

## 6. Generalisierung und Aggregation, Konzepte in der praktischen Kartographie und der Bodenkunde

### 6.1 Kartografische Generalisierung

Das Wesen der Generalisierung (generalis - allgemein) ist die Auswahl des Wichtigsten, Wesentlichen und dessen zielgerichtete Verallgemeinerung. ARNBERGER (1987: 165) gibt folgende Definition:

*"Unter kartografischer Generalisierung ist die inhaltliche und grafische Vereinfachung einer kartografischen Ausdrucksform auf dem Wege der Objektauslese, der qualitativen und quantitativen Zusammenfassung, der Typisierung und einer repräsentativen Formenvereinfachung zu verstehen."*

Ein Maßstabssprung um den Faktor 2 führt zu einer eigenständigen Karte (AUST 1998). Die amtlichen topografischen Karten TK 25, TK 50, TK 100, TÜK 200, TÜK 500 und TÜK 1000 sind allgemein bekannte Beispiele solcher eigenständigen Kartenwerke, die im Prozess der kartografischen Generalisierung entstanden. Für die Ableitung eines digitalen Landschaftsmodells (DLM) niedriger Auflösung aus einem DLM höherer Auflösung steht der Begriff Modellgeneralisierung (SCHÜRER 1999), der die in der Definition genannten Tätigkeiten beinhaltet und auf einem streng hierarchischen Ordnungs- und Verknüpfungsprinzip der Objekte des DLM aufbaut.

Ein geordnetes Grafisches Bild - im Sinne von BERTIN (1974) - lässt sich nur durch das Weglassen bestimmter Beziehungen vereinfachen. Das wird durch die kartografische Generalisierung oder die Regionalisierung geleistet.

Die Tätigkeiten im Vorgang der Generalisierung nach der Definition von ARNBERGER - selektieren, zusammenfassen (qualitativ, quantitativ), typisieren und vereinfachen - werden von HAKE & GRÜNREICH (1994) als elementare Vorgänge in einer objektbezogenen Generalisierung gesehen, die in geometrischem, semantischem und temporalem Bezug stehen (Tab. 6).

Rein geometrische Generalisierung	Geometrisch-begriffliche Generalisierung
Vereinfachen	Zusammenfassen
Vergrößern (vor allem Verbreitern)	Auswählen (bzw. Fortlassen)
Verdrängen	Klassifizieren bzw. Typisieren (einschließlich Signaturumwandlung)
	Bewerten (z. B. Betonen)

Tab. 6: Elementare Vorgänge der kartografischen Generalisierung (aus: HAKE & GRÜNREICH 1994: 112)

Ein empirisch-mathematischer Ansatz der Generalisierung ist der als Wurzelgesetz formulierte Ansatz (TÖPFER 1974). Die Grundformel liefert durch empirische Faktoren modifiziert, in Bezug zu Auswahldichte, Flächendichte und -größe, Liniendichte usw., erste objektive Anhaltspunkte für die Überführung der Objekte von einem Ausgangsmaßstab in einen Folgemaßstab.

Begriffsgeneralisieren (TÖPFER 1974), Typisieren (ARNBERGER 1987), Klassifizieren (HAKE & GRÜNREICH 1994), Thematisches Generalisieren (MANG 1994) und Aggregieren (AG Boden 1994) stehen im wesentlichen für einen Prozess, der kein speziell kartografischer ist. Er wird vom Fachbearbeiter geführt. Jedes Fach bildet seine eigenen Objektklassen, definiert eigene Stadien des Qualitätsumschlags für das Darzustellende.

