

Modellierung von Bodenkarten: Ansätze zur Verbesserung der bestehenden Grundlagen

Markus Egli¹, Sabine Häfliger², Matthias Achermann¹

¹ Kantonales Amt für Umweltschutz, Luzern

² GIS-Koordinationsstelle, Vermessungsamt, Luzern

Zusammenfassung

Rund zwei Drittel der produktiven Fläche des Kantons Luzern sind bis anhin bodenkundlich nicht kartiert worden. Die einzige Grundlage für diese Gebiete ist die Bodeneignungskarte im Massstab 1:200'000. Die GIS-Datenbasis für den Kanton Luzern ist jedoch recht umfassend, so dass über eine räumliche Analyse (Auswertung der Datensätze, Reliefanalysen) versucht wurde ein Teil der Bodeninformationen nach der FAL-Nomenklatur zu modellieren. Im Rahmen der Modellierung wurden nur Polygone mit eindeutigen Zuweisungen erzeugt. Die erzielten Resultate stimmen zuversichtlich und werden schrittweise verbessert.

Abstract: Modelling of soil maps: approach for an amendment of existing basic data

A detailed soil map is not available for about two third of the area of the canton of Lucerne. The only existing soil database is a map with a scale of 1:200'000. The GIS database of the canton Lucerne is, however, quite comprehensive. A part of the required soil information was, therefore, modelled according to the FAL nomenclature using GIS-databases and performing relief analyses. The obtained results partially agree well also with small-scale maps. Within an iterative processes the results are steadily amended.

Keywords: soil map, modelling, GIS, Lucerne

1. Einführung

Aufgrund seiner natürlichen Eigenschaften als Puffer, Filter, Wasserspeicher und -regulator, Pflanzenstandort sowie als wichtiger Bestandteil der Landschaft hat der Boden im Naturraum eine zentrale Stellung. Bodenkarten liefern somit wichtige Grundlagendaten für die Planung und den Vollzug der Umwelt-, Landwirtschafts- und Raumplanungsgesetzgebung (BRUNNER et al. 1997, AfUSO 1995). Nur ein kleiner Teil des Kantons Luzern, nämlich rund ein Drittel der Gesamtfläche, sind bislang im Rahmen von Bodenkartierungen in einem Massstab von 1:25'000 oder detaillierter erfasst worden. Für den restlichen Teil des Kantons muss auf die Bodeneignungskarte der Schweiz, welche im Massstab 1:200'000 angefertigt worden ist, zurückgegriffen werden (FREI et al. 1980). Diese Karte gibt sicherlich einen guten Überblick über die Verbreitung der Böden in der Schweiz, ihrer generellen Eigenschaften und Nutzungsmöglichkeiten. Der Nutzen und die Aussagekraft dieser Karte für die Praxis und den Vollzug ist aber nicht zuletzt bedingt durch die hohe Massstabszahl eingeschränkt. Der verwendete Massstab erlaubt keine Darstellung von eindeutig definierten Bodenpolygonen, sondern eine Abbildung grösserer Einheiten. Diese Einheiten sind ausschliesslich Komplexe, welche mehrere Ausprä-

gungen pro Merkmal umfassen können. Da im Kanton Luzern längerfristig die notwendigen finanziellen Mittel für eine flächendeckende Bodenkartierung nicht aufgebracht werden können, der Vollzug und die Praxis auf aktuelle Probleme aber reagieren müssen und somit eine verbesserte Grundlage für die restlichen 2/3 des Kantonsgebietes benötigen, musste nach einer alternativen Lösung gesucht werden.

Das Amt für Umweltschutz und die GIS-Koordinationsstelle des Kantons Luzern versuchten die Frage zu klären, inwieweit mit bestehenden Raumdaten, welche in digitaler Form vorliegen, ein höherer Detaillierungsgrad und somit eine Verbesserung der Bodenkarte 1:200'000 erzielt werden kann. Der gewünschte „Zielmassstab“ sollte in einem Bereich von ca. 1:50'000 liegen.

