

Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der
DBG, Kommission V
Titel der Tagung: Böden – eine endliche
Ressource
Veranstalter: DBG, 03.-09.09.2011, Berlin
Berichte der DBG (nicht begutachtete On-
line-Publikation)
<http://www.dbges.de>

Gammaspektrometrie – eine vielversprechende Methode zur Feldbestimmung und luftgestützten Er- kundung von Böden

Petra Erbe¹, Ulrich Schuler², Karl Stahr³ & Ludger
Herrmann³

1. Einführung

Die hauptsächlich in der Erdkruste vorkom-
menden radioaktiven Elemente Kalium (K),
Uran (U) und Thorium (Th) werden durch
Verwitterungsprozesse während der Pede-
genese vom Ausgangsgestein an den je-
weilig entstehenden Böden vererbt (Wilford
et al., 1997). Die daraus resultierenden
Elementkonzentrationen können über ihre
Strahlungsfrequenzen durch Gammaspek-
trometrie am Boden bzw. Ausgangsgestein
gemessen werden. Bisher wurde die Gam-
maspektrometrie zur Differenzierung von
Böden selbst nur sehr eingeschränkt ver-
wendet; zumeist wurde versucht, Bodenei-
genschaftsbereiche (Taylor et al., 2002,
Tyler, 2004) oder Areale mit verschiede-
nen Gesteinsverwitterungsstadien von-
einander abzugrenzen (Schwarzer et al.,
1971; Wilford et al., 1997; Roberts et al.,
2004; Chan et al., 2007; Wilford, 2007;
Wilford & Minty, 2007). In dieser Studie
wird versucht, dies zum logischen nächs-
ten Schritt, der Differenzierung von Bo-
dentypen, weiterzuentwickeln.

Daher wird in dieser Studie die Radioele-
mentverteilung von Verwitterungsstadien
verschiedener Ausgangsgesteine in Über-
gang zu den resultierenden Böden

¹The Uplands Program, Faculty of Agriculture,
Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

²Bundesanstalt für Geowissenschaften und Roh-
stoffe (BGR), Stilleweg 2, 30655 Hannover,
Deutschland

³Institut für Bodenkunde und Standortslehre (310),
Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart, Deutsch-
land

*petra.erbe@gmail.com

verschiedener Reifestadien untersucht. Es
wird erwartet, dass spezifische Signale bei
Kenntnis des Ausgangsgesteins eine
Bodentypenvorhersage zulassen.

Schlüsselworte: Kartierung, Boden-
genese, Radioelemente, K, Th, U,
Nordthailand

2. Untersuchungsgebiete und Methoden

Die Untersuchungen wurden in drei
petrographisch unterschiedlichen Gebieten
von NW-Thailand vorgenommen, die zu-
sammengenommen die wesentlichen Ge-
steinseinheiten in der Region abdecken
(Schuler, 2008). Dabei dominiert im Unter-
suchungsgebiet Bor Krai Kalkstein, in Huai
Bong Sandstein und in Mae Sa Mai
migmatitischer Granit.

Bodenchemische und bodenphysikalische
Standarduntersuchungen erfolgten nach
Herrmann, 2005, Blume et al., 2000,
VDLUFÄ, 1991, Klute, 1986. Anschlies-
send wurden die Böden nach WRB 2006
(IUSS, 2006) klassifiziert.

Die radiometrischen Messungen erfolgten
mittels tragbaren Radiometern
"Geophysical Gamma-Ray Spectrometer
GRM-260" und "Gamma Surveyor" von Gf
Instruments, Czech Republic. Mit diesem
wurde die Strahlung der Radioelemente K,
eTh und eU mehrmals an jedem Horizont
über Kalk-, Ton-, Sandstein und Gra-
nite/Gneis gemessen.

Die Vorhersage der Bodentypen anhand
Radiosignatur-Indizes (eTh/K & eU*eTh)
und dem jeweiligen Ausgangsgestein er-
folgte über Entscheidungsbäume (CART
Algorithmus) (Breiman et al., 1984) in
SPSS 17.0.

Zusätzlich wurde die Nützlichkeit von Aero-
gammadaten evaluiert. Hierzu wurden
diese mit den vorher beschriebenen bo-
dengestützten Daten und einer in einer
vorherigen Studie erstellten klassischen
Bodenkarte (Schuler, 2008) verglichen
(Abb. 1). Sowohl Aero- als auch Boden-
gammadaten verschiedener Böden wurden
als Scatterplots dargestellt (siehe Beispiel
für Acrisole und Alisole in Abb. 2).

