

Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der
DBG, Kom. VI

Titel der Tagung: Böden verstehen -
Böden nutzen - Böden fit machen

Veranstalter: DBG, September 2011,
Berlin

Berichte der DBG (Nicht begutachtete
online Publikation)

<http://www.dbges.de>

Zur Anwendbarkeit von Geringfügigkeitsschwellen für Spurenelemente im Sickerwasser unter Berücksichtigung der räumlichen Variabilität im Feldmaßstab

Levke Godbersen^{1*}, Jens Utermann²
und Wilhelmus H.M. Duijnsveld¹

Keywords: GFS, Spurenelemente im
Sickerwasser, räumliche Variabilität,
Feldmaßstab

Einleitung

Anlässlich der Novellierung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV, BGBl. 1999) ist geplant, die derzeit gültigen Prüfwerte des Wirkungspfad Boden-Grundwasser an die 2004 vom LAWA für das Grundwasser gültigen Geringfügigkeitsschwellen für Spurenelemente (GFS) anzugleichen. Dies bedeutet für die Mehrheit der betroffenen Spurenelemente eine erhebliche Verschärfung der Prüfwerte für diesen Wirkungspfad. Im Rahmen dieser Arbeit werden die Sickerwasserkonzentrationen der Elemente As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb, Sn, V, Zn und F betrachtet. Aufgrund des niedrigen Konzentrationsniveaus stellen sich hinsichtlich der Anwendbarkeit der GFS für Spuren-

1. Bundesanstalt für Geowissenschaften und
Rohstoffe, Stilleweg 6, 30655 Hannover

*Levke.godbersen@bgr.de

2. Umweltbundesamt, Wörlitzer Platz 1, 06844 Des-
sau-Roßlau

elemente im Sickerwasser vor allem
folgende Fragen:

1. Sind die GFS ein realistischer
Maßstab für die Anwendung im
Sickerwasser?
2. Lässt sich eine Über- oder Un-
terschreitung der GFS mit dem
für eine orientierende Unters-
uchung vertretbarem Aufwand
statistisch sicher feststellen?

Material und Methoden

Die 46 Standorte, deren oberster
Grundwasserleiter im Lockergestein
liegt, wurden ausgewählt, um flächen-
repräsentative Hintergrundkonzentri-
tionen für die Spurenelemente im Si-
ckerwasser/ oberflächennahen Grund-
wasser zu erhalten (Duijnsveld et al.
2008). Für eine orientierende Unters-
uchung wurde ein Arbeitsaufwand von
2-4 Arbeitstagen unter Einsatz von 1-2
Arbeitskräften als machbar angenom-
men. Damit konnten an jedem Standort
ca. 10 Sickerwasserproben gewonnen
werden.

Die Proben wurden entlang eines
Transektivs im Abstand von 10 m am
Übergang zwischen wasserungesättig-
ter und gesättigter Zone, definiert als
Ort der Beurteilung (OdB), Sickerwas-

Tabelle 1: Prüfwerte nach BBodSchV für den Wir-
kungspfad Boden-Grundwasser (BGBl., 1999) und
Geringfügigkeitsschwellen (GFS, LAWA 2004)

Elemente	Prüfwert [µg/l]	GFS [µg/l]
As	10	10
Ba	-	340
Cd	5	0.5
Cr	50	8
Co	50	7
Cu	50	14
Mo	50	35
Ni	50	14
Pb	25	7
Sb	10	5
Se	10	40
Sn	40	4
Zn	500	58
F	750	750

serproben mittels sorptionsarmer Ny-lonsaugkerzen gewonnen. An die Saugkerzen waren FEP-Probensammelgefäße angeschlossen, welche durch Plexiglasröhren vor mechanischer Beschädigung geschützt wurden. Die Spurenelementkonzentrationen wurden mittels Massenspektrometer mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) bestimmt. Die Hintergrundkonzentrationen der Spurenelemente im Sickerwasser wurden nach Bodenausgangsgestein und Landnutzung in vier Standorttypen (Sand/Acker, Sand/Forst, Sand/Grünland und Löss bzw. Geschiebelehm/Acker) gruppiert. Als Hintergrundwerte (HGW) wurden für die verschiedenen Standortgruppen der Median und das 90. Perzentil der Hintergrundkonzentrationen berechnet. Zudem wurden für jeden einzelnen Standort der Median und das 75. Perzentil sowie zur Bewertung der

standörtlichen Variabilität der Interquartilabstand berechnet. Daraus wurden für jede Standorttypengruppe die durchschnittlichen (Median) standörtlichen Variabilitäten und Unsicherheiten der standörtlichen Mediane und 75. Perzentile der Spurenelementkonzentrationen bestimmt. Zur Abschätzung der statistischen Unsicherheit wurden für die Perzentile jeweils Bootstrap Percentile Konfidenzintervalle (Davison und Hinkley 1997) mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0.1$ bestimmt.

