ als Anzahl der Klassen.}$$

Die Klassenbildung in Form einer arithmetischen Reihe wird dann angewendet, wenn ein Teil des Wertebereiches stärker differenziert werden soll. Soll der untere Wertebereich stärker differenziert werden, so werden die Schwellwerte von Klasse zu Klasse um einen konstanten Betrag d größer. Es gilt:

$$N_{min} + d + 2d + 3d + \dots + md = N_{max}$$

Die Variable d wird mit folgender Formel bestimmt:

$$d = \frac{(N_{max} - N_{min}) * 2}{m * m + 1}$$

Die Progression kann auch umgekehrt werden.

Wird die Klassenbildung in Form einer geometrischen Reihe vorgenommen, so nimmt die Klassenbreite im oberen Wertebereich stark zu. In einer geometrischen Reihe gilt, dass das Verhältnis aufeinander folgender Klassengrenzen konstant ist.

$$N_{min} \cdot q^m = N_{max}$$

Der Quotient q berechnet sich folgendermaßen:

$$\log q = \frac{\log N_{max} - \log N_{min}}{m}$$

Die Klassenbildung kann auch von statistischen Kennzahlen abgeleitet werden. Häufig dafür verwendete Kennzahlen sind die Quantile und die Standardabweichung. Die Quantile werden für die maximale graphische Differenzierung der Werte genutzt. Alle Klassen enthalten hier gleich viele Werte und erscheinen dadurch gleich häufig in der Karte.

Eine Klassenbildung auf Basis der Standardabweichung zeigt die Streuung der Werte um den Mittelwert. Die Klassenbreite ist dabei die Standardabweichung, die vom Mittelwert aus abgetragen wird.

Viele Visualisierungstools bieten bereits eine Vielzahl von Klassifizierungsmethoden an. ArcMap, die Visualisierungskomponente von ESRI ArcGIS, bietet folgende Klassifizierungsmethoden an:

- Manuelle Eingabe der Klassengrenzen. Dies kann zur Verwirklichung der Klassenbildung nach Sinnsschwellen genutzt werden.
- Equal interval classification (konstante Intervalle). Dabei legt der Nutzer die Anzahl der Klassen fest und das Programm errechnet daraus die sich ergebenden Klassengrenzen.
- Defined interval (festgelegte Intervalle). Der Nutzer legt die Klassenbreite fest und das Programm berechnet daraus die Anzahl der Klassen und die Klassengrenzen.
- Quantile. Das Programm bestimmt die Klassengrenzen so, dass in jeder Klasse dieselbe Anzahl an Objekten (Werten) zusammengefasst wird.
- Natural breaks (Natürliche Gruppen). Ausgehend von einer statistischen Analyse der Ausgangsdaten werden die Klassengrenzen dort gesetzt, wo ein deutlicher Rückgang in der Häufigkeit im Auftreten des Wertes erkennbar ist bzw. dort, wo Werte komplett fehlen.
- Standard deviation (Standardabweichung). Als Klassenbreite wird die Standardabweichung bzw. ein Vielfaches davon genutzt. Diese Art der Darstellung betont die Streuung der Werte um den Mittelwert. Um Werte oberhalb und unterhalb des Mittelwertes deutlich voneinander abzusetzen wird in der Darstellung häufig eine bipolare Skala verwendet.

Abbildung 48 gibt einen Überblick über die Auswirkung verschiedener Klassifizierungsmethoden anhand von Kartenbeispielen zu einem Bevölkerungsdatensatz.