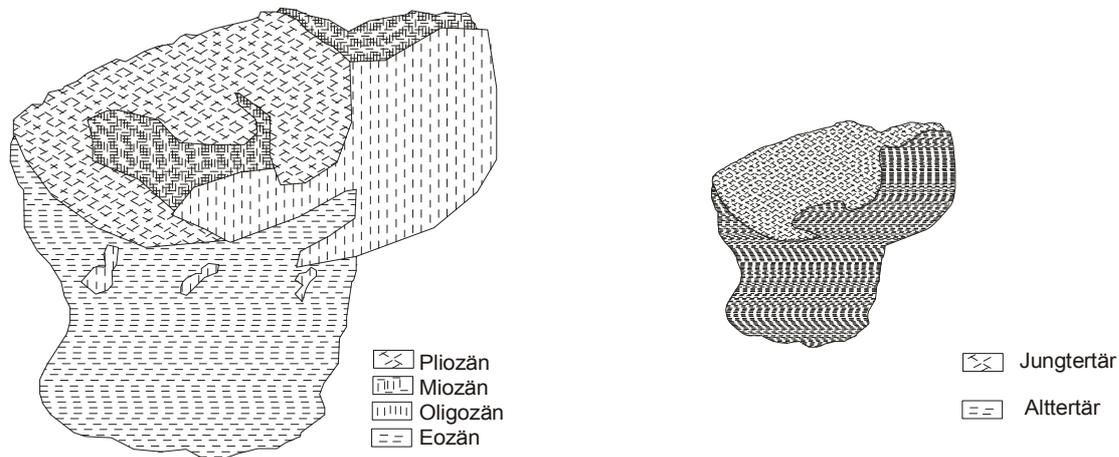


Abb. 14: Begriffsgeneralisierung geologischer Formationen (TÖPFER 1974: 255). Die begriffliche Zusammenfassung der Serien des Tertiärs (ohne Paläozän) in Jung- und Alttertiär für einen Ausschnitt einer kleinmaßstäbigen geologischen Karte und eine Vereinfachung der Umrisslinien für den Folgemaßstab liefern ein klares Kartenbild mit exakt wahrer Aussage über die Flächenqualität.

Die Begriffsgeneralisierung von geologischen Karten (Abb. 14) liefert im Kontext mit der geometrischen Generalisierung exakte Karten im Folgemaßstab. Hierbei ist die Begriffsbildung die primäre und entscheidende Maßnahme der Generalisierung. Exakt bezieht sich auf den übergeordneten Qualitätsbegriff, die einzelne Unterart erfährt einen Qualitätsumschlag (TÖPFER 1974). Das übergreifende Ordnungsprinzip ist die Zeit, die Gliederungsstufe in Form von Bio-, Litho- oder Lokalstratigraphie, Zyklen usw., ist der Zeitabschnitt, gefasst in Begriffe wie System, Serie und Stufe - Kap. 3.1, Theorie der graphischen Semiologie (BERTIN 1974).

In der ArcView Erweiterung Geology Generalization (RAINES & BRODARIC 1999) wurde die Begriffsgeneralisierung für geologische Karten umgesetzt. Die Legendeneinheiten können dort nach stratigraphischem Alter, lithologischer Hierarchie und in Kombination beider Gliederungsprinzipien zusammengefasst werden.

Werkzeuge der geometrischen Generalisierung, die im Prozess des Vereinfachens, Verdrängens und Verschmelzens themengebundener Objekte genutzt werden können, sind:

- Wurzelgesetz (TÖPFER 1974): Ein Auswahlkriterium, wie die Anzahl bestimmter Objekte einer

Klasse, ist im Folgemaßstab mit dem Term  $\sqrt{\frac{m_A}{m_F}}$  abzuschätzen.

( $m_A$  - Maßstabszahl im Ausgangsmaßstab,  $m_F$  - Maßstabszahl im Folgemaßstab)

- Objekt-Skalierung (BUNDY et al. 1995): Die Objekte werden verkleinert oder vergrößert. Ihre Formen behalten sie bei.
- Stützpunktverringern (DOUGLAS & PEUCKER 1973, Esri 2000): Die Vereinfachung von Flächenkonturen erfolgt durch die Verringerung der Stützpunkte in den Begrenzungslinien.
- Skelettierung (BUNDY et al. 1995): Die Flächenobjekte werden in linienhafte Objekten umgewandelt. Diese Algorithmenfamilie findet in der Rasterbildverarbeitung Anwendung.
- Verschmelzung oder Verlagerung durch Pufferoperation (PETER & WEIBEL 1999): Die Flächen werden durch Puffer bestimmter Reichweite vergrößert und durch die Überlagerung dieser zusammengeführt.
- Verschmelzung durch Delaunay-Triangulation (PETER & WEIBEL 1999): Die Flächen werden durch Triangulation ihrer gegenüberliegenden Linienstützpunkte über einen definierten Abstand verbunden.
- Flächenverschmelzung über Grid-Funktionen: Flächen werden über Grid-Funktionen (expand, shrink) über einen bestimmten Abstand zusammengeführt.

