

Methoden zur objektiven Ableitung von Bodenkarten im Folgemaßstab

**Unterstützung der geometrisch-begrifflichen Generalisierung von Bodenkarten
durch erweiterte Werkzeuge in einem Geo-Informationssystem**

von Michael Fuchs

**Dissertation zur Erlangung des Grades "Doktor der Naturwissenschaften"
am Fachbereich Geowissenschaften, Institut für Geologische Wissenschaften
der Freien Universität Berlin**

Berlin 2002

Gutachter: Prof. Dr. F. K. List

Freie Universität Berlin, Fachbereich Geowissenschaften

Prof. Dr. R. Schmidt

Fachhochschule Eberswalde, Fachbereich Landschaftsnutzung und Naturschutz

Tag der Disputation: 1.7.2002

Zusammenfassung

Die Arbeit befasst sich mit der geometrisch-begrifflichen Generalisierung von Bodenkarten.

Bodenkarten nehmen unter den geowissenschaftlichen thematischen Karten eine Sonderstellung ein. Die Sonderstellung ist durch das eng räumliche Muster der Böden begründet. Bereits im großmaßstäbigen Darstellungsbereich werden die einzelnen Bodenareale durch ein Gefüge von Böden, die unterschiedlicher systematischer Einordnung sein können, beschrieben.

Bodenkarten werden digital erstellt und sind Grundlage von Auswertungskarten. Die digitale Herstellung und Haltung von Bodenkarten verlangt für den Prozess geometrisch-begrifflicher Generalisierung objektivierbare Lösungswege.

Der Prozess geometrisch-begrifflicher Generalisierung von Bodenkarten ist in vier Teilschritte zerlegt, die sequenziell bearbeitet werden. Diese sind:

- 1) die inhaltliche Aggregierung,
- 2) die Flächenaggregierung,
- 3) die inhaltliche Generalisierung,
- 4) und die geometrische Generalisierung.

Unter der Prämisse von Darstellbarkeit und Nutzeranforderung an einen bestimmten Maßstab, werden Flächeneinheiten voneinander abgegrenzt. Die Bodenareale sollen sich voneinander unterscheiden, im entsprechenden Maßstab darstellbar sein und eine handhabbare innere Heterogenität besitzen.

Zur Bearbeitung in den vier Teilschritten geometrisch-begrifflicher Generalisierung werden multivariate Verfahren, landschaftsanalytische und informationstheoretische Kenngrößen und kontextbasierte Regeln genutzt. Die Grundlage zur Anwendung dieser Methode ist durch die Flächendatenbank eines bodenkundlichen Kartenwerkes gegeben. Die Flächendatenbank ist mit den geometrischen Daten verknüpft und führt die inhaltlichen Beschreibungen der Bodeneinheiten. Es existiert ein Regelwerk der Zuordnung von Flächenkartiereinheiten zu bestimmten Merkmalskomplexen mit deren Wichtigkeit im betrachteten Raum.

Die Teilschritte der geometrisch-begrifflichen Generalisierung von Bodenkarten werden algorithmisiert. Es entstehen Lösungsvorschläge zur Zusammenfassung, die nachvollziehbar sind. Der Prozess geometrisch-begrifflicher Generalisierung von Bodenkarten gewinnt damit an Transparenz.

Semantisches Datenmanagement			
Geometrisches Datenmanagement			
Geometrisch-begriffliche Generalisierung von Bodenkarten			
Inhaltliche Aggregation	Flächenaggregation	inhaltliche Generalisierung	geometrische Generalisierung
Entropiemessung			Abstandsmessung
Darstellbarkeitsprüfung		Konfigurationsfrequenzanalyse	
Landschaftsanalyse			
Hierarchisches Clustern	Abstandsmessung		
	Grenzlängenbestimmung	Regeln zur Anhebung des taxonomischen Niveaus der Bodeneinheiten (AK Bodensystematik)	Douglas-Peucker-Algorithmus GENERALIZE (Esri)
Zweidimensionale Skalierung			AREAAGGREGATE (Esri)
Redundanzmessung			
Join-Count-Statistik			
Goldener Schnitt			

Methoden zur Unterstützung des Prozessgeschehens der geometrisch-begrifflichen Generalisierung von Bodenkarten