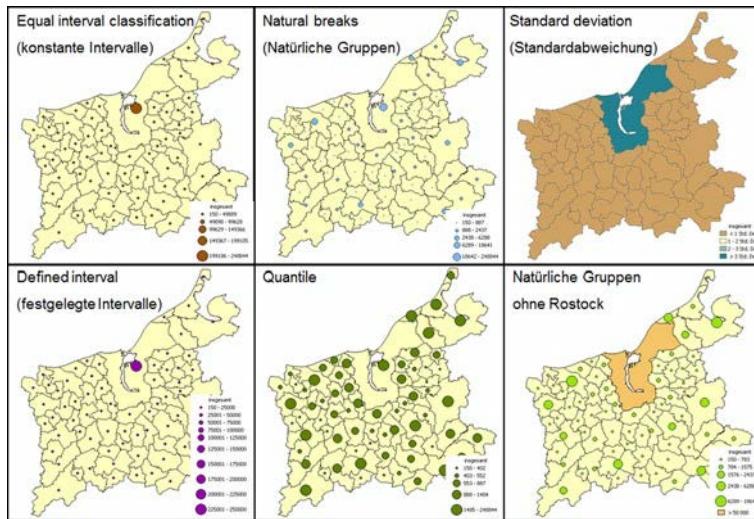


Abb. 48: Übersicht der in ArcMap verfügbaren Klassifizierungsmethoden

Darstellungsmethoden

Bevor wir uns den kartographischen Darstellungsmethoden zuwenden wollen wir zunächst den Begriff „Kartenzeichen“ näher betrachten. Dieser Begriff umfasst alle Strukturelemente einer Karte. Er wird aufgegliedert in die indexikalischen Zeichen, die Signaturen und die Flächenkartenzeichen (siehe Abbildung 49). Indexikalische Zeichen verweisen auf etwas, wie z. B. ein Fließrichtungspfeil. Sie repräsentieren selbst kein Objekt. Flächenkartenzeichen sind Grundrissdarstellungen. Die große Gruppe der Signaturen dient zur Darstellung von Objektklassen. Je nach graphischer Ausprägung sind sie symbolisch oder ikonisch. Symbolische Signaturen versinnbildlichen das abgebildete Objekt (z. B. Blitz für eine Umspannstation). Ikonische Signaturen sind in ihrer Erscheinung hingegen vom Aussehen des Objekts abgeleitet. Je geringer die Ikonizität, desto geometrischer (abstrakter) das Kartenzeichen.

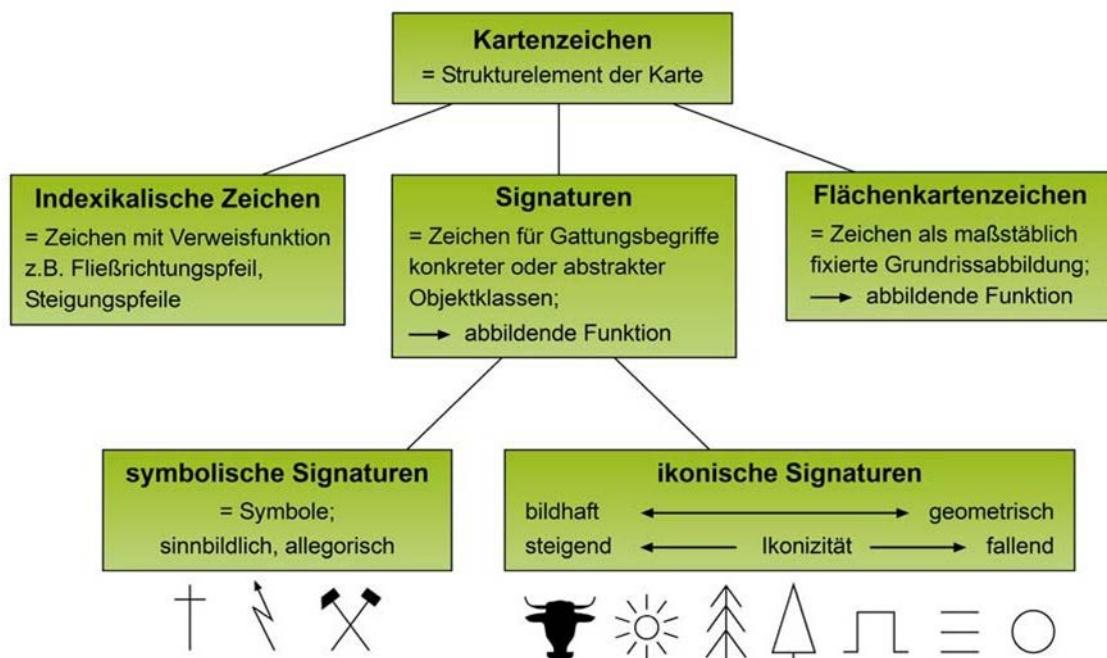


Abb. 49: Der Begriff ‚Kartenzeichen‘ (nach KOCH, in: Lexikon der Kartographie und Geomatik, 2001)

Die kartographischen Darstellungsmethoden werden stets entsprechend der darzustellenden Werte ausgewählt. Dabei können einige grundlegende Festlegungen hinsichtlich der Eignung bestimmter Methoden getroffen werden. Zunächst wollen wir uns die zur Verfügung stehenden Methoden im Einzelnen ansehen. Es gibt verschiedene Gliederungsmöglichkeiten. Hier soll die Gliederung nach OGRISSEK vorgestellt werden. Darin werden die Darstellungsmethoden anhand der zugrundeliegende Geometrie eingeteilt:

- punktbezogene Methoden
- linienbezogene Methoden
- flächenbezogene Methoden

Diese drei Gliederungsbereiche werden dann weiter unterteilt.