Ergebnisse

In Abb. 1 sind die Hintergrundwerte der Spurenelementkonzentrationen im Sickerwasser in Relation zu den GFS

($\cong 100\%$) dargestellt.

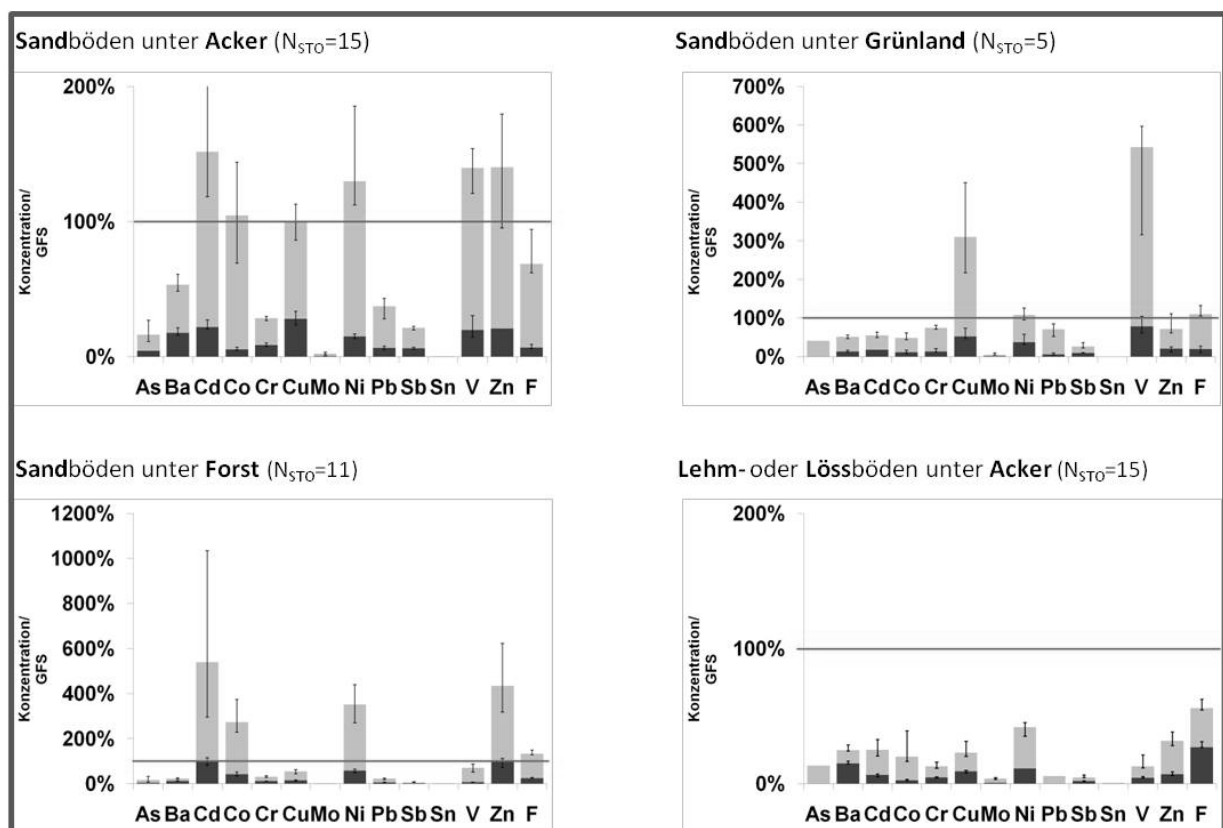
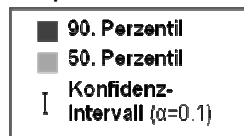


Abbildung 1: Hintergrundwerte (Median und 90. Perzentil) und deren Konfidenzintervalle ($\alpha=0.1$) von Spurenelementen im Sickerwasser in Relation zu den Geringfügigkeitsschwellen (LAWA 2004).

