

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	10 (2003), 1/2	S. 61-76	13 Abb., 5 Tab., 16 Lit.
----------------------------------	--------------	----------------	----------	--------------------------

Die Berücksichtigung inhaltlicher und räumlicher Unschärfen bei der GIS-unterstützten Erstellung der bodengeologischen Karte von Brandenburg im Maßstab 1 : 50 000 (BK 50) – ein Test am Beispiel des Blatts Königs Wusterhausen

The consideration of fuzziness in content and space in the GIS-based creation of the soil map of Brandenburg in scale of 1 : 50 000 (BK 50) – a test on the example of the sheet Königs Wusterhausen

JENS HANNEMANN

1. Einleitung

Die Verarbeitung bodenkundlich relevanter Daten und deren Ergebnisdarstellung in Karten besitzt themenübergreifenden Charakter, d. h. die zu analysierenden Informationen sind sehr vielgestaltig und mehr oder weniger gut für das Interpretationsprodukt "Bodengeologische Karte" geeignet. Die Beschreibung jedes komplexen Systems – so auch der Pedosphäre – ist mit Unsicherheiten und Unschärfen behaftet. Die Analyse des Systems durch Auflösung in Einzelbestandteile, die hier als Kompartimente und Bildungsfaktoren des Bodens verstanden werden, vereinfacht hierbei das Verständnis und führt zu einer Annäherung an die Beschreibung des realen Wirkungsgefüges. Entscheidend ist dabei die Art der Verknüpfungen der Einzelbestandteile, da sie die Eigenschaften und den Charakter des Systems bestimmen.

Die Konturen und Inhalte von Kartiereinheiten in einer Bodenkarte sind das Ergebnis der Selektion, Kombination, Interpretation, Zusammenfassung und Verallgemeinerung der verschiedensten thematischen Informationen zu Geologie, Bodenschätzung, älteren Bodenkartierungen, Fernerkundungsdaten, Geomorphologie, Hydrologie und Klima. Es handelt sich dabei um Flächen, die durch ein einheitliches Wirkungsgefüge (z. B. gleiche Morphogenese und Bodenausgangsgesteine und/oder gleiche anthropogene Überprägung) gekennzeichnet sind (Bodenkundliche Kartieranleitung, KA 5 im Druck). Unschärfen ergeben sich durch unterschiedliche Datenqualitäten der Informationsgrundlagen, durch unzureichende Erkundungsdichten und durch Widersprüche bei der Informationskombination.

Ziel des im Folgenden vorgestellten Ansatzes ist es, den Prozess der Erstellung einer bodengeologischen Konzeptkarte so zu objektivieren, dass der kartierende Bodenkundler in seiner Entscheidungsfindung bei der Flächenabgrenzung und Flächencharakterisierung optimal unterstützt wird. Die Methode wird derzeit bei der Erstellung der bodengeologischen Karte des Blatts Königs Wusterhausen (i. M. 1 : 50 000) erprobt. Ein Schwerpunkt bildet neben der möglichen Anwendung bereits vorhandener Übersetzungspro-

gramme, wie z. B. für die Bodenschätzung, die Entwicklung von Regeln für die Ableitung von bodenkundlichen Inhalten aus thematisch unterschiedlich gearteten Punkt- und Flächendaten. Diese dienen der Flächenabgrenzung und Inhaltszuweisung. Die Vorgehensweise soll besonders die Übergänge zwischen geologischen bzw. Bodeneinheiten berücksichtigen. So dünnt ein kompakter Moränenkörper in seinem Randbereich aus. Fahlerden, die aus Sand über Geschiebemergel bestehen, werden zu Bänderfahlerden aus Fließerden, die in weiterer Folge durch lehmige Bänder eines entkalkten Geschiebemergels oder schließlich nur noch durch wenige dünne Bändchen gekennzeichnet sind. Die Kette Moor, Moorgley, Anmoorgley, Humusgley und Gley beschreibt den Übergang vom organischen in einen mineralischen Boden, der über den Humusgehalt, die Mächtigkeit und die Zusammensetzung der humosen Schicht definiert wird.

Der hier gewählte methodische Ansatz geht nicht von einer scharfen Abgrenzung und Inhaltsbeschreibung von Kartiereinheiten (Einzelflächen) aus, sondern konzentriert sich auf den Umstand, dass diese Einheiten mehr oder weniger kontinuierlich ineinander übergehen können und auf die Frage, inwieweit dieser Übergangsbereich als selbständige Einheit dargestellt werden kann. Das betrifft sowohl den bisher durch eine Linie gekennzeichneten Grenzsaum als auch die inhaltliche Unschärfe, d. h. das Merkmalspektrum von Flächeneinheiten (Kartier- und Legendeneinheiten). Die Kartiereinheiten werden von Leitböden als inhaltlicher Kern bestimmt, die im hier postulierten Fall im Randbereich Merkmale zunehmend neuer Qualitäten aufweisen können. Der Merkmalswechsel erfolgt also nicht sprunghaft, sondern weist einen Trend zur Nachbareinheit auf. Das Merkmalspektrum wird aus mehreren Informationsebenen (Karten und Punktinformationen meist verschiedener Nomenklatur) abgeleitet. Die verschiedenen Daten werden dabei vorwiegend qualitativ interpretiert. Diese Interpretationen besitzen unterschiedliche Aussagegüten, deren Darstellung in Karten der Aussagesicherheit zukünftig ihren Niederschlag finden sollte. Die Frage des Zusammenhangs von inhaltlicher und räumlicher

Unschärfe soll in der hier vorgestellten Methode mit einem Fuzzy-Ansatz behandelt werden.

2. Zielstellung

Die Verarbeitung der großen Informationsmenge für die Erstellung von Konzeptbodenkarten soll programmtechnisch algorithmiert und reproduzierbar gemacht werden. Das Ergebnis wäre ein Expertensystem "Konzeptkartenerstellung", in dem einzelne Daten, Datengruppen oder ganze Datenebenen durch Bestimmung von Zugehörigkeiten gewichtet in eine Gesamtanalyse eingehen. So könnte eine Optimierung der Entscheidungsfindung hinsichtlich geometrischer und inhaltlicher Beschreibung eines Bodenareals erreicht werden. Es werden Fuzzy-Methoden angewendet, die als prädestiniert für eine Quantifizierung von häufig nur qualitativ vorliegenden Bodeninformationen angesehen werden können. Des Weiteren eignen sie sich besonders zur Beschreibung von kontinuierlichen Eigenschaften und erlauben graduelle Differenzierungen. Die Grundlage für die hier getestete Vorgehensweise besteht in der Ausweisung von Kern- und Übergangsbereichen sowie der Definition von Übergangstypen, z. B. geologischer Einheiten.

Um die Aussagesicherheit von Konzeptkarten zu erhöhen, wird versucht, die Datenqualitäten zu quantifizieren, wobei insbesondere die Güte (inhaltliche Qualität) und Dichte (räumliche Qualität) Eingang finden. Die Analyse der dritten Dimension minimiert die Unschärfe gegenüber konventionell erstellten geowissenschaftlichen Karten. Die folgenden Ausführungen beschreiben einen möglichen methodischen Ansatz und beziehen sich auf das theoretische Konzept, um die genannte Zielstellung zu erreichen.

3. Kurzbeschreibung der Methode

Am Anfang der Arbeiten steht die digitale Verfügbarmachung aller für die bodenkundliche Interpretation relevanten Informationsgrundlagen. Dazu gehören Flächen- und Punktdigitalisierungen sowie der Aufbau von Sachdatenbanken, in denen die Attribute bzw. die Fachdaten recherchierbar abgelegt sind.

Im nächsten Schritt wird für die Flächendaten (Polygone) sämtlicher Informationsebenen ein Punktraster bzw. Grid erzeugt, in dem jeder Punkt die Attribute der jeweiligen Fläche aufnimmt. Es werden zu diesem Zeitpunkt nur Punktdaten genutzt, die in einer Gesamtdatenbank mit den Koordinaten gespeichert sind. In dieser Datenbank wird eine Matrixtabelle mit den Zielkategorien, die hier nur eine Auswahl darstellen können, geführt (siehe Tab. 2 und 3), die mit Zugehörigkeitsgraden der Attribute (im Folgenden auch Objekte genannt) belegt werden. Qualitative Daten liegen damit quantitativ (numerisch) codiert vor. Anschließend erfolgt für jede Zielkategorie eine Interpolation (Kriging-Verfahren). Die so entstandenen Ebenen können auf Rasterdatenbasis verschnitten werden, so dass, eine Normierung der Daten vorausgesetzt, jeder Rasterpunkt eine Bodenform repräsentiert. Das Ergebnis ist eine "Rohbodenkarte" mit pixelweise verteilten Bodenformen. Die Karte stellt nun ein synthetisches

Bild dar, für das in einem letzten Schritt Bildverarbeitungsverfahren (z. B. die Software eCognition) zur Aggregierung und Legendenbildung herangezogen werden können.

4. Geographisch-geologische Situation des Testgebiets

Das vom Blatt Königs Wusterhausen abgedeckte Gebiet liegt südlich von Berlin. Das Klima ist kontinental geprägt. Die Jahresdurchschnittstemperatur liegt bei etwa 9 °C und die mittlere jährliche Niederschlagssumme bei ca. 500 mm. Die höchsten Erhebungen befinden sich im Bereich der Wünsdorfer Platte im Süden des Blatts mit über 90 m, der tiefste Punkt liegt mit 32,2 m zwischen Niederlehme und Wildau. Hydrographisch ist das Gebiet in den Niederungsgebieten durch relativ viele künstlich angelegte Gräben (z. B. Nuthegraben, Saalowgraben, Mahlower Seegraben) und Kanäle (z. B. Zülowkanal, Nottekanal) charakterisiert. Größere Seen sind der zentral gelegene Rangsdorfer See sowie der Zeuthener, Zeesener, Pätzer und Motzener See, die sich im östlichen Teil des Blatts befinden.

Das Untersuchungsgebiet gliedert sich in mehr oder weniger große Platten aus Geschiebemergel oder/und glazifluvialen Sanden und Niederungsbereichen aus Tal- und Flusssanden sowie Torfen (Abb. 1). JUSCHUS (2000) benennt die Schmelzwasserabflussbahnen in Anlehnung an die Arbeiten von LEMBKE (1936) und MARCINEK (1968) nach Ortschaften, die an oder in den Abflusswegen liegen.

1 Teltow	I Zossener Niederung
2 Glienicker Platte	II Löwenbrucher Talsandfläche
3 Wünsdorfer Platte	III Saalow-Christinendorfer Abflussbahn
4 Telzer Platte	IV Rangsdorf-Thyrower Abflussbahn
5 Schenkendorfer Platten	V Schöneicher Abflussbahn
6 Motzener Platte	VI Hinterseepforte
7 Pätzer Platte	VII Mittenwalder Abflussbahn
8 Senziger Platte	VIII Zeesen-Zeuthener Abflussbahn und Berliner Urstromtal
9 Niederlehmer Platten	

Der Lindenberg bei Jühnsdorf, der sich zwischen der Teltow- und Glienicker Platte befindet und eine morphogenetische Verwandtschaft zu beiden vermuten lässt, nimmt jedoch eine Sonderstellung ein. Es handelt sich hierbei um ein lokales Stauchungsgebiet mit oberflächennahen mittelpleistozänen Schichten, die südlichen Gerölle des spätelster- bis frühsaa-lezeitlichen Berliner Elbelaufs führen.

Die ausgedehnten Niederungen mit hohem Grundwasserstand werden vorwiegend als Grünland genutzt, während in den stärker grundwasserabgesenkten Arealen auch Acker- und Nutzung betrieben wird. Die lehmigen Bereiche der Hochflächen werden meist ackerbaulich genutzt und die sandigen armen Standorte forstlich. Der z. T. recht engräumige Wechsel von Hochflächen und Niederungen, der Ausdruck der glazialen Entstehung des Untersuchungsgebiets, der spätglazialen und periglaziären Überprägung sowie seiner weite-

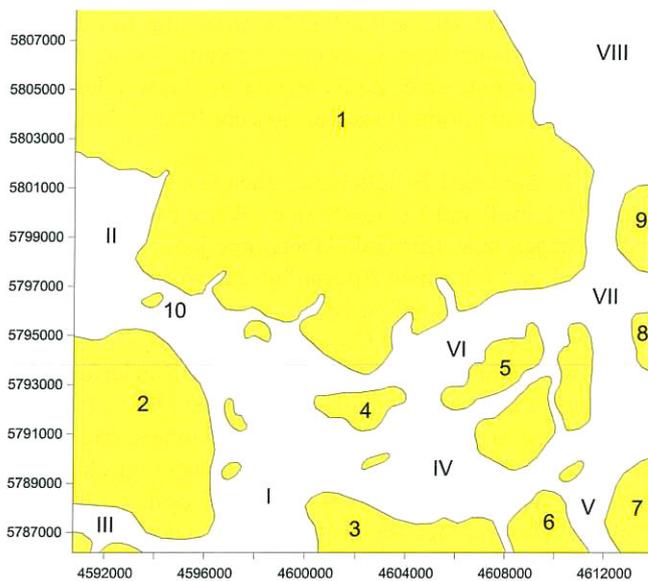


Abb. 1 Gliederung des Testgebiets
Fig. 1 Arrangement of the test area

ren Differenzierung im Holozän ist, deutet bereits auf eine breite Palette von Substraten hin. Daraus ergibt sich eine hohe Heterogenität der Bodendecke. Die Hochflächen werden durch z. T. pseudovergleyte Fahlerden und Fahlerde-Braunerden gekennzeichnet, die in den Bereichen der glazifluvialen Sande in Braunerden übergehen und unter Waldnutzung podsolistig sein können. Die Niederungen werden durch Gleye und Niedermoore sowie deren Übergangsformen charakterisiert. Durch die Nähe der Geschiebemergelkörper sind diese oft kalkhaltig. Die klimatisch und meliorativ bedingte Senkung des Grundwasserspiegels der letzten Jahrzehnte führte zur Ausprägung eines beträchtlichen Anteils von Reliktgleyen und degradierten Niedermooren.