2. Methoden, Vorgehen

Als Ausgangspunkt für die Berechnung der Hypothesenkarte diente die Bodeneignungskarte (FREI et al. 1980). Die Auswertung bestehender GIS-Datensätze, Reliefanalysen (ausgehend vom digitalen Geländemodell) und zum Teil die Auswertung von Orthophotos bezweckte eine entsprechende Verbesserung dieser Karte. In einem iterativen Verfahren wurde die daraus resultierende Hypothesenkarte mit bestehenden Kartierungen

(im Massstab 1:25'000 oder detaillierter) verglichen und angepasst. In einem zukünftigen Schritt werden bestehende Profildaten, die zur Zeit an der eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (Zürich-Reckenholz) abgelegt sind, für eine Verbesserung der Karte herbeigezogen.

Die Legende einer Bodenkarte gibt in der Schweiz immer wieder Anlass zu Diskussionen. Aufgrund kartenspezifischer Ausprägungen der Legende, ist ein direkter Vergleich zwischen verschiedenen Kartenblätter häufig schwierig. Bis anhin finden sich in den meisten Bodenkarten, sei es im gross- wie im kleinmassstäbigen Bereich, nebst Polygonen mit eindeutigen Zuweisungen auch solche mit mehrfacher Zuweisung (Komplexe). Komplexe Polygon-Zuweisungen sind aus datenbanktechnischer Hinsicht sowie im Hinblick auf weitere Verwendungen und Modellierungen problematisch und müssen künftig weitestgehend vermieden werden (SCHÄRLI 2000). Die Nomenklatur der Bodeneinheiten und –eigenschaften richtet sich in unserem Fall nach den Vorgaben von BRUNNER et al. (1997) (= FAL Nomenklatur). In der Bodenkarte (bspw. Massstab 1:25'000) beinhaltet ein Polygon mit reinen Bodeneinheiten (d.h. keine Komplex) z.B. folgenden Code: cB1a. Dieser Code beschreibt den Wasserhaushalt, pflanzennutzbare Gründigkeit (c: senkrecht durchwaschen, normal durchlässig, mässig tiefgründig), Bodentyp (B: Braunerde), Laufende Nummer (für Ausgangsmaterial, Untertyp, Skelettgehalt, Feinerdekorung, pH, ...) sowie die Geländeform (s: gleichmässig geneigt, 35-50%).

Die Modellierung der Bodeneigenschaften richtet sich primär nach den bodenbildenden Faktoren. Gemäss JENNY (1980) sind die Bodeneigenschaften ein Produkt folgender (mehr oder weniger) unabhängiger Variablen:

$$\text{Bodeneigenschaften} = f(pt, cl, tp, t, org)$$

wobei *pt* durch das Ausgangsmaterial, *cl* durch das Klima, *tp* durch die Topographie, *t* durch die Zeit und *org* durch Organismen (oder Vegetation) umschreiben wird. Die für die Modellierung verwendeten Datensätze sind in Tab. 1 aufgeführt. Für den Faktor Zeit besteht für die Modellierung kein direkt dafür verwendbarer Datensatz. Der Faktor Zeit lässt sich aber über andere Datensätze (z.B. über die Topographie bzw. das digitale Gelände Modell DGM) integrieren. Während der letzten Eiszeit war der überwiegende Teil des Kantons Luzern mit Eis bedeckt (HANTKE 1978). Die Böden, welche eine ungestörte Entwicklung durchmachen konnten, haben somit ein mehr oder weniger einheitliches Alter von rund 11'000 – 15'000 Jahren.

Die Auswertung und Miteinbezug der einzelnen Datensätze erfolgte nach dem Entity-Relationship-Prinzip (vgl. SAUER 1992, KLINGL

1996); d.h. durch die Auswahl der relevanten Attribute und durch deren Kombination zu den jeweiligen Relationen. Die einzelnen Ausdrücke der Abfrage sind mit Booleschen Funktionen, nämlich AND, OR, NOT sowie logischen Operatoren wie 'lower than', 'lower equal', 'equal', 'not equal', 'greater equal', 'greater than' (KLINGL 1996) realisiert worden.