Punktbezogene Methoden

Beginnen wir mit den punktbezogenen Methoden. Dazu gehören:

- Methode der Positionssignaturen
- geometrische Positionssignaturen
- bildhafte Positionssignaturen
- Buchstaben- und Ziffernsignaturen
- Methode der Diagrammsignaturen
- Punktmethode

Die **geometrischen Positionssignaturen** besitzen eine einfache Struktur. Oft werden Kreisscheiben, Kreisringe, Quadrate, Rechtecke und Dreiecke verwendet. Auch einfache Punkt- und Strichkombinationen, sowie Kreuzzeichen werden genutzt. Weniger häufig verwendet man Halbkreise, Sterne, Fünf-, Sechs- und Achtecke. Abbildung 50 zeigt eine Auswahl von Positionssignaturen.



Abb. 50: Geometrische Positionssignaturen

Bildhafte Positionssignaturen sind graphische Kleinfiguren, die durch ihre Gestalt und teilweise durch ihre Farbe das darzustellende Objekt graphisch versinnbildlichen. Sie können auch direkt vom Aussehen des Objekts abgeleitet sein. Abbildung 51 zeigt Beispiele für bildhafte Positionssignaturen.



Abb. 51: Bildhafte Positionssignaturen

Buchstaben- und Ziffernsignaturen bestehen aus Einzelbuchstaben, Buchstabenverbindungen und Zahlen. Häufig werden übliche Abkürzungen, wie z. B. Hbf. für Hauptbahnhof, oder chemische Symbole, wie z. B. Fe für Eisenvorkommen, verwendet. Buchstaben- und Ziffernsignaturen werden oft mit geometrischen Kleinfiguren, wie Kreisen und Quadraten kombiniert. Dabei wird der Buchstabe entweder in die Fläche gestellt oder negativ ausgespart (siehe Abbildung 52).



Abb. 52: Buchstaben- und Ziffernsignaturen



Die Methode der Diagrammsignaturen verwendet auf einen Punkt bezogene Diagrammfiguren (Diagrammsignatur). Diese sind so klein wie möglich zu halten, um möglichst wenig der kartographischen Situation zu verdecken. Daher ist die Darstellbarkeit eingeschränkt. Es werden einfache Diagrammfiguren, wie z. B. Stäbchen-, Kurven-, Flächen- und Körperdiagramme verwendet. Seltener werden sternförmige und kombinierte Diagramme genutzt. Abbildung 53 zeigt beispielhaft den Einsatz von punktbezogenen Diagrammfiguren.

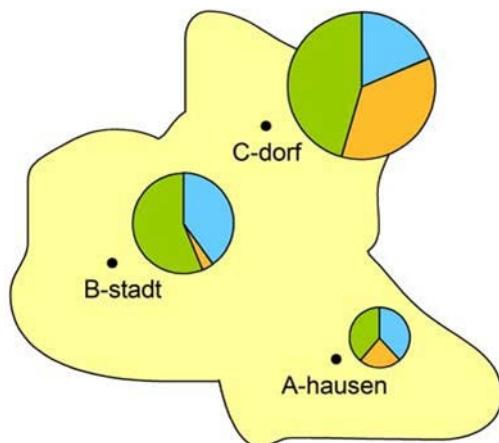


Abb. 53: Methode der Diagrammsignaturen

Die Punktmethode dient dazu die räumliche Verteilung (Streuung) von Erscheinungen und/oder Sachverhalten wiederzugeben. Sie wird hauptsächlich zur Darstellung regional unterschiedlicher Mengenverteilungen angewendet. In Karten nach der Punktmethode werden Werteinheitssignaturen verwendet. Der Punktwert erlaubt durch Auszählen der Punkte eine relativ genaue Abschätzung der dargestellten Mengen. Je nach Anordnung der Punkte wird unterschieden in Punkt- dichtekarte (Punktkartogramm) und Punktstreuungskarte (siehe Abbildung 54). Während bei der Punkt dichtekarte die Punkte gleichmäßig über die Bezugsfläche (z. B. administrative Einheiten bei Bevölkerungszahlen) verteilt werden, sind die Punkte in Punktstreuungskarten so angeordnet, dass geographische Besonderheiten berücksichtigt werden. Die Punkte sollen nur dort platziert werden, wo die dargestellten Objekte auch auftreten. So bleiben z. B. größere Gewässerflächen von der Punktplatzierung in Bevölkerungskarten ausgespart. Die Genauigkeit einer Punkt karte ist immer abhängig von der Auflösung der verwendeten Daten.