Relativ hoch ist der Anteil anthropogen geprägter Böden, besonders im Norden des Blatts mit dem Stadtgebiet von Berlin und dem stadtnahen Bereich einschließlich des Flughafens Schönefeld und im Nordosten mit dem Stadtgebiet von Königs Wusterhausen. Die Deponie Schöneiche, die aus zwei Deponiekörpern besteht, liegt im Südosten des Blatts.

5. Informationsgrundlagen und deren Bewertung

5.1 Geologische Karten

Die Einheiten der Geologischen Spezialkarte Preußens (Messischblatt i. M. 1 : 25 000) werden z. B. hinsichtlich des Substrats entsprechend der Geländebefunde und daraus ableitbarer Regeln für den Substrataufbau in die z. Z. angewendete Nomenklatur nach KA 5 übersetzt. An Hand der teilweise abgedeckten Karte werden Zugehörigkeiten bestimmt (siehe Pkt. 6.1.3). Die Informationen der Geologischen Spezialkarte eignen sich besonders für die Ableitung der Substrate und Substratabfolgen.

Neben den Flächeninformationen der Geologischen Spezialkarte liefern auch die Eintragungen der so genannten agronomischen Einschreibungen (Schichtenverzeichnisse) sehr

wertvolle Interpretationsgrundlagen für die Erstellung der Konzeptkarte. Bei mittlerer Datendichte ist die räumliche Repräsentanz dieser Profile hoch einzustufen. Es werden maximal vier Schichten angegeben. Die Aufnahmetiefe beträgt in der Regel 2 m. Durch die Angabe von Schichten und deren Teufenlagen bzw. -spannen gehen sie mit in die Analyse der vertikalen Dimension ein. Die Arbeitskarten der jeweiligen Blattbearbeiter der Geologischen Spezialkarte beinhalten Profile mit einer sehr hohen Aufnahmedichte, die jedoch nur noch vereinzelt verfügbar sind.

5.2 Bodenschätzungskarten

Der Informationsgehalt der Bodenschätzungsdaten ist sehr hoch. Die Grundlage für die Ausgrenzung der Klassenflächen bildeten die Sondierungen im 50 x 50 m-Raster. Die Klassenflächen bestimmenden Grablöcher, die durch eine Kurzbeschreibung dokumentiert sind, besitzen eine hohe räumliche und inhaltliche Auflösung. Die Anzahl der beschriebenen Merkmale ist im Verhältnis zu anderen Informationsgrundlagen groß. Es lassen sich Spektren von bodensystematischen Einheiten bzw. Pedogenesen den Klassenzeichen oder den Zustandsstufen der Bodenschätzung zuordnen. Die Bodenschätzungskarten i. M. 1 : 25 000 liegen für das Blatt Königs Wusterhausen digital vor. Die Informationsebene der Bodenschätzung wurde mit der Informationsebene der Forstlichen Standortkartierung mit den Flächen der Forstbodenformen (Ursprungsmaßstab 1 : 10 000) in einer Ebene zusammengefasst. Insgesamt handelt es sich um ca. 8 000 Flächen. Digitalisierte Grablochbeschreibungen liegen bisher nur für etwas mehr als 50% des Untersuchungsgebiets vor. Ihre digitale Erfassung aus den Feldschätzungsbüchern erfolgte unter Koordination der Oberfinanzdirektion des Landes Brandenburg in den Finanzämtern der Kreise mit dem eigens für diese Maßnahme entwickelten Programm FESCH. Die Erfassung der Profildaten und die Bestimmung der Koordinaten der Grablochbeschreibungen ist nicht synchron und am gleichen Ort erfolgt. Insgesamt liegen für das Gebiet ca. 6 000 digitalisierte Grablochbeschreibungen vor. Die Konnektierung der Sachdaten mit den Lagekoordinaten wurde im LGRB durchgeführt. Auf Grund der hohen Informationsdichte eignen sich die Grablochbeschreibungen besonders gut für die Analyse der vertikalen Dimension.

5.3 Daten der Reliefanalyse

Die Auswertung der Reliefdaten erfolgt mit geeigneten Analyseprogrammen. Dabei wird eine Ausweisung von Scheitel-, Senken- und intermediären Bereichen sowie von Hohlformen vorgenommen. Die Reliefauswertung liefert wichtige Elemente einer Indizienkette, die schließlich die Bodenform bzw. eine Horizontabfolge liefern soll. Sie erhält eine hohe Wichtung für reliefdeterminierte Böden (z. B. Kolluvisole). Dabei wird bereits an dieser Stelle geprüft, ob eine unscharfe Abgrenzung der Reliefeinheiten zweckmäßig ist. Liegen für ein Gebiet weitere Flächeninformationen vor, werden diese in die Gesamtanalyse mit einbezogen.

5.4 Punktdaten

Punktdaten stellen innerhalb der inhaltlich/räumlichen Kategorie die höchste Aussagesicherheit dar. Diese Profile wer-

den einerseits inhaltlich sehr genau beschrieben, andererseits werden die Koordinaten meist genau auf 1 m bestimmt. Oft sind Analysendaten verfügbar. Allerdings muss man sich darüber klar sein, dass auch innerhalb der Informationsebene "Punktdaten" Abstufungen bezüglich der Aussagesicherheit existieren. Neudaten sind im Allgemeinen "sicherer" als Altdaten. Liegen für das Interpretationsthema "Bodenkarte" Punkt- und Flächendaten gleichermaßen vor, so werden die Punktdaten höher bewertet. Die Gewichtungsfaktoren gehen als Wichtungslayer in die räumliche Analyse der Sachdaten ein. Für die Erfassung der kleinräumigen Heterogenität und der Übergänge wurde von der Glienicker Platte bis zum Lindenberg ein ca. 2 km langes Transekt mit einem Sondierungsabstand von 25 m angelegt. Folgende Punktdaten sind für das Blatt Königs Wusterhausen erschlossen bzw. erhoben worden (Abb. 2):

1. Eintragungen von Profilen in die Arbeitsblätter zur Geologischen Spezialkarte (rot)
2. Agronomische Einschreibungen (Schichtenverzeichnisse) der Geologischen Spezialkarte (orange)
3. Grablochbeschriebe der Bodenschätzung (gelb)
4. LGRB- und Fremdpunktdaten in verschiedenen Aufnahmeintensitäten (grün)

6. Informationsaufbereitung

Die Menge der in einer Konzeptkarte zu verarbeitenden Daten ist enorm hoch. Dabei spielt die In-Beziehung-Setzung der Daten (Verknüpfung, Wichtung, Rangfolge) eine ebenso wichtige Rolle wie das Datum selbst. Feine Unterschiede oder selbst Nuancierungen in den Inhalten einer Informationsgrundlage (Karte) können beispielsweise bei einer additiven Verschneidung von Daten sehr vieler Informations-

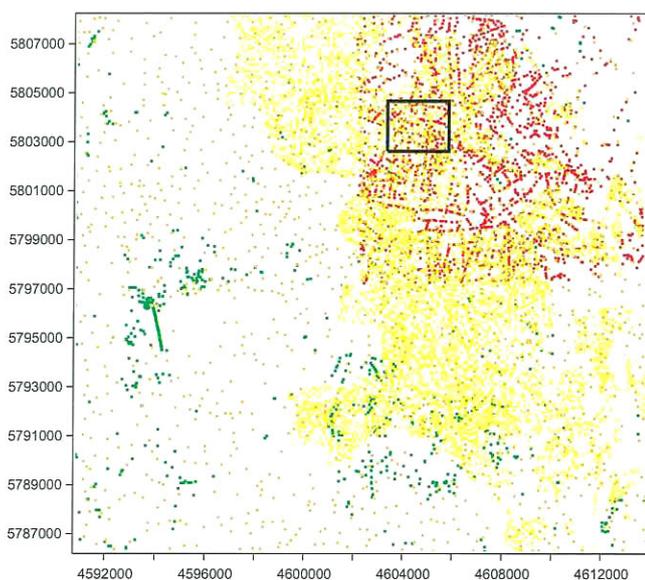


Abb. 2
Räumliche Verteilung von Punktdaten (Blatt Königs Wusterhausen)
Fig. 2
Areal distribution of point data (sheet Königs Wusterhausen)

ebenen zu einer sehr starken Differenzierung führen. Die additive Verschneidung wird durch die Summierung der Zugehörigkeitsgrade einer Zielkategorie bei Verwendung von zwei oder mehr Informationsebenen (siehe Pkt. 6.1.3) erreicht.

Da die binäre Logik lediglich zwischen ja oder nein, entweder oder bzw. 0 und 1 unterscheidet, Werte dazwischen und Abstufungen bzw. fließende Übergänge jedoch nicht möglich sind und nur einen Spezialfall der so genannten Unschärfe Logik darstellen, ist die Anwendung von Fuzzy-Methoden vorgesehen. Unschärf bedeutet jedoch nicht ungenau. Ein präziser, scharfer Wert ist die Sonderform des allgemeinen, unscharfen Falles, der mehrere Werte beinhaltet und eine Menge im mathematischen Sinne darstellt. Die Regeln, die verwendet werden, sind ebenso logisch wie in der klassischen Mengenlehre. Fuzzy-Logik bildet eine Schnittstelle von Mensch und Maschine in der Art, dass die Maschine (z. B. Computer) scharfe Werte für die Steuerung und Regelung benötigt oder ein Meßgerät scharfe Werte liefert und die In-Beziehung-Setzung dieser Werte zu menschlichen Ausdrucksweisen (Linguistik), Maßstäben, Einschätzungen und Empfindungen erfolgt. Die Möglichkeit der Verarbeitung von Abstufungen und der gekoppelten Analyse von qualitativen und quantitativen Daten unter Anwendung definierter Regeln bilden das große Potenzial der Fuzzy-Logik.

1. Schritt: Fuzzifizierung (Unschärfmachen)

Es erfolgt die Zuordnung von Werten zu einer Menge oder mehreren unscharfen Mengen durch Bestimmung der Zugehörigkeitsgrade (μ) zu diesen unscharfen Mengen, d. h. eine Entscheidung darüber, bis zu welchem Grad ein Sachverhalt bestimmte Eigenschaften erfüllt. Die Abbildungen 3a und 3b verdeutlichen, dass der Zugehörigkeitsgrad des Humusgehalts von 20% zur unscharfen Menge "organisch" im Bereich von 0,4 bis 0,6 liegt. Ein extremer Humusgehalt besitzt eine Zugehörigkeit von 0,8 und eine sehr hoher Humusgehalt von 0,4.

2. Schritt: Inferenz (Schlussfolgerung)

Bei der Inferenz werden Verarbeitungsregeln der Form „If ... Then ...“ einschließlich ihrer Verknüpfungen der Form „And, Or“ auf die in der Fuzzifizierung ermittelten Zugehörigkeitsgrade angewendet. Im Falle des Auftretens von Verknüpfungen ist die Bestimmung von Operatoren notwendig, die im Ergebnis ihrer Anwendung jetzt Zugehörigkeitsgrade von Teilmengen liefern. Bezüglich ihrer Effekte kann man robuste und sensible Operatoren unterscheiden. Robuste Operatoren (Maximum, Minimum) sind zwar schnell auszuwerten, haben jedoch den Nachteil, dass sie nur die Extremwerte der Zugehörigkeitsgrade berücksichtigen. Die Mittelwerte der Zugehörigkeitsgrade hingegen haben einen aus- oder angleichenden Effekt zur Folge. Größter und kleinster Zugehörigkeitsgrad gehen in die Betrachtung mit ein. Die Summe zweier oder mehrerer unscharfer Mengen bewirkt eine Tendenzverstärkung.