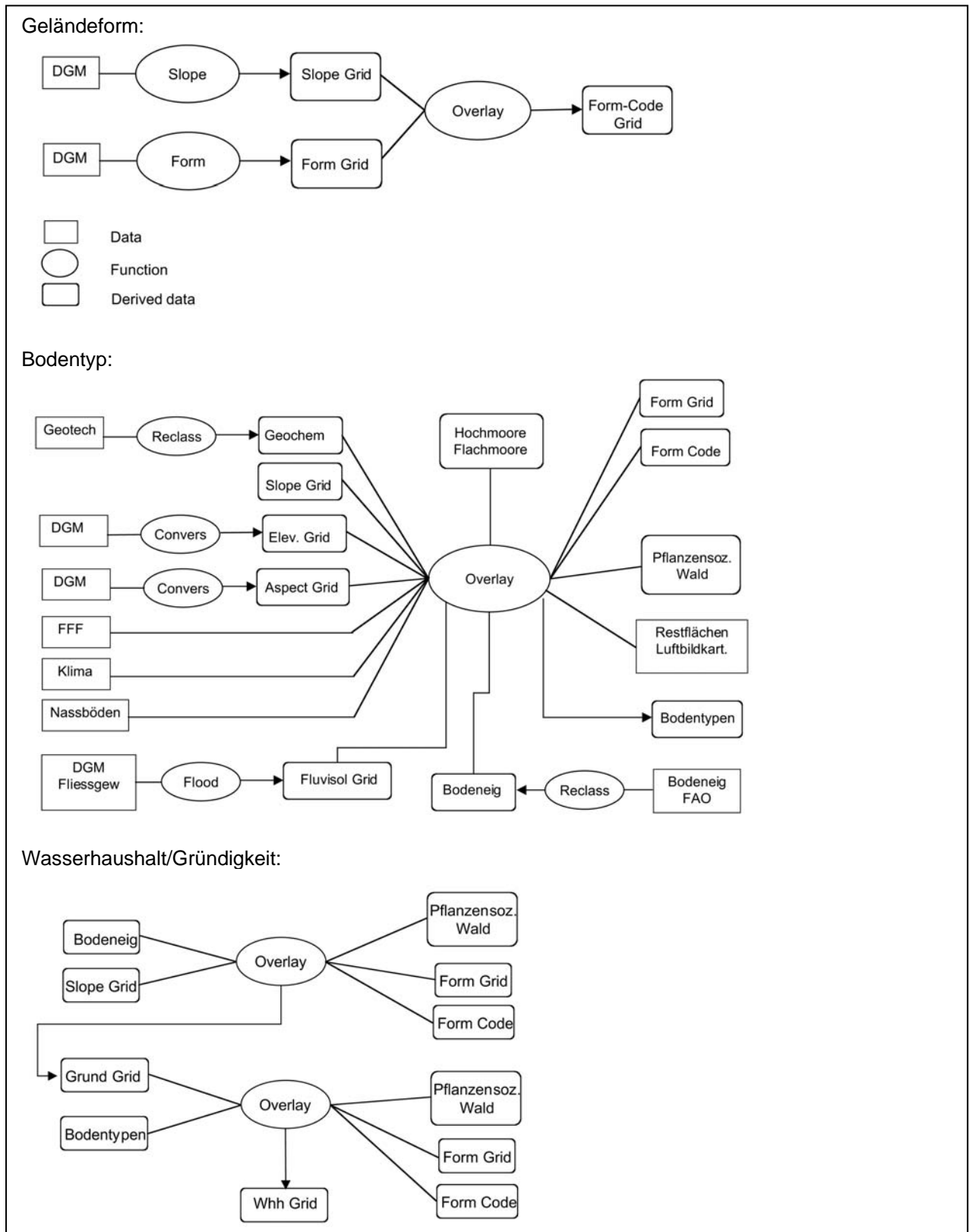
Tabelle 1. GIS-Datengrundlage zur Modellierung, aufgegliedert nach den bodenbildenden Faktoren (ohne Zeit).