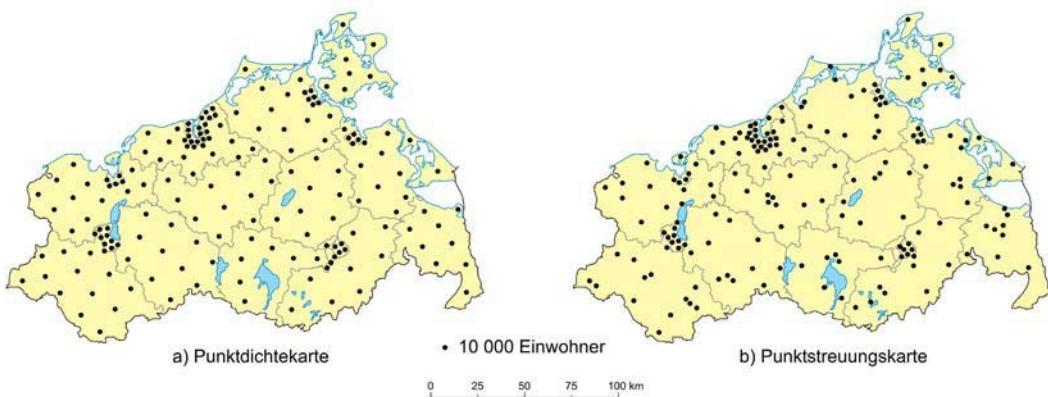


Abb. 54: Punktmethode

Linienbezogene Methoden

Die linienbezogenen Methoden werden untergliedert in:

- Methode der Linearsignaturen
- Methode der Bewegungslinien (Vektorenmethode)
- Isolinienmethode

Linearsignaturen folgen der Objektachse bzw. entsprechen sie dem vereinfachten Grundrissverlauf. Die Linienform stellt dabei die Art und Bedeutung des repräsentierten Objekts dar. Die wichtigsten Linearsignaturen sind Objektlinien, wie z. B. Gewässer, Verkehrswege und Leitungen. Aber auch lineare Reliefformen, wie Kammlinien, zählen zu den Linearsignaturen. Unterstreichungen werden ebenfalls zu den Linearsignaturen gezählt, wenn sie ein besonderes Merkmal des Objekts (z. B. den Status einer Hauptstadt) ausdrücken. Grenzlinien nehmen eine besondere Stellung ein. In ihrer graphischen Erscheinung sind es Linearsignaturen – ihrem Wesen nach jedoch Flächenkonturen. Abbildung 55 zeigt Beispiele für Linearsignaturen.



Abb. 55: Linearsignaturen

Die Methode der **Bewegungslinien** (auch Vektorenmethode genannt) wird eingesetzt um Ortsveränderungen und Bewegungsabläufe darzustellen. Dafür werden Pfeile genutzt (siehe Abbildung 56). Die häufigste Anwendung ist die Darstellung von Routen. Dabei werden entlang des Grundrisses der Route in bestimmten Abständen Pfeile angeordnet. Auch sich regelmäßig wiederholende Ortsveränderungen, die Ausbreitung bestimmter Sachverhalte, flächige Bewegungen (Meeres- und Luftströmungen) sowie der Transport von Gütern werden mittels der Vektorenmethode dargestellt.

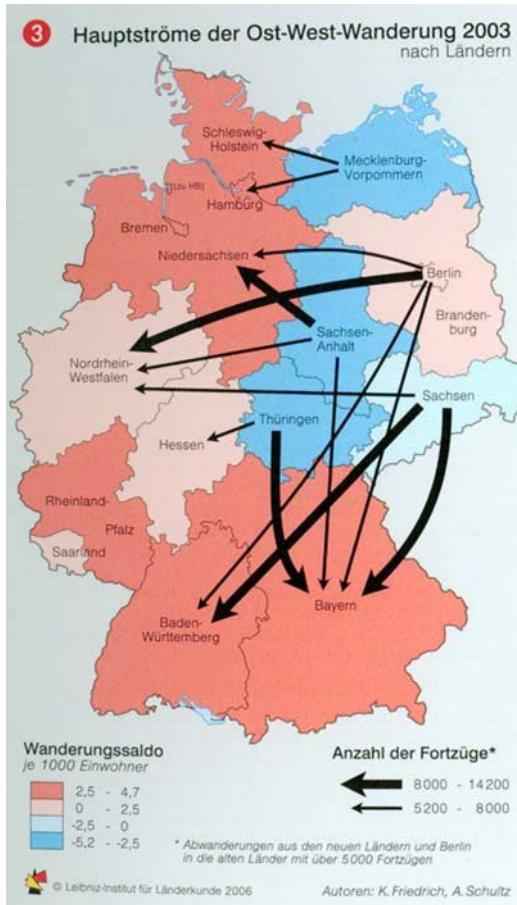


Abb. 56: Methode der Bewegungslinien (Vektorenmethode) (Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland, 2006)

Die bekannteste Anwendung der **Isolinienmethode** ist die Reliefdarstellung mittels Höhenlinien. Isolinien sind Linien gleicher Wertigkeit und dienen zur Darstellung von Intensitätsunterschiede in Kontinua. Isolinien werden häufig in der Meteorologie, der Ozeanologie und der Geophysik genutzt. Abbildung 57 zeigt ein Beispiel für Isolinien.

