

Tagungsbeitrag zu:

Gemeinsame Sitzung der Kommissionen II und VII der DBG

Titel der Tagung:

Mineralogie und Chemismus der Oberflächen in Böden

Veranstalter:

Kommissionen II und VII der DBG

Termin und Ort: 19.-20.2.2009 Hannover

Berichte der DBG (nicht begutachtete online Publikation)

<http://www.dbges.de>

Oberflächen von Steinen in Böden: Archive der Pedogenese und Umweltentwicklung

Konstantin Pustovoytov, Karl Stahr und Viktor Targulian

Zusammenfassung

Untersuchungen von Oberflächen in Böden gelten normalerweise der Feinerde, vor allem Tonmineralen. Die Oberflächen von grobklastischem Material werden meistens nicht in Betracht gezogen. Dieser Beitrag setzt sich zum Ziel, die bisherigen Kenntnisse über die Zusammensetzung und Morphologie pedogenetisch modifizierter Oberflächen von Steinen in Böden zu systematisieren und mit eigenen neuen Forschungsergebnissen zu ergänzen.

Die Produkte der Veränderung von Oberflächen fester Gesteinsfragmente durch Bodenentwicklung – Kutanen, können in zwei Gruppen unterteilt werden: autochthone und allochthone. Die autochthonen Kutanen stellen Verwitterungskrusten von Steinen dar, sie entwickeln sich in oberen Schichten eines Gesteinsfragments und arbeiten sich allmählich zu seinem Zentrum vor. Die autochthonen Kutanen können als Indikatoren chemischer Verwitterung in einzelnen Bodenhorizonten auftreten, insbesondere in problematischen Fällen der Pedogenese mit inhomogenen Ausgangssubstraten oder polygenetischen Böden. Die allochthonen Kutanen sind Überzüge, die durch Ablagerung von Substanzen aus Lösungen und Suspensionen auf den Oberflächen von

Steinen entstehen. Größere Partikel (z.B. Schluff) setzen sich meistens auf oberen Seiten von Steinen ab, während echte und kolloidale Lösungen ihr Material auf untere Steinoberflächen auftragen. Die letzteren weisen ein sehr breites geochemisches Spektrum auf, wie z.B. Humus, Sesquioxide, Karbonate, Kieselsäure. Einzelne Typen von allochthonen Kutanen, wie z.B. aus Sekundärkarbonaten, können eine Mikrostratigraphie besitzen und datierbar sein. Solche allochthonen Kutanen speichern spezifische Informationen über die Zusammensetzung der Bodenlösungen über Jahrtausende hinweg und stellen eigenartige Archive der Pedogenese und Umweltentwicklung dar.

Schlüsselworte: Gesteinsfragmente, autochthone Kutanen, allochthone Kutanen, Bodengenese, Datierung, Umweltrekonstruktion

Einleitung

Das Mineralsubstrat von meisten Bodenprofilen lässt sich grundsätzlich in zwei Hauptanteile untergliedern: Feinerde und Steine. Von ihrem Hauptuntersuchungsobjekt her, hat sich Bodenkunde historisch als wissenschaftliche Disziplin über die Feinerde entwickelt. Kenntnisse über die Feinerde bilden nicht nur die Grundlage für praktischen Umgang mit Böden, sondern dienen auch als Basis für die Theorie der Bodengenese und Paläobodenkunde. Wesentlich seltener fallen Steine ins Blickfeld des Bodenkundlers. Die Oberflächen von Steinen können jedoch als wichtige Indikatoren der Prozesse der Bodenentwicklung und ihrer Variabilität in Raum und Zeit auftreten. Diese Art Information kann anhand der Feinerde gewonnene theoretische Vorstellungen von der Pedogenese vervollständigen, ersetzen oder sogar übertreffen. Dieser Beitrag setzt sich zum Ziel, einen Überblick über die Zusammensetzung und Morphologie pedogenetisch modifizierter Oberflächen von Steinen in Böden zu machen und mit eigenen neuen Forschungsergebnissen zu ergänzen, sowie ihre Bedeutung für Pedologie und Paläoumweltforschung hervorzuheben.