Coverage/Grid	Inhalt	Massstab
Topographie		
DHMKTLU0	Geländemodell (10m Auflösung)	1 : 25000
RSGKTLU0	Rutschungen	1 : 200000
Klima/Wasserhaushalt		
DHMKTLU0	Geländemodell (10m Auflösung)	1 : 25000
KLIKTLU0	Klimaeignung	1: 200000
NASS	Nassböden	1 : 50000
DISTGWSP	Abstand zum GW-Spiegel	1 : 25000
Geologie		
GTKKTLU0	Geotechnische Karte	1 : 200000
RSVKTLU0	Rohstoffvorkommen	1 : 25000
RSGKTLU0	Rutschungen	1 : 200000
Vegetation/Nutzung		
WALKTLU0	Wald	1: 10000
WSZKTLU0	Pflanzensoziologische Kartierung (Wald)	1: 5000
AUEKTLU0	Auengebiete	1 : 25000
MOOKTLU0	Hoch- und Flachmoore von nationaler und regionaler Bedeutung	1 : 10000
FFFKTLU0	Fruchtfolgefleichen	1 : 10000
INPKTLU0	Naturobjekte reg. Bedeutung: Nassstandorte	1 : 10000
"Accessoires"		
SIEKTLU0	Siedlungsgebiete	1: 5000
SEEKTLU0	Seen	1 : 25000
GEWKTLU0	Fliessgewässer	1 : 10000

3. Resultate

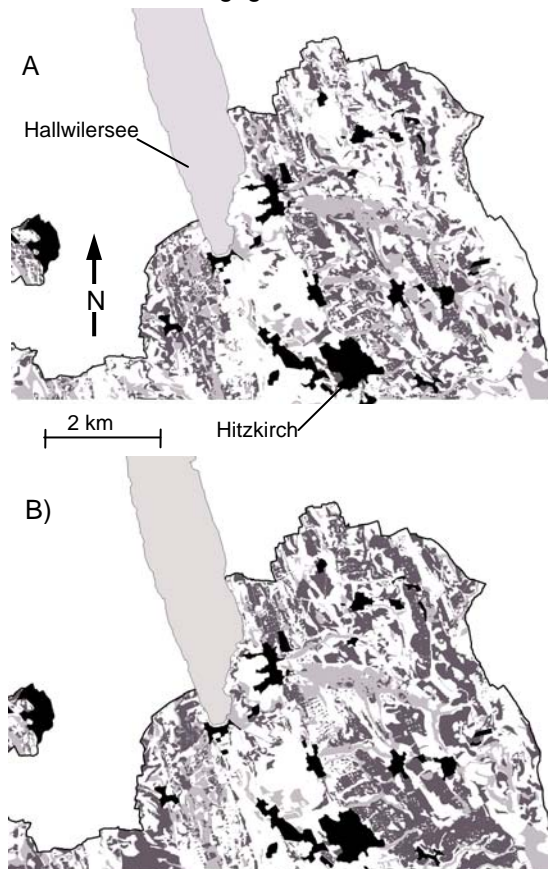
Durch die definierte Modellstruktur wird eine bedeutende Verfeinerung der Bodeneignungskarte (1:200'000) erreicht. Die neu erzeugten Polygone haben nun eine eindeutige Zuweisung für den Bodentyp, die Geländeform und den Wasserhaushalt/Gründigkeit.

Abb. 1. Schematischer Modellaufbau zur Berechnung der Hypothesenkarte. DGM = digitales Geländemodell (10x10 m Auflösung). Slope: Berechnung der Hangneigung; Form: Berechnung der Hangform (gemäss DENOTH 1997); Overlay: Überlagerung von Themen, Abfragen von Booleschen Funktionen, logischen Operatoren; Geochem: Unterteilung des Ausgangsmaterials in Karbonat-, Misch- und Silikatgesteine (durch eine Reklassierung (Reclass) der Ausgangsdatei); Convert: Umwandlung des DGM in ein Höhengrid (Elevation) bzw. Expositions-Grid (Aspect); Flood: Berechnung der Fluvisol-Verteilung mittels DGM und Fliessgewässerstruktur; Bodeneig: Reklassierung in FAL-Nomenklatur; Pflanzensoz.: Ableitung von Bodentypen und Wasserhaushalt aus Pflanzensoziologie (Wald); Restfläche Luftbildkart.: Kartierung von Bodeneinheiten über Orthophotos/Luftbilder (Gebiete oberhalb Waldgrenze); Grund Grid: berechnete Gründigkeit; Whh Grid: Wasserhaushalt.