Um die Vorgänge, die zu abnehmenden
bzw. zunehmenden Radioelementkonzent-
rationen in verschiedenen Böden entlang

der Verwitterungsreihen von unterschiedlichen Ausgangsgesteinen zu verstehen, wurden Boxplots erstellt (Beispiel in Abb. 3), die dann in Verwitterungsschemata uminterpretiert wurden (Abb. 4).

3. Ergebnisse

Die Vorhersagegenauigkeit des endgültigen Entscheidungsbaums für gesamt NW-Thailand liegt für Acrisole bei 95%, für Alisole bei 91%, für Chernozeme und Ferralsole jeweils bei 100%, Umbrisole wurden noch mit 77%, Cambisole mit 64% und Luvisole nur noch mit 30% Genauigkeit vorhergesagt. Gleysole konnten jedoch nicht vorhergesagt werden. Die Gesamtvorhersagbarkeit für das Untersuchungsgebiet lag bei 84%.

In der Evaluierung von Aero-gammadaten am Beispiel Bor Krai wurde eine gute Übereinstimmung dieser sowohl mit den Bodengammadaten als auch mit der klassisch erstellten Bodenkarte gefunden. Nur in einem begrenzten Areal im südöstlichen Bereich zeigen die Radiometriedaten (sowohl boden-, wie auch luftgestützt) eine auffällige Abweichung von der Bodenkarte (Abb. 1). Auf der Bodenkarte wurde anhand von Leitprofilen und geomorphologischen Merkmalen Vorkommen von Acrisolen postuliert, welche die Radiometriedaten nicht wiedergaben. Hier wurde nach Laboranalysen zusätzlicher Bodenprofile festgestellt, dass die Radiometriedaten sogar eine genauere Prognose lieferten als die klassische Bodenkarte zeigte.

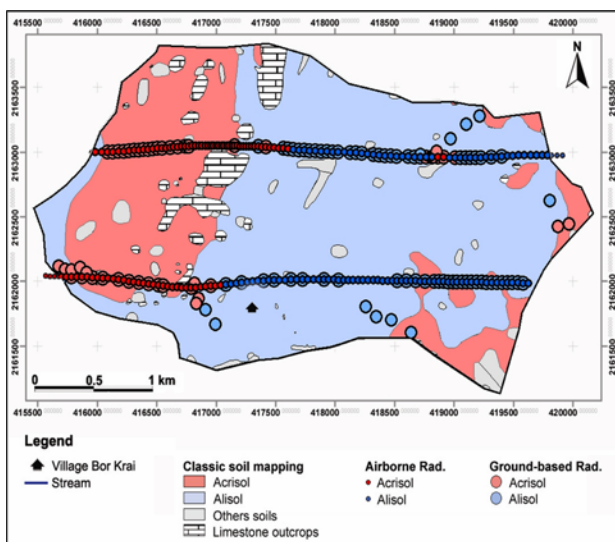


Abb. 1. Vergleich von luft- und bodengestützten Radiometriedaten mit einer klas-

sich erstellten Bodenkarte (Acrisol & Alisol) des Kalksteingebiets Bor Krai.

Andere kleinere Abweichungen (Abb. 1, nordöstlicher Bereich) konnten durch die Interferenz von dort vorkommenden Eisenerzen erklärt werden.

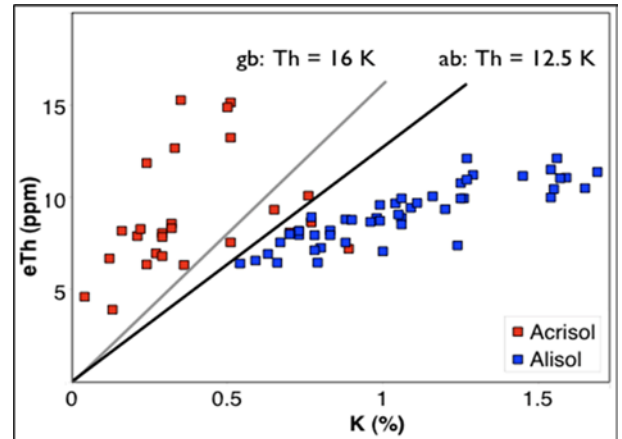


Abb. 2. Differenzierung von Acrisolen (AC) und Alisolen (AL) bodengestützte (gb) Radiometriedaten im Vergleich zur Auftrennung durch luftgestützte Daten (ab).