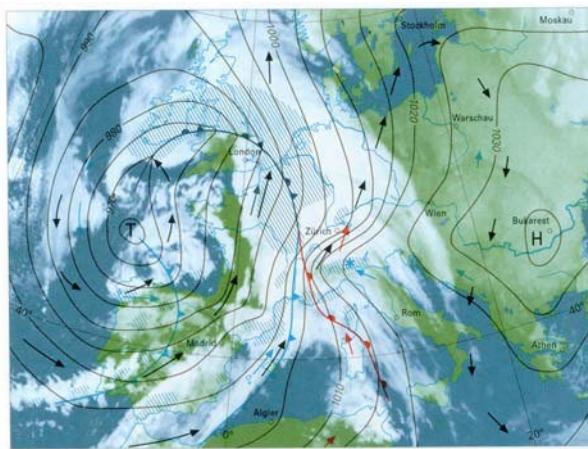


Abb. 57: Isolinienmethode (Schweizer Weltatlas, 2010)

Flächenbezogene Methoden

Die flächenbezogenen Methoden werden weiter untergliedert in:

- Arealmethode bzw. Methode der qualitativen Flächenfärbung
- Flächenkartogramm-Methode
- Kartodiagramm-Methode

Die **Arealmethode** (auch Methode der qualitativen Flächenfärbung) wird zur Darstellung diskreter Sachverhalte genutzt. Dazu gehören alle flächigen Geoobjekte in topographischen Karten, wie z. B. Wald oder Gewässer. Auch Flächengefüge typisierter Geofaktoren, wie z. B. Bodenarten, werden mit der Arealmethode wiedergegeben. Die Verbreitungsgebiete bestimmter Objekte (z. B. bedrohter Tierarten) sind zwar nicht eindeutig durch eine Grenzlinie bestimbar, dennoch werden sie als sog. „Pseudoareale“ mittels der Arealmethode dargestellt. Als Gestaltungsmittel werden Konturen, Farbflächen, Schraffuren, Flächenmuster und Schrift in Arealstellung (gesperrt) verwendet. Die so gestalteten Karten werden als „Mosaikkarten“ bezeichnet. Um Vermischungen dargestellter Sachverhalte zu kennzeichnen, werden sich überlagernde Schraffuren, Verzahnungen im Überlappungsbereich oder Mischfarben verwendet. Abbildung 58 zeigt eine Mosaikkarte zum Thema Religion.

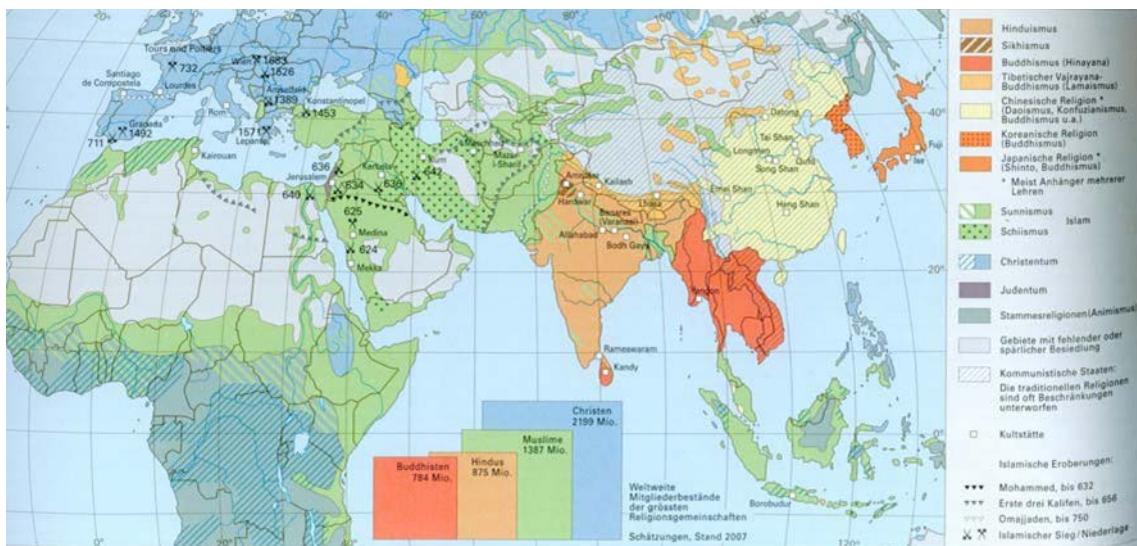


Abb. 58: Arealmethode bzw. Methode der qualitativen Flächenfärbung (Schweizer Weltatlas, 2010)

