

5. Kartographische und Modellgeneralisierung

Einleitung

Generalisierung ist eine zentrale Aufgabe in der Kartographie. Auf Grund der Zweckbestimmung und der maßstabsbedingten Verkleinerung der Darstellungsfläche sowie der graphischen Zwänge können in einer Karte nicht alle Informationen vollständig dargestellt werden. Dann ist es Aufgabe der Generalisierung, durch Informationsselektion und Informationsabstraktion ein eindeutig lesbares und interpretierbares Kartenbild zu erzeugen. Die Generalisierung ist ein komplexer Prozess und lässt sich in Teilprozesse gliedern, die voneinander abhängig sind. Ziel des Prozesses ist die Veredelung und graphische Präsentation von Geoinformation für einen bestimmten Zweck oder Nutzerkreis.

Ziel dieser Lerneinheit ist die Vermittlung eines Einblicks in diesen Themenkomplex. Neben einer Reihe von Definitionen, werden die Ursachen sowie die Aufgaben und Arten der Generalisierung vorgestellt. Aufbauend auf der kartographischen Modelltheorie wird die digitale und graphische Präsentation der realen Umwelt (Sekundärmodelle) jeweils in den entsprechenden Strukturierungsgraden veranschaulicht. Die beiden verschiedenen Generalisierungsarten gewinnen heutzutage immer mehr an Bedeutung durch die Einbindung der Generalisierungsprozesse in ein GIS bzw. Umsetzung der Generalisierungsverfahren in automationsgestützten Generalisierungssystemen.

Inhalt

5. Kartographische und Modellgeneralisierung

5.1 Definitionen, Ursachen, Aufgaben und Arten von Generalisierung	3
5.1.1 Definitionen	3
5.1.2 Ursachen der Generalisierung	3
5.1.3 Aufgaben der Generalisierung	6
5.1.4 Generalisierungsarten im analogen und digitalen Umfeld	7
5.2 Kartographische Modelltheorie	9
5.2.1 Kartographische Modelle	9
5.2.2 Digitale Modelle	10
5.2.3 Analoge Modelle	12
5.3 Objektgeneralisierung	12
5.3.1 Objektgeneralisierung nach OK	12
5.3.2 Objektgeneralisierung nach SK	14
5.4 Kartographische Generalisierung	15
5.4.1 Art der Information	15
5.4.2 Objektbezogene elementare Vorgänge der Generalisierung	16
5.4.3 Methoden der Generalisierung	18
5.4.4 Lagemerkmale	21
5.4.5 Praktische Beispiele kartographischer Generalisierung	23
5.5 Modellgeneralisierung	30
5.5.1 Semantische Generalisierung	32
5.5.2 Geometrische Generalisierung	35
5.6 Automatische Generalisierung	37
5.6.1 Sinn und Zweck der automatischen Generalisierung	37
5.6.2 Historische Entwicklung	37
5.6.3 Generalisierungsschritte	38
5.6.4 Einblick über aktuelle Generalisierungsmodelle	42
5.6.5 Modellgeneralisierung am IKG Uni Bonn	43

5.1 Definitionen, Ursachen, Aufgaben und Arten von Generalisierung

Die zentrale Rolle der Generalisierung innerhalb der Kartographie, spiegelt sich in den vielfältigen Definitions-Vorschlägen wider.

5.1.1 Definitionen

„Der Begriff der Generalisierung ist definiert als die Verallgemeinerung bzw. die Gewinnung einer allgemeinen Regel oder eines Gesetzes durch Induktion aus Einzelfällen.“ [DUDEN 1960]

Kartographische Definitionen:

„Jede Karte ist eine Vereinfachung, ein Sinnbild, eine vom Menschen erzeugte Abstraktion, ein Modell der Realwelt.“ [BRASSEL, 1990]

„Unter kartographischer Generalisierung ist die inhaltliche und graphische Vereinfachung einer kartographischen Ausdrucksform auf dem Wege der Objektauslese, der qualitativen und quantitativen Zusammenfassung und einer repräsentativen Formvereinfachung zu verstehen.“ [ARNBERGER, 1975]

„Die Zielsetzung der Generalisierung ist eine möglichst hohe, dem Kartenmassstab entsprechende Genauigkeit, gute geometrische Aussagekraft, gute Charakterisierung der Elemente und Formen, möglichstste Naturähnlichkeit in den Formen und Farben, Anschaulichkeit und gute Lesbarkeit, Einfachheit und Klarheit des graphischen Ausdruckes und Koordination der verschiedenen Elemente.“ [IMHOF, 1975]

„Generalisierung ist die Gesamtheit der bei der Erfassung oder kartographischer Darstellung auftretenden Vorgänge, mit denen - maßstabs- oder themenbedingt - geometrisch, begrifflich und zeitlich die unwesentlichen Einzelheiten vernachlässigt werden und das Wesentliche erhalten bleibt oder in übergeordnete Begriffe überführt wird.“ [Internationale Kartographische Vereinigung IKV - Vorschlag nach HAKE 1982]

Es ist offensichtlich, dass neben den graphischen Zwängen und dem Maßstab auch die thematische Zielsetzung einer Karte Generalisierung auslöst.

5.1.2 Ursachen der Generalisierung

Generalisierung in der Kartographie bezeichnet den Prozess der Verdichtung raumbezogener Informationen. Sie tritt auf, da raumbezogene Sachverhalte nicht im Maßstab 1:1 abgebildet werden können. Grundsätzlich ist jede Karte generalisiert.

Allgemeines Ziel der Generalisierung ist es, eine Karte zu schaffen, die so genau und vollständig wie nötig sowie anschaulich und aussagekräftig wie möglich ist.

Zusammenfassend lassen sich die Ursachen der Generalisierung durch folgende Stichpunkte beschreiben:

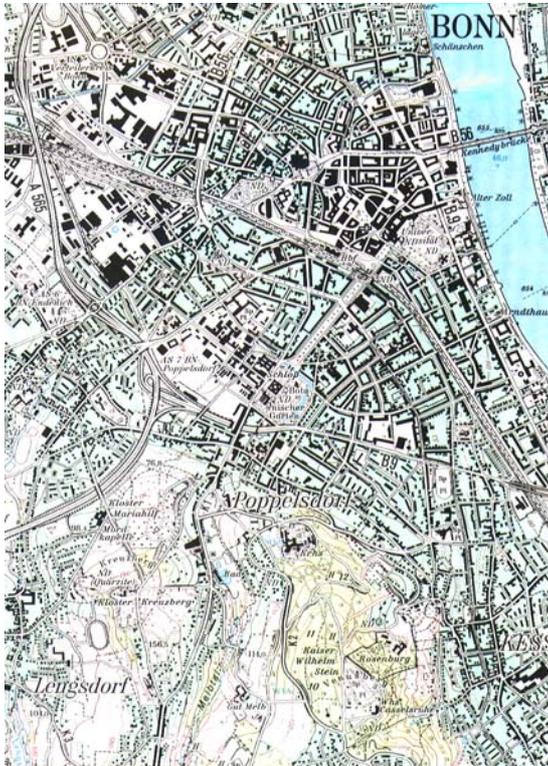
1. Informationsbedarf der Anwendung

linke Abbildung: Routenplanung auf ATKIS-Daten

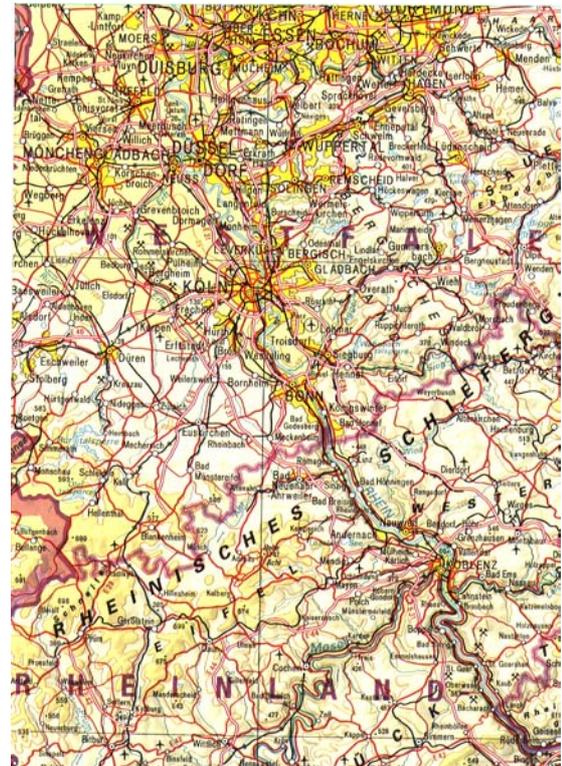
rechte Abbildung: Route and Bridge Map



2. Vergrößerung der betrachtbaren Räume



© Landesvermessungsamt NRW



© Bundesamt für Kartographie und Geodäsie

Die Vergrößerung der betrachtbaren Räume, hier durch eine Verkleinerung des Maßstabs (von 1:25.000 zu 1:1.000.000) bei gleicher Kartenfläche, erfordert die Generalisierung.

3. Verkleinerung des Verhältnisse von Kartenfläche zur Realwelt

Bei Verkleinerung des Verhältnisses der Kartenfläche zur Realwelt bedarf es ebenfalls einer Generalisierung.

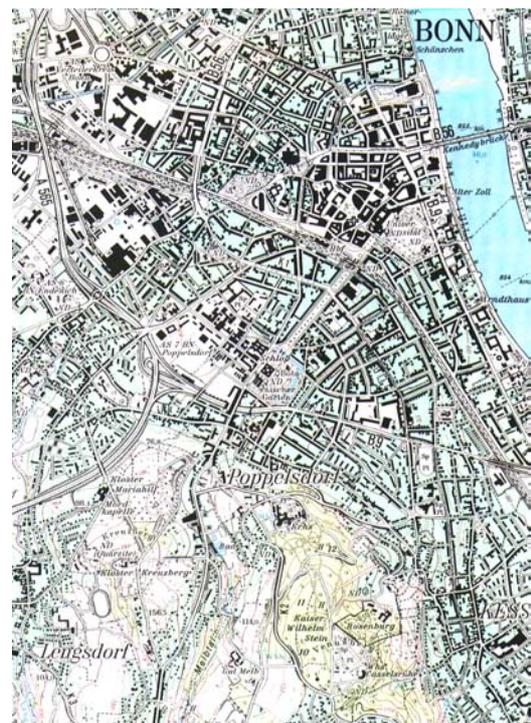
Wird die gleiche Information - ohne Generalisierung - auf 1/16-tel der Fläche dargestellt, ist die Karte nicht mehr lesbar.

linke Abbildung: 1: 100.000

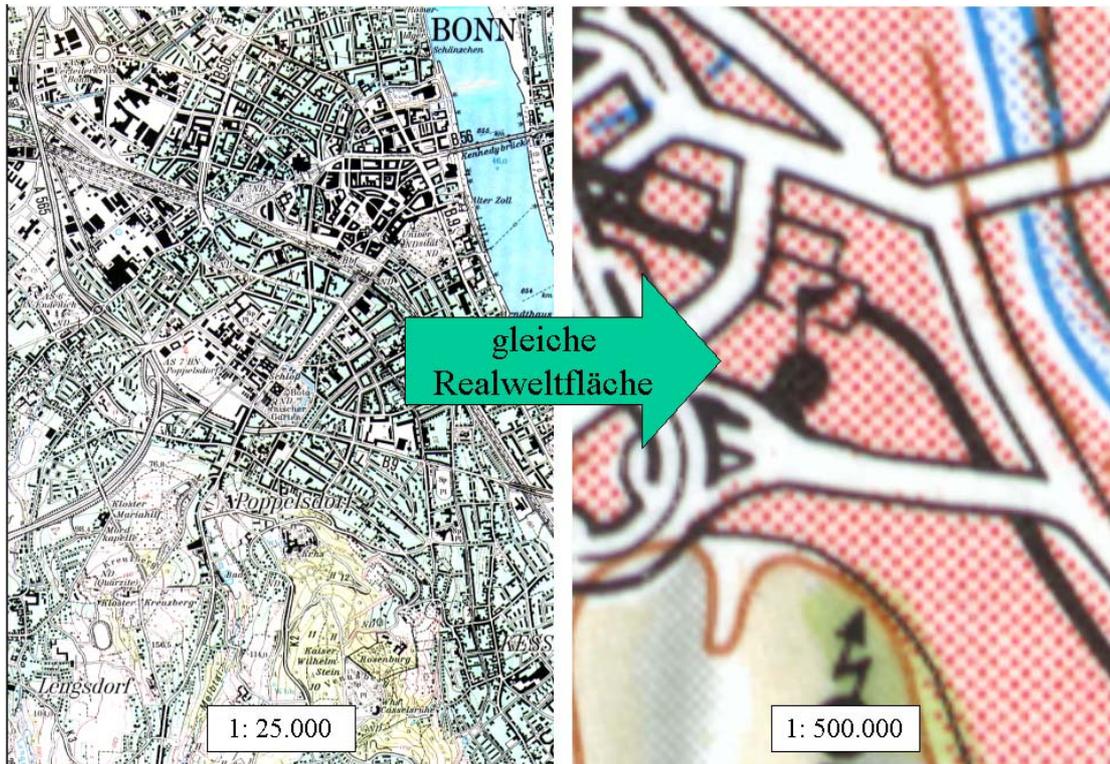
rechte Abbildung: 1: 25.000



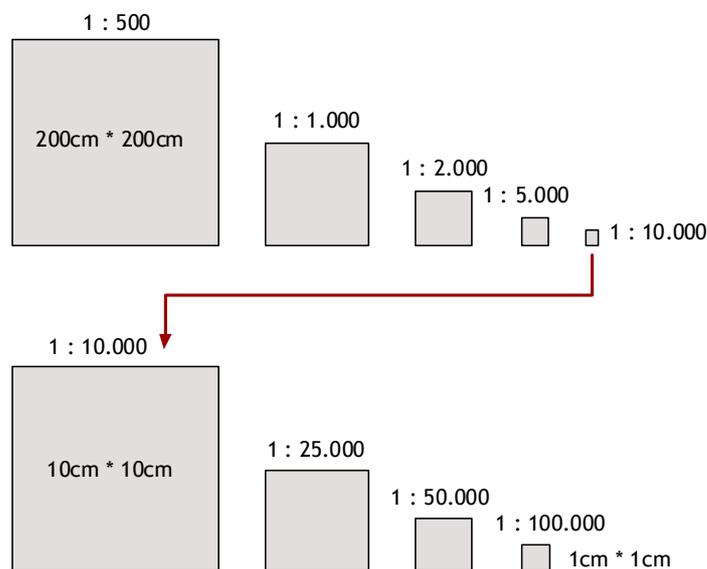
© Landesvermessungsamt NRW



5. Kartographische und Modellgeneralisierung



Verkleinerung des Maßstabs verringert die Geoinformation.



Verkleinerung des Verhältnisses Karte zur Realwelt.

4. Kartographische Mindestgrößen

Minimaldimension:

- ist physiologisch definiert ([s. Lernmodul 10 - Lerneinheit 6: Bildschirmkarten](#))
- ist maßstabsunabhängig
- ist abhängig vom Betrachtungsabstand (Handkarte $\geq 30\text{cm}$, Bildschirm $\geq 60\text{cm}$, Wandkarte $\geq 6\text{m}$)

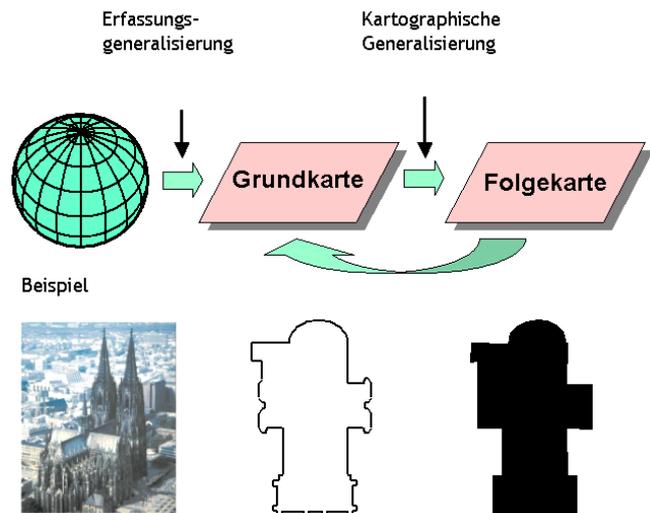
5.1.3 Aufgaben der Generalisierung

Klassische (analoge) Kartographie

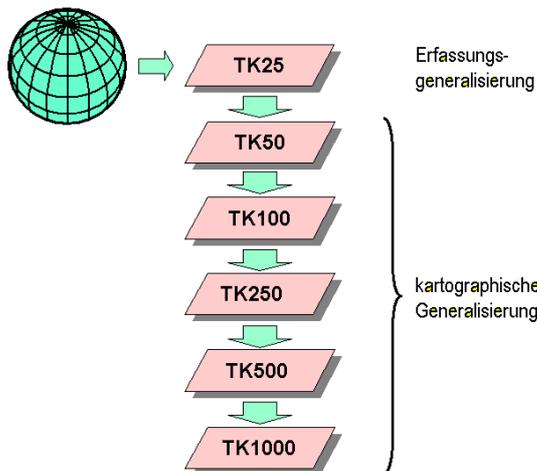
In der konventionellen Kartographie tritt die Generalisierung bei zwei unterschiedlichen Übergängen auf:

- beim Übergang von der Natur zur Karte
- beim Übergang von einer Karte zur Folgekarte

Der erste Übergang beschreibt den Vorgang der **Erfassungsgeneralisierung** (auch **Objektgeneralisierung**). Der Topograph wählt im Angesicht der realen Umwelt die Objekte mit ihren Eigenschaften aus, die der Kartograph zu Erstellung einer Karte benötigt. Die Vermessung der geometrischen Details wird dabei unter Berücksichtigung des Erfassungsmaßstabs eingeschränkt. Durch diesen Vorgang vermeidet er geometrische Generalisierungsmaßnahmen bei der Erstellung der Kartographie.