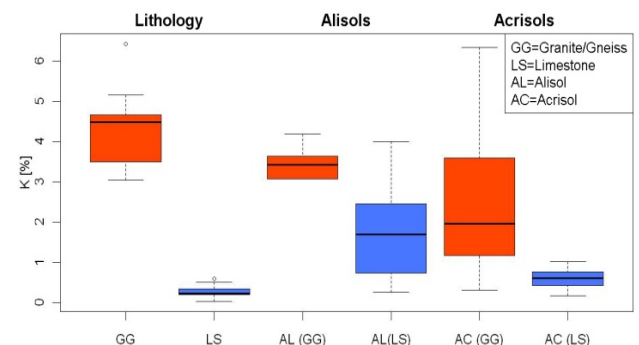


Abb. 3. K-Signatur von Alisolen und Acrisolen auf Granit und Kalkstein.

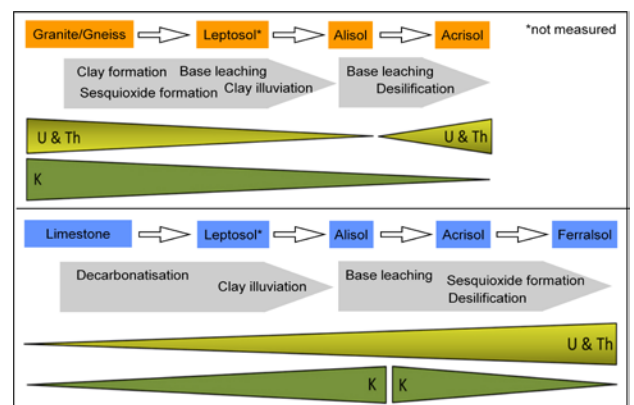


Abb. 4: Schematische Zuordnung der Radioelementkonzentrationen von K, Th und U zu Verwitterungsreihen und bodenbildenden Prozessen (siehe auch Abb.3).

4. Diskussion

Die Radiosignaturen verschiedener Böden sind zumeist signifikant voneinander verschieden, dies gilt auch für gleiche Böden auf unterschiedlichem Ausgangsgestein. Das deutet darauf hin, dass das Ausgangsgestein die Radiosignaturen von jungen bis zu reiferen Böden (Ferralsolstadium) – besonders auf den relativ stark radioaktiven Ausgangsgesteinen Granit/Gneis - beeinflusst.

In einer vorherigen Studie (Schuler et al., 2011) wurde bewiesen, dass sich die Gammaskopimetrie sehr gut zur Feldunterscheidung von Tonverlagerungsböden (insbesondere Alisole und Acrisole) eignet. Nun konnte mit Hilfe der Entscheidungsbaummethode (CART Algorithmus) erfolgreich eine Differenzierung der wichtigsten Böden des Untersuchungsgebiets erreicht werden. Probleme entstanden nur bei zu geringer Anzahl der Proben, wie dies der Fall bei Gleysolen war.

Die Evaluierung von Aero-gammadaten im Vergleich zu bodengestützten Daten und einer klassisch erzeugten Bodenkarte (Schuler, 2008) zeigte nicht nur eine exzellente Passung im gewählten Kalksteingebiet, auch konnte die traditionelle Bodenkarte sogar verbessert werden.

Die Studie zeigte, dass pedogenetische Prozesse wie Dekarbonisierung, Desilifizierung, Basenauswaschung, Tonverlagerung, Neubildung von Ton und Sesquioxiden einen definitiven Wandel des radiometrischen Signals, sowohl an der Oberfläche, als auch im Bodenprofil, bedingen. Daher ist zu erwarten, dass auch pedogenetische Anreicherungsprozesse wie Kabonitierung und Silifizierung einen Einfluss ausüben. Aus diesen Ergebnissen lässt sich folgern, dass das radiometrische Signal als Informationsfaktor zur Bodenkartierung benutzt werden kann.

