

Tagungsbeitrag zu: Sitzung der Kommission II der DBG
Titel der Tagung: Böden – eine endliche Ressource
Veranstalter: Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft, 5. Bis 13. September 2009 in Bonn
Berichte der DBG (nicht begutachtete Online-Publikation), <http://www.dbges.de>

Mobilität und Vorkommen von Seltenen Erden in Böden – Abhängigkeit von chemischen und physikalischen Bodeneigenschaften

Mareike Löll¹, Rolf-Alexander Düring¹ und Peter Felix-Henningsen¹

Zusammenfassung

Die Metalle der Seltenen Erden werden seit mehreren Jahrzehnten in der chinesischen Landwirtschaft eingesetzt. Hier ist sowohl in der Tier- als auch in der Pflanzenproduktion eine große Variabilität an leistungssteigernden Effekten beobachtet worden, so dass ihr Einsatz auch in der hiesigen Landwirtschaft denkbar ist. Somit werden die Seltenen Erden in das Kompartiment Boden eingetragen, wobei ihr Verhalten bislang weitgehend unbekannt ist.

Zur Untersuchung der Mobilität und Verfügbarkeit von Seltenen Erden wurden insgesamt zwölf Bodenprofile aus verschiedenen Landschaftsräumen analysiert. Der Vergleich der beiden Gebiete bestätigt das Vorhandensein von Abhängigkeiten zwischen den verfügbaren Seltenen Erden und den chemischen und physikalischen Eigenschaften der Böden.

Seltene Erden, Mobilität, Verfügbarkeit, Spurenelemente

¹ Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Bodenkunde und Bodenerhaltung
Henrich-Buff-Ring 26-32, 35392 Gießen
E-Mail: mareike.k.loell@umwelt.uni-giessen.de

1. Einleitung

Zu den Seltenen Erden (SE) werden die 17 Übergangsmetalle der 3. Nebengruppe des Periodensystems gezählt. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um die Gruppe der Lanthanoide (Lanthan bis Lutetium) sowie die Elemente Scandium und Yttrium. Entgegen ihrer Namensgebung findet man die Elemente zu einem Anteil von 0,01 bis 0,02% in der Erdkruste ähnlich häufig vor wie beispielsweise die Metalle Kupfer und Blei.

Seltene Erden erfahren neben einer vielfältigen industriellen und medizinischen Verwendung seit mehreren Jahrzehnten einen Einsatz in der chinesischen Tier- und Pflanzenproduktion in Form von Mikroelementdüngern bzw. Futterzusatzstoffen. Ertrags- und leistungssteigernde Effekte sowie verbesserte Qualitätsparameter werden bei einer großen Reihe von Nutzpflanzen und -tieren dokumentiert (HU et al., 2004; PANG et al., 2002; HU et al., 2006; TYLER et al., 2004).

Im Hinblick auf neue Einsatzbeschränkungen von antibiotischen Leistungsförderern in der hiesigen Tierproduktion wächst die Notwendigkeit alternative, adäquate Mittel zu finden, die Mastleistung und Fütterungseffizienz von Nutztieren positiv beeinflussen können, so dass ein Einsatz der SE auch hier denkbar ist. Über diesen Pfad gelangen die SE in das Umweltkompartiment Boden, wo ihr Verhalten, d. h. ihre Mobilität und Bioverfügbarkeit jedoch bislang ungeklärt ist.

2. Untersuchungsgebiet und Methoden

Zur Überprüfung der Verfügbarkeit und Mobilität von Seltenen Erden wurden drei Bodenprofile in der nördlichen Wetterau und weitere neun Bodenprofile entlang eines Transekts im Taunus (beide in Hessen) auf ihren Gehalt an Seltenen Erden untersucht. Es wurden eine erweiterte Profilaufnahme nach KA5 und eine horizontale Beprobung durchgeführt. An den insgesamt 50 Bodenproben wurden neben den mit Königswasser (DIN ISO 11466 :

1997-06) extrahierbaren auch die mobilen Gehalte mittels Ammoniumnitratextraktion (DIN 19730 : 1995-10) ermittelt. Zur weiteren Charakterisierung der Profile wurden der pH-Wert (CaCl_2), der C-, N-, S- und CaCO_3 -Gehalt sowie die Korngrößenverteilung ermittelt.

Die Analytik der Seltenen Erden erfolgte mittels ICP-OES (Varian ES 720).