3. Schritt: Defuzzifizierung (Schärfung)

Im Prozess der Defuzzifizierung erfolgt die Umsetzung eines unscharfen Sachverhalts in konkrete, rechenbare Zahlen

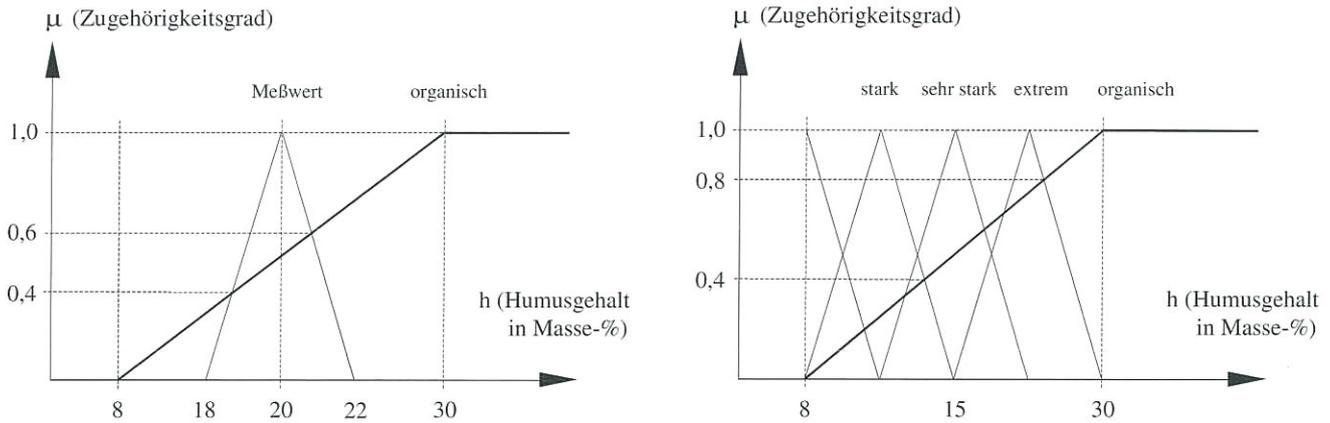


Abb. 3a und 3b

Ermittlung der Zugehörigkeitsgrade von unscharfen Zahlen, Werten oder unscharfen Mengen zu einer anderen unscharfen Menge

Fig. 3a and 3b

Determination of memberships of fuzzy numbers, values or fuzzy sets to fuzzy sets

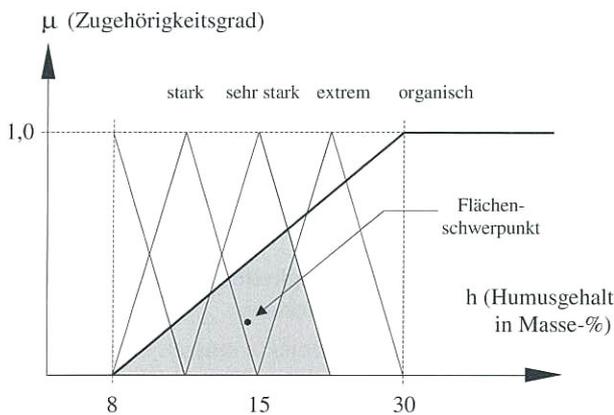


Abb. 4 Teilmengen und Flächenschwerpunkt
Fig. 4 Subsets and center of gravity of areas

und Werte. Es stehen verschiedene Methoden zur Verfügung, die leicht abweichende Ergebnisse liefern können. Bewährt hat sich die Schwerpunktmethode (Abb. 4). Die Wahl der Operatoren und Methoden ist dabei ein adaptives Verfahren, das an der Effizienz zur Lösung eines Problems zu messen ist.

Linguistische Variablen

Sprachliche Aspekte werden heute zunehmend auch in Informationssysteme integriert, da die Beschreibung von Sachverhalten und Objekten durch den Menschen über die Sprache hauptsächlich in Form von Worten und Wortkombinationen erfolgt. Als linguistische Variable wird die Menge der nominal oder verbal skalierten Variationen einer betrachteten Variablen verstanden. Solche Variablen können z. B. sein: moorig, humos, schwach sandig, sehr stark kalkig usw. Die Variationen dieser Variablen müssen unter Berücksichtigung von syntaktischen, semantischen und hierarchischen Regeln sowie ihren unscharfen Relationen formalisiert werden. Der Auswertung der linguistischen Variablen kommt besonders auch bei der Analyse von Altdaten und

bei der Bewertung unterschiedlicher Nomenklaturen eine entscheidende Bedeutung zu.

Für Humusgehalte $< 30\%$ ergibt sich ein sigmoider Funktionsverlauf, für Werte $> 30\%$ ist die Funktion konstant (Abb. 5). Im streng monoton steigenden (bzw. fallenden) Funktionsintervall (gestrichelt) ist der eigentliche Begriff „moorig“ quantitativ definiert.

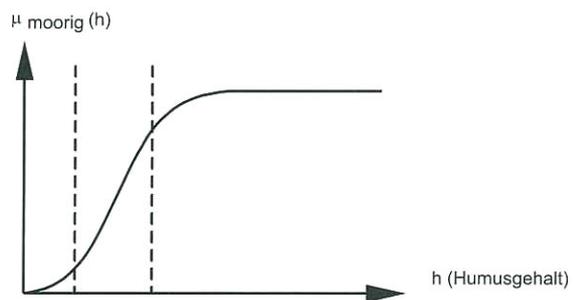


Abb. 5

Beispiel für den Funktionsgraph der linguistischen Variable „moorig“.

Fig. 5

Example of the function graph of the linguistic variable "peaty"

6.1 Datenanalyse unter besonderer Berücksichtigung des Inhalts

6.1.1 Wichtung der Informationsebenen

Bei der Interpretation von Karten muss berücksichtigt werden, dass die Beschreibungen der Flächeninhalte und die Grenzziehung immer nur die Aussageschärfe des betrachteten thematischen Ziels in einem definierten Maßstab bedienen (z. B. Ausweisung von petrographischen und stratigraphischen Einheiten in der geologischen Karte). So kann ein Geschiebemergel in der geologischen Karte sehr unterschiedliche bodenkundlich relevante Ausprägungen besitzen, die nicht das Darstellungsziel der Ursprungskarte sind. Daraus entstehende Mehrdeutigkeiten und Unschärfen in der Interpretation können durch die Verwendung weiterer

Themen wie beispielsweise der Hinzunahme der punktuell vorliegenden Daten minimiert werden (agronomische Einschreibungen in den geologischen Karten). Auch die Klassenflächen und -zeichen der Bodenschätzung werden als eine verfügbare Datenquelle abgefragt und liefern eine mehr oder weniger breite Interpretationsspanne für boden- und substratsystematische Einheiten. Digital vorliegende Punktdaten in Form der Grablochbeschriebe der Bodenschätzung verbessern die Aussage für Klassenflächen sehr stark, d. h. die Spannbreite der bodenkundlichen Interpretationen wird verringert und führt zu einer Minimierung der inhaltlichen Unschärfe.

Die verschiedenen Kartenthemen und Punktinformationen, die zur bodenkundlichen Beschreibung herangezogen werden, lassen sich hinsichtlich Ausprägung und Intensität im Raum (vertikal und horizontal) interpretieren. Die unterschiedlichen Informationsebenen sind bei der Interpretation zu wichten. Wichtung bedeutet hier eine abgestufte In-Beziehung-Setzung bzw. Bewertung der zur Verfügung stehenden Eingangsinformationen. Sie ist jeweils abhängig vom Interpretationsziel (Zielkategorie). Dies kann die Beurteilung eines konkreten Bodenbildungsprozesses wie z. B. eine kolluviale Umlagerung sein. Hier würde die Informationsebene "Relief" eine höhere Wichtung erhalten als z. B. bei der Zielkategorie „Lessivierung“. Bei letzterer würde die Informationsebene "Geologische Karten" (Substratverbreitung) eine höhere Wichtung erhalten als die Informationsebene "Daten der Reliefanalyse". Neben einer Wichtung der Daten ist eine Normierung des Merkmalspektrums notwendig.

6.1.2 Verschneidung

Bei fortschreitender Flächenverschneidung steigt die Menge der zu verarbeitenden Informationen bei immer kleiner werdenden Flächengrößen exponentiell. Die Flächengröße geht gegen Null (Punkt, Pixel, Voxel) und das Datenspektrum pro Zielkategorie gegen Unendlich. Die Güte der Wichtung der Informationsebenen und die Art der gewählten Mengenoperatoren bestimmen die Differenzierung und die Sensibilität der nachgeschalteten Bewertungen.

Tab. 1

Beispiel für das Ergebnisspektrum einer inhaltlichen Verschneidung der Informationsebenen Bodenschätzung, Geologie und Relief

Tab. 1

Example of the spectrum of results in case of a intersection of contents of the information layers from agricultural land appraisal, geology and relief

Ausgangsbedingung:	IF Bodenschätzung =	„SI3D“
weitere Bedingung:	AND Geologie =	„δm“
weitere Bedingung:	AND Reliefanalyse =	„Erhebung“
Ergebnis 1:	THEN Bodenform =	„BB-LF: pky-ss (Sp) / pfl-ls (Sp, Mg) // gm-cls (Mg)“ : „bLF: pky-ss (Sp) / pfl-ls (Sp, Mg) // gm-cls (Mg)“ : „bLF: pky-ss (Sp) / pfl-sl (Sp, Mg) // gm-csl (Mg)“ : „LF-BB: pky-ss (Sp) / pfl-ls (Sp, Mg) // gm-cls (Mg)“ : „LF-BB: pky-ss (Sp) / pky-ss (ns) // pfl-ll (Mg)“ : „LBB: pky-ss (Sp) / pfl-ls (Sp, Mg) // gm-cll (Mg)“
Ergebnis n:		

Die Interpretation der Inhalte erfolgt durch die Anwendung der bereits erwähnten „If ... Then ...“-Regeln, die empirisch und über Abfragen aus Punkt- oder Flächendatenbanken abgeleitet werden. Dadurch können boden- und substratsystematische Einheiten für die entstandenen Flächen oder Punkte bestimmt werden. Das Ergebnis ist ein Spektrum an maximal möglichen, zunächst hypothetischen Bodenformen. Die einfache und zunächst formale programmtechnische Umsetzung könnte lauten:

Jede zusätzliche der in Tabelle 1 angegebenen Informationsebenen engt das Spektrum der abgeleiteten (hypothetischen) Bodenformen ein. Die Bestimmung der dominierenden Pedogenese und des schwerpunktmäßig auftretenden Substrats erfolgt durch die Bestimmung mittlerer gewichteter Zugehörigkeiten. Diese Bodenform bildet den inhaltlichen Kern der Bodengesellschaft.

Grundsätzlich werden alle verfügbaren Informationen als Indizien für die Ableitung der Zielaussage angesehen, d. h. es wird keine Vorauswahl getroffen. Die Abarbeitung dieser Indizienkette, in deren Verlauf iterative Prüfungen definierter Bedingungen und Berechnungen unter Verwendung der erwähnten Mengenoperatoren vorgenommen werden, führt zur Generierung der Flächenaussagen bzw. Belegung der Zielkategorien (siehe Pkt. 6). Dabei wird jedes Merkmal der jeweils betrachteten Informationsebene als ein mehr oder weniger gut geeigneter Indikator bzw. geeignetes Indiz für die Belegung einer definierten Zielkategorie herangezogen.

6.1.3 Definition von Zugehörigkeiten und Quantifizierung von Bodeninformationen

Die Zugehörigkeitsgrade der Objekte müssen für ein Zielinterpretationsergebnis verschiedener Themen ermittelt werden. Als Objekt wird jedes einzelne Sachdatum (Attribut) eines Themas aufgefasst. Das kann z. B. die Bodenform einer älteren Bodenkarte, die Legendeneinheit oder/und eine agronomische Eintragung der Geologischen Spezialkarte oder das Klassenzeichen der Bodenschätzungskarte sein. Die Zugehörigkeitsgrade der Objekte zu Zielkategorien werden systematisch und empirisch bestimmt. Der Zugehörigkeitsgrad kann dabei von 0 (keine Zugehörigkeit) bis 1 (volle Zugehörigkeit) angegeben werden. Er kann auch in Wertespannen ausgedrückt werden. Zielkategorien werden hier als unscharfe Mengen verstanden, die durch die Zugehörigkeitsgrade der Objekte definiert sind. Die Zuweisung der Zugehörigkeiten zu Zielkategorien erfolgt über Matrixtabellen, wie es für einige agronomische Eintragungen der Geologischen Spezi-

Tab. 2

Schlüssel zur quantifizierten Abstufung von maximal 10 Merkmalskombinationen (bezogen auf Werte zwischen 0 - 1 in Schritten von 0,1) und Beispiel für die Quantifizierung von Merkmalskombinationen entsprechend der Merkmalspositionen in der Zeichenkette und der angegebenen Abstufung (agronomische Eintragungen der Geologischen Spezialkarte i. M. 1 : 25 000)

Tab. 2

Key of quantified graduation of maximal 10 combinations of feature (in relation of values from 0 to 1 in steps of 0,1) and an example for the quantification of combinations of feature according to the positions of the feature in the string and the specified graduation (agrarian soil profiles of the Geological Map 1 : 25 000)

verbale Abstufung	quantifizierte Abstufung
extrem schwach	-0,04
sehr schwach	-0,03
schwach	-0,02
mittelschwach	-0,01
mittel	0
mittelstark	0,01
stark	0,02
sehr stark	0,03
extrem stark	0,04

Kürzel	verbalisiertes Kürzel	Zielkategorien			
		Humus	Kalk	Lehm	Sand
S	Sand				1,00
SLS - S	schwach lehmiger Sand bis Sand			0,86	1,00
SLS	schwach lehmiger Sand			0,88	1,00
KHLS	kalkig humoser lehmiger Sand	0,80	0,70	0,90	1,00
SHS	schwach humoser Sand	0,88			1,00
SH	sandiger Humus	1,00			0,90
LS	lehmiger Sand			0,90	1,00
KSH	kalkig sandiger Humus	1,00	0,80		0,90
KHS	kalkig humoser Sand	0,90	0,80		1,00
KH	kalkiger Sand		0,90		1,00
HS	humoser Sand	0,90			1,00
HKS	humoser kalkiger Sand	0,80	0,90		1,00
HK	humoser Kalk	0,90	1,00		
H	Humus	1,00			

alkarte in Tabelle 2 und bodensystematische Einheiten in Tabelle 3 dargestellt ist.