Arbeitsabläufe in der klassischen Kartographie



Den zweiten Übergang bezeichnet man als **kartographische Generalisierung**. Durch diesen Vorgang wird der Karteninhalt zur Wiedergabe in einer Folgekarte bearbeitet. Fände bei diesem Übergang eine einfache Verkleinerung statt, so würde das Kartenbild zwar annähernd seine Qualität erhalten, nicht aber die Lesbarkeit. Die Graphik würde so klein werden, dass das Auge die dargestellten Objekte nicht mehr erkennen kann.

Moderne (digitale) Kartographie

Aufgabe der digitalen Kartographie ist es, raumbezogene Informationen durch den Einsatz digitaler Technologien schneller, flexibler und vor allem kostengünstiger bereitzustellen, als es bisher durch analoge Techniken möglich war.

z.B. im Amtlichen Topographischen Kartographischen Informations-System - ATKIS.

Digitale Verfahren:

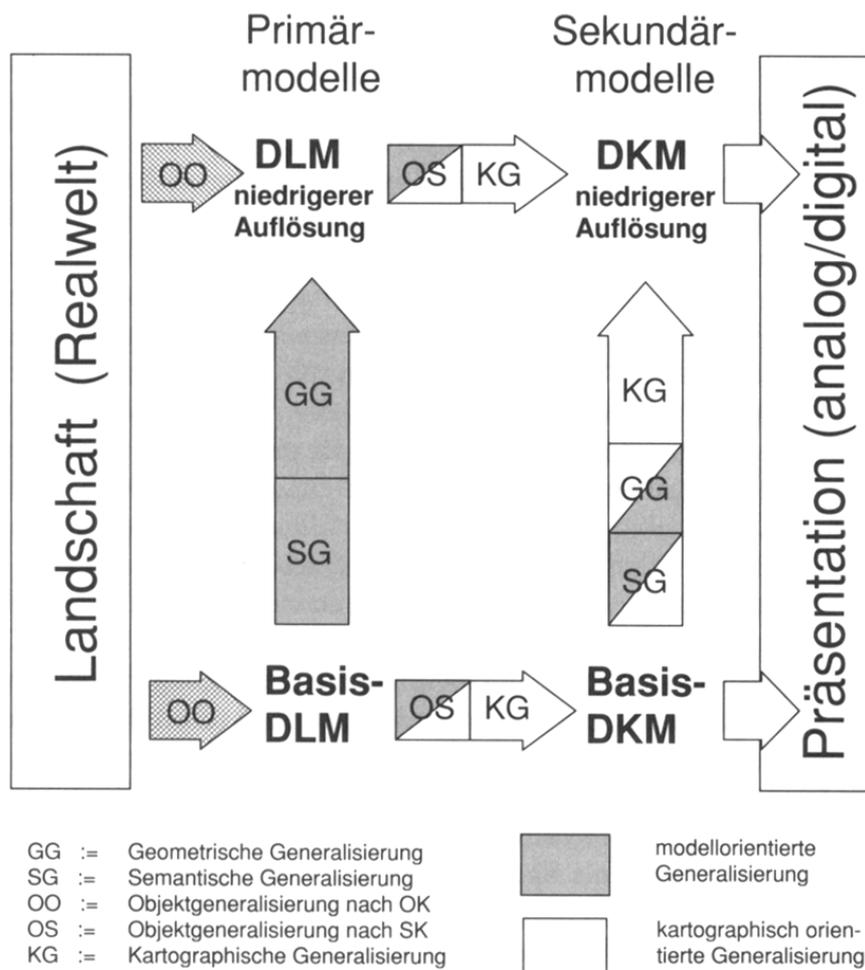
- Erzeugen neue Produkte
- Verursachen geänderte Produktionsabläufe

5.1.4 Generalisierungsarten im digitalen Umfeld

(Dargestellt am Beispiel vom DLM 25 zum DLM 250)

Unter dem Gesichtspunkt der digitalen Generalisierung lässt sich der Abbildungsprozess der Realwelt durch die folgende Abbildung beschreiben. Dabei kann Generalisierung in die dargestellten Generalisierungsprozesse untergliedert werden (vgl. SCHOPPEMEYER 1999):

1. Übergang: Landschaft → Basis-DLM
2. Übergang: Basis-DLM → Basis-DKM
3. Übergang: Basis-DKM → DKM (niedrigerer Auflösung)
4. a) Übergang: Basis-DLM → DLM (niedrigerer Auflösung)
b) Neuerfassung aus Karte niedrigerer Auflösung → DLM (niedrigerer Auflösung)
5. Übergang: DLM (niedrigerer Auflösung) → DKM (niedrigerer Auflösung)



Arten der Generalisierung im digitalen Umfeld [SCHOPPEMEYER 1999]

Von der Landschaft zum Basis-DLM

Bei diesem Übergang werden die Landschaftsobjekte der realen Umwelt mit Hilfe der Erfassungsgeneralisierung in digitale Basis-DLM-Objekte überführt. Dabei stützt sich Umfang und Genauigkeit der Realwelterfassung auf die Vorgaben der themenbedingten Realweltmodellierung. Dabei sollten die Landschaftsobjekte nach den Erfassungskriterien der Modellierung semantisch beschrieben und eine geometrische Festlegung des Raumbezuges, sowie die notwendigen Referenzen zwischen sich überlagernden Objekten gebildet werden.

Der Objektartenkatalog, ATKIS-Basis-Objektartenkatalog, bildet das Regelwerk. Er beschreibt die Einteilung der Landschaftsobjekte in Objektklassen, die Art der geometrischen Modellierung und die zu erfassenden Objektmerkmale.

In der Praxis erfolgt die Erfassung der DLM-Objekte durch Digitalisierung oder Mustererkennung aus bestehenden Basiskarten (DGK 5, TK 10, TK 25) oder auch aus Luftbildern.

Vom Basis-DLM zum Basis-DKM (bzw. zur DTK)

Nach der klassischen Modelltheorie wird das graphik- und maßstabsbezogene Sekundärmodell aus dem Basis-DLM abgeleitet und entspricht damit einem digitalen kartographischen Modell (Basis-DKM) (s. Abb. S. 10). An dieser Stelle sind nach Klassifizierungs- und Auswahlregeln aus den Landschaftsobjekten des DLM spezielle Kartenobjekte zu bilden und graphische Darstellungselemente zuzuweisen. Das ganze erfolgt auf der Grundlage des entsprechenden Signaturenkatalogs (SK). Diesen Übergang bezeichnet man als Objektgeneralisierung nach SK (OS).

Den zweiten Teil des Generalisierungsprozesses bezeichnet man als kartographische Generalisierung (KG) im klassischen Sinne. Dieser Prozess kann bisher nur automationsgestützt bearbeitet werden. Im Anschluss daran, kann mittels einer Zeichenbibliothek ein analoges Kartenbild auf dem Bildschirm oder einem anderen Ausgabegerät erzeugt werden.

Vom Basis DKM zum DKM niedriger Auflösung

Dieser Übergang entspricht dem konventionellen Ableiten von Karten auf digitalem Wege (z.B. DGK 5 → TK 25 → TK 50 → ...) (s. Abb. S. 6). Durch die semantische Generalisierung (SG) werden aus den Basiskartenobjekten die neuen Kartenobjekte durch Klassifizierungs- und Auswahlverfahren abgeleitet. Die Geometrie der zu übernehmenden Kartenobjekte ist entsprechend der Größe des Maßstabsübergangs geometrisch zu generalisieren (GG) und entsprechend der geänderten Signaturierung erneut kartographisch zu generalisieren (KG), um die entstanden Darstellungskonflikte zu lösen.

Problem ist das zwischen DLM niedriger Auflösung und DKM niedriger Auflösung keine Verbindung besteht, so dass die attributiven Fachinformationen mit den dargestellten Kartenobjekten noch zu verbinden sind. Aus diesem Grunde scheint eine Realisierung für die Praxis weniger interessant. Ebenso könnte man aus dem Basis-DLM ein DLM niedriger Auflösung ableiten um daraus ein DKM niedriger Auflösung zu erzeugen.

Übergang von Basis-DLM zum DLM niedriger Auflösung oder Neuerfassung

Für die Ableitung eines DLM niedriger Auflösung, unter der Voraussetzung dem kleineren Maßstabbereich angepassten geringeren semantischen Differenzierung und geometrischen Auflösung, existieren zwei Möglichkeiten:

- Neuerfassung des DLM niedriger Auflösung oder
- Ableitung des Ziel-DLM aus einem Basis-DLM

Derzeit erfolgt die Aufstellung der DLM niedriger Auflösung (z.B. DLM 250) über den Weg der Neuerfassung des DLM entsprechend den Vorgaben der Modellierungsregeln des ATKIS-OK. Dabei kann die Erfassung der Geometrie nur auf der Basis von Graphiken bereits generalisier-

ter analoger Karten mit entsprechender Auflösung erfolgen. Der Vorteil besteht darin, dass für die kartographische Ausgabe des Datenbestandes keine weiteren Generalisierungsprobleme entstehen, allerdings auf Kosten der Lagegenauigkeit der DLM-Objekte. Das Problem dieser Ableitung ist, dass die Fachinformationen, die auf der Geometrie des Basis-DLM gründen, kaum oder nur sehr umständlich mit den DLM-Objekten niedriger Auflösung referenziert werden können.

Daher scheint der zweite Ansatz effizienter, der auch als Modellgeneralisierung im engeren Sinne bezeichnet wird. Hier wird das Ziel-DLM niedriger Auflösung direkt aus einem Basis-DLM abgeleitet. Voraussetzung ist die durchgängige Modellierung in den Objektartenkatalogen beider Modelle, so dass die Ableitung widerspruchsfrei erfolgt.

Die Modellgeneralisierung setzt sich aus den Schritten der semantischen Generalisierung (SG) und der geometrischen Generalisierung (GG) zusammen. Die semantische Generalisierung umfasst die Veränderungen der inhaltlichen Objektfestlegung und -beschreibung mit dem Ziel einer Reduzierung der detailreichen Landschaftsbeschreibung. Bei der geometrischen Generalisierung ist der Raumbezug an die geometrischen Genauigkeitsanforderungen des Ziel-Modells anzupassen. Das können zum einen Veränderungen in der geometrischen Modellierung, wie Geometrietypwechsel, oder Anpassungen der Geometrie an den entsprechenden Maßstabsbereich sein.

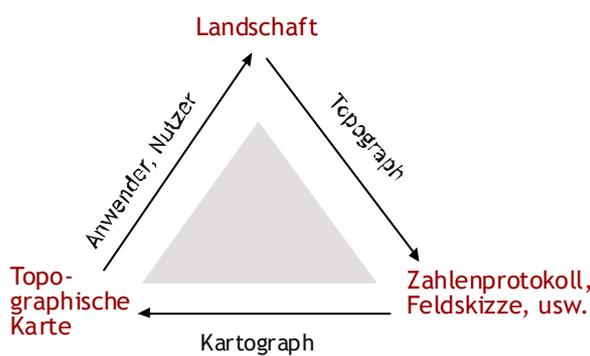
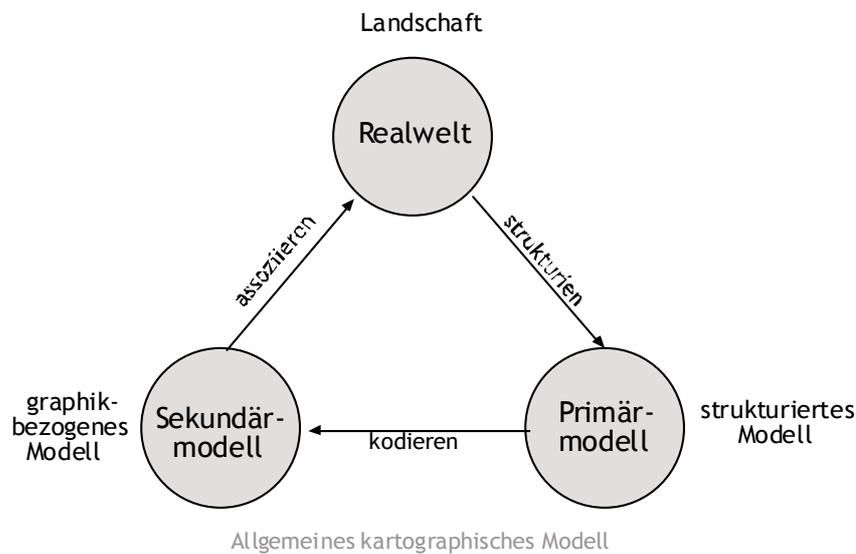
Übergang von DLM niedriger Auflösung zum DKM niedriger Auflösung

Dieser Übergang entspricht von der Modellierung der Generalisierung weitgehend dem Übergang vom Basis-DLM zum Basis-DKM.

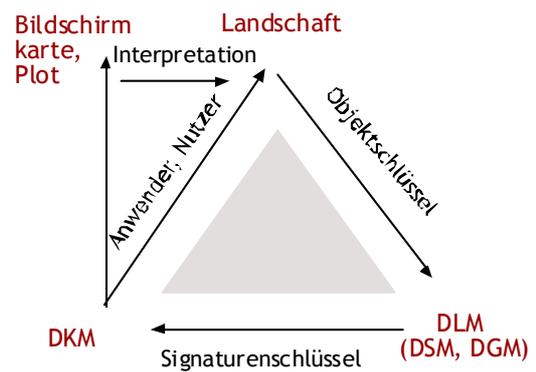
5.2 Kartographische Modelltheorie

5.2.1 Kartographische Modelle

Die Kartographie hat sich in der Gesellschaft durch die Bereitstellung von Karten als Kommunikationsmittel über räumliche Sachverhalte etabliert. Ihre Aufgabe besteht darin, mit verschiedenen digitalen und analogen Produkten dem Nutzer ein Instrumentarium zu geben, mit dem er sich eine Vorstellung über die Realwelt machen kann (vgl. SCHÜRER, 2002).



Allgemeines kartographisches Modell am Beispiel **Topographische Karte**



Allgemeines kartographisches Modell am Beispiel **ATKIS-Modellierung**

Kartographische Modelltheorie

Unter dem Original versteht man die Realwelt bzw. die Wirklichkeit die alle Ausgangsdaten liefert. Dieses Original wird durch die Strukturierung des Raumes nach topographischen Objekten und deren Attributen und einer geometrischen Vereinfachung, in ein Topographisches Landschaftsmodell (Primärmodell) überführt. Das Primärmodell repräsentiert die Landschaftsobjekte des Originals völlig unabhängig von deren graphischer Visualisierung. Dem Kartographen obliegt nun die Aufgabe, durch die Bildung von Kartenobjekten aus den Landschaftsobjekten und deren Signaturierung eine analoge oder digitale Darstellung zu erzeugen. Das so entstandene Sekundärmodell dient dem Betrachter als Grundlage zur räumlichen Vermittlung des Originals (analoger Fall - Sekundärmodell entspricht einer Karte). Im digitalen Fall entspricht das Sekundärmodell einem Datenbestand der noch geplottet oder visualisiert werden muss (s. Abb. S.10).

Zur Erinnerung:

Das **Primärmodell** ist das Ergebnis der Erfassung der räumlichen realen Strukturen durch eine Fachkraft. Das **Sekundärmodell** entsteht aus der Umsetzung des Primärmodells in ein Darstellungsmodell (Karte) durch den Kartographen. Das **Tertiärmodell** entspricht einem Vorstellungsmodell seitens des Betrachters durch Auswertung des Sekundärmodells. (s. Lernmodul 10 - Lerneinheit 1: Kartographische Zeichentheorie - 1.3 Kartographische Kommunikation)

Zusammenfassung „Kartographische Modelle“:

Zur Abstraktion der Realwelt werden Modelle eingesetzt.