Die **Flächenkartogramm-Methode** wird zur Darstellung flächenbezogener statistischer Werte verwendet. Die Flächen werden mit Schraffuren, Flächenmustern oder Farbtönen gefüllt. Es werden meist Skalen mit 3 bis 15 Stufen verwendet. Als Bezugsflächen für die statistischen Daten können administrative Einheiten, naturräumliche Einheiten, regelmäßige Gitternetze oder schematisierte Grenzen dienen. Karten, die mit der Flächenkartogramm-Methode gestaltet sind, werden auch als „Choroplethenkarte“ bezeichnet. Abbildung 59 zeigt schematisch die Anwendung der Flächenkartogramm-Methode.

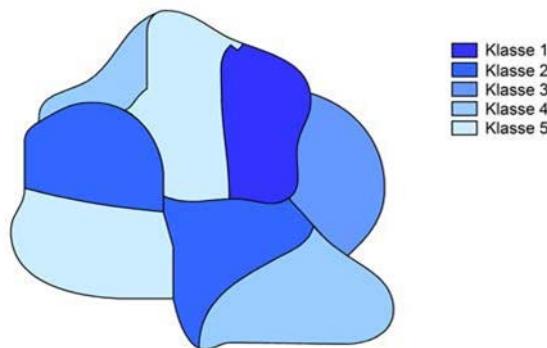


Abb. 59: Flächenkartogramm-Methode

Die **Kartodiagramm-Methode** nutzt Diagrammfiguren, die sich – im Gegensatz zur Methode der Diagrammsignaturen – auf Flächeneinheiten beziehen. Als Bezugseinheiten dienen meist administrative Einheiten, aber auch naturräumliche Einheiten und Felder regelmäßiger Netze. Die Diagrammfiguren sollen möglichst wenig von der kartographischen Situation verdecken. Durch diese Beschränkung der Diagrammgröße sollten einfache Diagrammfiguren gewählt werden, um die Lesbarkeit zu gewährleisten. Abbildung 60 zeigt beispielhaft den Einsatz der Kartodiagramm-Methode.

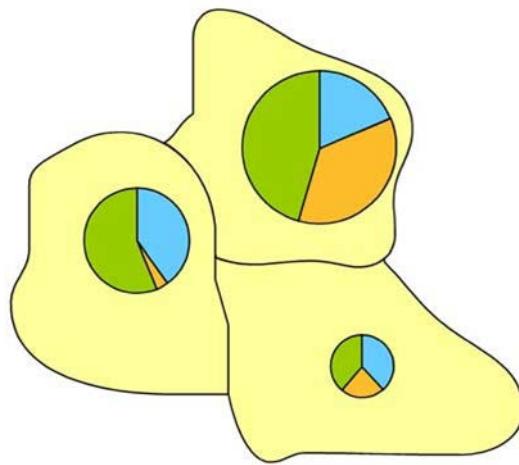


Abb. 60: Kartodiagramm-Methode

Anwendung der Darstellungsmethoden

Wie bereits erwähnt sind die Darstellungsmethoden jeweils für die Darstellung bestimmter Daten besonders geeignet. Quantitative Daten, also Daten, welche die Frage "Wieviel?" beantworten, werden je nach Bezug verschieden dargestellt. Für Absolutwerte eignen sich Diagramme (Methode der Diagrammsignaturen oder Kartodiagramm-Methode), die Punktmethode und die Isolinienmethode (z. B. für Niederschläge). Automatisch generierte Punktstreuungskarten sind jedoch oft keine geeignete Darstellungsform, da die Punkte schematisch bzw. zufallsgeneriert über die Fläche verteilt werden und die Karte damit keine Aussagekraft besitzt. Relativwerte werden mit der Flächenkartogramm-Methode dargestellt, wenn sich die Daten auf Flächen beziehen, wie z. B. die Einwohnerdichte. Beziehen sich die Daten jedoch auf eine Grundgesamtheit (Sachbezug), z. B. die Anzahl der Studenten je 1000 Einwohner, so wird diese Grundgesamtheit in Form einer Mengensignatur, z. B. als Kreisdiagramm, dargestellt. Der Anteil der Studenten kann dann durch die Füllfarbe der Mengensignatur wiedergegeben werden. Die Darstellung sachbezogener Werte ist

computergestützt möglich, erfordert je- doch mehr manuelle Arbeitsschritte als das klassische Flächenkartogramm mit echtem Flächenbezug.