Diese Werkzeuge sind Bestandteile von kommerziellen GIS. Zum Teil sind sie vollständig implementiert, wie z. B. die Stützpunktverringern als GENERALIZE-Befehl (ESRI 2000), oder sie sind teilimplementiert, als Puffer- und Triangulations-Befehle. Diese als Generalisierungsoperatoren benannten Werkzeuge eignen sich zur teilautomatisierten Lösung von untergeordneten Arbeitsschritten in der geometrischen Generalisierung.

## 6.2 Bodenkundliche Aggregation und Regionalisierung

Der Begriff Aggregation steht in der Bodenkunde für den Vorgang geometrisch-begrifflicher Generalisierung. Der Ursprung des Verbs aggregare <transitiv> - beigesellen, weist auf das Wesentliche der thematischen Zusammenfassung, auf das Prinzip der Vergesellschaftung. Das Zusammenführen von kleineren zu größeren Flächeneinheiten wird Aggregation genannt (AG Boden 1994). Die im Kapitel 5 charakterisierten Bodeneinheiten sind Aggregationsstufen zugeordnet (Tab. 7), die maßstabsbezogen angewendet werden.

Aggregationsstufe	1	2	3	4	5	6	7
Maßstab	<1000	5000	25 000 - 50 000	200 000	500 000	1 000 000 und kleiner	
Bodeneinheit	Bodenform	Bodenformen-gesellschaft	Leitboden-gesellschaft	Leitboden-assoziati on	Bodenland-schaft	Bodengroß-landschaft	Boden-region

Tab. 7: Die Aggregationsstufen in ihren Maßstabsebenen (Sommer et al. 2002: 21). Hier wird bewusst auf eine starre Zuordnung zwischen Maßstab und Bodeneinheit für die kartografische Darstellung der Bodendecke verzichtet.

Im Prozess der Aggregation bodenkundlicher Kartenwerke werden die elementaren Vorgänge der geometrisch-begrifflichen Generalisierung sichtbar, die mit den fachgebietseigenen Modellen und ihrem Begriffsinventar vollzogen werden.