Unterscheidung der Modelle nach Eigenschaften:

- Art der Speicherung: analog - digital
- Art der Repräsentation: topographisch - kartographisch
- Art des Abstraktionsgrades: niedriger - hoher Abstraktionsgrad
- Art der Entstehung: Original, Primär-, Sekundär-, Tertiärmodell

Folgende Modelle werden derzeit in der topographischen Kartographie unterschieden:

- Digitale Landschaftsmodelle (DLM)
- Digitale Kartographische Modelle (DKM = DSM + DHM)
- Digitales Situationsmodell (DSM)
- Digitales Höhenmodell (DHM)
- Digitale Topographische Karte (DTK)
- Analoge Topographische Karte (TK)

5.2.2 Digitale Modelle

In der digitalen Kartographie werden die Primärmodelle durch die digitalen Landschaftsmodelle (DLM), die sich aus digitalen Situationsmodellen (DSM) und digitalen Geländemodellen (DGM) zusammensetzen, gebildet. Die Sekundärmodelle werden durch die digitalen kartographischen Modelle (DKM) beschrieben.

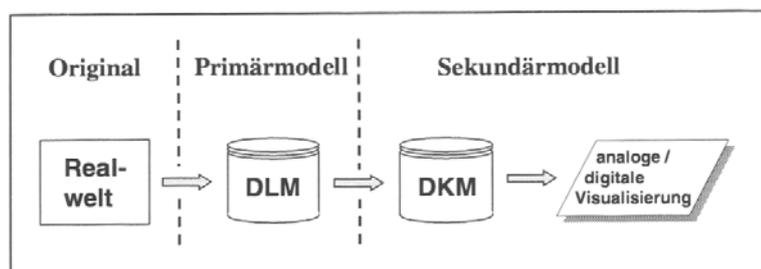


Abbildung 1: Produkte und Arbeitsablauf der digitalen Kartographie

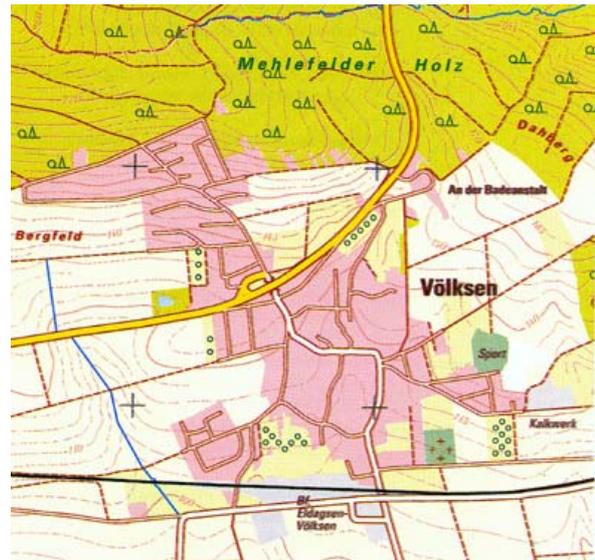
Die Daten des DKM sind bereits für die kartographische Darstellung aufbereitet; sie liegen kartographisch generalisiert vor. Im Gegensatz dazu werden die DLM-Daten objektorientiert (nicht im Sinne der Informatik!) und maßstabsbereichsangepaßt vorgehalten. Aus den Datensätzen des DKM kann direkt eine analoge oder auch digitale kartographische Darstellung der Realwelt generiert werden, deren Visualisierung mit einem klassischen kartographischen Produkt durchaus vergleichbar ist.

Digitale Topographische Karte - DTK

- kartographisch orientiert
- maßstäblich
- Rasterdaten
- Ausgabe auf Bildschirmen, Plottern, ...

Digitales Landschaftsmodell - DLM

- Beschreibung Klassen und Attribute
- maßstabsbereichabhängig
- Vektordaten
- Datenbank (File)
- zweckgerichtet Auflösung
- z.B. ATKIS-Basis-DLM



```

Objek 300001 2 3101
Oname 8 NuBallee
Attri 2051 57400000 2052 61899000
Attri 8 WID@1307
Attri 5 BRO@6
E1Obj 100001 2
Gfunk 1073101
Gelem 0 57400000 61899000
Gelem 11 57402537 61895456
Gelem 11 57404589 61891034
  
```

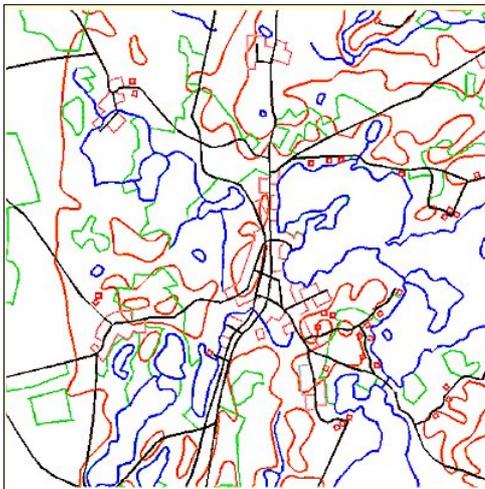
Digitales Kartographisches Modell - DKM

- Beschreibung bildhaft über Signaturen
- maßstabsbezogen
- Vektordaten
- Datenbank
- Signatur über Symbolbibliothek
- nur implizit in DLM (neues ATKIS Konzept)

```

Objek 300001 2 301
Oname 8 NuBallee
Signa 3021 ← Signaturteilnummer ⇒
E1Obj 100001 2
Gfunk 1073101
Gelem 0 57400000 61899000
Gelem 11 57402537 61895456
Gelem 11 57404589 61891034
  
```





Visualisierung des DLM



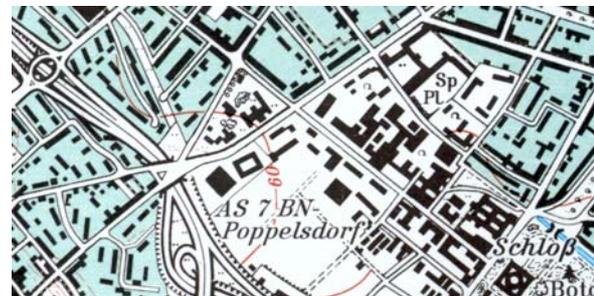
Signaturierung des DKM

5.2.3 Analoge Modelle

Die analogen Landschaftsmodelle (Primärmodelle) der herkömmlichen Kartographie bestehen aus den Messprotokollen, Feldbüchern und -skizzen der topographischen Landesaufnahme. Die Überführung dieser Geoinformationen in das Sekundärmodell übernimmt der Kartograph. Zur graphischen Darstellung dieser Daten nutzt er die Regelwerke wie Zeichenvorschriften und Musterblätter sowie seinen Erfahrungsschatz (intuitives Handeln) bei der Generalisierung.

Topographische Karte - TK

- kartographisch orientiert
- Ausgabe auf Papier
- maßstäblich



5.3 Objektgeneralisierung

5.3.1 Objektgeneralisierung nach OK (Objektartenkatalog)

Das AKTIS-DLM (Primärmodell) ist ein Beispiel für eine Realweltmodellierung aus topographisch-orientierten Daten. Die Regeln der Realweltmodellierung für Landschaftsobjekte sind im ATKIS-Objektartenkatalog (OK) definiert. Der OK existiert in unterschiedlichen Strukturierungsgraden.

Der ATKIS-OK gliedert sich in einen allgemeinen und einen speziellen Teil. Der **allgemeine Teil** befasst sich mit dem zugrundeliegenden Datenmodell, den Objektdefinitionen, Regeln zur Bildung von Objekten und Objektteilen, Modellgenauigkeit, Referenzierung u.a. Der **spezielle Teil** des OK beschreibt die verschiedenen Objektarten mit ihren Attributen und Relationen zu Objektbereichen und Objektgruppen. Der ATKIS-OK gliedert die Realwelt im wesentlichen nach topographischen Gesichtspunkten. Die **Luftbildaufnahme** zeigt die Einteilung der Realwelt in Landschaftsobjekte basierend auf dem Regelwerk des AKTIS-OK.

5. Kartographische und Modellgeneralisierung

Ziel: Aufstellung eines DLM

- Erfordert eine semantisch und geometrisch widerspruchsfreie Erfassungsgeneralisierung
- Realwelt wird:
 - strukturiert (semantisch)
 - vereinfacht (geometrisch)
- Vorarbeiten:
 - Landschaftsobjekte sind durch Objektklassen zu beschreiben
 - Attribute und Relationen sind festzulegen
 - Art der geometrischen Modellierung ist festzulegen
 - Regeln für die Objektbildung sind festzulegen
 - Erfassung der Realweltobjekte
 - Zuordnung zu den Objektklassen



Beispiel eines Auszugs aus einem Objektartenkatalog - OK (Regelwerk DLM)

* ATKIS-Objektartenkatalog (ATKIS-OK) Seite Blatt Stand			
* Teil D1: ATKIS-OK 25 35.7 1 (2) 01.10.1997			
Nr.	Objektbereich	Nr.	Objektgruppe Anlagen und Bauwerke
* 3000	VERKEHR	3500	für Verkehr, Transport und Kommunikation
Nr.	Objektart	Nr.	
* 3514	Brücke, Überführung, Unterführung	3514	
* Allgemeine Angaben zur Objektart			
* Definition:			
* Bauwerk zum Zweck der Überführung eines Verkehrsweges über einen anderen Verkehrsweg oder über ein Gewässer oder über tieferliegendes Gelände.			
* Erfassungskriterium:			
* Vollständige Erfassung im Verlauf des Verkehrsweges und Gewässernetzes.			
* Objekttyp:			
* - linienförmig			
* - flächenförmig			
* Anmerkung:			
* Die Richtung der linienförmig zu modellierenden Brücke kann auch durch das unterführte Objekt vorgegeben werden.			
* Besondere Objekt- und Objektteilbildungsregeln:			
* keine			

Name			
GN	Geographischer Name		
----	Eigennamen		
ZN	Zweitnamen		

KN	Kurzbezeichnung		

Attribute der Kategorie 1			
BR0	Breite des Objekts		
----	tatsächlicher Wert in m		
HH0	Objekthöhe		
----	tatsächlicher Wert in m		
KOM	Bauart, Konstruktionsmerkmal		
1900	mehrstöckige Brücke		
1901	Drehbrücke		
1902	Bogenbrücke		
1903	Hebebrücke		
1904	Hängebrücke		
1905	Fachwerkbrücke		
1906	Pontonbrücke		

ATKIS-OK25 Modellierungsbeispiel [AdV, 1998]

* ATKIS-Objektartenkatalog (ATKIS-OK) Seite Blatt Stand			
* Teil D1: ATKIS-OK 25 35.7 2 (2) 01.10.1997			
Nr.	Objektbereich	Nr.	Objektgruppe Anlagen und Bauwerke
* 3000	VERKEHR	3500	für Verkehr, Transport und Kommunikation
Nr.	Objektart	Nr.	
* 3514	Brücke, Überführung, Unterführung	3514	
*			
* noch KOM Bauart, Konstruktionsmerkmal			
1907	Zugbrücke		
1908	Steg		
1909	Hochbahn, Hochstraße		
9999	sonstige		
* OIM Oberflächenmaterial (Baumaterial)			
2600	Mauerwerk		
2700	Beton		
3001	Eisen, Stahl		
5000	Holz		
9999	sonstiges		
* TRF Tragfähigkeit			
----	tatsächlicher Wert in t		
* ZUS Zustand			
1100	in Betrieb		
1200	außer Betrieb, stillgelegt		
1300	im Bau		
1700	verfallen, zerstört ('Ruine')		

Attribute der Kategorie 2			
DHO	Durchfahrts Höhe oben		
----	tatsächlicher Wert in m		
DRU	Durchfahrts Höhe		
----	tatsächlicher Wert in m		

* Referenzen			
* Objektteil oben:			
* 'Straße', 'Weg', 'Platz', 'Straßenkörper', 'Schienenbahn', 'Bahnkörper', 'Bahnhofsanlage', 'Strom, Fluß, Bach', 'Kanal (Schiffahrt)', 'Graben, Kanal (Wasserwirtschaft)'			
*			
* Objektteil unten:			
* 'Straße', 'Weg', 'Platz', 'Straßenkörper', 'Schienenbahn', 'Bahnkörper', 'Bahnhofsanlage', 'Strom, Fluß, Bach', 'Kanal (Schiffahrt)', 'Graben, Kanal (Wasserwirtschaft)', 'Binnensee, Stausee, Teich'			

5.3.2 Objektgeneralisierung nach SK (Signaturenkatalog)

Die digitalen Kartographischen Modelle DKM (Sekundärmodell) beinhalten eine graphisch ko-dierte Beschreibung der Realwelt durch die Verschlüsselung der Kartenobjekte mit Signaturen. Die DKM sind für die signaturierte Darstellung aufbereitet und liegen entsprechend maß-stabsgebunden vor.

- Ziel: Aufstellung eines DKM aus DLM
- Umwandlung von DLM-Objekten in DKM-Objekte
- Objektgeneralisierung nach SK führt zu einem Zwischenergebnis (Roh-DKM)
- Generalisierungsschritte
 - Klassifizieren bzw. Typisieren sowie Auswahl und Wegfall von Objekten
 - Bildung von Kartenobjekten
 - Zuweisung der graphischen Darstellungselemente (Signaturteilnummer aus dem SK)

Beispiel eines Auszugs aus einem Signaturenkatalog - SK (Regelwerk für DKM)

ATKIS-Signaturenkatalog (ATKIS-SK)			Stand
Teil DL: ATKIS-OK 25			01.09.1989
Nr. Objektbereich	Nr. Objektgruppe	Nr. der Objektart	
5000 GEWÄSSER	5100 Wasserflächen	5105	
Nr. Kartenobjektart			
514 Große Quelle			
Verknüpfung zum Objektartenkatalog			
Nr. Objektart	Attribute	Name	
5105	Quelle		
Auswahl- bzw. Zusammenfassungskriterien : Wasserspiegelfläche über 225 m ²			
Verdrängungspriorität : -		Kartenobjekttyp : F	
Signaturteile			
Nummer	Typ	Bezeichnung	Darst.-priorität
Kartenobjektgeometrie :			
5141	F	Flächenrand	--
Darstellungsgeometrie : --			
Schriftsatz :			
5142	T	Qu (9019)	Qu blau 9
Signatur			
Signaturverwendungsregeln :			
Die Kartenobjektart wird geometrisch als Wasserloch, Pfuhl, Tümpel oder Teich dargestellt.			
Der Schriftsatz "Qu" beginnt rechts vom Objekt im Abstand von ca. 1,0 mm ost-westorientiert.			

ATKIS-Signaturenkatalog (ATKIS-SK)			Stand
Teil DL: ATKIS-OK 25			01.09.1989
Nr. Objektbereich	Nr. Objektgruppe	Nr. der Objektart	
5000 GEWÄSSER	5100 Wasserflächen	5105	
Nr. Kartenobjektart			
515 Kleine Quelle			
Verknüpfung zum Objektartenkatalog			
Nr. Objektart	Attribute	Name	
5105	Quelle		
Auswahl- bzw. Zusammenfassungskriterien : Wasserspiegelfläche < 225 m ²			
Verdrängungspriorität : 7/9		Kartenobjekttyp : P	
Signaturteile			
Nummer	Typ	Bezeichnung	Darst.-priorität
Kartenobjektgeometrie :			
5151	P	Punktform	(0,5mm) blau 6
Darstellungsgeometrie : --			
Schriftsatz :			
5152	T	Qu (9010)	Qu blau 9
Signatur			
Signaturverwendungsregeln :			
Der Schriftsatz "Qu" beginnt rechts vom Objekt im Abstand von ca. 1,0 mm ost-westorientiert.			
Der Ausfluß der Quelle ist talwärts zu richten.			

5.4 Kartographische Generalisierung

Die kartographische Generalisierung umfasst die Generalisierung im klassischen Sinne. Ihre Aufgabe liegt in der Beseitigung von Darstellungskonflikten, die aus Mindestgrößen und der Signaturierung der Objektarten resultieren.

„Kartographisches Generalisieren setzt die Kenntnis des Wesens und der Funktion der Karte voraus. Es stellt sich somit die Frage nach der Aufgabe der Karte, nach dem Umfang ihres Informationsgehaltes sowie nach den Forderungen des Kartenbenützers an die Aussagekraft eines für einen bestimmten Zweck erwünschten Kartentyps.“ [Arbeitsgruppe „Kartographische Generalisierung“ der SGK - (Schweizer Gesellschaft für Kartographie), 1975]

5.4.1 Art der Information

Die Generalisierung der Objektinformation (s. Abschnitt 5.1.3 „Generalisierungsarten“) lässt sich unter dem Aspekt der kartographischen Generalisierung durch folgende Beispiele beschreiben.

Semantische Generalisierung

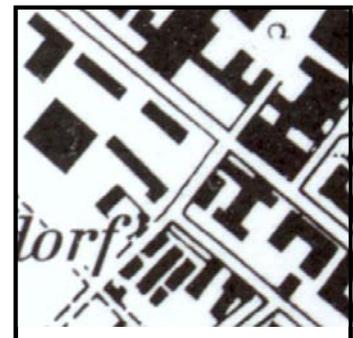
Generalisierung substantieller Merkmale, d.h. beschreibende Informationen werden ausgewählt und weggelassen.

