

Schlagspezifische Erfassung der relief- und substratbedingten Bodenheterogenität mittels Reliefanalyse und Fernerkundung

Markus Möller*, Daniel Wurbs & Thomas Koschitzki

1. EINLEITUNG

Bodenheterogenität kann als die Variabilität von Bodenklassen und/oder Merkmalen innerhalb von Bezugseinheiten definiert werden (McBratney & Minasny, 2007). Jede Bezugseinheit repräsentiert dabei einen spezifischen Zielmaßstab und somit eine spezifische Bodenheterogenität.

Am Beispiel eines Ackerschlagens wird gezeigt, wie die Bodenheterogenität mit einem Heterogenitätsmaß schlagspezifisch quantifiziert und durch die Integration von Relief-, Satellitenbild- und Bodendaten gesteuert werden kann.

2. UNTERSUCHUNGSGEBIET

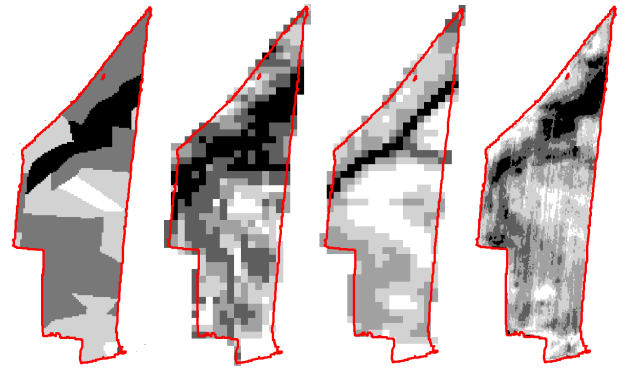
Der Ackerschlag hat eine Größe von 21 ha und befindet sich nordöstlich von Leipzig zwischen Taucha und Eilenburg. Als dominierende Bodenform wird in der Bodenkonzeptkarte 1:50000 des Freistaates Sachsen 'Parabraunerde aus Sandlöss' angegeben (vgl. Gerighausen & Möller, 2005).

3. DATEN

Die verwendeten Eingangsdaten sind durch unterschiedliche geometrische und zeitliche Auflösungen gekennzeichnet. Entsprechend der inhaltlichen Differenzierung der Reichsbodenschätzung (Tongehalt) sind alle kontinuierlichen Datengrundlagen mittels Cluster-Analyse in jeweils fünf Klassen gegliedert worden.

- Die Bodeninformationen leiten sich aus der Reichsbodenschätzung ab, die in den 30er Jahren des letzten Jahrhunderts unter fiskalischen Gesichtspunkten erhoben wurden. Abbildung 1a zeigt mittlere Tongehalte T , die nach einem Schlüssel von Ulonska (2002) aus den Bodenartenangaben der Grablochbeschreibungen abgeleitet wurden.
- Durch das Sächsische Landesvermessungsamt wird im Rahmen des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems das DGM 25 mit einer Rasterweite von 20 m bereitgestellt. Das DGM bildete die Grundlage für die Ableitung der bodenkundlich relevanten Attribute 'Massenbilanzindex MBI ' und 'Topographical Wetness Index' TWI .

Der MBI ergibt sich aus den transformierten Reliefattributen 'Neigung' n , 'Höhe über Tiefenlinie'



(a) RBS $H = 1,14$ (b) MBI $H = 1,55$ (c) TWI $H = 1,35$ (d) SBI $H = 1,51$

	Klasse	T_{RBS}	μ_{MBI}	μ_{TWI}	μ_{SBI}
■	1	40	-0,06	11,46	539
■	2	12	-0,02	8,20	644
■	3	9	0,01	7,04	694
■	4	7	0,05	6,69	734
□	5	4	0,11	6,36	790

Abb. 1: Tongehaltsklassen (T in Mas.-%) der Reichsbodenschätzung (RBS) sowie Cluster-Mittelwerte der Relief- und Satellitenbildableitungen MBI, TWI und SBI ($H \equiv$ Shannon-Index; vgl. Kap. 4.2 u. 5)

ht und 'Vertikalkrümmung' k und beschreibt den Gleichgewichtszustand einer Rasterzelle zwischen Akkumulation und Abtrag (Gl. (1) u. Abb. 1b; Möller, 2005; Möller et al., 2007).