Prinzipieller Aufbau pedogenetisch veränderter Oberflächen von Steinen in Böden

Die Prozesse der Bodenentwicklung führen zu Veränderungen der Oberflächen von Steinen und der Herausbildung von sogenannten Kutanen (cutans) (Brewer, 1960, 1964). Es lässt sich zwischen zwei Typen von Kutanen unterscheiden: autochthonen und allochthonen (Abb. 1). Autochthone Kutane entstehen in situ in oberen Schichten eines Gesteinsfragmentes ohne wesentliche Zufuhr des Materials von außerhalb. Im Prinzip stellen sie relativ dünne (meistens in mm-Bereich) Verwitterungskrustchen des Gesteins dar. Sie weisen zwar morphologische Unterschiede vom unverwitterten Kern des Steines auf, charakterisieren sich aber durch noch erkennbare Struktur des Gesteins und vorwiegend fließenden Übergang zum unveränderten Kern. Allochthone Kutane bilden sich durch Ablagerung mechanisch umgelagerter Substanzen auf der Oberfläche eines Gesteinsfragmentes. Im Gegensatz zu autochthonen Kutanen, unterscheiden sich meistens wesentlich - sowohl morphologisch als auch substantiell - von Gesteinsfragmenten, auf denen sie sich absetzen und besitzen eine scharfe Grenze zu der Gesteinsoberfläche. Innerhalb eines Steines können autochthone Kutane zwar bestimmte vertikale Gradienten aufweisen, sind aber in den meisten Fällen gleichmäßig entwickelt und erstrecken sich parallel zu der Oberfläche des Steines. Allochthone Kutane sind normalerweise vertikal konsequent orientiert: Stoffe, die aus Lösungen ausgefällt worden sind (z.B. Karbonate, Gips, amorphe Kieselsäure, Humus) belegen meistens untere Oberflächen des Steines, während suspendiertes Material (z.B. Schluff, Skelettkörner) findet seinen Platz in der Regel auf oberen Seiten (Abb. 1).

Autochthone Kutane

Bildung von autochthonen Kutanen an Oberflächen von grobklastischem Material wurde im Labor nachgewiesen (Pedro,

1961, Henning und Pedro, 1965). Obwohl sie sich an Oberflächen eines breiten Spektrums der Gesteinsarten entwickeln (Birkeland, 1999), die meisten Beobachtungen sind an basischen Kristallingesteinen durchgeführt worden (Targulian et al., 1978; Colman, 1986; Colman and Pierce, 1992; Oguchi, 2001; Navarre-Stichler und Brantley, 2007; Pelt et al., 2008). Viel weniger sind Verwitterungskrustchen an vulkanischen Tuffen (Ezzaim et al., 1999) oder Sandsteinen (Certini et al., 2003) erforscht. Die Verwitterungsprozesse in oberen mm eines Steines führen normalerweise zu selektiver Zerstörung von vulkanischem Glas und Feldspäten, in geringerem Maße von Glimmer, Pyroxenen und Amphibolen, während Quarz und Magnetit meistens erhalten bleiben. Die Mächtigkeit autochthoner Kutane ist zeitabhängig und wurde in einer ganzen Reihe von Arbeiten als Index zu quantitativer Altersbestimmung der Landschaften benutzt (Birkeland, 1984, 1999; Colman, 1986; Colman and Pierce, 1992). Neuesten Untersuchungen zufolge, soll zuverlässige numerische Datierung von autochthonen Kutanen auch mit U/Th-Methode möglich sein (Pelt et al., 2008).