Beispiele semantischer Generalisierung

- DGK 5 (Deutsche Grundkarte, Maßstab 1:5.000): Trennung nach Wohn- und Wirtschaftsgebäuden
- TK25 (Topographische Karte, Maßstab 1:25000): Häuser allgemein



DGK 5



TK25

- TK100: Grundkarte: Einzeldarstellung
- JOG 250: Folgekarte: bebautes Gebiet



TK100



JOG250

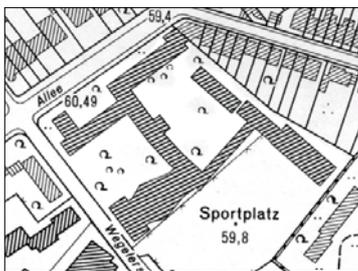
Geometrische Generalisierung

Generalisierung des räumlichen Bezuges.

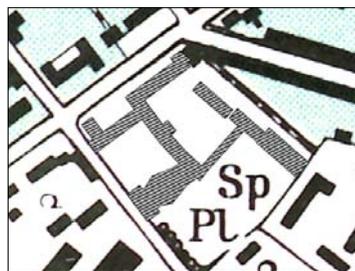
Beispiele geometrischer Generalisierung

Ein Objekt kann nicht mehr mit allen Feinheiten dargestellt werden (z.B. Gymnasium)

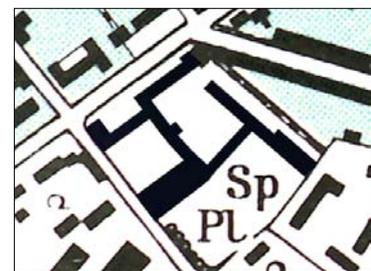
- Platzmangel
- Minimaldimension
- Geometrietypwechsel
- Übergang von Grundrissdarstellung zur Signatur



DKG 5 (Original)



Zwischenergebnis (vor geometrischer Generalisierung)



TK 25 (Folgekarte)

5.4.2 Objektbezogene elementare Vorgänge der Generalisierung

Bei der Generalisierung treten in jeweils unterschiedlicher Gewichtung die folgenden elementaren Generalisierungsvorgänge auf (nach HAKE): Vereinfachen - Vergrößern - Verdrängen - Zusammenfassen - Auswählen - Klassifizieren - Bewerten.

Diese sieben elementare Generalisierungsvorgänge lassen sich in zwei Gruppen gliedern .

rein geometrische G.:

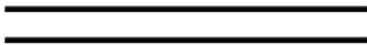
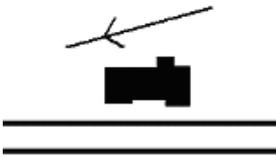
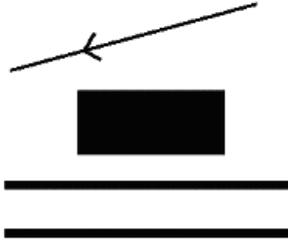
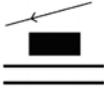
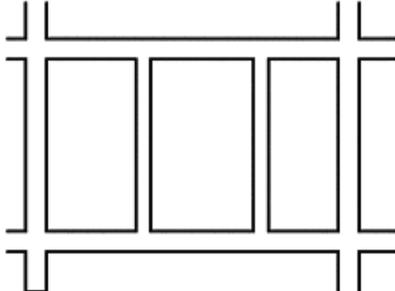
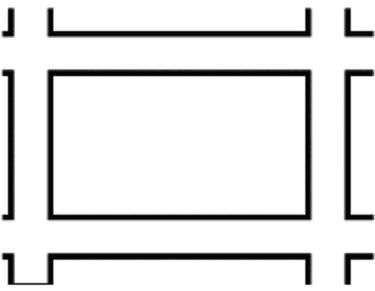
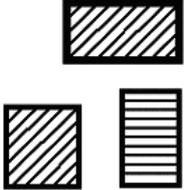
- Vereinfachen (Untermenge: Glätten)
- Vergrößern (Untermenge: Verbreitern)
- Verdrängen

geometrisch - begriffliche G.:

- Zusammenfassen, Aggregieren
- Auswählen bzw. Weglassen
- Klassifizieren bzw. Typisieren
- Bewerten bzw. Betonen

Merkmal	Elementarer Vorgang Bezeichnung Teilbereiche/(Engl. Begriff)	Darstellung		
		Ausgangskarte im Ausgangsmaßstab 1:m	Folgekarte im Ausgangsmaßstab 1:m	Folgekarte im Folgemaßstab 1:4m
Geometrisch				
1	Vereinfachen (Simplification) Teilbereich: Glätten (Smoothing)			
2	Vergrößern Hauptfall: Verbreitern			
3	Verdrängen (Folge von Nr. 2)			
Sachlich mit geometrischer Wirkung				
4	Zusammenfassen (Aggregation)			
5	Auswählen (Selection) (Erhalten oder Fortlassen)			
6	Klassifizieren (Classification) Teilbereich: Heraufstufen			
	Teilbereich: Signaturieren (Typisieren)			
7	Bewerten (Exaggeration) (Betonen oder Mindern)			

5. Kartographische und Modellgeneralisierung

	Alte Karte	Neue Karte (Vergrößerung)	Neue Karte
Vereinfachen			
Vergrößern			
Verdrängen			
Zusammenfassen			
Auswählen bzw. Weglassen			
Klassifizieren oder Typisieren			
Bewerten bzw. Betonen			

Die Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Generalisierungsschritten verlangen Analysen der aktuellen Situation und Entwicklung/Anwendung einer auf diesen Fall abgestimmten Strategie.

Für die automatische Generalisierung ergeben sich daraus folgende Schlussfolgerungen:

- nicht jeder Einzelfall ist reglementierbar
- ganzheitlicher Ansatz zur Generalisierung; Konzept fehlt zur Zeit noch
- derzeit können nur einzelne Teilschritte über Algorithmen beschrieben und automatisch gelöst werden
- Sonderfälle müssen manuell interaktiv bearbeitet werden

5.4.3 Methoden der Generalisierung

Die Anwendung der elementaren Teilvorgänge der Generalisierung (s. 5.4.2 „Elementare Generalisierungsvorgänge“) führen zu zwei typischen Arbeitsweisen:

- regelhafte Generalisierung
- intuitive Generalisierung

Das **regelhafte Generalisieren** dient dem Ziel der einheitlichen Kartengestaltung. Die Regeln leiten sich aus der manuellen Tätigkeit des Kartographen ab. Es existieren zwei Arten von Regeln:

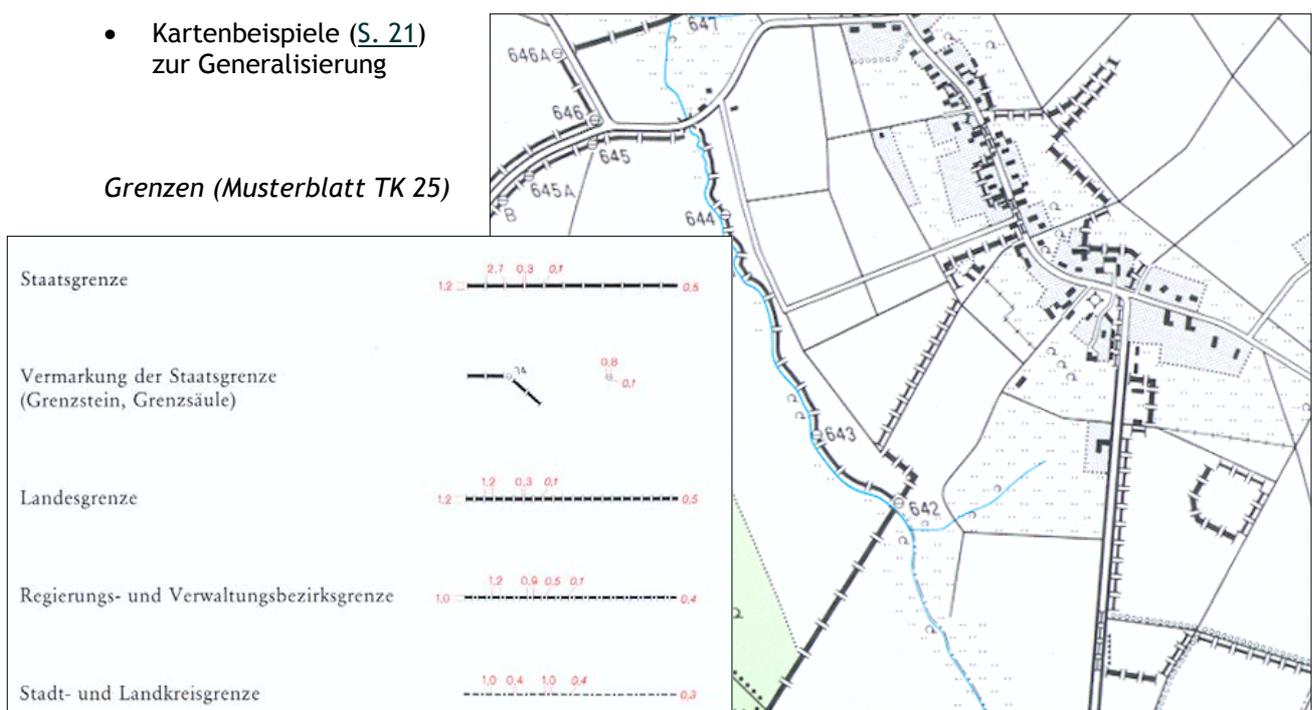
- Generalisierungsvorschriften
- Empirische Methoden

Die **Generalisierungsvorschriften** sollen die einheitliche Gestaltung der Kartenwerke (z.B. Zeichenvorschrift, Musterblätter) gewährleisten. Sie enthalten Vorgaben zum Karteninhalt, Kartennetz und graphischer Gestaltung (geometrischer, semantischer und temporaler Art).

Die **Musterblätter der Topographischen Karten** (hier am Beispiel der TK 25) enthalten bspw. Angaben zu:

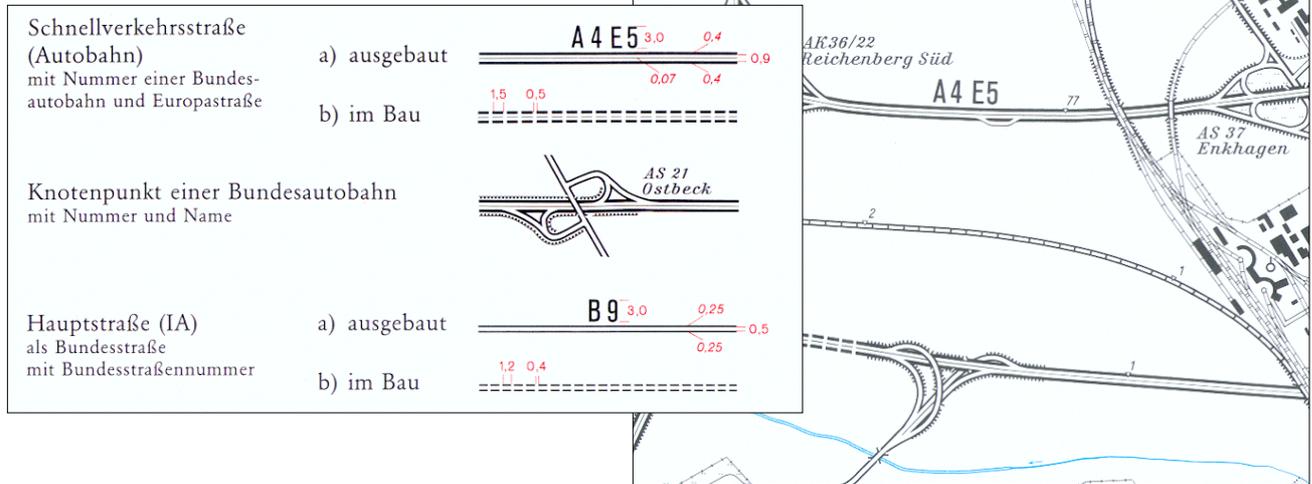
- Geodätischen Grundlagen, Abbildungen, Blatteinteilungen und Nummerierung, Kartenzeichen für Grenzen (S. 19), Wohnplätze, Verkehrsnetz (S. 20), Gewässer, Topographische Einzelzeichen, Vegetation (S. 20), Bodenbewachsung, Geländeform
- Schrift (S. 21)
- Kartenrahmen
- Kartenbeispiele (S. 21) zur Generalisierung

Grenzen (Musterblatt TK 25)

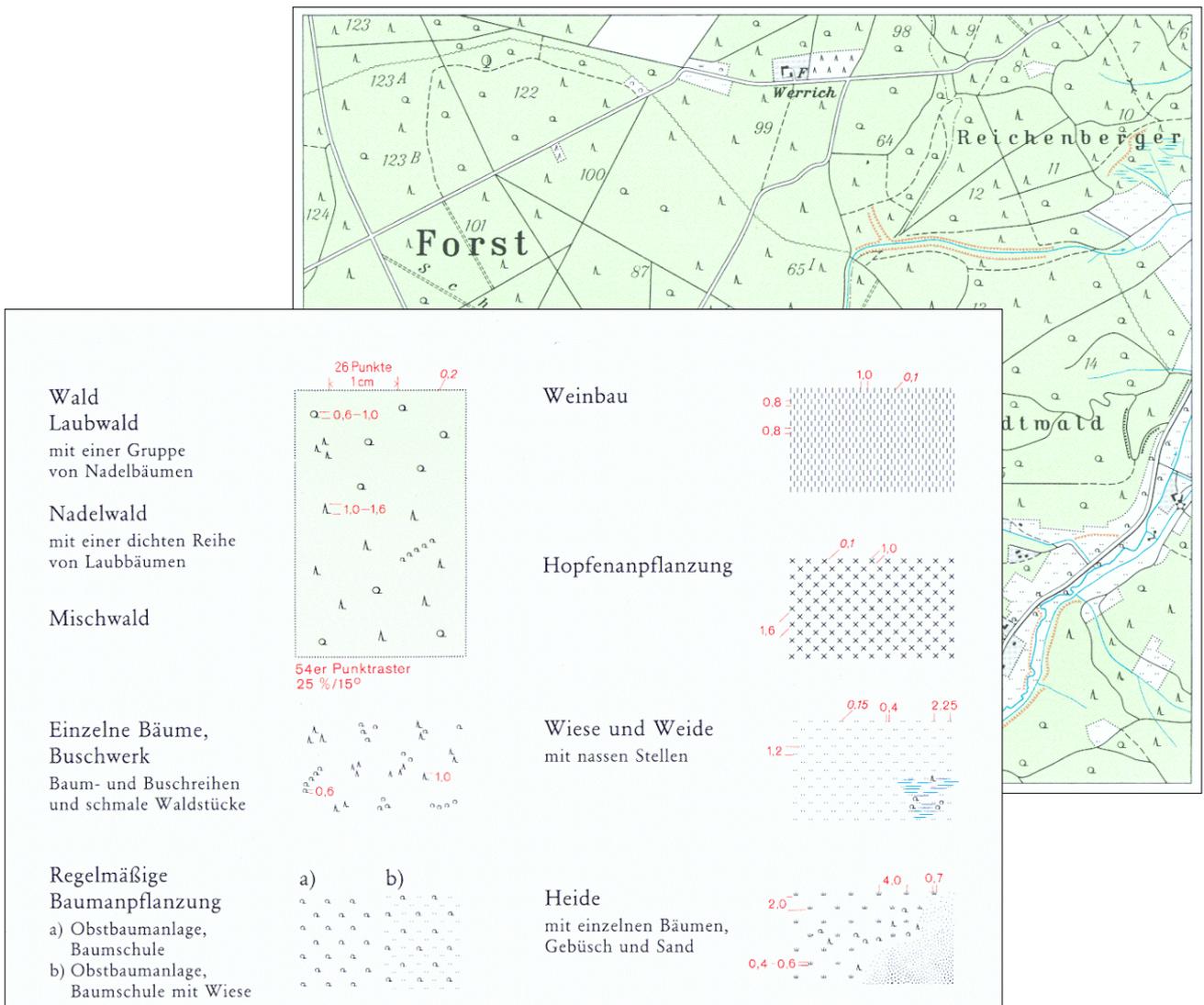


5. Kartographische und Modellgeneralisierung

Verkehrsnetz (Musterblatt TK 25)



Vegetation (Musterblatt TK 25)



Die **empirischen Regeln** werden durch die Analyse von generalisierten Karten ermittelt. Einer der ersten Ansätze, solche Regeln in mathematische Formeln zu fassen, ist das **Töpfersche-Wurzel-Gesetz**.

$$n_F = n_A \cdot \sqrt{\frac{m_A}{m_F}}$$

n_A = Anzahl der Objekte der Ausgangskarte

n_F = Anzahl der Objekte der Folgekarte

m_A = Maßstabszahl der Ausgangskarte

m_F = Maßstabszahl der Folgekarte

Diese Formel findet Verwendung bei der Generalisierung von Kartenobjekten in topographischer Karten großen und mittleren Maßstabs.

Die Zeichenvorschriften beruhen ebenfalls auf empirisch ermittelt und bewährten Regeln.