Bodenkundlich relevante Informationen liegen zu einem sehr großen Anteil qualitativ vor. Unter „qualitativ“ werden hier ursprünglich nicht rechen- und auswertbare Daten verstanden, die aufgrund ihres verbalen Charakters, ihrer alphanumerischen oder ihrer durch Kürzel realisierten Codierung für eine Weiterverarbeitung quantifiziert werden müssen. Dabei sollten bei der Erstellung von Konzeptkarten folgende Aspekte Berücksichtigung finden:

- Welche Merkmale werden charakterisiert bzw. welcher Zielkategorie können sie zugeordnet werden?
- Welche Intensität des Merkmals lässt sich aus der Beschreibung ableiten?
- In welcher Beziehung stehen die Einzelmerkmale und Merkmalskombinationen?

Die Quantifizierung der Merkmalskombinationen erfolgt hier zusätzlich durch einen Schlüssel (Tab. 2), der eine quantifizierte Abstufung zulässt. Dieser Schlüssel ergibt sich aus dem Intensitätsspektrum der Merkmale. Die Spanne dieses Intensitätsspektrums beinhaltet einerseits die Position des Auftretens des Merkmals in der Zeichenkette und andererseits die angegebene Abstufung. Das am weitesten hinten stehende Merkmal erhält dabei den höchsten Zugehörigkeitsgrad zur betreffenden Zielkategorie. Diese Abstufung kann in Abhängigkeit von den auftretenden Kombinationen differenzierter ausfallen, als in Tabelle 2 dargestellt. Ziel ist es, die Einzelmerkmale sowohl in der jeweiligen Kombination als auch in der jeweiligen Merkmalsgruppe zu wichten. Dies wird für Punkt- und Flächendaten durchgeführt. Die Angaben einiger agronomischer Eintragungen in der Geologischen Spezialkarte führen zu den in Tabelle 2 dargestellten Zugehörigkeiten.

Die Bodenarten der damals verwendeten Nomenklatur können zu den in der heutigen Nomenklatur in Beziehung gesetzt werden.

Analog wird mit den Pedogenesen verfahren. Die bestimmende Pedogenese erhält unabhängig vom systematischen Niveau die stärkste Zugehörigkeit. Die begleitenden Pedogenesen werden ebenfalls entsprechend ihrer Reihenfolge im Auftreten in der Zeichenkette nach unten abgestuft. Im zweiten Schritt werden diese Zugehörigkeiten entsprechend ihrer Stärke innerhalb der Zeichenkette gewichtet. Im dritten Schritt werden mittlere Zugehörigkeiten für die ausgewählte Menge bestimmt (siehe Tab. 3).

Die Wahl der Zielkategorien ist abhängig von der zu erstellenden Karte. Prinzipiell sollte das differenzierteste Niveau angestrebt werden. Vorgesehen ist der Aufbau eines hierarchischen Schlüssels. Ein hierarchischer Schlüssel repräsentiert die in Beziehung gesetzten Gruppen (Zielkategorien) von Zugehörigkeiten. Bisher existieren zwei weitere Stufen. Die einzelnen Stufen werden hier als Zugehörigkeitsgrade zu den Kategorien verstanden und fungieren als Elemente zur Ableitung eines Zielthemas, z. B. eine Karte der organischen Substanz. Die Kategorien sind hier nur als Auswahl zu verstehen. Grundlage für die Erstellung des Schlüssels müssen dabei die Definitionskriterien der Zusatzsymbole, Horizonte, Substrate und boden- und substratsystematischen Einheiten sein.

Die Zugehörigkeitsgrade der Zielkategorien können in dem vorgestellten Beispiel als unterschiedliche Intensitäten der Pedogenesen aufgefasst werden (z. B. 1 = stärkste, 0,5 = mittlere und 0 = keine Verbraunung). Die Einzelinformationen, die innerhalb von verschlüsselten Zeichenketten abgelegt und Teile eines zusammengefassten, aggregierten Ausdrucks

Tab. 3

Matrix der Zugehörigkeitsgrade von bodensystematischen Einheiten zu Zielkategorien pedogenetisch relevanter Prozesse und Merkmale für ein Thema oder eine Themenkombination (z. B. Bodenschätzungs-kategorie und/oder geologische Einheit) und von Flächenobjekten thematischer Ebenen

Tab. 3

Matrix of memberships of soil units to target categories of pedogenetic relevant processes and features for a theme or a combination of themes (for example the class of agricultural land appraisal and/or geological unit) and of area objects of thematic layers

Objektnummer	Objekte Bodensystematische Einheiten von Bodenprofilen (z. B. in einer BS-Klasse)	Zielkategorien (Auswahl)							
		1. Schritt: Bestimmung der Zugehörigkeiten:				2. Schritt: Wichtung innerhalb der Zeichenkette:			
		Podsolierung	Verbraunung	Lessivierung	Vergleyung	Podsolierung	Verbraunung	Lessivierung	Vergleyung
1	gpBB-LF	0,3	0,7	1,0	0,1	14,3	33,3	47,6	4,8
2	pLF-BB	0,6	1,0	0,7		26,1	43,5	30,4	0,0
3	bLF		0,6	1,0		0,0	37,5	62,5	0,0
4	BB		1,0			0,0	100	0,0	0,0
5	GG				1,0	0,0	0,0	0,0	100
6	PP	1,0				100	0,0	0,0	0,0
7	gPP	1,0			0,7	58,8	0,0	0,0	41,2
8	lBB		1,0	0,6		0,0	62,5	37,5	0,0
9	pBB	0,6	1,0			37,5	62,5	0,0	0,0
10	p2BB	0,2	1,0			16,7	83,3	0,0	0,0
11	gLF			1,0	0,2	0,0	0,0	83,3	16,7
12	GG-BB		1,0		0,7	0,0	58,8	0,0	41,2
13	gBB		1,0		0,2	0,0	83,3	0,0	16,7
14	GG-PP	1,0			0,7	58,8	0,0	0,0	41,2
15	PP-GG	0,7			1,0	41,2	0,0	0,0	58,8
16	LF			1,0		0,0	0,0	100	0,0
17	pLF	0,2		1,0		16,7	0,0	83,3	0,0
18	p4BB	0,4	1,0			28,6	71,4	0,0	0,0
3. Schritt: Wichtung der Summen für die Zielkategorie						22,1	35,4	24,7	17,8

thematische Ebene	Objektnummer	Objekte (Flächen) von thematischen Ebenen	Zielkategorie
Bodenschätzung	1	MoI	1,00
	2	MoII	0,80
	3	MoIII	0,70
	4	S2D	0,20
	5	S3D	0,19
	6	S4D	0,18
	7	S5D	0,17
	8	S6D	0,16
	9	S7D	0,15-0,10
Geo-logie	1	Torf	1,00
	2	Moorerde	0,80-0,60
	3	humoser	0,30-0,20
Flusssand			
Relief	1	Senkenbereich	0,50
	2	Hangfuß	0,45
	3	Unterhang	0,40
	4	Mittelhang	0,35
	5	Oberhang	0,30
	6	Scheitelbereich	0,25

sind, werden programmtechnisch aufgelöst. Sie werden neu in Beziehung gesetzt und einer neuen Zielkategorie zugeordnet. So können für Flächen- und Punktdaten gleichermaßen Aussagen zur Intensität pedologischer Prozesse gemacht werden, indem wie gezeigt, der arithmetische Mittelwert (Tab. 3) oder der Schwerpunkt der Zugehörigkeiten bestimmt wird (siehe auch Abb. 4 und 6).

6.2 Methoden zur Vorbereitung einer Regionalisierung

Einige Methoden, die das Problem „vom Punkt zur Fläche“ behandeln, seien hier kurz umrissen.

Ein verbreitetes und rationelles Verfahren ist die Bildung von Thiessen-Polygonen. Ein Thiessen-Polygon eines Punktes erhält man durch das Berechnen der Mittelsenkrechten von allen Nachbarpunkten zu dem untersuchten Punkt. Die Schnittpunkte dieser Mittelsenkrechten der naheliegenden Punkte schneiden sich in den Thiessen-Scheitelpunkten, deren Verbindung das Thiessen-Polygon ergibt (BILL 1999). Es können jedoch auch Flächen unter Einbeziehung von Punktinformationen für eine weitere Differenzierung durch die Zerlegung in Thiessen-Polygone partitioniert werden. Die Partitionierung ist für jede Fläche gesondert durchzuführen. Diese Art der Flächendifferenzierung, z. B. der Le-

gendeneinheiten in der Geologischen Spezialkarte, kann durch die Einbeziehung der agronomischen Eintragungen und bei den Klassenflächen der Bodenschätzung durch die Grablochbeschreibungen erfolgen.

Der hier verfolgte Ansatz stützt sich jedoch auf kontinuierliche Verfahren, wie die Interpolation (Kriging) oder die Triangulation. Bei der Triangulation wird die Werteoberfläche der Beobachtungsvariablen durch Aufspannen von Ebenen zwischen den gemessenen Werten geschätzt. Jeweils durch drei benachbart gemessene Werte wird eine Ebene gelegt. Diese Ebenen bilden zusammen die zu schätzende Werteoberfläche. Es wird eine stetige Werteoberfläche erzeugt. Welches Verfahren bei der schrittweisen Abarbeitung das geeignetste ist, konnte bisher noch nicht geklärt werden. Der hier vorgestellte Verfahrensweg zur Erarbeitung der bodengeologischen Karte sieht die folgende Arbeitsweise vor und könnte im Falle eines positiven Testergebnisses die Anleitung zur Erarbeitung einer Bodenkarte i. M. 1 : 50 000 (BK 50) für das Land Brandenburg von KÜHN (1998) ergänzen.

Die Geometrien der Polygone der verschiedenen Informationsebenen sind hinsichtlich ihrer Qualitäten verschieden. Die Klassenflächen der Bodenschätzung orientieren sich

beispielsweise auch an Flurstücksgrenzen, während die Abgrenzung der Einheiten in der Geologischen Karte eher nach morphologischen Gesichtspunkten vorgenommen wurde. Die Geometrien der Polygone werden deshalb durch Punktklassenbildung (Raster, Grid) aufgelöst, wodurch die unterschiedlichen geometrischen Qualitäten der Informationsebenen weniger ins Gewicht fallen. Außerdem können bei einer konventionellen Verschneidung ohnehin sehr viele Splitter-Polygone entstehen, die eine „Grenzfindung“ erschweren. Untersuchungsgegenstand der Methodentests ist es auch, unregelmäßige Raster, beispielsweise in Abhängigkeit zu den Nachbareinheiten und unter Berücksichtigung der Übergangstypen (siehe Pkt. 6.4) zu verwenden.

aktuellen oder Altdatenbeständen werden im anschließenden Schätzverfahren mit einbezogen (siehe Abb. 6 „Verbraunung“). Schätz- bzw. Interpolationsverfahren, wie z. B. das Kriging, quantifizieren und kategorisieren Saum- bzw. Übergangsbereiche in vertikaler und horizontaler Richtung. Das Verfahren soll dem Umstand gerecht werden, dass Böden mehr oder weniger kontinuierlich ineinander übergehen. Ausnahmen bilden u. a. stark anthropogen geprägte Böden in Siedlungsgebieten, da der Wechsel der Einheiten hier meist unstetig, sprunghaft erfolgt.