$$MBI = \begin{cases} f(k) \times (1 - f(n)) \times (1 - f(ht)) & \text{für } f(k) < 0 \\ f(k) \times (1 + f(n)) \times (1 + f(ht)) & \text{für } f(k) > 0 \end{cases} \quad (1)$$

Das Standardattribut TWI wird aus dem spezifischen Einzugsgebiet einer Rasterzelle A_s und der Neigung n berechnet (Gl. (2) u. Abb. 1c; Beven & Kirkby, 1979) und erlaubt Rückschlüsse zu reliefbedingten Bodenfeuchte-Mustern.

$$TWI = \ln \left(\frac{A_s}{\tan n} \right) \quad (2)$$

- Der Quickbird-Datensatz vom 24.09.2002 hat eine geometrische Auflösung von 0,61 bis 0,72 (panchromatisch) bzw. von 2,44 bis 2,88 (multispektral). Die spektrale Auflösung reicht vom blauen, grünen (G), roten (R) bis zum nahen Infrarot-Spektralbereich (NIR). Zur schlaginternen Differenzierung wurde der 'Soil Brightness Index' SBI berechnet (Gl. (3) u. Abb. 1d; Leone et al., 1995).

$$SBI = G + R + NIR \quad (3)$$

4. METHODEN

4.1. Datenintegration

Datenintegration beinhaltet die Überführung von Daten unterschiedlicher räumlicher, zeitlicher und inhaltlicher Auflösung auf ein konzeptionelles Zielmodell. Das Zielmodell ist durch einen spezifischen Abstraktionsgrad

* GEOFLUX GbR

bzw. Zielmaßstab definiert (Baltsavias, 2004), der eine Differenzierung von Bezugseinheiten gestattet (hier: Ackerschlag).

In der Studie wird die Datenintegration mit einem regionenbasierten Segmentierungsalgorithmus realisiert (Benz et al., 2004; Möller, 2005; Möller et al., 2007), bei dem in Abhängigkeit von einem zu bestimmenden Heterogenitätsparameter M Segmente vergleichbarer Heterogenität erzeugt werden können: Je höher M , desto größer ist die Heterogenität und damit auch die Größe der resultierenden Segmente.

4.2. Quantifizierung der Bodenheterogenität

Ein häufig verwendetes Strukturmaß zur Kennzeichnung der Landschaftsdiversität und des Informationsgehaltes ist der 'Shannon-Index' H , der sich aus den aufsummierten relativen Flächenanteilen A von n Kategorien innerhalb definierter Bezugseinheiten berechnet (Gl. (4); vgl. McBratney & Minasny, 2007).

$$H = - \sum_{i=1}^n A_i \times \log(A_i) \quad (4)$$

5. ERGEBNISSE

Der Shannon-Index H wurde zunächst für die Ausgangsdaten berechnet. Als Berechnungsgrundlage dienen die Flächenanteile der Klassen (RBS) bzw. Cluster (MBI, SWI, TWI) innerhalb des Ackerschlages. Die Berechnungsergebnisse sind in Abbildung 1 dokumentiert. Demnach sind die Eingangsdaten durch eine vergleichbare Heterogenität gekennzeichnet, die einerseits durch die Normierung auf fünf Klassen bedingt ist und andererseits zeigt, dass die Daten einen vergleichbaren Informationsgehalt besitzen.

In die Segmentierungen ging mit dem *SBI* das Attribut mit der höchsten geometrischen Auflösung ein. Das heißt, dass die Parameter T_{RBS} , MBI und TWI durch Mittelwertbildung in Bezug zu den resultierenden Segmenten gesetzt wurden. Die Segmente repräsentieren dabei maßstabsspezifische Signifikanzsprünge des Merkmals *SBI*.

Die Auswirkungen der unterschiedlicher Maßstabssparameter M auf die Bodenheterogenität H innerhalb des Ackerschlages veranschaulicht Abbildung 2. Danach reduziert sich mit zunehmenden M -Werten H und die resultierende Segmentanzahl OA . Aus OA und der Ackerschlaggröße kann wiederum die durchschnittliche Objektgröße und damit der jeweilige Zielmaßstab abgeleitet werden.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Der hier vorgestellte Ansatz zur Datenintegration unterschiedlicher räumlicher, zeitlicher und inhaltlicher Heterogenität erlaubt die qualitative Kennzeichnung und Steuerung der schlagspezifischen Heterogenität. Als Steuerinstrument diente ein regionenbasierter Segmentierungsalgorithmus, der eine zielmaßstabsspezifische Gliederung des Bezugsraumes (hier: Ackerschlag) auf Grundlage der Eingangsdaten mit der höchsten geometrischen Auflösung (hier: *SBI*) erlaubt. Die relative