3. Ergebnisse

Bei den drei Profilen im Untersuchungsgebiet „Wetterau“ handelt es sich um Braunerde-Parabraunerden bzw. Tschernosom-Parabraunerden aus Lösslehm über Löss. Die pH-Werte (CaCl_2) variieren zwischen 5,9 im Oberboden und 7,5 im Löss (Gesamtdurchschnitt 6,8). Der Carbonatgehalt des Lösses beträgt 13,4% (nach SCHEIBLER). Die neun Profile des Untersuchungsgebiet „Taunus“ zeichnen sich vor allem durch das Vorhandensein periglaziärer Lagen und dem dementsprechend höherem Skelettanteil aus. Als vorherrschende Bodentypen finden sich Braunerden, Ranker und Pseudogleye, zumeist aus verwitterten Tonschiefern. Der durchschnittliche pH-Wert dieser Böden beträgt 4,5.

3.1 Gesamtgehalte

Die Gesamtgehalte (Königswasseraufschluss) der Seltenen Erden in den beiden unterschiedlichen Untersuchungsgebieten zeigen ein relativ einheitliches Bild: die durchschnittlichen Konzentrationen der einzelnen Seltenen Erden sowie ihre Summe weisen keine bedeutende Unterschiede auf und befinden sich im gleichen Skalenniveau (vgl. Abb. 1). Die Rangfolge ihres Vorkommens der einzelnen Seltenen Erden stellt sich in beiden Gebieten folgendermaßen dar: $\text{Ce} > \text{La} > \text{Nd} > \text{Y} > \text{Pr} > \text{Sc} > \text{Sm} > \text{Gd} > \text{Dy} > \text{Er} > \text{Yb} > \text{Eu} > \text{Tb} > \text{Ho} > \text{Tm} > \text{Lu}$.

Die so genannten leichten Seltenen Erden (La bis Gd) nehmen in beiden Untersuchungsgebieten mit 86% bzw. 88% den höchsten Anteil des gesamten SE-Vor-

kommens ein. Der überragende Anteil der leichten SE am Gesamtgehalt sowie die Häufigkeitsfolge der Elemente entsprechen ihrem natürlichen Vorkommen in der Erdkruste.

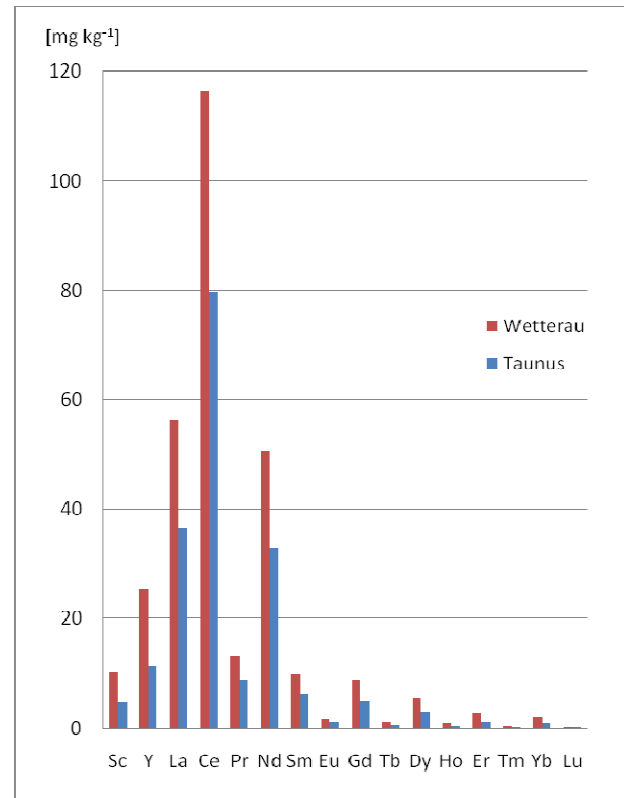


Abbildung 1: Gesamtgehalte der Seltenen Erden in den Bodenproben der Untersuchungsgebiete „Wetterau“ und „Taunus“, Königswasseraufschluss, [mg kg⁻¹].