Es bleibt zu klären, ob die Erfassung der Übergänge natürlicher Böden in anderen Maßstabsbereichen beispielsweise

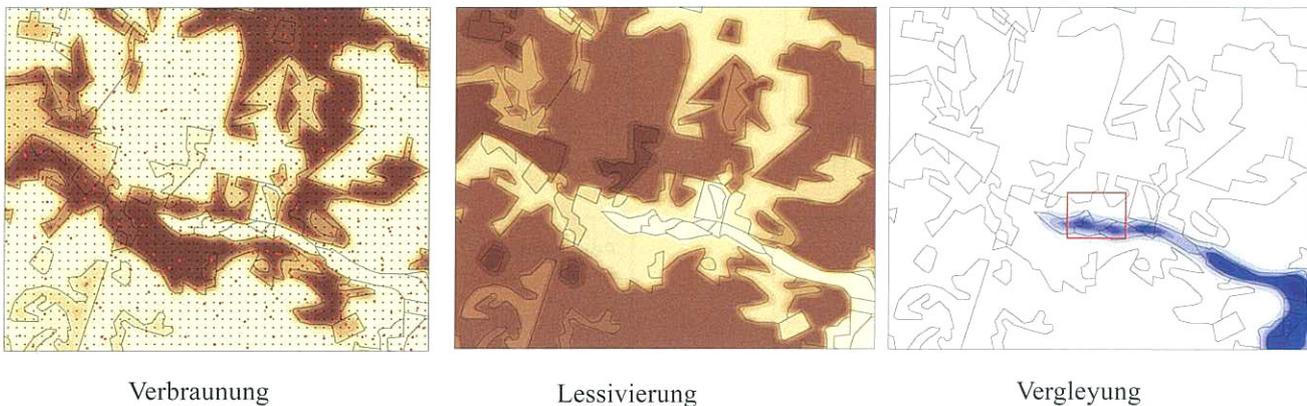


Abb. 6
Pedogenesen in ihren horizontalen Übergängen (Krigingverfahren nach Bestimmung der Zugehörigkeiten von Punktinformationen zu Zielkategorien der Pedogenese)

Fig. 6
Kinds of pedogenesis in their horizontal transitions (method of Kriging after determination of memberships of point informations to target categories of pedogenesis)

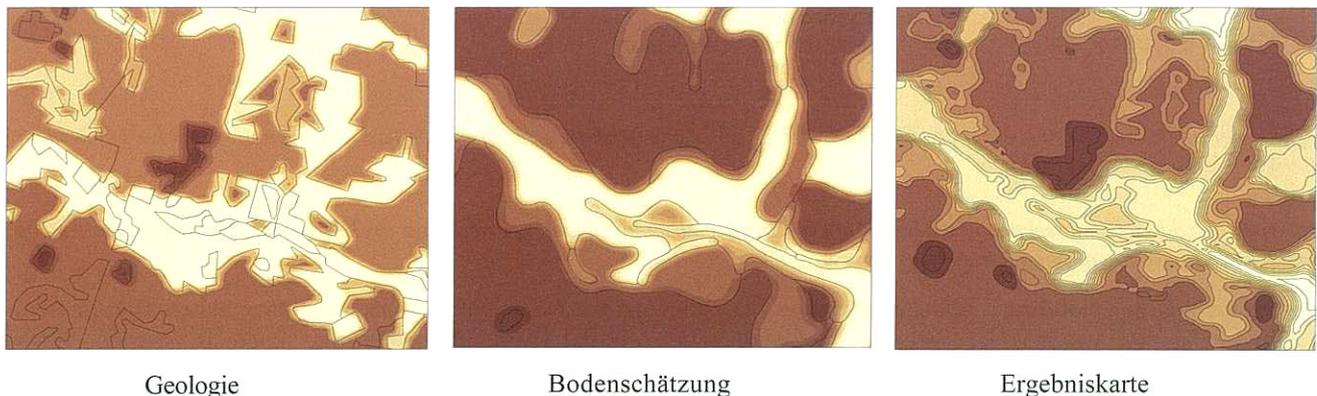


Abb. 7
Additive Verschneidung von geologischer Karte und Bodenschätzungskarte (Maßstab 1 : 25 000) für einen Ausschnitt des Blatts Königs Wusterhausen unter Berücksichtigung von Übergängen für die Zielkategorie "Bodenart"

Fig. 7
Additive intersection of geological map and the map of agricultural land appraisal (scale 1 : 25 000) for a sector of the sheet Königs Wusterhausen in consideration of smooth transition for the target category "texture"

Diesen Punkten werden die abgeleiteten bodenkundlichen Inhalte in Form der Zugehörigkeitsgrade der Zielkategorien zugewiesen. Konkret aufgenommene Profile (Punkte) aus

durch Veränderung der Rasterweite und anschließendes Kriging erfolgen könnte. KÖTHE & BÖHNER (2001) nutzen das Kriging für so genannte „Funktionale Bodenkonzeptkarten“.

Dunkle Bereiche repräsentieren hier stärkere Intensitäten der jeweiligen Pedogenese als die hellen (schwache bis keine). Die Lage des Ausschnitts ist in Abbildung 1 gekennzeichnet. Die in Abbildung 7 dargestellte Verschneidung ist für die Zielkategorie Bodenart und ebenfalls unter Nutzung so genannter „verpunkteter“ Flächen vorgenommen und im ver-

züglich einer Zielkategorie repräsentieren. Für die hier betrachtete Zielkategorie Bodenart wäre die Informationsebene Bodenschätzung höher zu wichten, als die der Geologie. Unberücksichtigt bleibt zunächst jedoch auch hier der Sachverhalt, dass die geologische Karte teilweise abgedeckt ist und so die lehmigen Areale insgesamt sandiger zu bewerten

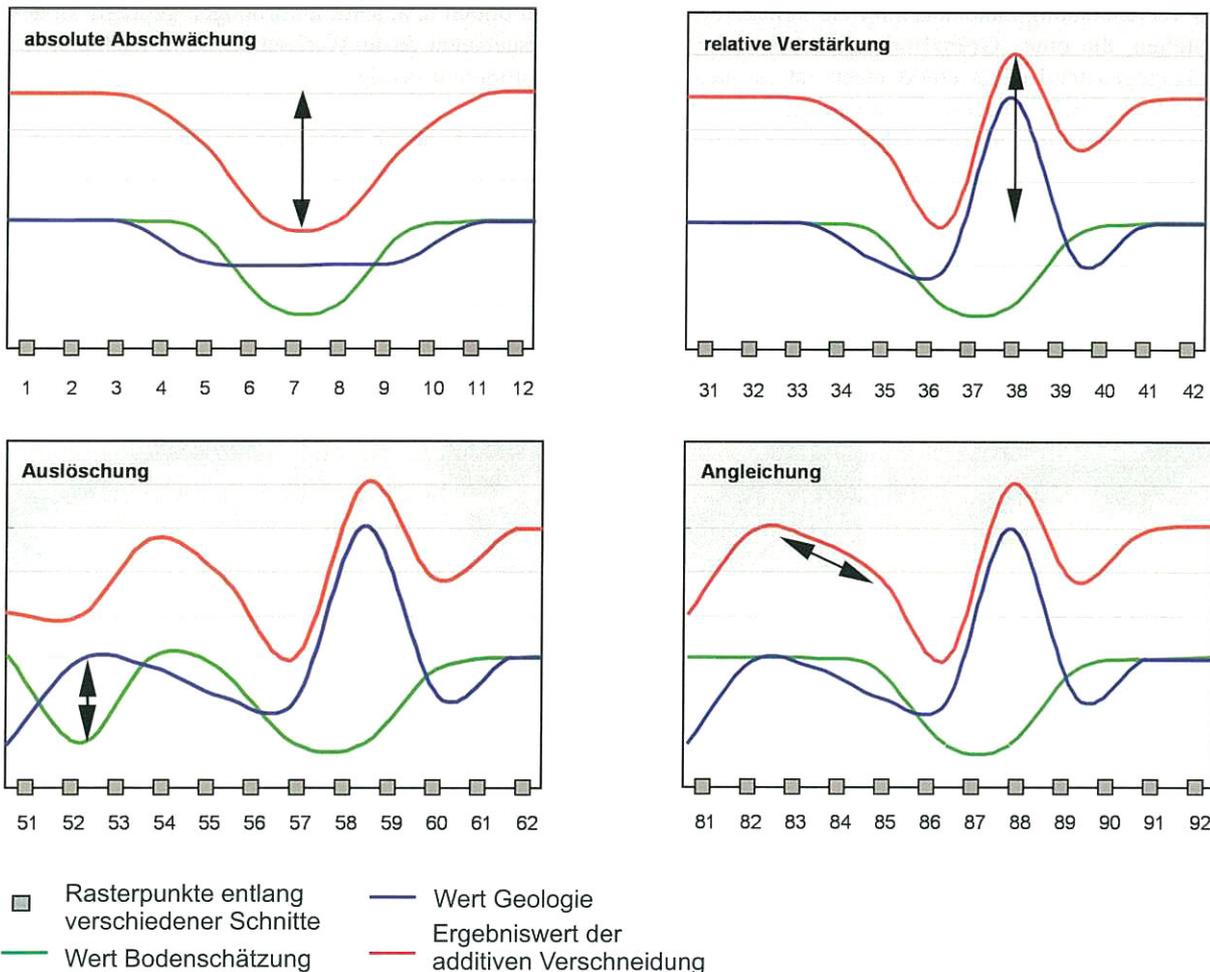


Abb. 8
Effekte der additiven Verschneidung der Ebenen Geologie und Bodenschätzung für die Zielkategorie Bodenart: Sand bis Lehm unter Berücksichtigung von Übergängen

Fig. 8
Effects of the additive intersection of the layers of geology and agricultural land appraisal for the target category texture: sand to loam in consideration of smooth transition

anschaulichten Beispiel für die Bodenartenspanne Sand bis Lehm durchgeführt worden. Dabei erhalten die Lehmareale hohe und die Sandareale niedrige Werte (hell). Durch die Verschneidung ergeben sich dann Effekte der relativen Verstärkung, Abschwächung oder Auslöschung, so dass im Gegensatz zur monothematischen Auswertung eine stärkere bodenartige Differenzierung erreicht wird. Prinzipiell kritisch zu betrachten sind die Effekte der Abschwächung bzw. Auslöschung, da es sich hier um Zielkonflikte handelt und die Unsicherheit des Verschneidungsergebnisses insgesamt höher zu bewerten ist, als bei einer Verstärkung. Zur Entscheidungsunterstützung können hier aber die Wichtungsfaktoren der Informationsebenen herangezogen werden, die in Layern vorgehalten werden und die die Datenqualität be-

sind. Aus schichtig vorliegenden Profildaten (Einschreibungen der agronomischen Profile, Grablochbeschriebe, eigene Profilaufnahmen) wird zunächst ein mittlerer Wert für die Bodenart berechnet. Es wird jedoch angestrebt, dass für jeden Tiefenbereich eine Ebene der Bodenarten vorliegt.

Die entstandenen Ebenen der Zugehörigkeiten, die Interpolationsebenen darstellen, werden auf Rasterbasis ihrerseits verschnitten, so dass auch die Erstellung einer Bodenformkarte möglich ist. Diese Karte weist jedem Punkt (Pixel) eine real kartierte oder geschätzte (abgeleitete) Bodenform zu, die in diesem Stadium durch die Zugehörigkeitsgrade zu den pedogenetisch und substratgenetisch bestimmten Zielkategorien repräsentiert sind. Die Abbildung 9 verdeutlicht

das Prinzip einer Rasterverschneidung, beispielsweise der in den Abbildungen 6 und 7 dargestellten Ebenen. Die „Grenzen“ sind in jeder Ebene unterschiedlich und damit im Kontext der Bodenformen, also des Verschneidungsprodukts, unscharf.