Die **inhaltliche Aggregation** wird durch multivariate Verfahren unterstützt. Dabei werden die Merkmalskomplexe der inhaltlichen Beschreibungen der Bodeneinheiten und landschaftsanalytische sowie informationstheoretische Kenngrößen verarbeitet. Ergebnis des Teilschritts ist eine Matrix der Zusammenfassung. In dieser sind die neuen Gruppen in der Wichtigkeit der Merkmalskomplexe zusammengestellt und verbal, bezüglich ihrer Ausprägung, benannt. Die Gruppierungen der landschaftsanalytischen und informationstheoretischen Kenngrößen geben Aussagen über die Entwicklung von Komplexität/Heterogenität (Grad der Nachbarschaft, Areal-Heterogenität, Gestaltausprägung) durch die Zusammenfassung. Die Grenzlängenindizes zwischen den zusammengefassten Einheiten informieren über den Grad räumlicher Zusammenfassung.

Die **Flächenaggregation** wird durch die gemeinsamen Grenzlängen und deren Indizes gesteuert. Einheiten, die nicht der Darstellbarkeit im angestrebten Maßstab genügen, werden ihren plausiblen Nachbarn zugeordnet. Dabei bieten die Abstandsmessung und informationstheoretische Kenngrößen neben der inhaltlichen Betrachtung, bei gegebenem Spielraum, alternative Vorschläge an. Ergebnis des Teilschritts sind für den jeweiligen Maßstab darstellbare Flächeneinheiten.

Die **inhaltliche Generalisierung** erfolgt nach den Regeln zur Anhebung des taxonomischen Niveaus. Die Ergebnisse der Konfigurationsfrequenzanalyse werden zur Prüfung der neuen inhaltlichen Beschreibungen herangezogen. Ergebnis des Teilschritts sind die Inhaltsbeschreibungen der Bodeneinheiten, in einem dem Maßstab adäquaten Niveau.

Die **geometrische Generalisierung** baut auf Distanzmaßen, die aus den Mindestflächengrößen des jeweiligen Maßstabs abgeleitet sind, auf. Flächen werden verschmolzen, eliminiert und im Verlauf

ihrer Umrisslinien vereinfacht. Es entsteht eine Rohkarte, die im Prozess kartografischer Überarbeitung zu einem Endprodukt geführt wird.

Im Programm "Analytische Werkzeuge der Aggregation und Generalisierung" sind die Methoden zur Unterstützung der geometrisch-begrifflichen Generalisierung von Bodenkarten umgesetzt. Das Programm läuft unter der ArcInfo-Workstation-Umgebung (geometrisches Datenmanagement) und greift auf Access-Datenbanken (semantisches Datenmanagement) zu. Im Leitfaden zum Programm sind die zugrunde liegenden Formeln wiedergegeben und die aus den Berechnungen resultierenden Ergebnisse und die Formate der Ergebnisdateien beschrieben.

Für ein Beispielblatt aus dem bodengeologischen Kartenwerk des Landes Brandenburg, L3744, Blatt Potsdam 1 : 50 000, wird der Prozess geometrisch-begrifflicher Generalisierung von Bodenkarten mit den programmierten Werkzeugen geführt. Zwei Folgemaßstäbe, 1 : 100 000 und 1 : 200 000, werden erarbeitet und bewertet. Die Gültigkeit der Verfahren in den Teilschritten der geometrisch-begrifflichen Generalisierung und für die bodengeografischen Dimensionen wird diskutiert.

Eine Automatisierung der geometrisch-begrifflichen Generalisierung von Bodenkarten wird nicht erreicht. Der bodenkundliche Experte entscheidet auf der jeweiligen Bearbeitungsstufe über Lösungsschnitte, plausible Nachbarschaftszusammenfassung, Reichweite etc. Die implementierten Werkzeuge sind zur Erarbeitung von Entscheidungsgrundlagen gedacht.

Summary

The presented research focuses mainly on the geometrical-conceptual generalisation of soil maps.

Soil maps often play a special role among geo-scientific thematic maps. Their eminence is due to the tightly interwoven spatial pattern of soils. Even large-scale soil maps already comprise soil associations representing mosaics of different soils.

Soil maps are nowadays created digitally and form the basis for thematic geo-referenced evaluations. The digital production and storage of soil maps requires solutions which consist of verifiable, objective methods for the geometrical-conceptual generalisation of soil map units. The process of such a generalisation may be divided into four stages which are being sequentially processed:

- 1) content-based aggregation,
- 2) spatial aggregation,
- 3) conceptual generalisation,
- 4) geometrical generalisation.