Die Spurenelementkonzentrationen in den Sickerwässern von Standorten mit Löss oder Geschiebelehm waren sämtlich erheblich niedriger als die GFS. In den aus sandigen Böden gewonnenen Sickerwasserproben überschritten die 90. Perzentile mehrerer Elemente die GFS, wobei die Überschreitungen von Cu (90.P.= 310%) und V (90.P.= 543%) im Sickerwasser von Grünlandstandorten sowie von Cd (90.P.= 540%), Co (90.P.= 273%), Ni (90.P.= 351%) und Zn (90.P.= 435%) bei Forststandorten herauszuheben sind. Am deutlichsten stellt sich die Problematik der GFS Überschreitung jedoch in denjenigen Fällen dar, in denen der Median der Hin-

tergrundkonzentrationen im Sickerwasser die GFS überschritt, welches bei Zn (Median = 103%) und nahezu bei Cd (Median = 98%) in den aus Sandböden unter Forst gewonnenen Sickerwasserproben der Fall war.

Vergleicht man die durchschnittliche Unsicherheit der Schätzparameter Median und 75. Perzentil sowie die durchschnittliche Variabilität der Spurenelementkonzentrationen im Feldmaßstab (ca. 100m²) mit den GFS (Abb. 2), zeigen sich für die von Standorten mit Geschiebelehm oder Löss gewonnenen Sickerwasserproben geringe Werte (<20% der GFS) bzgl. feldmaßstäblicher Unsicherheit und Variabilität. Sandböden zeigen meist eine schwächere Sorptions- und Pufferfähigkeit und damit zusammenhängend ein allgemein höheres Konzentrationsniveau der Spurenelemente im Sickerwasser.

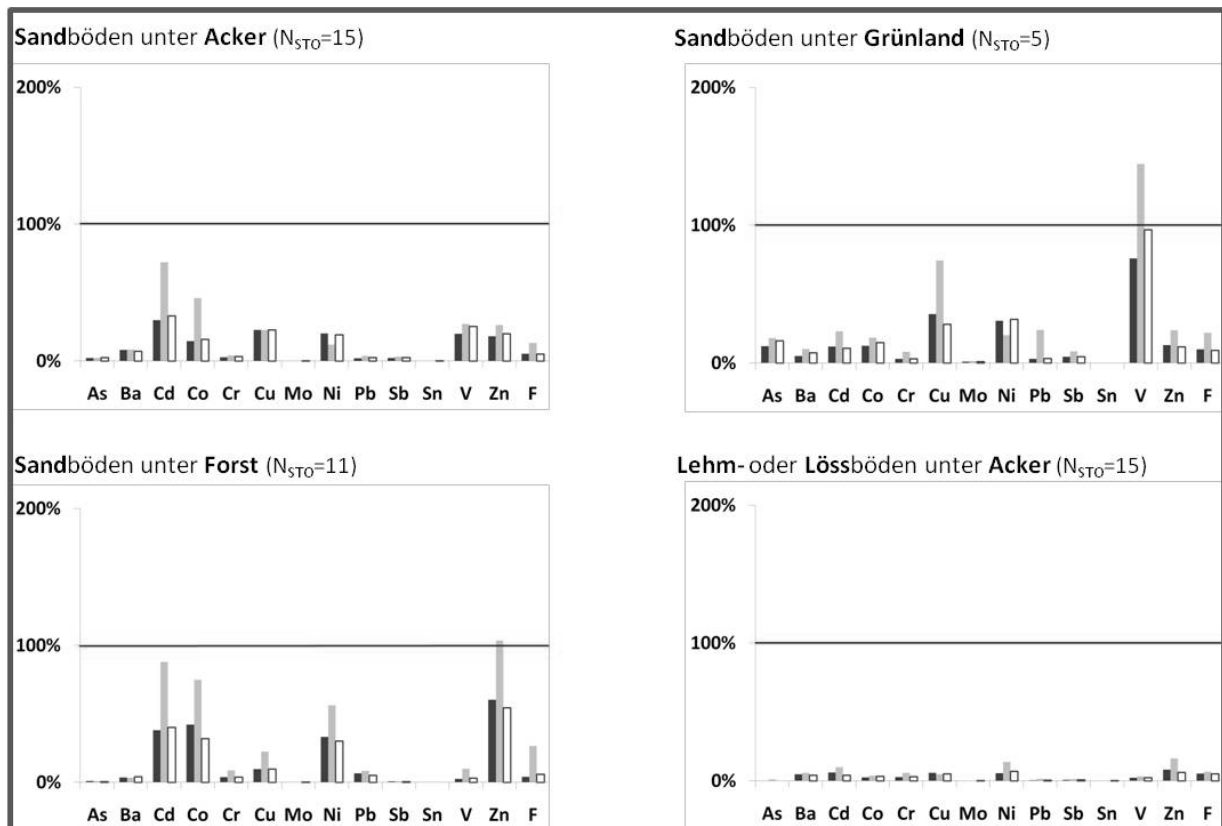
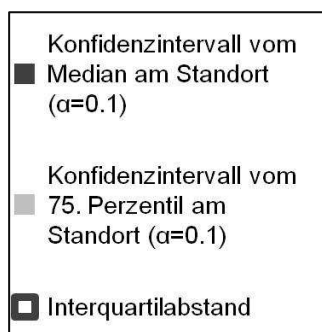