Der ursprüngliche Inhalt der Polygone der Bodeneignungskarte wurde überprüft, wo nötig modifiziert und durch neue Themen (wie bspw. „Nassböden“, Fluvisole, Flach- und Hochmoore) überprägt. Die Übereinstimmung der dadurch generierten Hypothesenkarte mit bereits kartierten Gebieten (Abb. 2) ist recht gut. Erstaunlicherweise ist die Übereinstimmung mit detaillierten Bodenkarten (Massstab 1:5'000) besser (bspw. Bodentypen $R^2 = 0.7$) als mit Karten mit einer weniger guten Auflösung (1:25'000; Bodentypen $R^2 = 0.6$).

Abb. 2. Übereinstimmende Flächen zwischen Modell und Kartierung (Massstab 1:5'000) im Gebiet Hitzkirch. A) Gründigkeit/Wasserhaushalt (100%-Übereinstimmung). B) Bodentypen. Schwarz = Siedlungsgebiet.



4. Schlussfolgerungen

Die Verarbeitung GIS-basierter Grundlagen führte zu einer wesentlichen Verbesserung der Bodeneignungskarte 1:200'000. Die Verbesserungsmöglichkeiten hängen vom Datensatz und dem jeweiligen Erfassungsmassstab dieser Daten ab. Man muss sich bewusst sein, dass diese Datensätze nicht einen einheitlichen Massstab aufweisen. Somit ist es durchaus möglich, dass gewisse Items einer Bodenkartierung genauer erfasst werden können als andere.

Die Modellierung der Bodentypen, sowie des Wasserhaushaltes und der pflanzennutzbaren Gründigkeit erfolgte in unserem Fall zufriedenstellend. Die Modellierung der „Laufnummer“ wurde bis anhin noch nicht durchgeführt. Bereits die Modellierung der genannten Aspekte verursachte – bedingt durch den 10x10 m Raster des DGM – sehr grosse Datensätze. Das 10x10 m Raster erzeugt zudem Klein- und Kleinstflächen, welche für eine bessere Übersicht am Schluss auf eine vernünftige Grösse generalisiert werden müssen. In einem zukünftigen Schritt werden die Daten der rund 1400 brauchbaren Profilbeschreibungen (z.Z. an der FAL) integriert. Die Auswertung dieser Daten sowie die weitere geographische Verarbeitung ergibt einerseits einen bedeutenden Profildatensatz für den Kanton und kann andererseits für die flächige Interpolation und somit zur Verbesserung der Hypothesenkarte beigezogen werden.

5. Literatur

- AfUSO (Amt für Umweltschutz, Kanton Solothurn), (1995): Bodenkartierung Kanton Solothurn. Konzept. Volkswirtschaftsdepartement des Kantons Solothurn, Bericht Nr. 23.
- BRUNNER, J., F. JÄGGLI, J. NIEVERGELT und K. PEYER (1997): Kartieren und Beurteilen von Landwirtschaftsböden. Schriftenreihe der FAL (Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau) 24, Zürich-Reckenholz.
- DENOTH, F. (1997): Oberflächenabfluss und Phosphorverlust auf landwirtschaftlich genutzten Flächen. Diplomarbeit, Universität Zürich.
- FREI, E., U. VÖKT, R. FLÜCKIGER, H. BRUNNER und F. SCHAI (1980). Bodeneignungskarte der Schweiz, Massstab 1:200000. Grundlagen für die Raumplanung, Bundesämter für Raumplanung, Landwirtschaft und Forstwesen, EDMZ Bern.
- HANTKE, R. (1978): Eiszeitalter 1: Die jüngste Erdgeschichte der Schweiz und ihrer Nachbargebiete. Klima, Flora, Fauna, Mensch, Alt- und Mittelpleistozäne, Vogesen, Schwarzwald, Schwäbische Alb. Ott Verlag, Thun
- JENNY, H. (1980): The soil resource. Springer, New York.
- KLINGL, T. (1996): GIS-gestützt Generierung synthetischer Bodenkarten und landschaftsökologische Bewertung der Risiken von Bodenwasser- und Bodenverlusten. Geographica Bernensia, G50, Bern.
- SAUER, H. (1992): Relationale Datenbanken. Addison-Wesley, Bonn, 291 S.
- SCHÄRLI, J. (2000): Einheitliche Bodenlegenden für Bodenkarten des Kantons LU als Basis für ein Geografisches Informationssystem (GIS). Diplomarbeit Hochschule Technik+Architektur, Luzern.