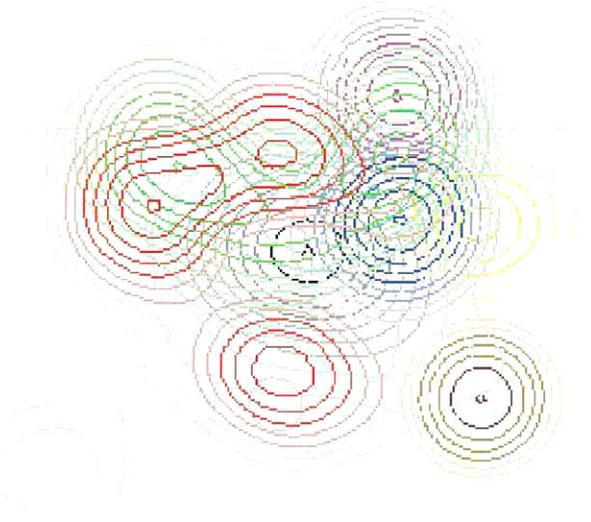


Abb. 9 Unscharfe Grenzen nach JIANG (1998)
 Fig. 9 Fuzzy boundaries after JIANG (1998)

konturierung bislang nicht immer widergespiegelt werden. Die methodischen Überlegungen konzentrieren sich auf den Zusammenhang von räumlichen und inhaltlichen Übergängen. Die präzise Beschreibung von Bodenarealen ist durch zwei wesentliche Faktoren erschwert, einerseits durch die Vagheit der Informationen und andererseits durch Zwänge in der zweidimensionalen Darstellung der Bodeninformationen in verschiedenen Maßstäben. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass Bodenareale natürliche, unscharfe Mengen von Bodenformen maßstabsabhängig bilden können. Sie sind teilweise nicht eindeutig, d. h. inhaltlich und räumlich nicht scharf abgrenzbar. Es können räumlich graduelle Übergänge existieren, die auch im Kartenbild eine Entsprechung finden müssten. Die bisher in der Bodenkartenerstellung definierten Regeln (siehe KA 4) beziehen sich in erster Linie auf die inhaltliche Flächenbeschreibung. Zusätzlich wird räumlich berücksichtigt (vgl. KÜHN 1998), dass:

- Kartiereinheiten in Abhängigkeit vom Maßstab einen mehr oder weniger starken inneren und nachbarschaftlichen Kontrast besitzen (Abb. 10),
- bei scharfer Abgrenzung (Grenzlinien) von Bodenarealen ein unstetiger Qualitätssprung vorhanden ist, der auch vom Maßstab abhängt,
- die neue Qualität des Nachbarareals oft durch allmähliche Merkmalsänderungen in Form gradueller Übergänge erreicht wird.

6.3 Kern- und Übergangsbereiche

Bodenareale werden bisher scharf abgegrenzt, d. h. es entstehen diskrete Flächen, die zwar hinsichtlich ihres Bodenformeninventars bzw. -spektrums beschrieben werden und mit Übergängen erfasst werden, die jedoch in der Flächen-

Hier wird zur Testung der Methode generell davon ausgegangen, dass sich das Muster der Bodendecke aus Kern- und Übergangsbereichen aufbaut. Dabei vermitteln die Übergangsbereiche zwischen den Kernbereichen und sind Aus-

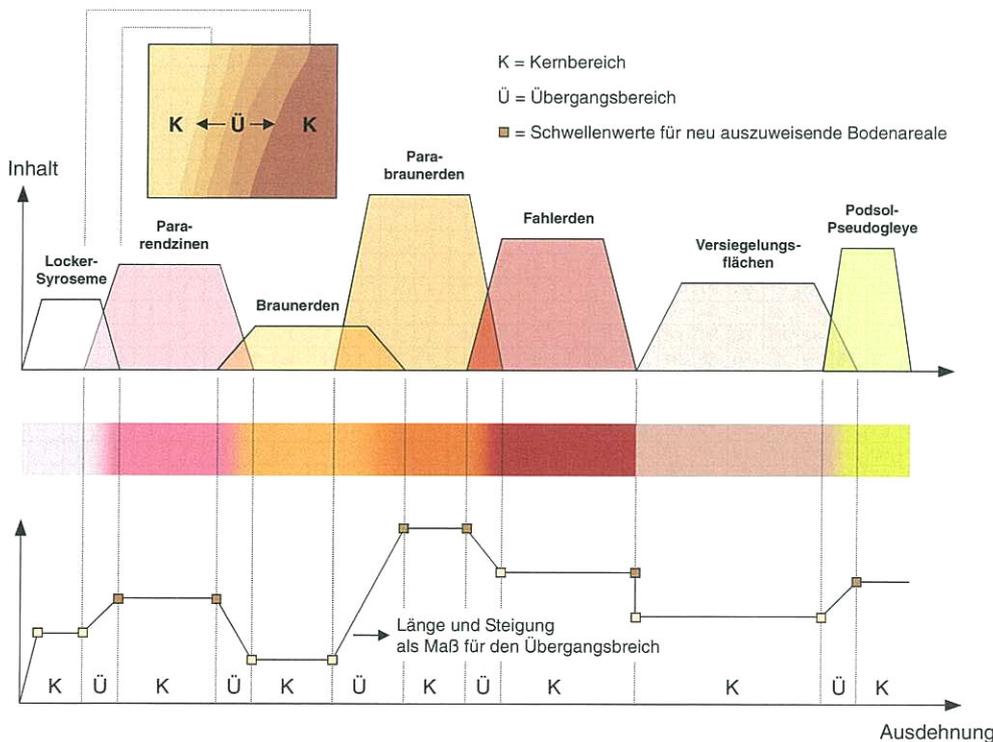


Abb. 10 Kern- und Übergangsbereiche (abstrahierte inhaltlich/räumliche Darstellung entlang eines Schnitts bei hoher Auflösung)

Fig. 10 Core areas and areas of smooth transition (abstract representation of the content and space along a section in high resolution)

druck der inhaltlichen sowie räumlichen also horizontalen und vertikalen Übergänge.

Besonders bei der Charakterisierung von Übergangsbereichen muss in Betracht gezogen werden, dass die Merkmale bzw. Merkmalskombinationen naturgemäß räumliche Dimensionen besitzen. Es wird folgende These aufgestellt:

- weiche Übergänge besitzen großräumig eine geringe inhaltliche Diversität, d. h. eine hohe räumliche, aber geringe inhaltliche Unschärfe
- harte oder scharfe Übergänge besitzen kleinräumig eine hohe inhaltliche Diversität, d. h. geringe räumliche und hohe inhaltliche Unschärfe

Beide Aussagen beziehen sich auf die jeweiligen Nachbareinheiten. Dreidimensionale Darstellungen von Bodeneinheiten vermindern die Unschärfe, die sonst in zweidimensionalen Karten durch Nichtdarstellung der vertikalen Dimension (Tiefe) erhöht ist. Die Abbildung 10 zeigt Bodeneinheiten (z. B. Kartiereinheiten), vereinfacht dargestellt als Trapeze, in ihren quantifizierten Inhalten und räumlichen Ausdehnungen in einer bestimmten horizontalen Richtung.

Die Kernbereiche werden durch die horizontalen Linien (Plateaus) repräsentiert. Sie sind, was auch für diskret abgegrenzte Einheiten gilt, durch einen inneren und äußeren (nachbarschaftlichen) Kontrast gekennzeichnet. Der innere

Kontrast kann als Varianz der diese Einheit charakterisierenden Objekte betrachtet werden, während der äußere Kontrast den Unterschied zu den Nachbareinheiten darstellt. Beide sind ein Maß für die Homogenität/ Heterogenität der Einheit an sich bzw. der Einheiten untereinander. In einer Übergangszone durchdringen bzw. überlappen sich die Einheiten bis zu einem bestimmten Maß. Sie gehen mehr oder weniger kontinuierlich ineinander über. Die Übergangszonen sind durch Abstufungen (Hinüberwachsen in die neue Qualität) charakterisiert. Sie sind durch die aufsteigenden bzw. absteigenden Linien gekennzeichnet. Hier wird die Länge als auch der Steigungswinkel der Linie als Maß für die Übergangszone angesehen. Der Übergang ist durch einen absteigenden oder aufsteigenden Trend charakterisiert. Der Charakter des Trends ist dabei abhängig von den benachbarten Kernbereichen. Sie können sich auch überlagern. In der Übergangszone ist die Schwankungsbreite der in diesem Bereich beschriebenen Merkmale bzw. Objekte (z. B. Bodenformen) größer als im Kernbereich. Es kann auch der umgekehrte Fall möglich sein, wenn der Übergang von einer heterogenen Bodengesellschaft in eine homogene Einheit erfolgt. Die Objekte (Bodenformen) im Kernbereich weisen bezüglich ihrer Qualitäten keinen einheitlichen Trend auf.

Die Ausweisung der Kern- und Übergangsbereiche erfolgt durch die Analyse von Ähnlichkeiten des ermittelten Bo-

Tab. 4 Matrix potenzieller geologischer Übergangstypen (Variante einer implikativen Übergangstabelle)

Fig. 4 Matrix of potential geological types of transition (version of an implicative table of transition)

	Hv	Hv / fg-ss(ns)	Hv / Fe / Sf	Fe	H	H / fg-ss(ns)	H / Sf	H / ff-ctl	Mw	Hc(Mff)	Hc / gm-csl	Hc / Sf	Hc / Mw / Sf	Hc / Hv / Sf	Hcv / H	Hcv / H / Mw	Hc / fg-ss(ns)	Hc / fg-ss(vs)	Hc / gm-csl	Sf	Sf / H	a-as	pas-ss	fu-ss	fg-ss(s)	fg-ss(ns)	fg-(k4)ss(ns)	gm-csl	gm-cl	gm-ctl	fg-ss(vs)	fg-(k4)ss(vs)	gm-II / fg-ss	gm-sl \ fg-ss		
Hv	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Hv / fg-ss(ns)	,97	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Hv / Fe / Sf	,94	,97	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Fe	,91	,94	,97	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
H	,88	,91	,94	,97	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
H / fg-ss(ns)	,85	,88	,91	,94	,97	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
H / Sf	,82	,85	,88	,91	,94	,97	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
H / ff-ctl	,79	,82	,85	,88	,91	,94	,97	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Mw	,76	,79	,82	,85	,88	,91	,94	,97	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Hc(Mff)	,73	,76	,79	,82	,85	,88	,91	,94	,97	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Hc / gm-csl	,70	,73	,76	,79	,82	,85	,88	,91	,94	,97	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Hc / Sf	,67	,70	,73	,76	,79	,82	,85	,88	,91	,94	,97	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Hc / Mw / Sf	,64	,67	,70	,73	,76	,79	,82	,85	,88	,91	,94	,97	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Hc / Hv / Sf	,60	,64	,67	,70	,73	,76	,79	,82	,85	,88	,91	,94	,97	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Hcv / H	,57	,60	,64	,67	,70	,73	,76	,79	,82	,85	,88	,91	,94	,97	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Hcv / H / Mw	,54	,57	,60	,64	,67	,70	,73	,76	,79	,82	,85	,88	,91	,94	,97	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Hc / fg-ss(ns)	,51	,54	,57	,60	,64	,67	,70	,73	,76	,79	,82	,85	,88	,91	,94	,97	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Hc / fg-ss(vs)	,48	,51	,54	,57	,60	,64	,67	,70	,73	,76	,79	,82	,85	,88	,91	,94	,97	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Hc / gm-csl	,45	,48	,51	,54	,57	,60	,64	,67	,70	,73	,76	,79	,82	,85	,88	,91	,94	,97	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sf	,42	,45	,48	,51	,54	,57	,60	,64	,67	,70	,73	,76	,79	,82	,85	,88	,91	,94	,97	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sf / H	,39	,42	,45	,48	,51	,54	,57	,60	,64	,67	,70	,73	,76	,79	,82	,85	,88	,91	,94	,97	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
a-as	,36	,39	,42	,45	,48	,51	,54	,57	,60	,64	,67	,70	,73	,76	,79	,82	,85	,88	,91	,94	,97	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
pas-ss	,33	,36	,39	,42	,45	,48	,51	,54	,57	,60	,64	,67	,70	,73	,76	,79	,82	,85	,88	,91	,94	,97	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
fu-ss	,30	,33	,36	,39	,42	,45	,48	,51	,54	,57	,60	,64	,67	,70	,73	,76	,79	,82	,85	,88	,91	,94	,97	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
fg-ss(s)	,27	,30	,33	,36	,39	,42	,45	,48	,51	,54	,57	,60	,64	,67	,70	,73	,76	,79	,82	,85	,88	,91	,94	,97	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
fg-ss(ns)	,24	,27	,30	,33	,36	,39	,42	,45	,48	,51	,54	,57	,60	,64	,67	,70	,73	,76	,79	,82	,85	,88	,91	,94	,97	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
fg-(k4)ss(ns)	,21	,24	,27	,30	,33	,36	,39	,42	,45	,48	,51	,54	,57	,60	,64	,67	,70	,73	,76	,79	,82	,85	,88	,91	,94	,97	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
gm-csl	,18	,21	,24	,27	,30	,33	,36	,39	,42	,45	,48	,51	,54	,57	,60	,64	,67	,70	,73	,76	,79	,82	,85	,88	,91	,94	,97	1	1	1	1	1	1	1	1	1
gm-cl	,15	,18	,21	,24	,27	,30	,33	,36	,39	,42	,45	,48	,51	,54	,57	,60	,64	,67	,70	,73	,76	,79	,82	,85	,88	,91	,94	,97	1	1	1	1	1	1	1	1
gm-ctl	,12	,15	,18	,21	,24	,27	,30	,33	,36	,39	,42	,45	,48	,51	,54	,57	,60	,64	,67	,70	,73	,76	,79	,82	,85	,88	,91	,94	,97	1	1	1	1	1	1	1
fg-ss(vs)	,09	,12	,15	,18	,21	,24	,27	,30	,33	,36	,39	,42	,45	,48	,51	,54	,57	,60	,64	,67	,70	,73	,76	,79	,82	,85	,88	,91	,94	,97	1	1	1	1	1	1
fg-(k4)ss(vs)	,06	,09	,12	,15	,18	,21	,24	,27	,30	,33	,36	,39	,42	,45	,48	,51	,54	,57	,60	,64	,67	,70	,73	,76	,79	,82	,85	,88	,91	,94	,97	1	1	1	1	1
gm-II / fg-ss	,03	,06	,09	,12	,15	,18	,21	,24	,27	,30	,33	,36	,39	,42	,45	,48	,51	,54	,57	,60	,64	,67	,70	,73	,76	,79	,82	,85	,88	,91	,94	,97	1	1	1	1
gm-sl \ fg-ss	0	,03	,06	,09	,12	,15	,18	,21	,24	,27	,30	,33	,36	,39	,42	,45	,48	,51	,54	,57	,60	,64	,67	,70	,73	,76	,79	,82	,85	,88	,91	,94	,97	1	1	1