Intuitives Generalisieren ist an das Können des Bearbeiters gebunden und tritt mit kleiner werdenden Maßstab immer stärker auf, wenn die Richtigkeit einer Darstellung zu Gunsten der Lesbarkeit soweit einzuschränken ist, dass eine Gruppierung von gleichwertigen Objekten nur noch durch ein Objekt wiedergegeben wird, das keinen Rückschluss auf die Originalsituation zulässt (z.B. Häuser, Flussschleifen).

Aber! ... trotz subjektiver Entscheidung bestehen auch bei dieser Methode Regelmäßigkeiten, die aber sehr schwer zu formalisieren sind und immer von der örtlichen Generalisierungssituation beeinflusst werden.

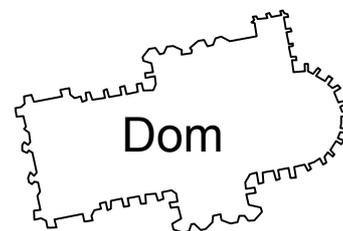
5.4.4 Lagemerkmale

Durch die Bildung von Objekten als Abbilder der Wirklichkeit treten insbesondere Einschränkungen bezüglich der geometrischen Richtigkeit zugunsten der Lesbarkeit auf. Das bedeutet: Die Generalisierung (Vereinfachung, Verdrängung, Zusammenfassung, usw.) führt zu einer mehr oder weniger exakten Lage der Signaturen innerhalb der Kartengraphik.

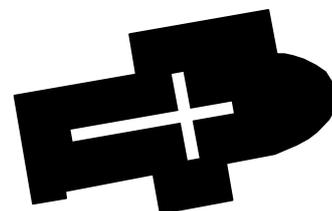
Die Lagemerkmale lassen sich durch vier verschiedene Darstellungsweisen beschreiben:

- Grundrisstreue Darstellung
- Grundrissähnliche Darstellung
- Lagetreue
- Raumtreue

Die **grundrisstreue Darstellung**, oft auch als maßstabstreue bezeichnet, findet Anwendung in Karten großen Maßstabs. Diskrete Flächen werden durch ihre Begrenzungskontur (z.B. Gebäude, Flurstücke) und Kontinua (z.B. Höhenlinien) durch Isolinien exakt wiedergegeben. Die Genauigkeit der Kartendarstellung bestimmt sich durch Datenqualität, Herstellungsverfahren und Kartenmaßstab.

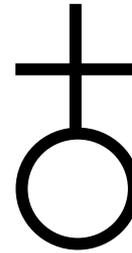


Die **grundrissähnliche Darstellung** ist vorwiegend bei Karten mittleren Maßstabs anzutreffen. Linienobjekte (z.B. Straßen) werden verbreitert wiedergegeben. Allgemein werden Linien- und Flächenobjekte stärker vereinfacht.

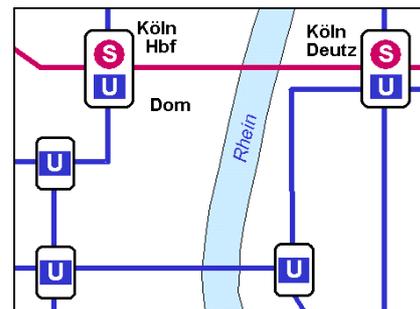


5. Kartographische und Modellgeneralisierung

Die **lagetreue Darstellung**, oft auch als positionstreue bezeichnet, ist in Karten mittleren, meistens jedoch in Karten kleinere Maßstäbe anzutreffen. Auf Grund der Maßstabsreduktion ist die Grundrissgestalt nicht mehr darstellbar. Die Objekte werden durch Signaturen repräsentiert, deren Mittelpunkt bei lokalen Objekten und bei bandförmigen Objekten die Mittellinie, die Lage innerhalb der Graphik festlegt.



Die **raumtreue Darstellung** vermittelt lediglich die ungefähre geographische Lage von Objekten im Raum.



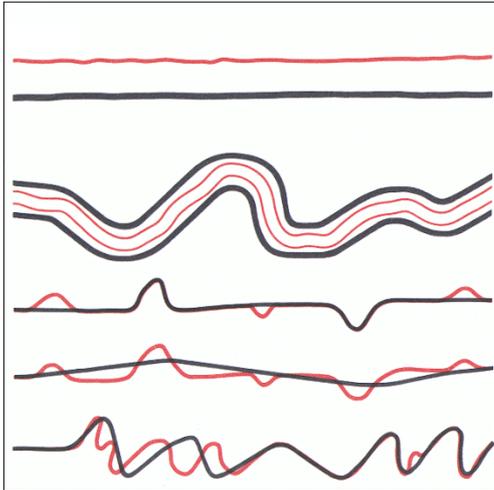
5.4.5 Praktische Beispiele kartographischer Generalisierungen

Veränderung der Geometrie

Mass-Verhältnis eines Fussweges in der Karte zum Fussweg in der Natur		Wegbreite in der Natur 1 : 1	Graphische Darstellung in der Karte	Umgerechnet in die Masse der Natur	Ueberbreiterung: x breiter als in der Natur
1 : 25 000		1m	0,15mm	3,75m	3¾x
1 : 50 000		1m	0,15mm	7,5m	7½x
1 : 100 000		1m	0,15mm	15m	15x
1 : 200 000		1m	0,15mm	30m	30x

[Quelle: SKG, 1975]

Vereinfachung der Linienführung (Linienglättung)



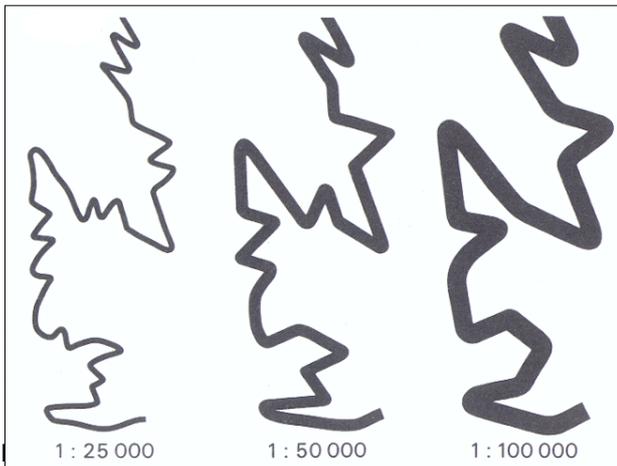
Bewegungen weglassen:
Alle Bewegungen der Anhaltedrucke (Rot), die von der Strichdicke überdeckt werden, sind wegzulassen.
Eine freie, lebendige Linie darf aber nie zu einer starren, geometrischen Linie werden.

Der Charakter einer Linie muss gewahrt werden

richtig
Verflachung der Formen führt zu falschen Aussagen
falsch

Aus 2 Formen eine, bzw. aus 3 Formen 2 wiedergeben usw.

[Quelle: SKG, 1975]

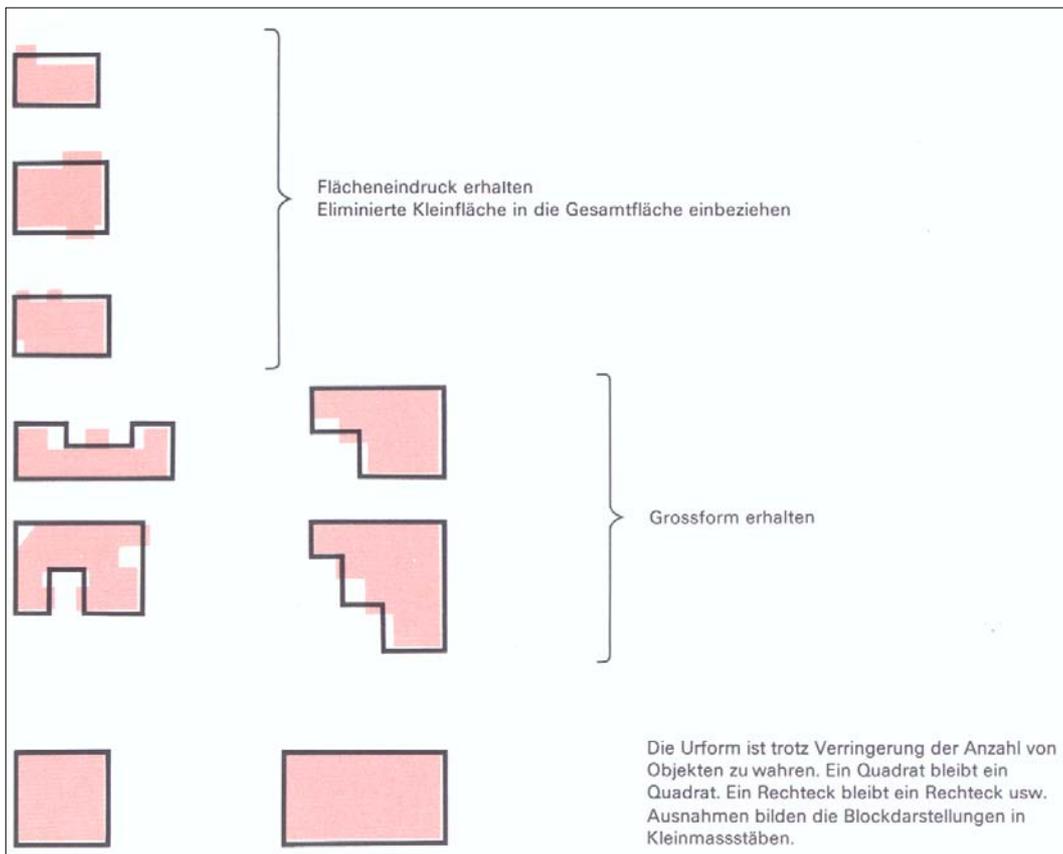


Reduzieren der Einzelformen, weglassen kleiner Gegenformen, die das Bild unruhig machen

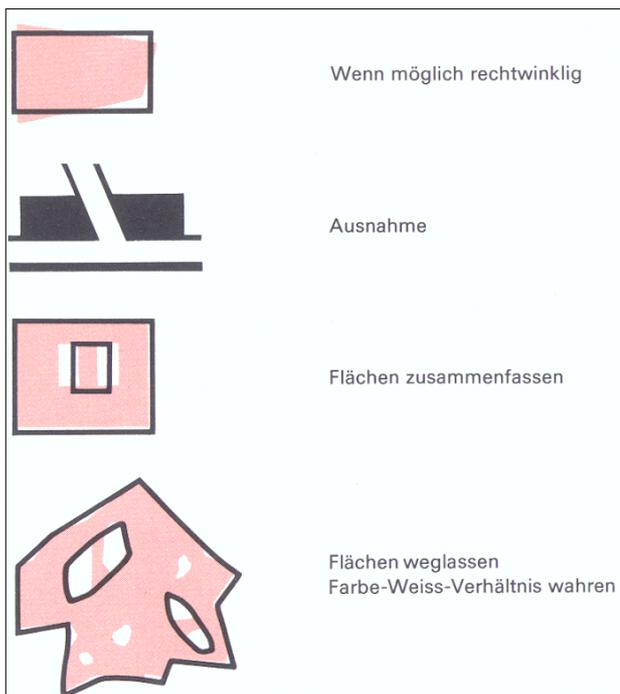
1 : 25 000 1 : 50 000 1 : 100 000

[Quelle: SKG, 1975]

Vereinfachung der Fläche und flächig angeordneter Objekte



[Quelle: SKG,1975]



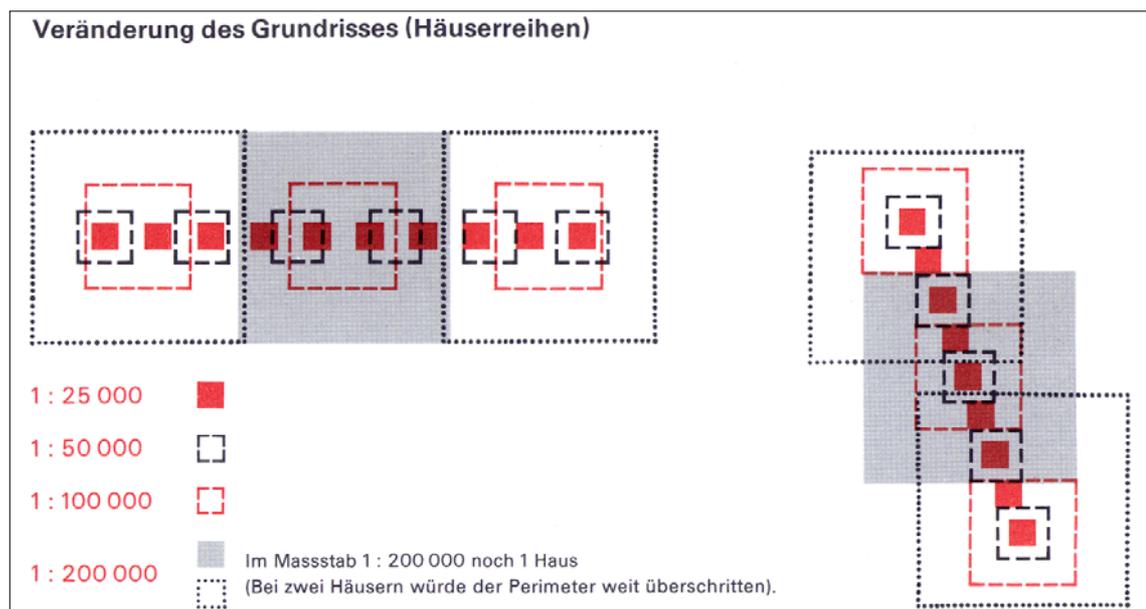
[Quelle: SKG,1975]

Zahlenmäßige Verringerung der Objekte

Die Fläche (z. B. Haus) in der Karte im Verhältnis zur Größe in der Natur

	Seitenlänge und Fläche in der Natur	Mathematische Darstellungsgr. für die Karte	Graphisch mögl. Darstellung in der Karte	Kartendarstellung umgerechnet in die Natur
1 : 25 000	7,5m 56m ²	0,3mm	0,3mm	7,5m 56m ²
1 : 50 000	7,5m 56m ²	0,15mm	0,3mm	15m 225m ²
1 : 100 000	7,5m 56m ²	0,075mm	0,3mm	30m 900m ²
1 : 200 000	7,5m 56m ²	0,0375mm	0,3mm	60m 3600m ²

[Quelle: SKG,1975]

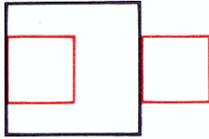


[Quelle: SKG,1975]

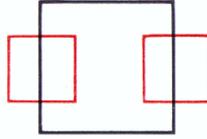
5. Kartographische und Modellgeneralisierung

Durch das massstäblich bedingte Weglassen von Objekten darf der Natureindruck nicht wesentlich verändert werden. Die Urform, die Grösse und die Abstände müssen trotz Verringerung der Anzahl erhalten bleiben.

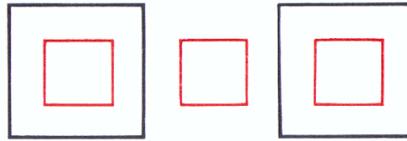
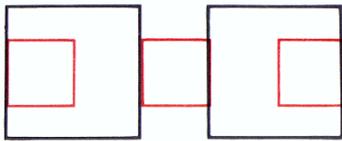
schlecht



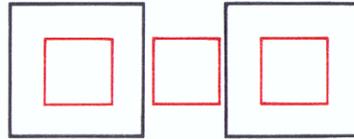
gut



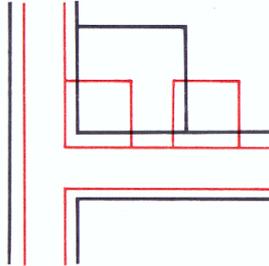
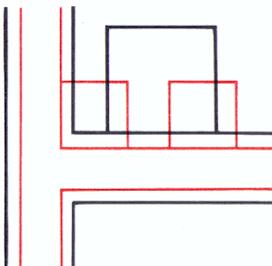
Aus 2 Häusern wird
1 Haus



Aus 3 Häusern werden
2 Häuser

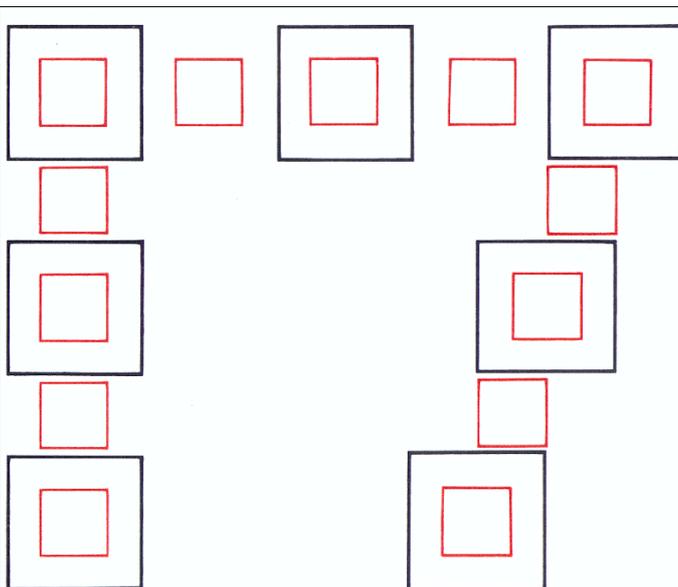


Quadrate dürfen nicht
in Rechtecke
umgewandelt werden



Ausnahme:
In einem Strassenkreuz wird das Objekt
an die Strasse verschoben.