## Veranschaulichung der maßstabsabhängigen Aggregation und Generalisierung

**Kartenausschnitt mit Flächenkennzeichnung im mittleren Maßstabsbereich (1 : 50 00)**

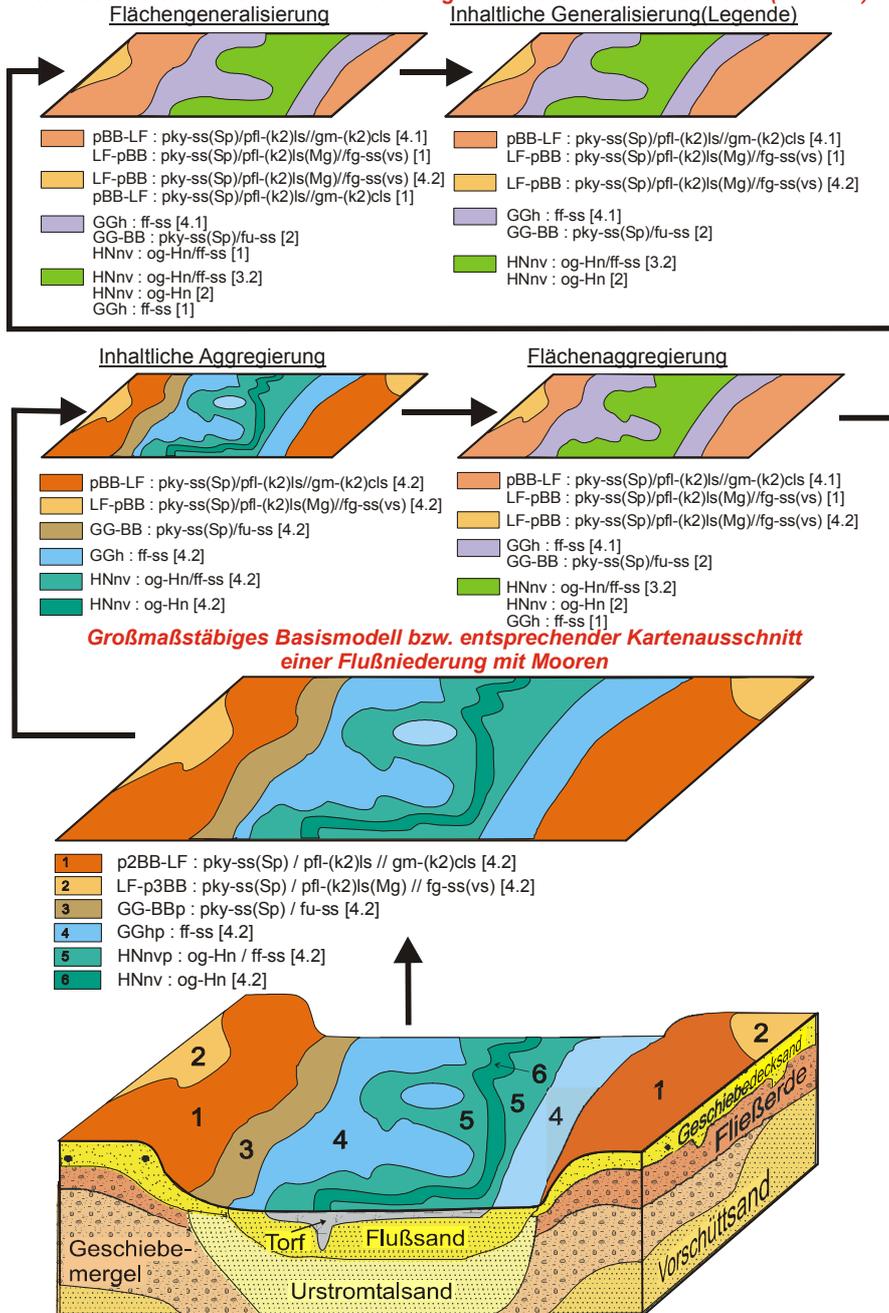


Abb. 15: Modellskizze der maßstabsabhängigen Aggregation und Generalisierung bodenkundlicher Kartenwerke des Dezernats Bodengeologie im Landesamt Brandenburg (KÜHN 1998: 21). Die charakteristische Abgrenzung und Neugliederung der Bodenareale wird durch die Anhebung des taxonomischen Niveaus der inhaltlichen Beschreibung ausgedrückt.

Im Niedersächsischen Bodeninformationssystem (NIBIS) wird der Prozess in inhaltliche und räumliche Aggregation mit anschließender kartografischer Überarbeitung gegliedert (SOMMER et al. 2002). Die inhaltliche Aggregation wird durch das Konzept der Stufen und ihrer Bodeneinheiten geregelt, wobei die gebietsspezifische Gültigkeit der bodenbildenden Faktoren und ihre räumliche Wirksamkeit zusammenfassend wirkt. Die anschließende räumliche Aggregation führt zur Zusammenfassung von Bodenarealen, die im hohen Grad benachbart sind (ausgedrückt durch die gemeinsame

Grenzlänge). Die Zusammenführung hat die Zunahme der Heterogenität der Bodengesellschaften in den neu entstandenen Arealen zur Folge. Den Prozess der Aggregation und Generalisierung bodenkundlicher Kartenwerke veranschaulicht sehr wirksam die Modellskizze des Dezernats Bodengeologie im Landesamt Brandenburg (KÜHN 1998; Abb. 15). Hierbei ist der Ausdruck Flächenaggregation der räumlichen Aggregation gleichbedeutend. Ein weiterer wesentlicher Bearbeitungsschritt ist die kartografische Überarbeitung im NIBIS-Modell. Sie umfasst eine inhaltliche und geometrische Generalisierung. Dieser Teilschritt beinhaltet das Weglassen von untergeordneten Inhalten. Begleitböden mit geringem Flächenanteil an den neuen Bodenarealen werden in der Legendenbeschreibung unterdrückt.