denformeninventars. Dabei wird aus methodischen Gründen angenommen, dass die Kernbereiche quasihomogen sind und die Objekte einen hohen inhaltlichen und lagemäßigen Zugehörigkeitsgrad zu einer neu definierten Zielkategorie (z. B. Legendeneinheit) besitzen, während die Übergangsbereiche einen geringeren Zugehörigkeitsgrad zur Zielkategorie besitzen und einen zunehmend höheren zu anderen Zielkategorien. Somit sind die Übergangsbereiche inhaltlich schwerer zu beschreiben. Die inhaltliche als auch räumliche Varianz ist i. d. R. hoch. Die Ausweisung von Kern- und Übergangsbereichen sollte auf Grund der Informationsfülle computergestützt erfolgen. Die inhaltliche und räumliche Charakterisierung der Kernbereiche wird durch zu definierende Ähnlichkeiten (geringster inhaltlicher Kontrast bei nächster Nachbarschaft) vorgenommen. Dabei kommt der Frage, nach welchen Regeln Schwellenwerte (-spannen) für jeweils neu auszuweisende Bodenareale anzusetzen sind, eine entscheidende Bedeutung zu.

6.4. Übergangstypen

Die Definition von Übergangstypen bezieht sich hier auf Grund der einfacheren Darstellbarkeit zunächst auf die Informationsebene Geologie. Ziel ist es, das Interpretationsprinzip auch auf Bodenformen anzuwenden. Die Faktorenkombination ist jedoch ungleich höher. Im vorliegenden Fall wird die genetische Verwandtschaft (Ähnlichkeit) geologischer Ausgangssubstrate bestimmt. Ein Nachschüttungsand beispielsweise weist zu einem Geschiebemergel eine höhere Verwandtschaft auf als zu einer Moorbildung. Letztere weist wiederum mehr natürliche Übergänge zu fluviatilen bis limnischen Bildungen auf.

Aus Darstellungsgründen sind in der unteren Dreiecksmatrix nur die Komma Stellen nach der Null dargestellt. Die verwendeten Kürzel entsprechen der Nomenklatur der KA 4/5 und stellen die so formal codierten Einheiten der Geologischen Spezialkarte dar.

7. Informationsauswertung

7.1 Bildverarbeitung

Das Ergebnis der Konzeptbodenkarte ist ein synthetisches Bild, genauer betrachtet ein Bildverband oder -stapel, der

durch die Zugehörigkeitsebenen der Zielkategorien charakterisiert wird und so in jedem Pixel eine Bodenform beinhaltet. Die Pixel der Ebenen sind durch ihre Farbwerte quantifiziert. Für die Aggregation und Legendenbildung können so Bildverarbeitungsprogramme angewendet werden.

Die Klassifikationsalgorithmen der verwendeten Software *eCognition* basieren auf der Analyse der Ähnlichkeit benachbarter Pixel. Ein generelles Problem besteht jedoch darin, dass die Minimierungsprozedur hinsichtlich der Heterogenität, d. h. für Inhalt und Raum nicht gleichzeitig zu 100% lösbar ist. Ein höherer Schwellenwert an Wertekontinuität bedeutet gröbere Objekte, ein höherer Schwellenwert an Raum-(Form)heterogenität liefert hingegen komplexe Formen, während ein niedriger Schwellenwert an Raum-(Form)heterogenität kompakte Objekte zur Folge hat. Das Gewicht kann also mehr auf die inhaltliche Komponente (minimaler Kontrast der Bodenformen) oder mehr auf die räumliche Komponente (minimale Distanz der Bodenformen) gelegt werden. Ein Klassifizierungsergebnis verschiedener Ebenen eines Ausschnitts (siehe Abb. 6 „Vergleyung“) der zu erstellenden bodengeologischen Karte zeigt die Abbildung 11.

Bodenprofilfotos stellen ebenfalls wertvolle qualitative Daten dar, die stärker in eine Interpretation einbezogen werden könnten. Dazu soll eine bildanalytische Auswertung von Profildaten vorgenommen werden. Ziel ist es besonders die Übergänge der Horizonte und die horizontbeschreibenden Merkmale (z. B. Rostfleckung) quantifizieren zu können. Als Software ist ebenfalls das Programm *eCognition* eingesetzt worden.

Das Ziel der Analysen von Bodenprofilfotos besteht in einer durch Klassifikation objektivierten Horizontdifferenzierung und Quantifizierung der Übergänge in Anlehnung an die Auswertungsmethoden von Fernerkundungsdaten. Prinzipiell könnte durch die Bildanalyse auch eine optimierte Probennahme gesteuert werden. In gleicher Weise kann eine Klassifizierung von Karten der Aussagesicherheit erfolgen, in der ebenfalls in jedem Pixel eine Aussage zur Datendichte und -qualität fixiert ist. Um eine arealbezogene Aussage zu erhalten, wird das Bild segmentiert. Die Stufen der Segmentierungsschritte (Einstellungen) können dabei adaptiv verschiedene Maßstäbe bedienen.

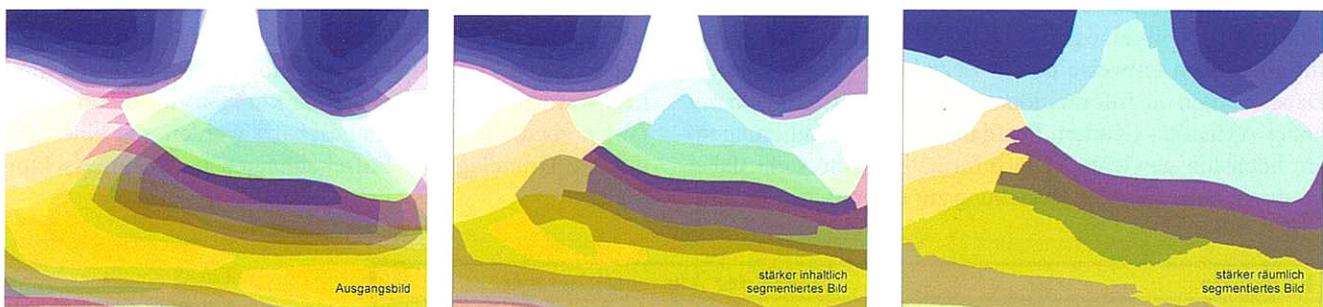


Abb. 11 Klassifiziertes synthetisches Bild: hier Bodenart (Konzeptbodenkarte)

Fig. 11 Classification of a synthetic image: here texture (conceptual soil map)

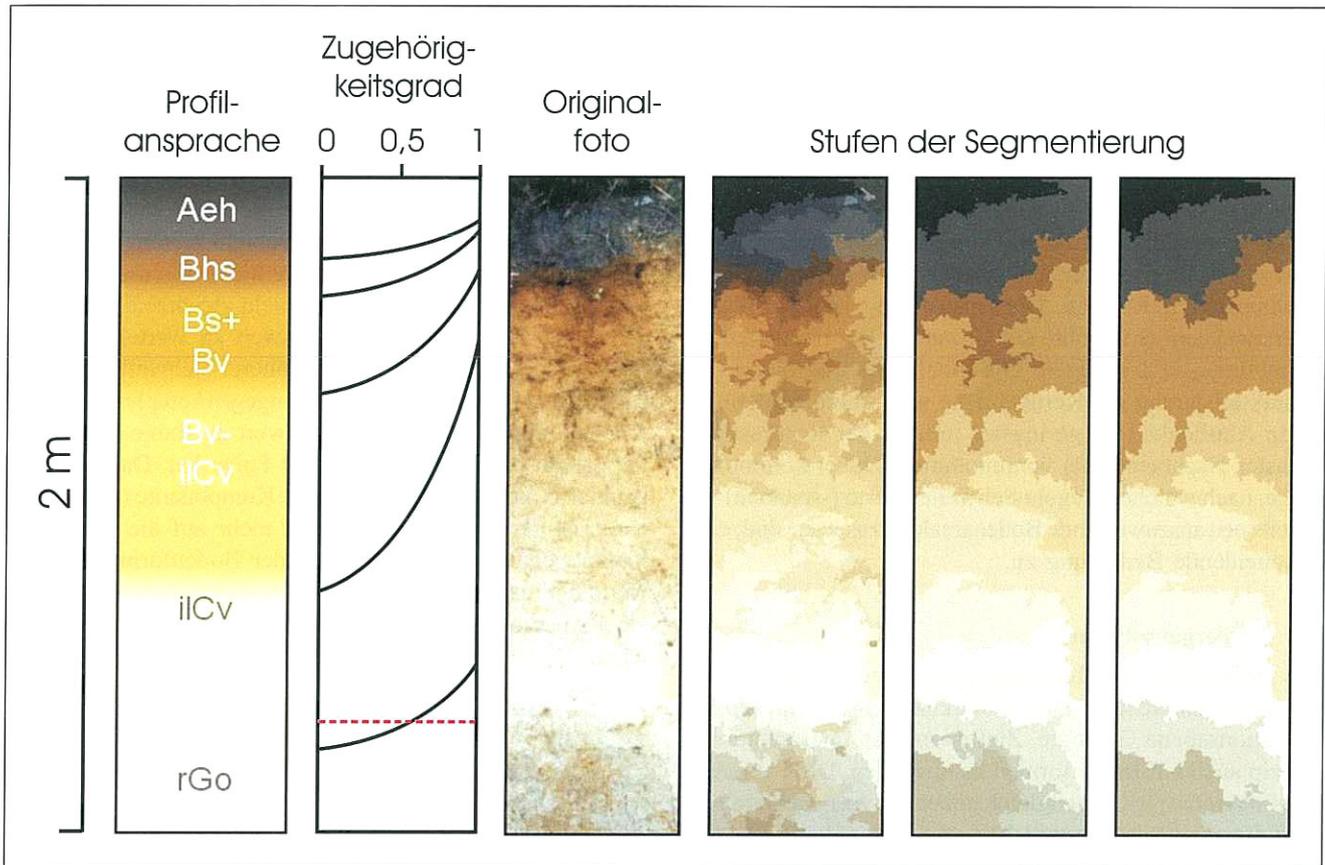


Abb. 12
 Klassifikation von Bodenhorizonten aus Profilfotos mit der Software eCognition - verschiedene Stufen der Segmentierung. Das zweite Profil von links (Darstellung nach AMESKAMP & LAMP 1998) zeigt die Beziehungen der Zugehörigkeiten der jeweils hangenden und liegenden Horizonte (rote Linie)

Fig. 12
 Classification of horizons from soil profile images by the software eCognition - different steps of segmentation. The 2nd profile from left (representation according to AMESKAMP & LAMP 1998) shows the relations between the memberships of the different horizons to each other (red line)

7.2 Räumliche Darstellung von Datenqualitäten (Aussagesicherheiten)

Es ist wichtig, die Güte oder Verlässlichkeit der Informationen auch auf Grund der Informationsfülle differenziert zu beschreiben und darzustellen. Es gibt zahlreiche Vorschriften, Nomenklaturen und Methoden, die ein konkretes Ziel zu einer bestimmten Zeit bei einem bestimmten Kenntnisstand bedienen. Heute müssen die mit den verschiedensten Methoden für jeweils eine ganz spezielle Zielkategorie erzielten Informationen teilweise neu in Beziehung gesetzt werden. Dabei werden die Informationen aus Bodenkartierungen mit hoher Aktualität (Karten, Profilaufnahmen, Sondierungen) am höchsten gewichtet. Die Informationsgüte steht dabei immer in einer direkten Beziehung zur eigentlichen Fachin-

formation, bezogen auf eine Zielkategorie. Erweitert auf alle räumlichen Darstellungen bedeutet dies, dass zu jeder thematischen Aussage (Bodenkarte, geologische Karte, Auswertungskarte) auch eine Karte der Aussagesicherheit gehören sollte. Die Aussagesicherheit ergibt sich aus der Güte der gewichteten Daten bzw. der Informationen der verschiedenen thematischen Ebenen (inhaltliche Komponente) sowie der Datendichten (räumliche Komponente). Damit ließe sich der Geländeeinsatz so optimieren, dass gezielt Areale mit geringen Datendichten oder/und Datenqualitäten kartiert werden. Auswertungskarten könnten mit diesem Verfahren ebenfalls besser eingeschätzt werden und eine fundiertere Grundlage für Entscheidungen im Planungssektor bilden.