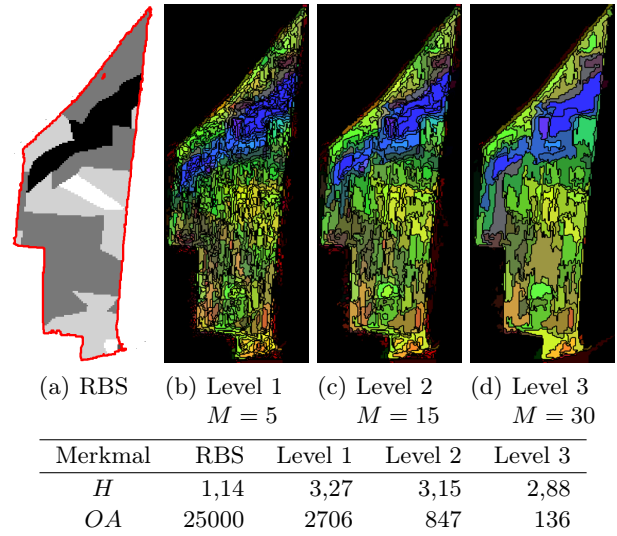


Abb. 2: Auswirkungen des Maßstabsparameters M auf die resultierende Bodenheterogenität H und Objektanzahl OA

Kennzeichnung der Bodenheterogenität wurde mit dem Heterogenitätsmaß 'Shannon Index' realisiert.

Weitere maßstabsbezogene Anwendungen ergeben sich aus den Analyse der Objektdatensätze, die mit den resultierenden Segmenten verknüpft sind. Weiterhin können die Segmente als Grundlage für ein effektives Sampling von Bodenproben dienen, da die Segmente Bereiche vergleichbarer Merkmalsvariabilität darstellen.

7. DANKSAGUNG

Die Autoren danken Dr. Martin Volk vom Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ), Department Angewandte Landschaftsökologie, für die Bereitstellung der Fernerkundungs- und Reliefdaten. Deren Prozessierung erfolgte im Rahmen einer Diplomarbeit (Gerighausen, 2004).

Literatur

- Baltsavias, E. (2004). Object extraction and revision by image analysis using existing geodata and knowledge: current status and steps towards operational systems. *Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 58, 129–151.
- Benz, U. C., Hofmann, P., Willhauck, G., Lingenfelder, I., & Heynen, M. (2004). Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for gis-ready information. *Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 58, 239–258.
- Beven, K. J. & Kirkby, M. J. (1979). A physically-based, variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrol. Sci. Bull.*, 24, 43–69.
- Gerighausen, H. (2004). *Objektbasierte Standortcharakterisierung mit Methoden der Fernerkundung*. Universität Potsdam. Diplomarbeit, unveröff.
- Gerighausen, H. & Möller, M. (2005). Ableitung von Modelleingangsdaten für die Bewertung der Bodenerosionsgefahr aus geometrisch höchstauflösenden Fernerkundungsdaten. In M. Möller & H. Helbig (Eds.), *GIS-gestützte Bewertung von Bodenfunktionen – Datengrundlagen und Lösungsansätze* (pp. 105–123). Heidelberg: Wichmann.
- Leone, A., Wright, G., & Corves, C. (1995). The application of remote sensing for soil studies in upland areas of Southern Italy. *International Journal of Remote Sensing*, 16(6), 1087–1105.
- McBratney, A. & Minasny, B. (2007). On measuring pedodiversity. *Geoderma*, 141, 149–154.
- Möller, M. (2005). Disaggregation von Bodeninformationen auf der Grundlage digitaler Reliefdaten. In M. Möller & H. Helbig (Eds.), *GIS-gestützte Bewertung von Bodenfunktionen – Datengrundlagen und Lösungsansätze* (pp. 67–89). Heidelberg: Wichmann.
- Möller, M., Volk, M., Friedrich, K., & Lymburner, L. (2007). Placing soil genesis and transport processes into a landscape context : A multi-scale terrain analysis approach. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. im Druck.
- Ullrich, H.-J. (2002). Beitrag zur Erfassung der Primärdaten aus der Bodenschätzung für Kennzeichnungen des oberflächennahen Bodenwasserregimes. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*, 99, 91–92.