Abbildung 2: Durchschnittliche (Median) räumliche Variabilität der Spurenelementkonzentrationen im Feldmaßstab (ca. 100 m²) sowie durchschnittliche standörtliche Unsicherheit ($\alpha=0.1$) der Schätzparameter Median und 75. Perzentil nach Bodenausgangsgestein und Landnutzung, gruppiert dargestellt in Relation zu den Geringfügigkeitsschwellen (GFS=100%, LAWA 2004)

Dadurch waren die feldmaßstäbliche Variabilität und auch die durchschnittliche Schätzunsicherheit der Mediane und 75. Perzentile vielfach stärker ausgeprägt und erschweren somit eine statistisch sichere Feststellung einer Über- oder Unterschreitung der GFS. Besonders anschaulich wurde dies am Beispiel der V Konzentrationen im Sickerwasser von Grünlandstandorten. Die durchschnittliche feldmaßstäbliche Unsicherheit des 75. Perzentils, ausgedrückt durch das $\alpha=0.1$ Konfidenzintervall, beträgt hier 5,8 $\mu\text{g/l}$. Nimmt man eine gleichförmige Verteilung der Unsicherheit um den Schätzwert an, bedeutet dies im Umkehrschluss, dass eine statistisch sichere Feststellung einer Überschreitung der GFS von V erst bei einer Konzentration von 6,9 $\mu\text{g/l}$ möglich wäre. Eine Unterschreitung der GFS ließe sich demnach mit 90% Wahrscheinlichkeit statistisch sicher erst bei einer Konzentration $<1,1$ $\mu\text{g/l}$ feststellen.

Fazit

Die Ergebnisse aus dem Vergleich von Hintergrundwerten der Spurenelementkonzentrationen im Sickerwasser und den GFS lassen bei Anwendung der GFS als Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser eine vermehrte Aufkommen von Detailuntersuchungen besonders für Sickerwasser von Forst- und Grünlandflächen auf sandigen Böden vermuten. Bedingt durch die räumliche Heterogenität der Spurenelementkonzentrationen im Sickerwasser wiesen die bisherigen Auswertungen von Schätzunsicherheit und Variabilität der Spurenelementkonzentrationen darauf hin, dass sich Über- bzw. Unterschreitungen der GFS besonders für die Elemente Cu und V im Sickerwasser von Grünlandstandorten auf Sandböden

sowie Cd, Co und Zn im Sickerwasser von Waldböden mit dem für eine orientierende Untersuchung vertretbarem Aufwand nur schlecht statistisch sicher feststellen ließen. Für die Anwendbarkeit der GFS auf Standorten mit Geschiebelehm- oder Lössböden ließen sich aus den vorliegenden Ergebnissen keine Schwierigkeiten hinsichtlich der Anwendbarkeit der GFS für das Sickerwasser erkennen.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich beim Umweltbundesamt und bei den Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen der Geologischen Länderdienste, Landesumweltämter und/oder Landesforstämter für ihre Unterstützung bei der Zusammenstellung der Daten.

Literatur

- BBodSchV (1999): German Federal Soil Protection and Contaminated Sites Ordinance (BBodSchV). Bundesanzeiger, Berlin
- Davison, A. und Hinkley, D. (1997): Bootstrap methods and their application. Cambridge University Press, Cambridge
- Duijnisveld, W.H. M., Godbersen, L., Dilling, J., Gäbler, H.E., Utermann, J., Klump, G. & Scheeder, G. (2008): Ermittlung flächenrepräsentativer Hintergrundkonzentrationen prioritärer Schadstoffe im Bodensickerwasser. Endbericht UBA-Forschungsvorhaben 204 72 264, 163 pp.
- LAWA (2004): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser. Kulturbuch-Verlag, Berlin.