3.2 Mobile Gehalte

Während sich die mit Königswasser extrahierbaren Seltenen Erden in beiden Gebieten kaum unterscheiden, zeigen die mobilen Gehalte sehr deutliche Unterschiede. Im Untersuchungsgebiet „Wetterau“ befinden sich die mobilen Gehalte der Seltenen Erden für den überwiegenden Anteil der Elemente unterhalb der Bestimmungsgrenze ($2,50 \mu\text{g kg}^{-1}$) (vgl. Abb. 2). Die durchschnittliche Summe an Seltenen Erden in den Bodenproben beträgt $21 \mu\text{g kg}^{-1}$.

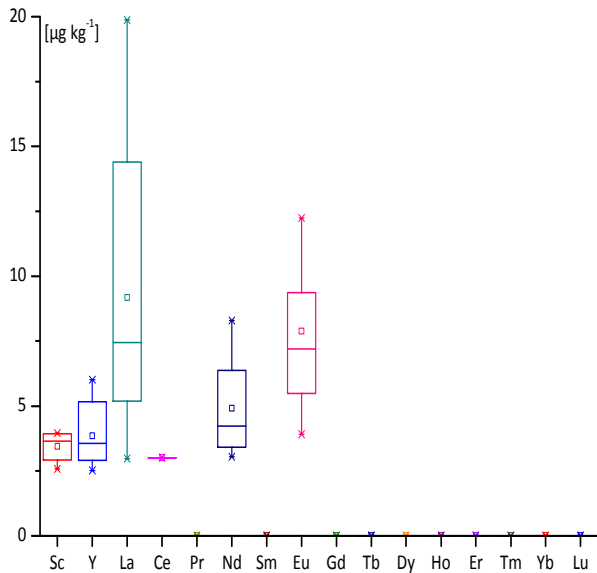


Abbildung 2: Gehalte an mobilen Seltenen Erden in den Bodenproben des Untersuchungsgebiets „Wetterau“. Ammoniumnitratextraktion. Die Konzentrationen von Pr, Sm, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu liegen unterhalb der Bestimmungsgrenze ($2,5 \mu\text{g kg}^{-1}$).

Demgegenüber weisen die Gehalte im Ammoniumnitratextrakt im Untersuchungsgebiet „Taunus“ sehr deutliche Differenzen auf. Hier zeigen sich mit durchschnittlich $6859 \mu\text{g SE kg}^{-1}$ um ein vielfaches höhere Werte als im Untersuchungsgebiet „Wetterau“. Abbildung 3 verdeutlicht diesen signifikanten Unterschied mit einem vielfach höherem Skalen- bzw. Wertebereich auf der Ordinate.

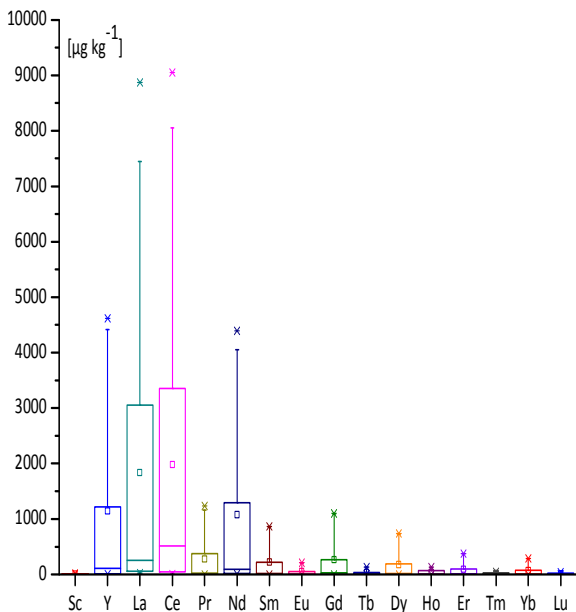


Abbildung 3: Gehalte an mobilen Seltenen Erden in den Bodenproben des Untersuchungsgebiets „Taunus“. Ammoniumnitratextraktion, Bestimmungsgrenze $0,1$ bis $2,5 \mu\text{g kg}^{-1}$.

Im Untersuchungsgebiet „Wetterau“ beträgt der prozentuale Anteil von mobilen Seltenen Erden am Gesamtgehalt lediglich $0,018\%$. Demgegenüber zeigt sich im Untersuchungsgebiet „Taunus“ ein ungleiches Bild: die dort vorkommenden Seltenen Erden sind zu einem vielfach höherem Anteil von rund 5% mobil (vgl. Abb.4).