[Quelle: SKG, 1975]



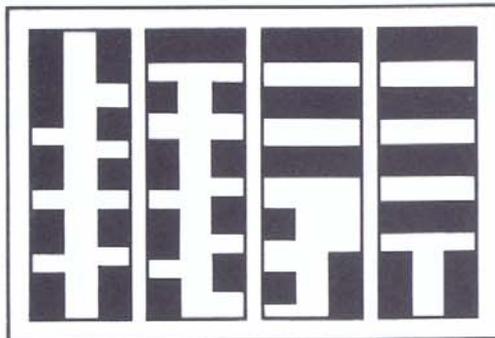
Die Zahlenmässige Verringerung ist
immer in allen Richtungen in gleicher
Weise vorzunehmen.

Generalisieren heisst nicht nur
weglassen, sondern mit weniger und
größern Mitteln das Naturbild
graphisch wiedergeben.

[Quelle: SKG, 1975]

Zahlenmässige Reduktion von Quartierstrassen

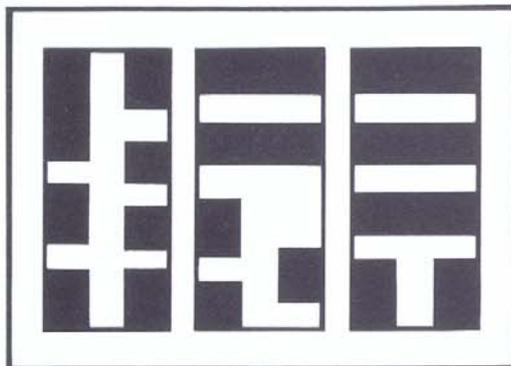
Wo die Gebäude eines Wohnquartiers in Form oder Lage unregelmässig angeordnet sind und die im kleineren Massstab wegfallenden Strassen nicht durch Häuser markiert werden können, müssen die Proportionen, bzw. das Schwarz-Weiss-Verhältnis von Fall zu Fall durch geometrische Verschiebungen der noch verbleibenden Strassen erreicht werden (siehe 1 : 50 000). In der dadurch verringerten Zahl von bebauten Flächen sollen die Häuser so plziert werden, dass der Gesamteindruck der massstäblich verkleinerten Darstellung noch dem Charakter des Grundmassstabes entspricht.



1 : 25 000

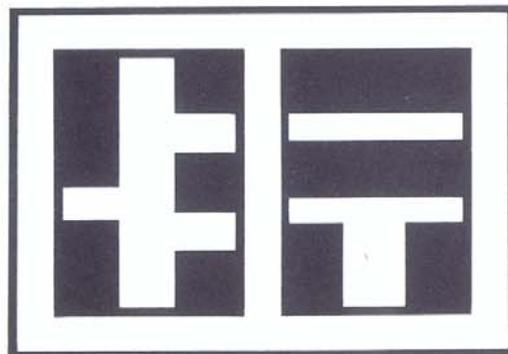
Alle Massstäbe sind vergrössert

Im Massstab 1:25 000 sind alle Strassen und die angrenzenden Häuser annähernd richtig dargestellt.



1 : 50 000

Im Massstab 1 : 50 000 wurde eine Quartierstrasse weggelassen. Die 2 verbleibenden sind so angeordnet, dass sowohl die Flächen-Proportionen wie das Schwarz-Weiss-Verhältnis erhalten bleiben. Die beiden Strassen wurden aus ihrer ursprünglichen Lage verschoben.



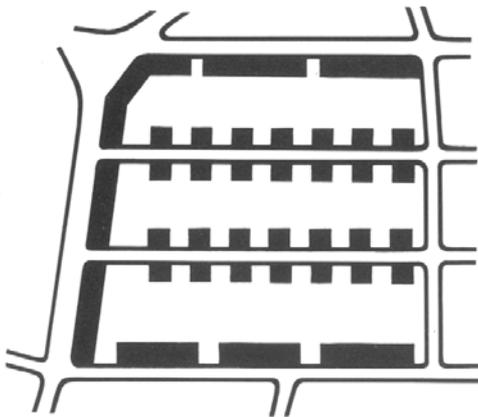
1 : 100 000

Im Massstab 1 : 100 000 ist der Gesamteindruck des Grundmassstabes mit nur einer Quartierstrasse gewahrt. Hier wird der Schwarz-Weiss-Eindruck hauptsächlich mit den Häusern erzieht.

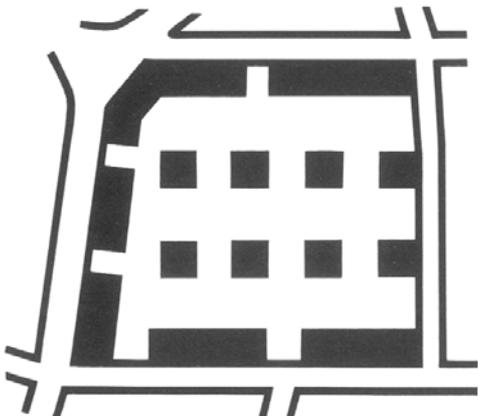
[Quelle: SKG, 1975]

Zahlenmässige Reduktion von Quartierstrassen

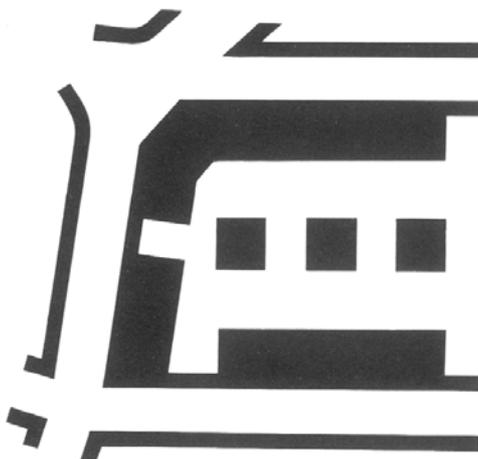
Diese 3 Beispiele zeigen, wie im kleiner werdenden Massstab Strassenbreiten und Häusergrössen im richtigen Verhältnis zueinander bleiben müssen.



1: 25 000, 10- fache Vergrößerung
Annähernd lagetreues Abbild der Natur. Auf Grund der normierten Strassenbreiten wurden die Randhäuser etwas nach innen verdrängt. Alle Gebäude sind entsprechend ihrer vorgeschriebenen Grösse überdimensioniert. Kleinstobjekte und Detailformen wurden weggelassen.



1: 50 000, 20- fache Vergrößerung
Die Vergrößerung der Strassen hat eine weitere Verdrängung der Randhäuser nach innen zur Folge. Um das Schwarz-Weiss-Verhältnis zu wahren, wurden die zwei von Einfamilienhäusern flankierten Quartierstrassen weggelassen. Dadurch erreicht man in der Breite die massstäbliche Reduktion von 6 Häuserreihen auf deren 4. In der Längsrichtung reduzierte sich die Häuseranzahl von 8 auf 5. Graphisch werden die 2 weggelassenen Quartierstrassen durch die verbleibenden Häuserreihen markiert. Die Häuser an der Strasse sollen möglichst wirklichkeitstreu sein.



1: 100 000, 40- fache Vergrößerung
Weitere Vergrößerung der Strassen gegenüber dem Massstab 1: 50 000. Die Minimalgrösse der Häuser verdoppelt sich. Dadurch wird das zur Verfügung stehende Siedlungsgebiet noch kleiner, was eine nochmalige proportionale Verschlechterung des Schwarz-Weiss-Verhältnisses nach sich zieht. Die Zahlenmässige Reduktion der Häuser muss sich daher in die Breite und in die Länge auswirken. Die Häuser an der Strasse sollen möglichst wirklichkeitstreu dargestellt werden.

[Quelle: SKG, 1975]

5. Kartographische und Modellgeneralisierung

5.5. Modellgeneralisierung

Der Begriff der Modellgeneralisierung ist nach HAKE 1994 recht allgemein definiert und beschreibt alle Modellübergänge von der Objektmodellierung bis hin zur Erstellung von Folgekarten (s. Abb. S. 30).

Wie bereits in Abschnitt 5.1.4 beschrieben, existiert auch eine engere Sichtweise der Modellgeneralisierung. Diese wird im Folgenden definiert:

Aufgabe der G. →	Objekt - G.		Kartographische G.	
	Erfassungs - G. (von Umwelt zu Modell) - Bildung des Ausgangs-M		Modell - G. (von Modell zu Modell)	
Art der Information ↓	Umwelt → A (Grundkarte)	Umwelt → D (M.-Daten)	D → D (Objekt.-M. → Objekt - M.)	D → D → A (Objekt.-M. → Kartogr. M. → Karte) A → A (Ausgangs-K. → Folge-K.)
Geometrische G. (G. des Raumbezugs)	Einfluss auf Umfang und Genauigkeit Mess- und Registrierdaten		Einschränkungen in Geometrie des Ausgangs-M. Geometrie und Graphik des Ausgangs-K.	
Semantische G. (G. des Sachbezugs, begriffliche G.)	Qualitative G.: Bildung von und Zuordnung zu Objektklassen		weniger detailliert graphikbedingte Einschränkung	
	angemessen detailliert		angemessen detailliert	
Temporale G. (G. des Zeitbezugs)	Quantitative G.: Bildung von Summen-, Mittel- und Durchschnittswerten		Abrund. und Fortfall von Zahlenwerten graphikbedingte Einschränkung	
	angemessen genau		ungenauer und selektiert	
Zeitbezug der Erfassungsvorgänge: Zeitpunkte und -intervalle thematischer Daten Abkürzungen: G - Generalisierung A - Analoges Modell M - Modell D - Digitales Modell K - Karte				

Arten der Generalisierung und ihre Wirkungen [Hake/Grünreich 1994]

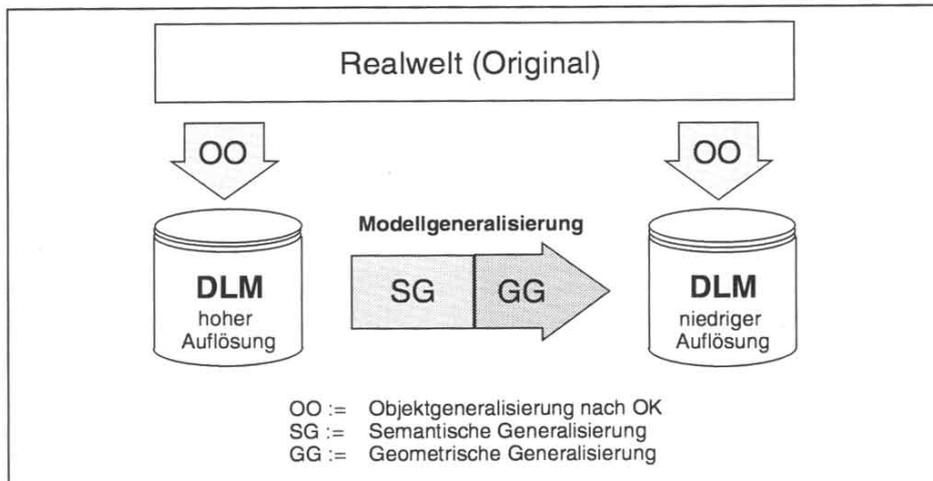
„Unter der **Modellgeneralisierung** versteht man in der Kartographie bzw. im kartographischen Umfeld alle Prozesse, mit denen ein digitales Objektmodell bezüglich seiner semantischen und/oder geometrischen Auflösung, seinem Datenmodell bzw. seiner Strukturierung vereinfacht oder in ein neues digitales Objektmodell überführt wird. Die Prozesse der Modellgeneralisierung verändern die Daten und die Strukturierung des Objektmodells unabhängig von einer kartographischen Darstellung und gehen der kartographischen Generalisierung voraus.“
[SCHÜRER, 2002]

Grundlage der Modellgeneralisierung sind die verschiedenen Realweltmodellierungen der beiden DLM

- DLM höherer Auflösung als Ausgangs-DLM
- DLM niedriger Auflösung als Ziel-DLM

Der Prozess der Modellgeneralisierung stellt die Überführungsrelationen zwischen den DLM her (Überführungsmodell).

Die Modellgeneralisierung setzt sich aus den Schritten der semantischen und geometrischen Generalisierung der DLM-Objekte zusammen.



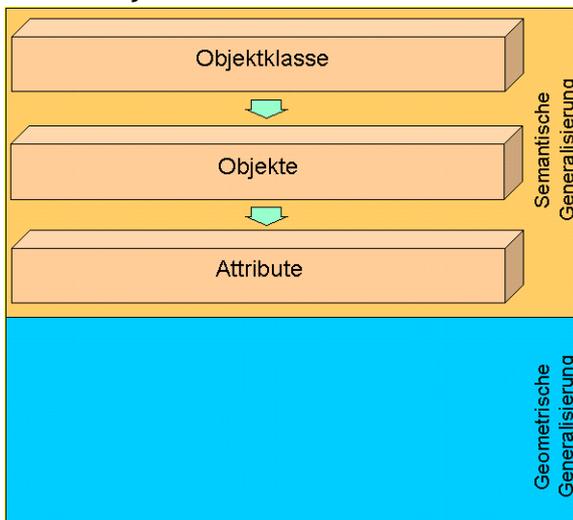
Wege zur Aufstellung eines DLM [Schürer, 2002]

5.5.1 Semantische Generalisierung

Unter der semantischen Generalisierung versteht man die Generalisierung des Sachbezuges der einzelnen DLM-Objekte durch Veränderung der inhaltlichen Beschreibung.

Die semantische Generalisierung gliedert sich in drei Generalisierungsteilschritte, die sich beziehen auf:

- die Objektklassen
- die Objekte oder Instanzen der Objektklasse und
- die Objektklassenmerkmale



Generalisierungsteilschritte der Modellgeneralisierung [Schürer, 2002]

Beispiel einer semantischen Generalisierung (aus ATKIS für den Übergang DLM25 zu DLM250)

1. Verknüpfung von Objektarten

DLM 25			1 => 1	DLM 250
3101	Straße			3101 Straße

3102	Schienenbahn		
3203	Schienenbahn (komplex)	n => 1	3201 Schienenbahn
3204	Bahnkörper		
3205	Bahnstrecke		
2129	Kläranlage	1 => 0	nicht definiert

2. Selektion über die Erfassungskriterien

DLM 25

4104 Heide
Erfassungskriterium
Fläche > 1 ha

DLM 250

4104 Heide
Erfassungskriterium
Fläche > 20 ha

3. Überführung der Attribute

DLM 25

3102 Weg
Attribut: FKT = Funktion
1701 Hauptwirtschaftsweg
1702 Wirtschaftsweg
1703 Fußweg
1704 Park-, Friedhofsweg
1705 Karren- und Ziehweg
1706 Radweg
1707 Reitweg
1708 Wattenweg
1709 (Kletter-)Steig im Gebirge
1710 Rad- und Fußweg
9999 sonstige

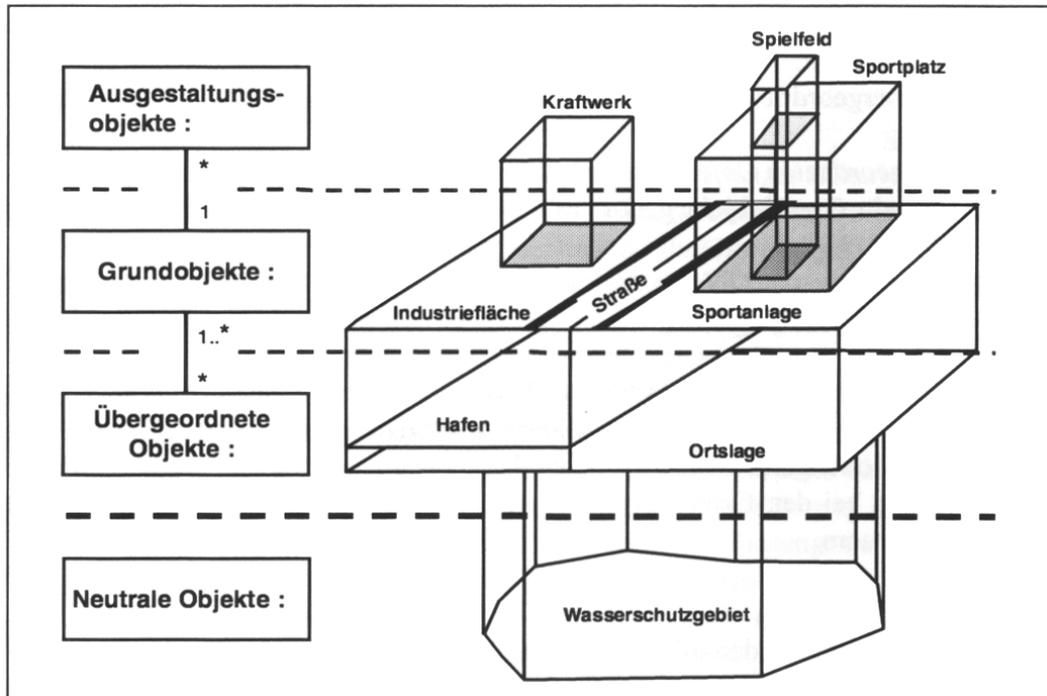
DLM 250

3102 Weg
Attribut: FKT = Funktion
1701 Hauptwirtschaftsweg
1702 Wirtschaftsweg
1703 Fußweg
....
1705 Karren- und Ziehweg
....
....
1708 Wattenweg
1709 (Kletter-)Steig im Gebirge
....
9999 sonstige

Im Rahmen des Modellierungskonzepts werden die DLM-Objekte je nach Funktion bei der Modellierung bzw. der Art der Ausgestaltung in vier verschiedene Klassen, die Grundobjekte, die Ausgestaltungsobjekte, die Übergeordneten Objekte und die neutralen Objekte eingeordnet.