Kategorie	Grad der Aussagesicherheit
Hohe Datenqualität und -dichte	insgesamt hohe Aussagesicherheit
Hohe Datenqualität und geringe -dichte	mittlere inhaltlich-räumliche Aussagesicherheit
Geringe Datenqualität und hohe -dichte	
Geringe Datenqualität und geringe -dichte	insgesamt geringe Aussagesicherheit

Tab. 5
 Kategorien und Aussagesicherheiten
 Fig. 5
 Categories and reliability of information

Die im Pkt. 6.2 beschriebenen Verfahren werden auch für die räumliche Darstellung von Datenqualitäten genutzt. Bei der diskreten Flächenabgrenzung liegt der Schwerpunkt auf einer generalisierten Flächenaussage für Dichten von Punktinformationen, bei der kontinuierlichen Darstellung hingegen gehen Dichten und Qualitäten von Punktinformationen gleichermaßen ein. Dabei müssen folgende Kombinationsmöglichkeiten berücksichtigt werden:

Weitere Abstufungen und Übergänge zwischen den hier aufgezeigten Kategorien und Kombinationen sind möglich. Die Angaben, die zu Datenverlässlichkeit gemacht werden können, sind generell abhängig vom Maßstab, da sich zumindest eine Komponente der Aussagesicherheit (Datendichte) ändert. D. h. eine geringe Datendichte im großen Maßstab führt zu einer höheren Datendichte im kleineren Maßstab und damit zu einer erhöhten Aussagesicherheit für den betreffenden kleineren Maßstabsbereich. Für die räumliche Darstellung der Datenqualitäten können Verfahren verwendet werden, die sich auf eine diskrete Flächenabgrenzung oder eine kontinuierliche Darstellung beziehen.

Die Methoden der Interpolation und Triangulation sind auch hier den der diskreten Flächenabgrenzung vorzuziehen. Die gewählten Areale können zwar abgestuft dargestellt werden, es entstehen aber so genannte Treppenfunktionen, die als nachteilig angesehen werden. Bei den kontinuierlichen Darstellungen hingegen werden stetige Werteoberflächen erreicht, die auch bei der Zielkategorie „Aussagesicherheit“ Übergänge besser berücksichtigen. Das heißt, je näher man sich an einem aktuell kartierten Punkt (Profil) befindet, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass auch dort die Bodenform angetroffen wird, die im kartierten Punkt aufgenommen wurde und in der Karte ihren Ausdruck findet.

Die raumbezogene Angabe von Datenqualitäten besitzt einen ebenso hohen Status wie die Fachinformation selbst. Das muss bei nachgeschalteten Auswertungen, besonders auch bei bodenschutzrelevanten Fragestellungen, berücksichtigt werden. Somit ergibt sich die Notwendigkeit, dass künftig jeder raumbezogenen Darstellung von Geoinformationen eine raumbezogene Darstellung der Aussagesicherheit beigefügt wird.

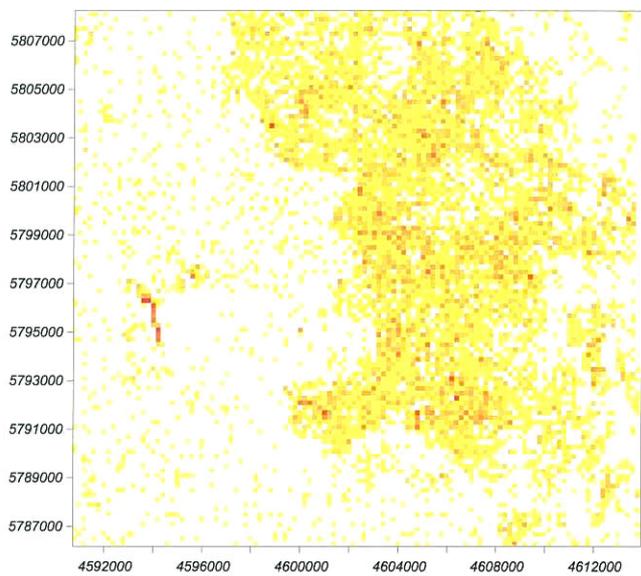
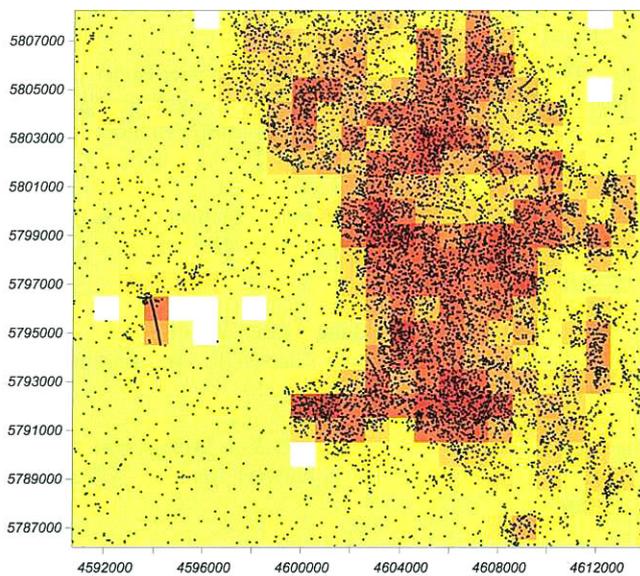


Abb. 13

Karte der Aussagesicherheit in unterschiedlichen Rasterweiten (weiß: keine Punktinformationen im Rasterquadrat, gelb: wenig und rot: viel)

Fig. 13

Map of information reliability in different grids (white: no point information in grid square, yellow: few and red: much)

Die Darstellung von Datendichten und Datenqualitäten unter Nutzung regelmäßiger Polygone (Quadratraster, Pixel) ist unkompliziert. Es wird die Anzahl sämtlicher Datenpunkte pro Quadratraster (Größe frei wählbar) gezählt und abgestuft dargestellt. Die Wichtung der Informationsebenen muß dabei berücksichtigt werden. Ebenso kann die Datenqualität dargestellt werden. Eine Darstellung in unregelmäßigen Polygonen, d. h. in Thiessen-Polygonen oder solchen, die konkrete Flächenkonturen aus Karten, z. B. naturräumliche Einheiten oder Legendeneinheiten repräsentieren, sind ebenfalls möglich.

Zusammenfassung

Die Aussagegüte der in Bodenkarten zu verarbeitenden Informationen ist sehr unterschiedlich und bedarf einer Quantifizierung. Eine analoge Erstellung von Konzeptkarten ist heute kaum mehr möglich, da sich die großen Datenmengen nur noch digital bewältigen lassen. Es ist jedoch von Fall zu Fall zu entscheiden, in welchem Aufwand-Nutzen-Verhältnis eine Aufgabe zu lösen ist.

Es wird ein Ansatz vorgestellt, der die Verarbeitung unscharfer bodenkundlicher Informationen zu optimieren versucht.

Durch eine gewichtete, inhaltlich-räumliche In-Beziehung-Setzung von Daten, durch eine Analyse von qualitativen und quantitativen Daten, durch die Einbeziehung sprachlicher Modifikatoren sowie die Anwendung von Bildanalyseverfahren zur objektivierten Arealaggrierung wird eine Konzeptkarte erarbeitet, die auf einer reproduzierbaren Datenverarbeitung und einer quantifizierten Aussagesicherheit fußt. Dadurch kann der Aufwand im Gelände und bei der Erstellung des Manuskripts gesenkt werden. Neben der Anwendung auf Aspekte der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung soll die Methode so qualifiziert werden, dass sie nicht nur für bodenkundliche Fragestellungen nutzbringend eingesetzt werden kann.

Summary

The quality of the handled informations in conceptual soil maps is different and needs a quantification. An analog creation of conceptual maps is hardly possible today because the lot of data can be managed only digitally. But in the different cases it is to decide in which input-value ratio a task is to be solve.

It is offered a methodical attempt, wick optimize the processing of fuzzy soil informations. By a weighting of relational data of content and space, an analysis of qualitative and quantitative data by the involvement of the linguistic modifiers as well as by the applicated methods of image processing to an objective areal aggregation. A conceptual map is generated. It bases on a reproducible analysis of data and quantified reliability of information. As a result the expense in the field works can be minimized. Beside the application of the method for precision farming is it also possible to apply the method for non soil mapping.

Danksagung

Für die Hinweise zur Darlegung des methodischen Konzepts und die hilfreiche, kritische Diskussion danke ich Herrn Dr. D. Kühn und Herrn Dr. H. U. Thieke herzlich.

Literatur

- AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN der Geologischen Landesämter und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe der Bundesrepublik Deutschland (2001): Bodenkundliche Kartieranleitung. - 5. Aufl., Hannover (im Druck, zitiert als KA 5)
- AMESKAMP, M. & J. LAMP (1998): Three-dimensional Soil Prediction - Fuzzy-Rules and a GIS. - European Soil Bureau, Research Report No. 4, pp. 243- 249, Ispra
- BAURIEGEL, A. (2001): Methode zur regelhaften Ableitung von Flächenbodenformen (Idealprofile) zur Nutzung in Flächendatenbanken. - Mitt. Dt. Bodenkdl. Gesell. Bd. 96/II, S. 471 - 472, Oldenburg
- BACKHAUS, K., ERICHSON, B., PLINKE, W. & R. WEIBER (2000): Multivariate Analysemethoden - Eine anwendungsorientierte Einführung. - 9. Auflage, 591 S., Berlin Heidelberg New York (Springer)
- BLASCHKE, Th. (2000): Objektextraktion und regelbasierte Klassifikation von Fernerkundungsdaten - Neue Möglichkeiten für GIS-Anwender und Planer. - 5. Symposium "Computergestützte Raumplanung"-CORP 2000, S. 159- 168, Wien
- BILL, R. (1999): Grundlagen der Geo-Informationssysteme. - Bd. 2, 475 S., Heidelberg (Wichmann)
- FRIEDRICH, Ch. (2001): GIS-basierte Regionalisierung und Quantifizierung unscharfer Bodeninformationen mit Hilfe der Fuzzy-Set-Theorie. - Boden und Landschaft; Schriftenreihe zur Bodenkunde, Landeskultur und Landschaftsökologie, Bd. 35, 185 S., Justus-Liebig-Universität Gießen
- JIANG, B. (1998): Visualisation of Fuzzy Boundaries of Geographic Objects. Cartography, Vol. 27, No. 2, pp. 41 - 46, East Perth
- JUSCHUS, O. (2000): Das Jungmoränenland südlich von Berlin. - Dissertation, Geographisches Institut HU Berlin, 252 S.
- KÖTHE, R. & J. BÖHNER (2001): Funktionale Bodenkzeptkarten auf der Basis von punktuellen Bodenmerkmalen und flächenhaften, bodenrelevanten Geodaten. Vortrag zur Jahrestagung des AK Bodengeographie der DGfG in Dresden (unveröff. Manuskript).
- KÜHN, D. (1998): Anleitung zur Erarbeitung einer Bodenkarte im Maßstab 1 : 50 000 (BK 50) für das Land Brandenburg. - Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg, 28 S., Kleinmachnow (unveröff.)
- LEMBKE, H. (1936): Von der „Urspre“ zum heutigen Spreelauf - Festschrift für Norbert Krebs zum 60. Geburtstag. - S. 140 - 145, Stuttgart
- MARCINEK, J. (1968): Entwicklungsphasen eines Gewässernetzes - Das Flussnetz im Nordostraum der DDR. -Wissenschaft und Fortschritt 10, Berlin (Akademie Verl.)
- MICHEL, K., KLAWOON, F., KRUSE, R. & A. NÜRNBERGER (2002): Fuzzy - Regelung; Grundlagen, Entwurf, Analyse. - 417 S., Berlin (Springer)
- SPONAGEL, H., GEHRT, E., FUCHS, M., SOMMER, M. & J. BÖHNER (1999): Bodenarealabgrenzungen - Parameter zur Ableitung von Bodengesellschaften. - Mitt. Dt. Bodenkdl. Gesell. Bd. 91/II, S.1108 - 1111, Oldenburg
- STOLZ, R. (1998): Die Verwendung der Fuzzy Logic Theorie zur wissensbasierten Klassifikation von Fernerkundungsdaten - Ein methodischer Ansatz zur Verbesserung von Landnutzungsklassifikationen in mesoskaligen heterogenen Räumen, dargestellt am Einzugsgebiet der Ammer. - 177 S., Münchener Geogr. Abh., Bd. B 26, München (Geobuch)

Anschrift des Autors:
Dipl.-Geol. Jens Hannemann
Landesamt für Geowissenschaften
und Rohstoffe Brandenburg
Stahnsdorfer Damm 77
14532 Kleinmachnow

Mitteilung aus dem Landesamt No. 167