5. Schlussfolgerung & Ausblick

Die Radiometrie ist für die moderne Bodenkunde ein vielversprechendes Verfahren, dessen Potential bei weitem weder ausgeschöpft noch getestet wurde. Obwohl tragbare Radiometer relativ teuer sind, lohnt sich deren Anschaffung, da kostspielige Laboranalysen (insbesondere

für CEC_{clay}) für die Zuordnung von Böden zu WRB Soil Reference Groups (IUSS, 2006) entfallen. Luftgestützte Radiometriedaten –soweit für das entsprechende Untersuchungsgebiet vorhanden- könnten eine preiswertere Alternative darstellen, die sogar supraregionales multitemporales Kartieren ohne aufwendige Feld- und Laborarbeit möglich machen könnte. Der Zusammenhang zwischen Aero- und Bodengammadaten bedarf jedoch weiterer Untersuchungen.

6. Danksagung

Diese Arbeit wurde im Rahmen des SFB 564 „The Uplands Program“ mit Unterstützung der DFG und der Chiang Mai University angefertigt. Wir danken Wanida Rangubpit für ihre Vorarbeiten und Dirk Euler für seine Hilfe in statistischen Fragen.

7. Literatur

- Blume, H.-P. (Red.) 2000. Handbuch der Bodenuntersuchung. Beuth. Berlin.
- Blume, H.-P., Stahr, K. and Leinweber, P., 2011. Bodenkundliches Praktikum. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- Breiman, L., Friedman, J., Olshen, R. and Stone, C., 1984. Classification and Regression Trees. Wadsworth International Group, Belmont, CA.
- Chan, L.S., Wong, P.W. and Q.F., C., 2007. Abundances of radioelements (K, U, Th) in weathered igneous rocks in Hong Kong. Journal of Geophysics and Engineering, 4: 285-292.
- Herrmann, L., 2005. Das kleine Bodenkochbuch. Institut für Bodenkunde und Standortslehre der Universität Hohenheim.
- IUSS, 2006. World reference base for soil resources 2006. 103, FAO, Rome.
- Klute, A. 1986. Methods of soil analysis. In: Black, C.A., Klute, A. (eds.), Physical and mineralogical methods. American Society of Agronomy 9.1., pp. 1517.
- Roberts, L.M., Wilford, J.R., Field, J.B. and Greene, R.S.B., 2004. High-resolution ground based gamma-ray spectrometry and electromagnetics to assess regolith properties, Boorowa, NSW. Advances in Regolith: 352-358.
- Schuler, U., 2008. Towards regionalization of soils in Northern Thailand and consequences for mapping approaches and upscaling procedures. Hohenheimer Bodenkundliche Hefte, 89: 308.
- Schuler, U., P., E., Zarei, M., Rangubpit, W., Stahr, K. and Herrmann, L., 2011. A gamma-ray spectrometry approach to field separation of illuviation type WRB reference soil groups in northern Thailand. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 174(4): 536-544.
- Schwarzer, T.F., Cook, B.G. and Adams, J.A.S., 1971. Low altitude gamma-spectrometric surveys

from helicopters in Puerto Rico as an example of the remote sensing of thorium, uranium, and potassium in soils and rocks. *Remote Sensing of Environment*, 2: 83-94.

Taylor, M.J., Smettem, K., Pracilio, G. and Verboom, W. 2002. Relationships between soil properties and high-resolution radiometrics, central eastern Wheatbelt, Western Australia. *Exploration Geophysics*, 33: 95-102.

Tyler, A.N., 2004. High accuracy in situ radiometric mapping. *Journal of Environmental Radioactivity*, 72: 195-202.

VDLUFA, 1991. *Methodenbuch – die Untersuchung von Böden*. VDLUFA-Verlag. Darmstadt.

Wilford, J. and Minty, B., 2007. The use of airborne gamma-ray imagery for mapping soils and understanding landscape processes. In: P. Lagacherie, McBratney, A.B. and Voltz, M. (Editor), *Developments in Soil Science*. Elsevier B.V., pp. 207-220.

Wilford, J., Murphy, B. and Summerell, G., 2007. Delineating regolith materials using multi-scaled terrain attributes and gamma-ray imagery - applications for updating soil-landscape maps and managing dryland salinity. 678-684.

Wilford, J., Bierwirth, P.N. and Craig, M.A., 1997. Application of airborne gamma-ray spectrometry in soil/regolith mapping and applied geomorphology. *Journal of Australian Geology & Geophysics*, 17(2): 201-216.