- **Grundobjekte:** stellen die Basis für die allgemeine redundanzfreie Abbildung der realen Umwelt in einem DLM dar.
- **Ausgestaltungsobjekte:** stellen eine semantisch feinere Beschreibung der Grundobjekte dar. Sie liegen auf den Grundobjekten und gestalten diese näher aus.
- **Übergeordnete Objekte:** sie haben einen besonderen Stellenwert, da sie mehrere Grundobjekte unter einen übergeordneten Begriff zusammenfassen.

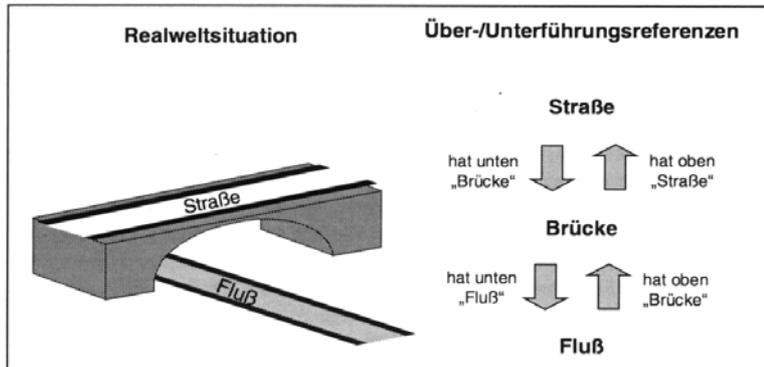
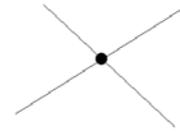
- **Neutrale Objekte:** alle Objekte die nicht zu einer der drei anderen Kategorien gehören.



Einteilung der Objekte in Objektklassen - Modellierungsfestlegung [Schürer, 2002]

Beispiel Modellierung von Relationen

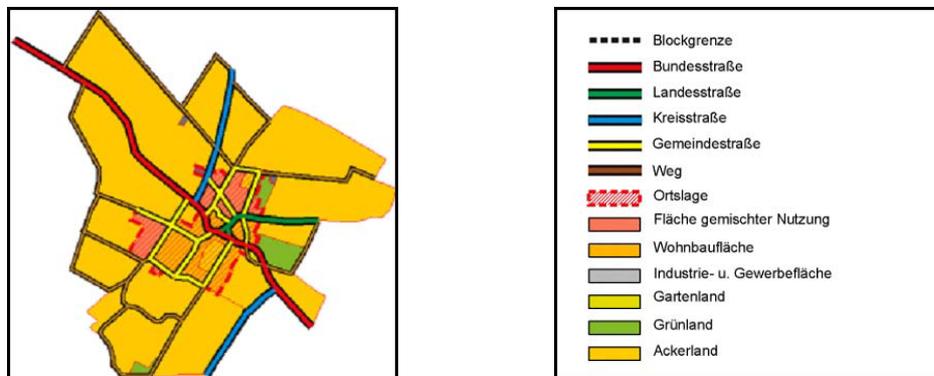
- 1.) Topologische Relation
- 2.) Über-/ Unterführungsrelation



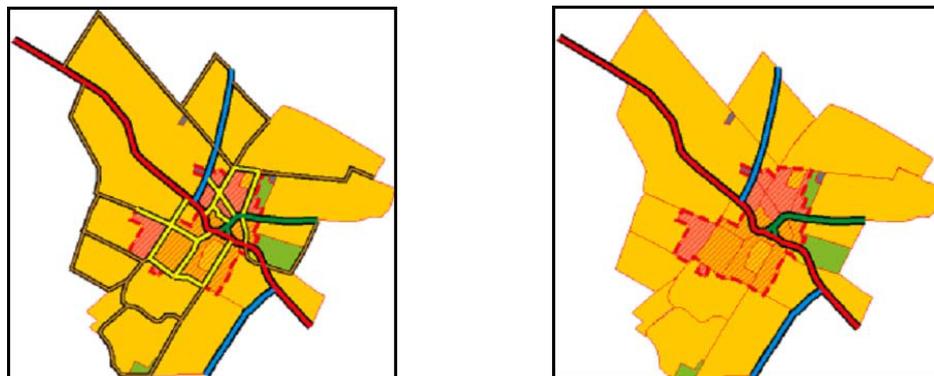
Über-/Unterführungsreferenzen bei der Überführung einer Straße über einen Fluss [Schürer, 2002]

Beispiel Modellgeneralisierung

1. Konzept: Ausgangs-DLM
ATKIS DLM 25 Daten einer Ortslage mit Straßen und umliegenden Ackerflächen

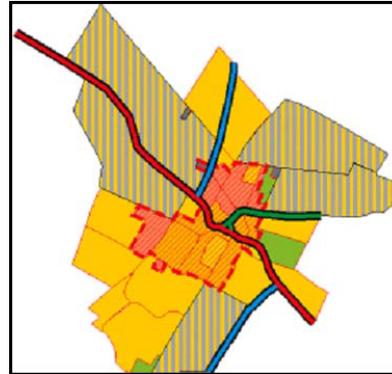


2. Generalisierung des Straßen- und Wegenetzes

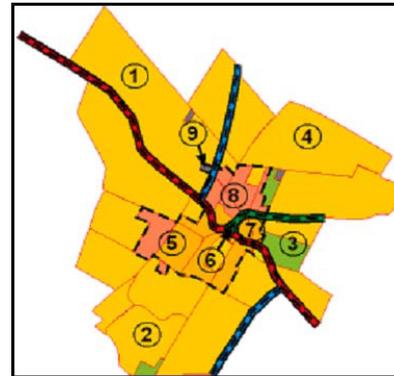


3. Generalisierung der flächenhaften Objekte

Problem: nur schraffierte Objekte erfüllen die Erfassungskriterien



4. Blockbildung für Flächengeneralisierung über generalisierte Straßen und Ortslagengrenze



5. Ergebnis der semantischen Generalisierung



Ausgangsdatenbestand Basis-DLM

Datenbestand nach semantischer Generalisierung für DLM 250

5.5.2 Geometrische Generalisierung

Unter der geometrischen Generalisierung versteht man die Anpassung des Raumbezuges an die geometrische Genauigkeit des Modells.

Die geometrische Generalisierung setzt sich aus folgenden Teilschritten zusammen:

- Geometriertypwechsel
- Anpassung an die Modellauflösung

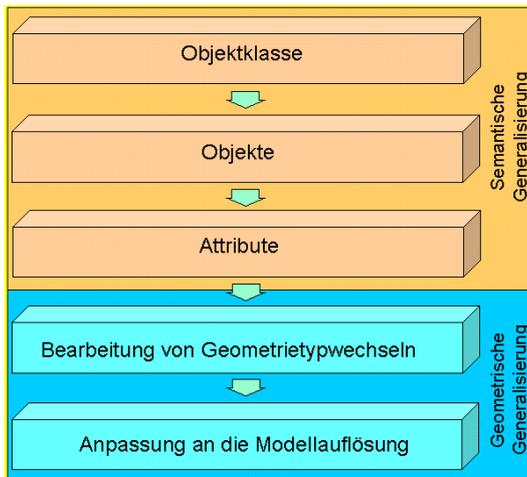


Abbildung 8: Generalisierungsteilschritte der Modellgeneralisierung [Schürer, 2002]

Beispiel einer geometrischen Generalisierung

1. Geometriertypwechsel

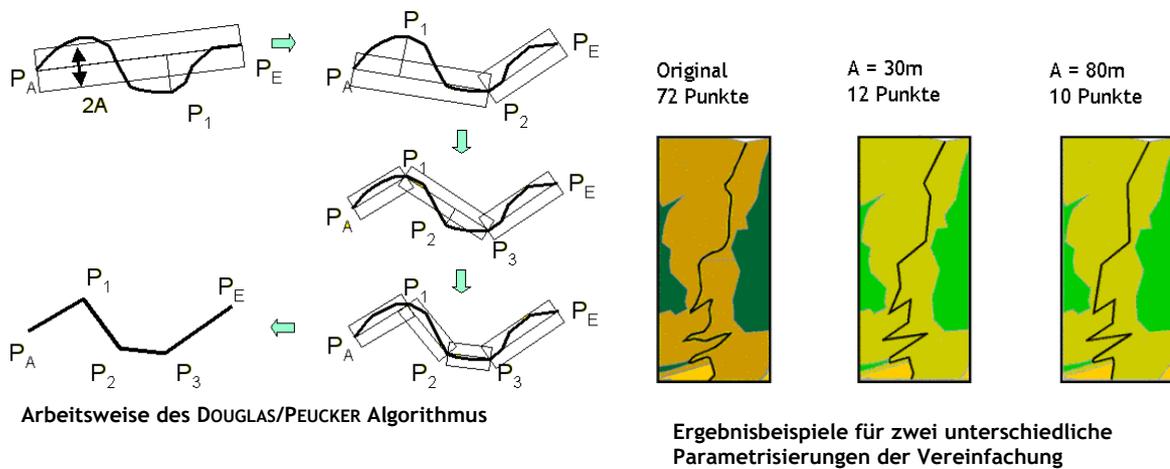
Modellierung 1 (DLM-OK hohe Auflösung)		Modellierung 2 (DKM-OK niedrigere Auflösung)		Abkürzung
I. Kleinerwertiger Geometriertypwechsel				
flächenförmig	zu	linienförmig	=>	(f -> l)
flächenförmig	zu	punktförmig	=>	(f -> p)
linienförmig	zu	punktförmig	=>	(l -> p)
II. Größerwertiger Geometriertypwechsel				
linienförmig	zu	flächenförmig	=>	(l -> f)
punktförmig	zu	flächenförmig	=>	(p -> f)
punktförmig	zu	linienförmig	=>	(p -> l)

Formen der Geometriertypen [Schürer 2002]

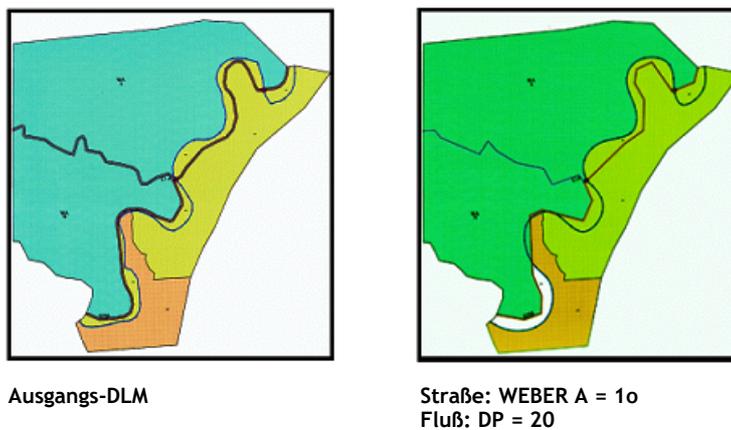
Die Geometriertypwechsel zu höherwertigen Geometrie sind nicht sinnvoll, da eine Genauigkeit vorgetäuscht wird, die in den Daten nicht enthalten ist.

2. Anpassung der Modellauflösung

- Unter Modellauflösung, wird in Anlehnung an die Minimaldimension, der Abstand zwischen zwei Geometriepunkten des Ziel-DLMs verstanden, so dass beide Punkte noch sinnvoll getrennt erfasst und gespeichert werden können
- Linienvereinfachung: Punktreduktion und Glättung der Linie
- Beispielhafte Algorithmen zur Linienvereinfachung: z.B. Algorithmus mit gleitender Blende (WEBER) oder DOUGLAS/PEUCKER



Beispiel zur Anpassung an die Modellauflösung bei der geometrischen Generalisierung



Ergebnisbeispiel für die Vereinfachung mit dem WEBER Algorithmus [Weber 1978]

5.6. Automationsgestützte Generalisierung

5.6.1 Sinn und Zweck der automationsgestützten Generalisierung

Es gibt mehrere Gründe weshalb die Automation innerhalb der Kartographie eine immer bedeutendere Rolle spielt.

- Zum einen erzeugt die moderne Kartographie neue Produkte (DLM, DKM, DTK) und Produktionsabläufe (Objektgeneralisierung, Kartographische Generalisierung, Modellgeneralisierung).
- Zum andern werden die einzelnen Produkte für unterschiedliche Zwecke (Visualisierung, Datenanalyse, Simulationen) benötigt. Die Arbeit mit Geoinformationssystemen verlangt einen hohen Automationsgrad.
- Ein weiterer Aspekt ist die Tatsache, dass nicht jeder Nutzer an allen Informationen in der hohen Dichte und Auflösung interessiert ist. Viele Nutzer benötigen für ihre Anwendungen einen flexiblen Wechsel zwischen höherer und niedrigerer Informationsdichte bzw. Auflösung, je nachdem, ob es um lokale oder globale Arbeiten geht.

5.6.2 Historische Entwicklung

60er und 70er Jahre

- Entwicklung von Geometriemessungen
- Algorithmische Lösungen
- Selektion von diskreten Objekten (Töpferisches Wurzelgesetz)
- Filterprozesse (DOUGLAS/PEUCKER, Hochpass, Tiefpass)
- Linienglättung durch Splinefunktionen
- Bildverarbeitungstechniken
- Kantenbetonung von Rasterdaten
- Vereinfachungsalgorithmen

Viele Berichte stellen vielfältige Algorithmen vor, die an mehr oder weniger erfundenen Testdaten untersucht werden.

80er und 90er Jahre

- Untersuchung der höheren Prozesse in der Generalisierung, die von Menschen ausgehen
- Modellierung von topographischen GIS-Systemen

Die Untersuchungen gingen in folgende Richtungen: Aufstellung von regelbasiertem Wissen, Abrücken von der 100%-Lösung und Entwicklung von interaktiven Systemen.

Von 1990 bis 1995

- Stagnation
- Verschieden Organisationen sorgen für Wissensaustausch zwischen den verschiedenen nationalen Forschungsinstitutionen, wie bspw. EGIS (European GI Conference), ICA (International Cartographic Assoziation), OEEPE (Organisation Europeene d'Études Photogrammetriques Experimentales).
- Ersterfassung von Digitalen Landschaftsmodellen

Seit 1995

- neuer Aufschwung
- Ableitung kartographischer Produkte mit digitalen Systemen (manuelle Arbeit); aus GIS
- Implementationen von einzelnen Algorithmen in kommerzielle Systeme

5.6.3 Generalisierungsschritte

Vereinfachen

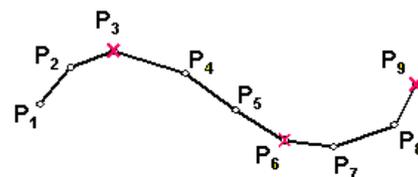
Rein geometrisch:

Zwei Methoden der Automatisierung

- allgemeine Algorithmen zur Vereinfachung der geometrischen Form
 - Allgemeine Algorithmen zur Vereinfachung der geometrischen Form

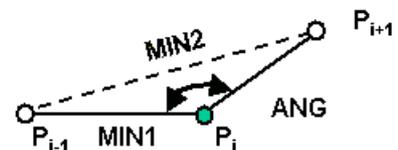
Linienvereinfachung

1.) unabhängige Punktalgorithmen (n-ter Punkt)

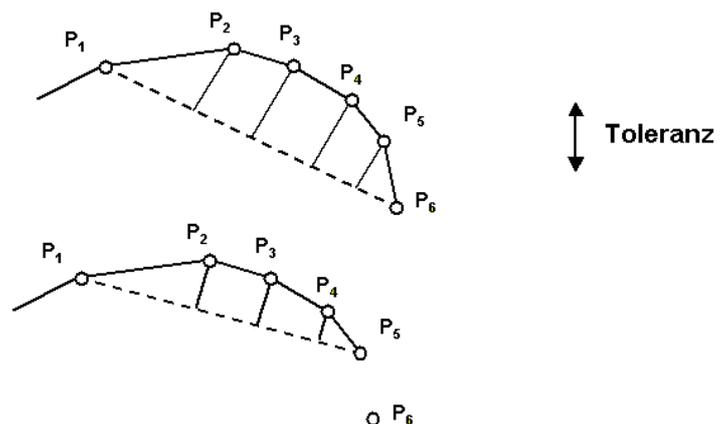


2.) Lokale Algorithmen (Jenks-Algorithmus)

Ist Abstand P_{i-1}, P_i oder P_i, P_{i+1} , $P_{i-1} < MIN$ oder $P_{i-1}, P_{i+1} < MIN2$ so wird P_i eliminiert. Sind beide Abstände größer, so muss der Winkel $W > ANG$ sein.