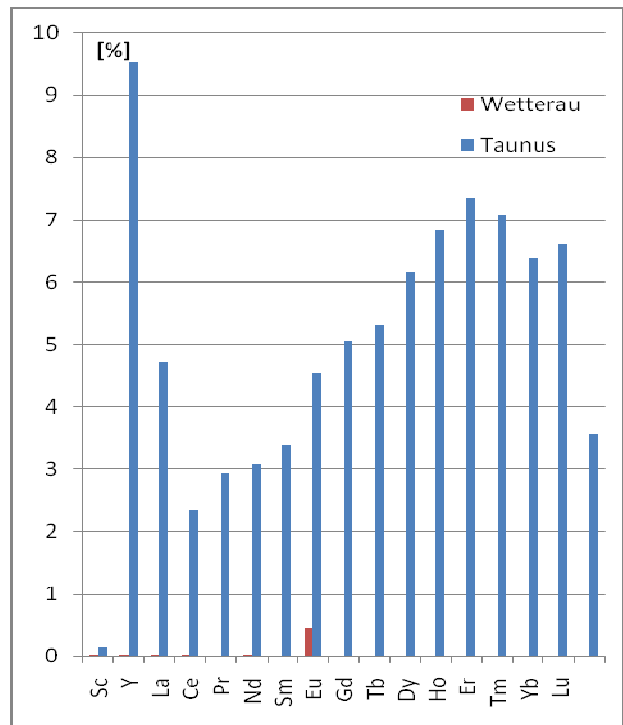


Abbildung 4: Durchschnittlicher prozentualer Anteil der mobilen Seltenen Erden (Ammoniumnitratextraktion) am Gesamtgehalt (Königswasseraufschluss) in den Untersuchungsgebieten „Wetterau“ und „Taunus“

4. Fazit und Ausblick

Die vorgefundenen Gesamtgehalte der Seltenen Erden sind im Vergleich zu anderen Untersuchungen als relativ hoch anzusehen (vgl. HU et al., 2006; TYLER et al., 2004). Demgegenüber scheint die Mobilität der Seltenen Erden als äußerst gering einzustufen sein, was insbesondere für das Untersuchungsgebiet „Wetterau“ gilt. Die ausgesprochen geringe Menge an Seltenen Erden im Ammoniumnitratextrakt im Untersuchungsgebiet „Wetterau“ korrespondiert mit den verhältnismäßig hohen pH-Werten, die in den untersuchten Profilen festgestellt werden konnten.

Demgegenüber weist das Untersuchungsgebiet „Taunus“ deutlich mehr mobile Seltene Erden auf. Dies begründet sich mit den hier diagnostizierten niedrigeren pH-Werten. Regressionsanalysen bestätigen den signifikanten Einfluss des pH-Werts. Die Erweiterung der Regressionsanalysen auf einen umfangreicheren Datensatz kann dazu beitragen weitere Einflussfaktoren auf die Verfügbarkeit und Mobilität von Seltenen Erden aufzudecken. Dies ermöglicht die eingehende Beurteilung ihres Verhaltens im Umweltkompartiment Boden bevor es zu einem vermehrten Eintrag der Elemente kommt.

TYLER, G. (2004): Rare earth elements in soil and plant systems –A review. *Plant and Soil*, 276, 191 - 206.

Literatur

DIN 19730 : 1995-10 (1995): Extraktion von Spurenelementen mit Ammoniumnitratlösung. DIN Deutsches Institut für Normung e.V.. Beuth Verlag, Berlin.

DIN ISO 11466 : 1997-06 (1997): Extraktion in Königswasser löslicher Spurenelemente. DIN Deutsches Institut für Normung e.V.. Beuth Verlag, Berlin.

HU, Z., HANEKLAUS, S.; SPAROVEK, G., SCHNUG, E. (2006): Rare Earth Elements in Soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 37, 1381 - 1420.

HU, Z., RICHTER, H., SPAROVEK, G., SCHNUG, E. (2004): Physiological and Biochemical Effects of Rare Earth Elements on Plants and Their Agricultural Significance: A Review. *Journal of Plant Nutrition*, 27 (1), 183 -220.

AG BODEN (2005): *Bodenkundliche Kartieranleitung*. 5. Auflage, Schweizerbart´sche, Stuttgart.

PANG, X., LI, D., PENG, A. (2002): Application of Rare-Earth Elements in the Agriculture of China and its Environmental Behaviour in Soil. *Environmental Science and Pollution Research*, 9(2), 143 - 148.