With the objective to provide transparency and user convenience for a given spatial map resolution, soil map units can also be statistically defined. Depending on the spatial scale the differences between

soil units can then be systematically assessed, while the remaining internal heterogeneity should still be manageable for the user.

Multivariate statistics, information theory and landscape analysis, as well as context-based relationships and rules, are used to implement all four stages of the geometrical-conceptual generalisation. A map database containing a regional set of soil maps was used to apply the proposed method. The database is linked to geometrical data and also contains the descriptions of the soil units. A set of rules was developed independently of this study to enable the allocation of mapping units to certain characteristics and complexes of features, including a ranking according to the importance within the respective space.

Each step of the geometrical-conceptual generalisation is supported by specific algorithms. Solution pathways comprehensible to the user for the spatial aggregation of soil units result. Thus, the process becomes more transparent.

Semantic data management		Geometrical data management	
Geometrical-conceptual generalisation of soil maps			
Content-based aggregation	Spatial aggregation	Conceptual generalisation	Geometrical generalisation
Determination of entropy			Measurement of distances
Presentation tests on readability		Analysis of configuration frequencies	
Landscape analysis			Identification of spatially linking soil units
Hierarchical clustering	Measurement of distances		
	Measurement of edge length		
Two-dimensional scaling		Application of AREA AGGREGATE (Esri)	
Determination of redundancy			
Join-count-statistics			
Maximum of entropy			

Methods to support the geometrical-conceptual aggregation of soil maps

Content-based aggregation is supported by multivariate methods. These methods allow the simultaneous processing of complexes of parameters, which qualitatively characterise soil units, and of numerical parameters derived from landscape analysis and information theory. A result of this methodological step is a specific statistical matrix which contains new and qualitatively interpreted groups of ranked parameter complexes. The grouping of the quantitative parameters allows conclusions about changes in complexity/heterogeneity (neighbourhood statistics, measure of area-heterogeneity, shape indexes) based on these aggregation processes. The degree of spatial aggregation can be assessed using edge length indexes.

The **spatial aggregation** of mapped soil units is dependent on edge length and related indexes. Soil units which do not fulfill the criteria of readability at the attempted aggregation scale are merged into the next plausible neighbour. Besides comparing the available soil map unit information, several aggregation scenarios also result by looking at measured distances and calculating information theory parameters. The result of this methodological step is the production of newly aggregated soil units.

The **conceptual generalisation** follows specific rules to increase the taxonomic level. The results of the configuration frequency analysis are used to validate the new conceptual descriptions. The results of this step are new soil unit descriptions.

The **geometrical generalisation** is based on distance measurements which are derived from the minimum area criteria determined for the target map scale. The areas of soil units can be merged or eliminated, or just simplified in their geometrical delineation. The result is an initial "raw" map, which requires further cartographic refinement and formatting until it becomes a final map product.

In order to facilitate a verifiable, transparent and user-oriented processing of the geometrical-conceptual generalisation of soil maps, the GIS/statistical program "Analytic Tools of Aggregation and Generalisation" was developed. The program runs under any ArcInfo workstation environment (geometrical-topological data management) and accesses ACCESS databases (semantic data management). The underlying formulas are presented in the manual of the program, which also contains descriptions of the program output, including the format of the resulting files.

The geometrical-conceptual generalisation of soil maps using these programs was tested using a sheet of the soil map of the federal state of Brandenburg at 1:50,000. Two scale aggregations, 1:100,000 and 1:200,000, were derived in this study. The validity of the proposed methodological approach, the individual procedures in the different steps of the geometrical-conceptual generalisation, as well as soil geographical aspects, are discussed.

The results clearly reveal that a complete automation of the geometrical-conceptual generalisation of soil maps is not possible without qualitative decisions, e.g. on the evaluation of alternative aggregation scenarios or choices between the most plausible neighbourhood relationships. These decisions are, of course, dependent on the respective processing scale. The implemented statistical and GIS tools were designed to provide valuable and verifiable support in the processing of large amounts of background information, qualitative and quantitative data, and to derive geo-referenced and easily modifiable products for the decision making in soil map analysis and bottom-up aggregation of soil maps.