3.) Erweiterte lokale Algorithmen (Lang-Algorithmus)

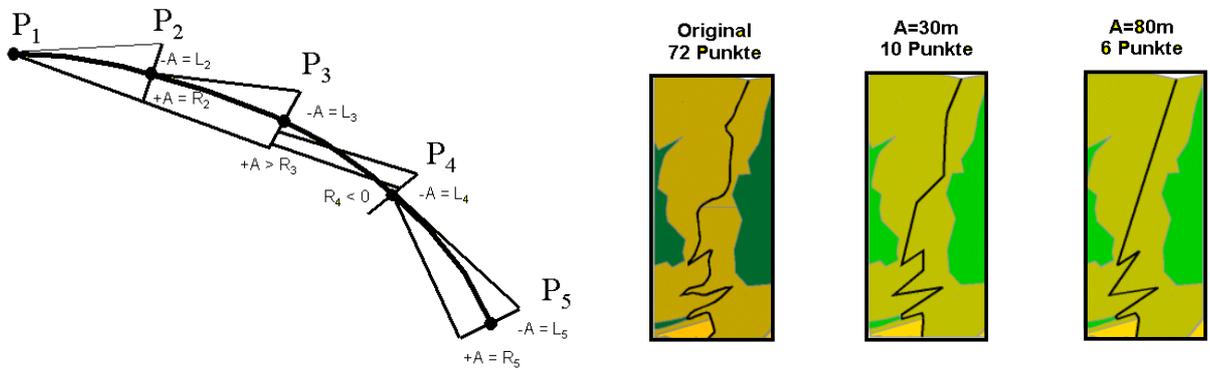


[Bilderquelle: MCMaster/Shea]

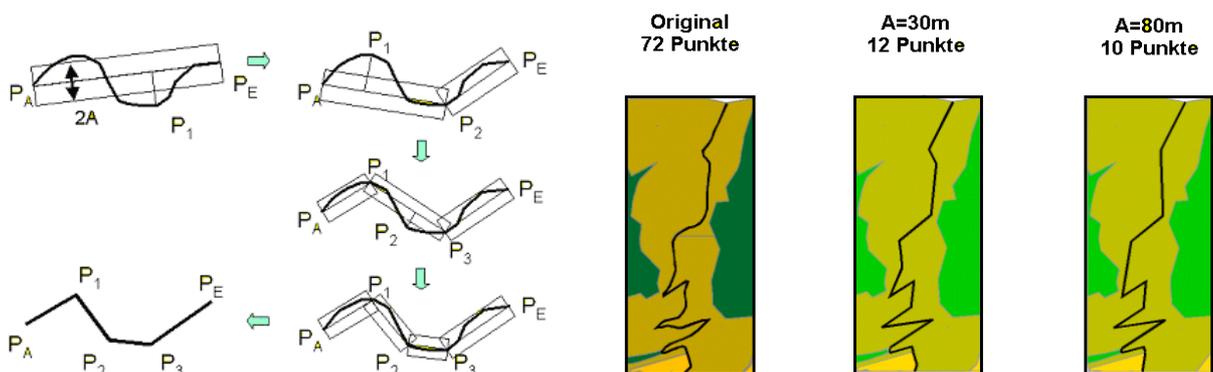
5. Kartographische und Modellgeneralisierung

- Algorithmen mit Krümmungsanalyse (Abbildungs-Icon)

a) Linienverfolgung (Gleitende Blende) *Beispiel: Gleitende Blende*

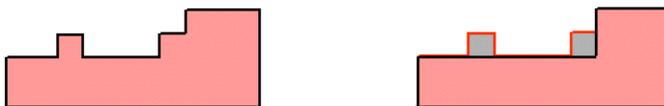


b) gesamte Linie (DOUGLAS/PEUCKER) *Beispiel: Gesamte Linie(DOUGLAS/PEUCKER)*



- Spezielle Algorithmen, die auf bestimmte Objekte abgestimmt sind, z.B. Vereinfachung von Häusern

Staufenziel (CHANGE)



Unterschiede generell:

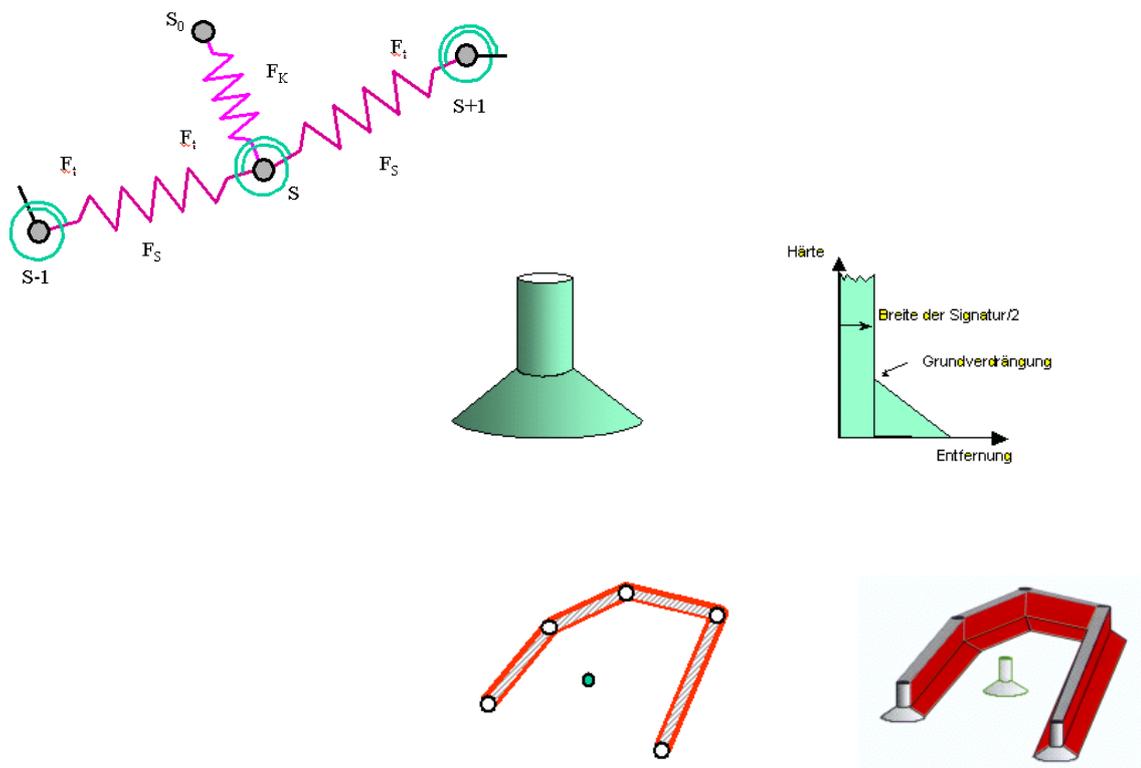
- Algorithmen für Rasterdaten
- Algorithmen für Vektordaten (liegen meist bei GIS-Systemen vor)

Verdrängen

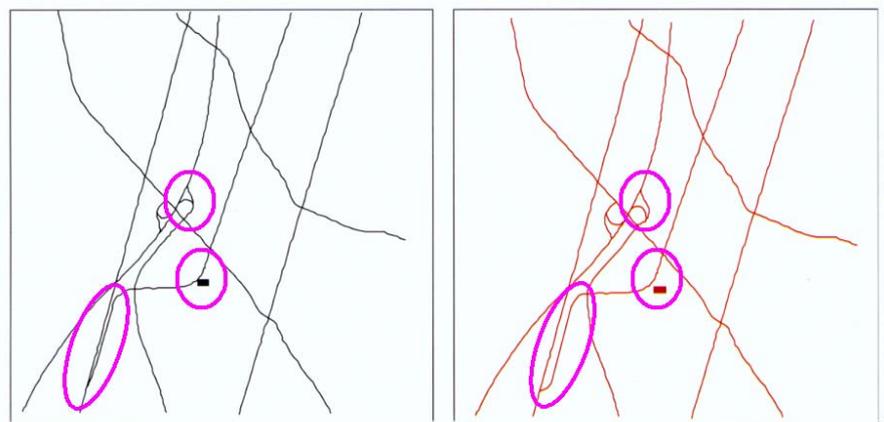
Rein geometrisch

Drei grundlegende Ansätze:

- Verdrängungsgebirge (JÄGER)
- Federmodell (BOBRICH)
- Snakes (MEIER)



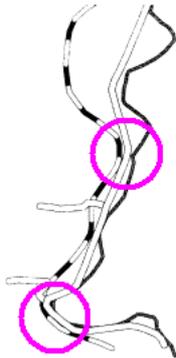
Beispiel: Federmodell
(BOBRICH)



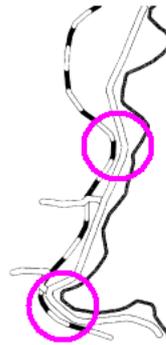
Signaturenmittelachsen vor und nach der Verdrängung

- Snakes (MEIER)
 - Linienverdrängung mittels Energieminimierung
 - Aktive Splines bewirken auf Grund von Richtungs- und Krümmungspotentialen eine formerhaltende Verdrängung

Ausgangsdaten



Verdrängung mit Variationsverfahren



Vergrößern

Die Vergrößerung erfolgt bei linienhaften Objekten über Mittelachsenbildung und Signaturierung (CHANGE - Programmsystem)



Vergrößern + Betonen

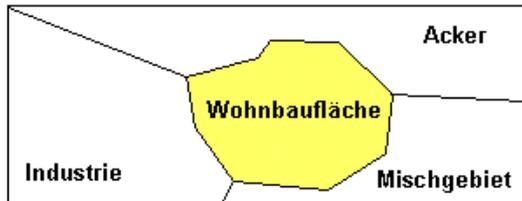
- Teilschritte entstehen durch die Signaturierung der Objekte in den entsprechenden Maßstäben
- Hauptsächlich für linienhafte Objekte mit stärkerer Untergliederung (Straßenarten)
- Die Verbreiterung ist häufig Ursache für die Verdrängung

Klassifizieren + Auswählen

- Problem Neustrukturierung wegen unterschiedlicher Objektstrukturierung in den verschiedenen Maßstäben
- Die Automation verlangt:
 - hierarchischer Aufbau der Objektklassen (Bereiche, Gruppen, Objektarten)
 - flexibles Datenmodell zur Verknüpfung von Objektarten zwischen den Modellen (Maßstäben)
 - eindeutige Kriterien zur Auswahl (Erfassungskriterien), die im Grundmaßstab auch enthalten sein müssen

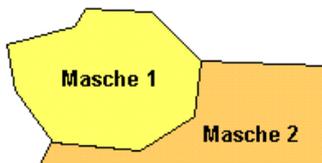
Zusammenfassen

Semantik



Prüfung der Nachbarfläche auf semantische Ähnlichkeit

Geometrie



a) vorher



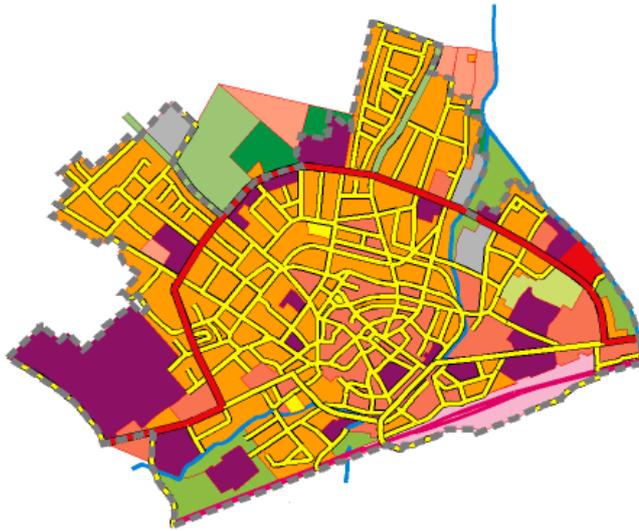
b) nach der Zusammenfassung der Geometrie und anschließender Attributwertzuweisung

- Zusammenfassung von benachbarten Objekten nach semantischer Ähnlichkeit und geometrisch-topologischen Kriterien
- Zusammenfassung von nicht benachbarten Objekten

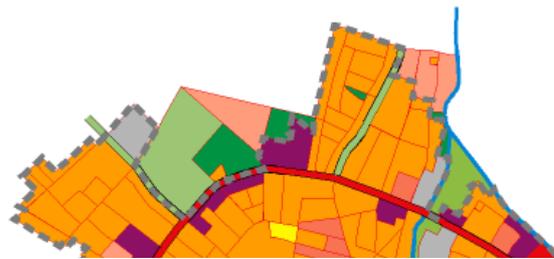
5.6.4 Zusammenstellung der aktuellen Generalisierungsmodelle

- Ratajski - Modell
- Morrison Modell
- Nikerson - Freeman Modell
- McMaster - Shea Modell
- Brassel - Weibel Modell

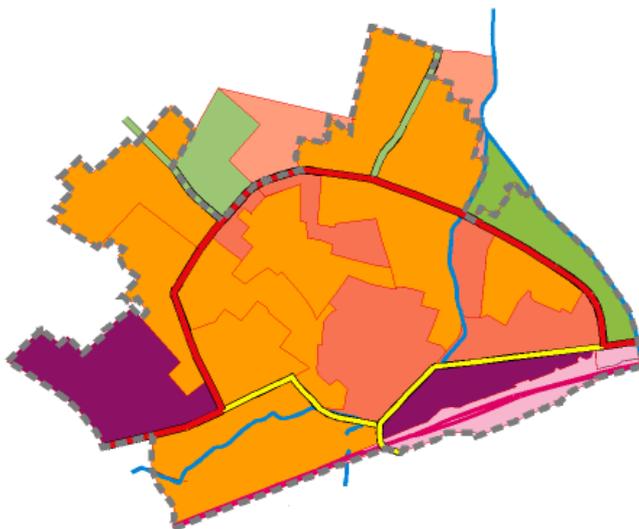
5.6.5 Modellgeneralisierung am IKG Uni Bonn



Ausgangszustand Basis-DLM



Zwischenmodell nach Liniengeneralisierung



Zielmodell (DLM 250) nach Flächenzusammenfassung und geometrischer Generalisierung

Literaturverzeichnis

Buttenfield / McMaster 1991 BUTTENFIELD, B.; MCMASTER, R. B.: **Map Generalization - Making Rules for Knowledge Representation**. Longman Scientific & Technical, 1991

Hake / Grünreich / Meng 2002 HAKE, G.; GRÜNREICH, D.; MENG, L.: **Kartographie - Visualisierung raum-zeitlicher Informationen**. 8. vollständig neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Verlag Walter de Gruyter Berlin New York 2002

Masser / Salge 1995 MASSER, I.; SALGE, F.: **GIS and Generalization - Methodology and Practice**. Taylor & Francis Ltd 1995

McMaster / Shea 1992 MCMASTER, R. B.; SHEA, K.: **Generalization in Digital Cartography**. Association of American Geographers 1992

Meng 1997 MENG, L.: **Automatic Generalization of Geographic Data**. URL: http://www.vbbiak.sweco.se/Research_net/preport/fm9706.htm, 1997

Schoppmeyer / Heisser 1995 Schoppmeyer, J.; Heisser, M.: **Behandlung von Geometrietyppwechseln in GIS**. In: Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen. Verlag des Instituts für angewandte Geodäsie Frankfurt am Main 1995, S. 209 - 224

Schoppmeyer 1999 Schoppmeyer, J.: **Modellgeneralisierung - dargestellt am Beispiel des Übergangs vom DLM 25 zum DLM 200**. Aktuelle Forschung und berufliche Praxis im Umfeld der Kartographie. Schriftreihen des Instituts für Kartographie und Topographie der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn 1999

Schürer 2002 SCHÜRER, D.: **Ableitung von digitalen Landschaftsmodellen mit geringem Strukturierungsgrad durch Modellgeneralisierung**. Dissertation. Schriftreihen des Instituts für Kartographie und Topographie der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn 2002

SGK 1975 Schweizer Gesellschaft für Kartographie: **Kartographische Generalisierung - Topographische Karten**. In: Arbeitsgruppe „Kartographische Generalisierung“ der SGK (Hrsg.): Kartographische Schriftenreihe, 1975

SGK 1990 Schweizer Gesellschaft für Kartographie: **Kartographisches Generalisieren**. In: Schweizer Gesellschaft für Kartographie(Hrsg.): Kartographische Publikationsreihe, Nr. 10, 1990

Töpfer 1974 TÖPFER, F.: **Kartographische Generalisierung**. Geographisch-Kartographische Anstalt Gotha/Leipzig 1974