Der Einfluss der Bezugsflächen bei Daten mit echtem Flächenbezug wird deutlich durch einen Vergleich mit den als Basis genutzten Absolutwerten. Im nachfolgenden Beispiel werden zwei Gemeinden A und B hinsichtlich der absoluten Einwohnerzahlen und der daraus berechneten Einwohnerdichte verglichen. Abbildung 61 zeigt die Bevölkerungszahlen als Absolutwertdarstellung (Kartodiagramm-Methode). Abbildung 62 zeigt dann denselben Datensatz in Form der Einwohnerdichte (Relativwert) mittels der Flächenkartogramm-Methode.

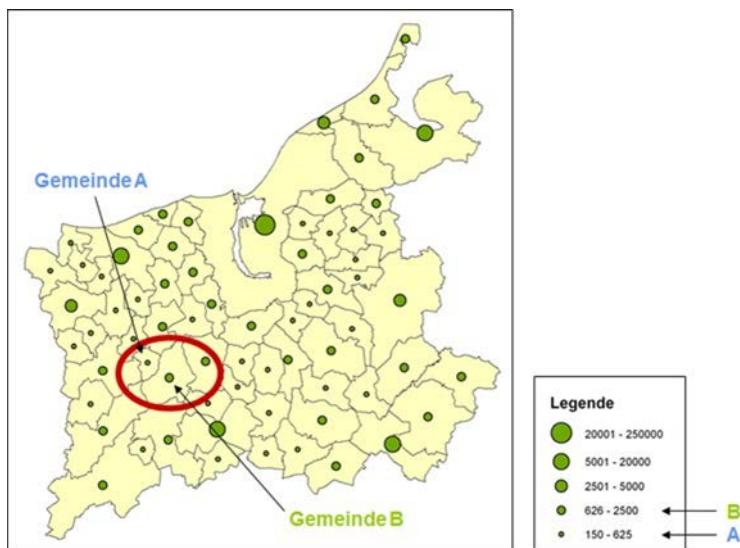


Abb. 61: Absolutwertdarstellung (Einwohnerzahlen)

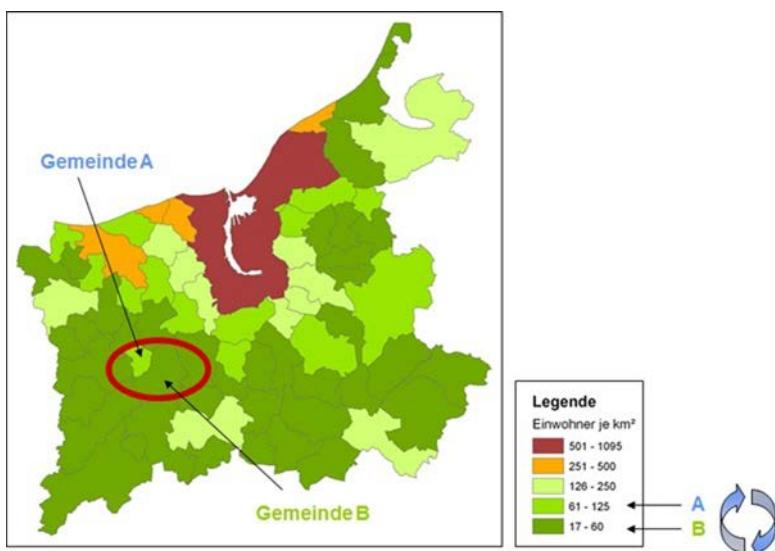


Abb. 62: Relativwertdarstellung (Einwohnerdichte)

Durch die viel kleinere Fläche wird Gemeinde A trotz der viel kleineren Einwohnerzahl in die dichter besiedelte Kategorie eingeordnet. Um den Einfluss unregelmäßig geformter Bezugsflächen zu vermeiden, werden Daten teilweise auf regelmäßige Raster bezogen (siehe Abbildung 63). Die größte Schwierigkeit besteht dabei in der korrekten Umrechnung der statistischen Werte auf die Gitterzellen.

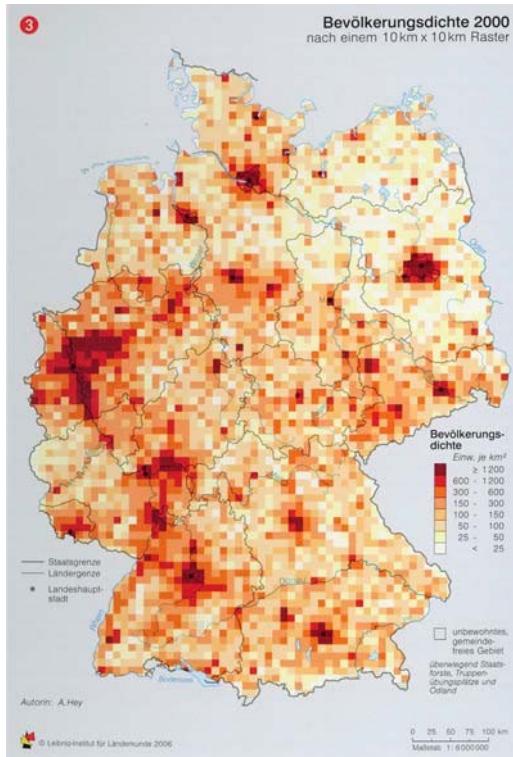


Abb. 63: Relativwertdarstellung bezogen auf regelmäßiges Raster (Bevölkerungsdichte bezogen auf 10x10 km² Quadrate) (Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland, 2006)