Allochthone Kutane

Die Vielfalt von allochthonen Kutanen entspricht der Spannweite der bodenbildenden Prozesse und umfasst Ablagerungen auf Steinen sehr unterschiedlicher Zusammensetzung (Brewer, 1964): es kann sich z.B. um Tonkutanen („argillans“), Kalkkutanen („calcans“), Kutane aus Mn-Oxyden („mangans“) usw. Die Gesamtheit von Skelettkörnern und gröberen Teilchen fasst man als „skeletans“, Kutane aus Schluff als „siltans“ zusammen (Brewer, 1964). Die Verteilung von allochthonen Kutanen über ein Bodenprofil kann sich von der Verteilung chemisch ähnlicher Substanzen in der Feinerde wesentlich unterscheiden. Für Böden kalter semiarider Gebiete Nordostsibiriens ist beispielsweise nachgewiesen worden, dass sich Sekundärkalküberzüge an Steinen in Böden aus kalkfreien Substraten bilden und Al-Fe-Si-Humuskutanen in Podzolen

viel größere Tiefen unter der Bodenoberflächen erreichen, als anhand der Merkmale des Bhf-Horizontes zu schließen wäre (Pustovoytov und Targulian, 1996). Ablagerungen von Sekundärkarbonaten an Steinen scheinen ein eigenartiges Archiv der Pedogenese und ehemaliger Umweltbedingungen darzustellen. ^{14}C -Daten an pedogenen Kalküberzügen an Steinen aus unabhängig datierten Böden (Wang et al., 1996) bzw. archäologischen Fundstellen (Pustovoytov et al., 2007a) zeigen, dass Radiokohlenstoffdatierung auf pedogene Kalkkutanen anwendbar ist. Ältere Sekundärkalküberzüge können mit U/Th erfolgreich datiert werden (Sharp et al.,

2003). Die Zusammensetzung stabiler Kohlenstoffisotope pedogener Kalkkutanen kann als Indikator der Veränderungen von $^{13}\text{CO}_2$ -Konzentration der Bodenluft dienen, während die stabile Sauerstoffisotopie von den $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ -Verhältnissen des Niederschlagwassers gesteuert wird (Cerling, 1984, Cerling et al., 1989). Sequenzen von Mikroschichten in sekundären Kalkablagerungen an Steinen können als Aufzeichnung der Veränderungen der Umweltbedingungen mit der Zeit auftreten, wie es eine Fallstudie aus der Südosttürkei (Pustovoytov et al., 2007b) vor Augen führt.

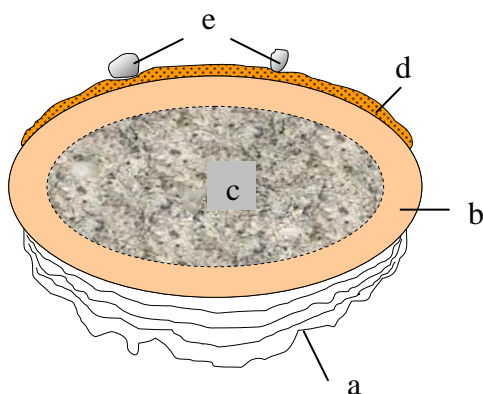


Abb. 1. Prinzipielle Elemente des Aufbaus der pedogenetisch modifizierten Oberflächen eines Gesteinfragmentes im Boden. (a) – eine allochthone Kutane (entstanden v.a. durch Ausfällung aus Bodenlösungen), (b) – eine autochthone Kutane, (c) – unveränderter Kern, (d) – eine allochthone Kutane (entstanden v.a. durch Ausfällung aus Suspensionen), (e) – Skelettkörner bzw. gröberes klastisches Material

Literatur

Birkeland, P. 1984. Holocene soil chronofunctions, Southern Alps, New Zealand. *Geoderma*. 34. 115-134.

Birkeland, P. 1999. *Soils and Geomorphology*. Oxford University Press, New York. 448 p.