Der Begriff der Regionalisierung wird in unterschiedlicher Bedeutung benutzt. Regionalisiert werden punktuell vorliegende Daten durch ihrer Ausdehnung in die Fläche, aufbauend auf Schätzverfahren und Klassenbildung. Ziel ist es dabei, die räumliche Übertragbarkeit von Methoden und Modellen zu erreichen. Die Regionalisierung kann aber ebenso als eine Neugliederung der vorliegenden Informationsebene durch ihr übergeordnete Prinzipien angesehen werden. Bestimmte Beziehungen verlieren ihre Bedeutung. Bei bodenkundlichen Kartenwerken verschiedener Maßstäbe zeigt sich dies beim Wechsel der geografischen Dimension von der chorischen in die regionische Dimension. Die Gliederung durch geologische Einheit, geomorphologischen Raum und Klimazone tritt hervor, während die anderen Prinzipien stark zurückgedrängt werden. Als Beispiel soll die inhaltliche Gliederung einer Bodenregion dienen. Die Bodenregion der Jungmoränenlandschaften wird durch drei Bodengroßlandschaften untergliedert (HARTWICH et al. 1995):

- Böden der Grundmoränenplatten und (überwiegend) lehmigen Endmoränen im Jungmoränengebiet Norddeutschlands
- Böden der Sander und trockenen Talsande sowie sandigen Platten und sandigen Endmoränen im Jungmoränengebiet Norddeutschlands
- Böden der Schwäbisch-Bayerischen Jungmoränenlandschaft (zusammengefasst)

Die Grenzziehung für diese Bodenregion wird durch den maximalen Vorstoß des Inlandeises der jeweils jüngsten Eiszeit im nord- und süddeutschen Raum bestimmt.

Ab der Aggregierungsstufe 5 kann man von bodenkundlicher Regionalisierung sprechen. Das Prinzip der Aggregation, wie es in der Modellskizze (Abb. 15) veranschaulicht ist, wird durchbrochen. Verdeutlicht wird dies durch die Arbeiten der Bodengeographie (HAASE & SCHMIDT 1978; HAASE 1991). Beim Übergang von chorischen zu regionischen Naturräumen entsteht der Zwang, diese durch eine Auswahl bestimmter dominanter Merkmale zu beschreiben. So wird die Naturraum-Struktur "Regionen" nach HAASE (1991) durch Regionalklima, Vegetationsformation, morphotektonische und paläografische Struktur in einer großräumig wirksamen Zeitdauer bestimmt. Die in bodenkundlichen Kartenwerken dargestellten Bodeneinheiten der Aggregierungsstufen 5-7 sind das Resultat übergeordneter Gemeinsamkeiten. Sie werden nicht mehr durch das Gefüge der in der chorischen Dimension ausgehaltenen Bodenareale bestimmt.

### 6.3 Beispiele bodenkundlicher Aggregation

Die folgenden Beispiele repräsentieren den Vorgang geometrisch-begrifflicher Generalisierung in verschiedenen bodengeografischen Dimensionen.

Aufgrund der häufig deduktiven Entstehung von Boden(übersichts)karten, gibt es wenige Beispiele für die geometrisch-begriffliche Generalisierung in der bodenkundlichen Literatur. Eines davon ist die Erstellung einer Konzept-BÜK 200 auf der Basis der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (HIEROLD 1997). In dieser Arbeit wurde ein Ähnlichkeitsschlüssel für die Standortregionaltypen der MMK durch Expertenwissen erarbeitet. Ähnlichkeit basiert hier zum einen auf substrat- und bodensystematischem Inventarvergleich und deren Anteilsverhältnissen, zum anderen auf bodentypologischer Verwandtschaft von Inventargliedern. Dieser Ähnlichkeitsschlüssel dient dann zur Bearbeitung der Kleinstflächen, z. B. Test auf Integrierbarkeit in eine Nachbarfläche, und zur Zusammenfassung benachbarter Areale.