Qualitative Daten, also Daten, welche die Frage "Was?" beantworten, werden durch Positions- und Linearsignaturen dargestellt. Für flächenhaft ausgedehnte Objekte wird die Methode der qualitativen Flächenfärbung (Arealmethode) verwendet. Richtungen und Bewegungen, deren Darstellung die Frage nach dem "Wohin?" beantworten soll, werden mit der Vektorenmethode dargestellt.

Literatur

- Bertin, J. (1983): Graphische Semiotik. Diagramme, Netze, Karten. Walter de Gruyter, Berlin.
- Bill, R. (2016): Grundlagen der Geo-Informationssysteme. 6. Auflage. Wichmann Verlag. Offenbach-Berlin. 867 Seiten. Kapitel 8.
- Böhm, R. (1998): Die Gansfelsen. Detailkarte für wissenschaftliche Zwecke. Dresden.
- Bollmann, J., Koch, W.-G. [Hrsg.] (2001): Lexikon der Kartographie und Geomatik, Band 1. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- Bollmann, J., Koch, W.-G. [Hrsg.] (2002): Lexikon der Kartographie und Geomatik, Band 2. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- Buziek, G., Dransch, D., Rase, W.-D. [Hrsg.] (2000): Dynamische Visualisierung, Grundlagen und Anwendungsbeispiele für kartographische Animationen. Springer Verlag, Berlin.
- Flacke, W., Kraus, B. (2003): Koordinatensysteme in ArcGIS. Points Verlag Nor den, Halmstad.
- Hake, G., Grünreich, D., Meng, L. (2002): Kartographie. Walter De Gruyter, Berlin.
- Hauslab, F. (1864): Hohenschichten-Karten der nordöstlichen Alpen und der Insel Sicilien. in: Petermanns geographische Mitteilungen. Justus Perthes, Gotha.

Hey, A. (2006): Gestaltung und automatisierte Bearbeitung der Karte Bevölkerungsverteilung für Band 12 des Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland. Diplomarbeit, TU Dresden.

Hiller, A. (2005): Kultursemiotische Aspekte von Globen (Dresdner Globensymbole des 16. bis 19. Jh.). Diplomarbeit, TU Dresden.

Imhof, E. (1958): Gelände und Karte. Rentsch, Erlenbach-Zürich. Kartographische Nachrichten (KN) (2003). Nr. 4/2003. Kirschbaum Verlag, Bonn. Leibniz-Institut für Länderkunde [Hrsg.] (2006): Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland, Bd. 12 Leben in Deutschland. Elsevier, München.

National Geographic Deutschland (2003). Gruner + Jahr AG & Co KG, Hamburg. OGRISSEK, R. (1983): ABC Kartenkunde. Leipzig.

Olbrich, G., Quick, M., Schweikart, J. (2002): Desktop Mapping, Grundlagen und Praxis in Kartographie und GIS. Springer Verlag, Berlin.

Österreichischer Alpenverein [Hrsg.] (2000): Alpenvereinskarte Nr. 14 Dachsteingebirge. 1:25000.

Peucker, K. (1898): Schattenplastik und Farbenplastik: Beiträge zur Geschichte und Theorie der Geländedarstellung. University of California.

Schweizerische Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektoren [Hrsg.] (2010): Schweizer Weltatlas.

Strehmel, R. (1996): Amtliches Bezugssystem der Lage: ETRS89. in: Vermessung Brandenburg, Nr. 1.

Swiss Federal Office of Topography [Hrsg.] (2000): Atlas der Schweiz – interaktiv.

Von Sydow, E. (1847): Schul-Atlas in Sechs und Dreißig Karten.

Töpfer, F. (1979): Kartographische Generalisierung. Ergänzungsheft Nr. 276 zu Petermanns Geographische Mitteilungen, VEB Hermann Haack, Geographisch Kartographische Anstalt Gotha/Leipzig.

Zeuner, H. (2004): Das tapfere Hackerlein – Ein Märchen aus dem Silicon Valley. in: Kartographische Nachrichten, Nr. 6/2004. Kirschbaum Verlag, Bonn.