Brewer, R. 1960. Cutans: their definition, recognition and classification. *Journal of Soil Science*. 11. 280-292.

Brewer, R. 1964. *Fabric and mineral analysis of soils*. John Wiley & Sons, New York. 470 p.

Cerling, T. 1984. The stable isotopic composition of soil carbonate and its relationship to climate. *Earth and planetary science letters*. 71. 229-240.

Cerling, T., Quade, J., Wang, Y., Bowman, J.R. 1989. Carbon isotopes in soils and paleosols as ecology and paleoecology indicators. *Nature*. 341. 138-139.

Certini, G., Hillier, S., McMurray, E., Edwards, A. 2003. Weathering of sandstone clasts in a forest soil in Tuscany (Italy). *Geoderma*. 116. 357-372.

Colman, S.M., Pierce, K.L., 1981. Weathering rinds on andesitic and basaltic stones as a Quaternary age indicator, Western United States, U.S. Geological Survey. p. 41.

Colman, S.M., Pierce, K.L. 1992. Varied records of early Wisconsinan alpine glaciation in the western United States derived from weathering-rind

thicknesses. In: Clark, P.U., Lea, P.D. (Eds.), *The Last Interglacial–Glacial Transition in North America*, vol. 270. Geological Society of America, 269–278.

Ezzaim, A., Turpault, M.-P., Ranger, J. 1999. Quantification of weathering processes in an acid brown soil developed from tuff (Beaujolais, France) / Part I. Formation of weathered rind. *Geoderma*. 87. 137–154.

Henin, S., Pedro, G. The laboratory weathering of rocks, in Hallsworth, E.G. and Crawford, D.V. (eds), *Experimental Pedology*, Butterworths, London, 1965, 15–22.

Navarre-Sitchler, A., Brantley, S. 2007. Basalt weathering across scales. *Earth Planet. Sci. Lett.* 261. 321–334.

Oguchi, C.T. 2001. Formation of weathering rinds on andesite. *Earth Surf. Processes Landf.* 26. 847–858.

Pelt, E., Chabaux, F., Innocent, C., Navarre-Sitchler, A.K., Sak, P.B., Brantley, S.L. 2008. Uranium–thorium chronometry of weathering rinds: Rock alteration rate and paleo-isotopic record of weathering fluids. *Earth and Planetary Science Letters* 276. 98–105.

Pustovoytov, K., Targulian, V. 1996. Illuvial coatings on coarse fragments as a source of pedogenic information. *Eurasian Soil Science*. 29. 297–308.

Pustovoytov, K., Schmidt, K., Parzinger, H. 2007a. Radiocarbon dating of thin pedogenic carbonate laminae from Holocene archaeological sites. *The Holocene*. 17(6). 835–843.

Pustovoytov, K., Schmidt, K., Taubald, H. 2007b. Evidence for Holocene environmental changes in the northern Fertile Crescent provided by pedogenic carbonate coatings. *Quaternary Research*. 67. 315–327.

Pedro, G. An experimental study on the geochemical weathering of crystalline rocks by water, *Clay Miner. Bull.*, 4, 1961, 266–281.

Sharp, W.D., Ludwig, K.R., Chadwick, O.A., Amundson, R., Glaser, L.L. 2003. Dating fluvial terraces by $^{230}\text{Th}/\text{U}$ on pedogenic carbonate, Wind River Basin, Wyoming. *Quaternary Research*. 59. 139–150.

Targulian, V., Kulikov, A., Ivlev, A. 1978. Soil weathering of basic rocks under heluvial and eluvial-gelyic conditions. In: Targulian, V., *Weathering and Soil Formation in humid landscapes*. Nauka, Moscow. 7–28.

Wang, Y., McDonald, E., Amundson, R., McFadden, L., Chadwick, O. 1996. An isotopic study of soils in chronological sequences of alluvial deposits, Providence Mountains, California. *Geological Society of America Bulletin*. 108. 379–391.