Ein weiteres Beispiel ist die Erarbeitung einer Bodenübersichtskarte 1 : 2 000 000 (BÜK 2000) aus der Bodenübersichtskarte 1 : 1 000 000 (BÜK 1000) durch RICHTER (2000). Hier wird mit der Zielvorgabe einer möglichst weitgehenden Erhaltung von Differenzierung und Kontrast mit einer Bewertungswichtung der einbezogenen Merkmale - in der Reihenfolge: Substrat, Hydromorphie und zum Schluss erst der Bodentyp - gearbeitet. Die inhaltliche Zusammenfassung basiert auch hier auf der Ähnlichkeit der Kartiereinheiten im Hinblick auf die bewertungsrelevanten Merkmale. Kleinstflächen werden eliminiert, Konturen geglättet. Die Probleme liegen hier im unterschiedlichen Vergesellschaftungsgrad der Kartiereinheiten und verschiedenen Aggregierungsniveaus. Hinzu kommt eine Heterogenität, verursacht durch verschiedene Bearbeiter.

In beiden Beispielen, die auf verschiedenen Maßstabs- und Bodeneinheiten-Niveaus aufbauen, werden Einheiten aggregiert. Es entstehen aber keine neuen Qualitäten, neue Bodeneinheiten. Im ersten Beispiel entstehen wiederum Bodenformengesellschaften (Aggregierungsstufe 2). Die Aggregation verbleibt im Niveau der chorischen Dimension mit typischen Pedotopgefügen. Die Ergebnisse werden dann allerdings Legendeneinheiten eines BÜK 200 Entwurfs zugeordnet, die das Leitbodenformeninventar mit Anteilsklassen wiedergeben. Im zweiten Beispiel werden Leitbodenassoziationen aggregiert: aus 72 Legendeneinheiten werden 60 auf dem gleichen Niveau abgeleitet. Hier spielt die Zielsetzung, BÜK 2000 als eine Grundkarte des Hydrologischen Atlas Deutschland, die maßgebende Rolle. Die weitgehend erhaltene Differenzierung zwischen den Legendeneinheiten ist Voraussetzung für die Ableitung von Kennwerten für Auswertekarten.

Im Zuge der Erarbeitung der Bodenübersichtskarte im Maßstab 1 : 200 000 (BÜK 200) (HARTWICH et al. 1995) wurde durch SCHMIDT (1994) ein Zuordnungsregelwerk für die Bildung von Legendeneinheiten dieses Kartenwerkes erarbeitet. Dieses Regelwerk wurde in mehreren Landschaften getestet (ALTERMANN 1995, SCHMIDT 1995, BILLEN et al. 1997). Hier entstehen neue Qualitäten im Sinne der

hierarchisch aufgebauten Stufen der Aggregation von Bodeneinheiten (AG Boden 1994: Tab. 52). Dabei sind die Einschätzungen zur Bedeutung der Parameter von Interesse, die im Prozess der Aggregation und Segregation eingesetzt werden. Es zeigen sich Unterschiede in der Wichtigkeit der Merkmalskomplexe zwischen Festgesteinsgebieten und glazial/periglazial geprägten Lockergesteinsgebieten. Während in Letzteren die Substratverhältnisse gefolgt von der Hydromorphie die entscheidenden Kriterien zur Bildung von Legendeneinheiten liefern (ALTERMANN 1995, SCHMIDT 1995), sind in den Festgesteinsgebieten die vorrangigen Zuordnungskriterien geologischer und morphologischer Art (BILLEN et al. 1997).

*"Die objektive und nachvollziehbare Ableitung kleinmaßstäbiger Bodenkarten aus größermaßstäbigen Vorlagen stellt ein weitgehend ungelöstes Problem dar."* Dieses Zitat (SCHMIDT et al. 1997: 2) stammt aus einer Arbeit, die sich der Algorithmen der hierarchischen Clusteranalyse bedient, um den Prozess der inhaltlichen Zusammenfassung zu objektivieren. Der Clustervorgang wird mit verschiedenen Parameterzusammenstellungen für die Legendeneinheiten der BÜK 1000 in abgewandelten Varianten durchgerechnet, und die ausgewählten Lösungen werden vom Experten verbal beschrieben und im Hinblick auf ihre Plausibilität und Heterogenität bewertet. Die Clusterverfahren eignen sich, um Legendeneinheiten nach ihrer Eigenschaftsstruktur zu gruppieren.