

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 onli-
ne Publikation)
<http://www.dbges.de>

Neue materielle Maßstäbe zur Gefährdungsabschätzung des Wirkungspfad des Boden-Grundwasser in einer novellierten BBodSchV

Utermann, J.¹

Keywords: BBodSchV, Spurenelemente, Bodenwasser, Sickerwasserprognose, wässriges Eluat W/F 2 L kg⁻¹, methodenspezifische Prüfwerte

Einleitung

Die BBodSchV (BGBL. I 1999) sieht in ihrer derzeit gültigen Fassung für die Bewertung des Pfades Boden-Grundwasser den Bodensättigungsextrakt als Referenzverfahren zur Untersuchung von Bodenmaterial vor und listet in Anhang 2 Prüfwerte als materiellen Maßstab u.a. für den Einstieg in eine Detailuntersuchung im nachsorgenden Bodenschutz. Der Bodensättigungsextrakt wird in einer novellierten BBodSchV durch eine wässrige Elution bei einem Wasser-/Feststoffverhältnis (W/F) von 2 L kg⁻¹ als Referenzverfahren ersetzt werden, da mit diesem W/F-Verhältnis realistischere Abschätzungen der mittelfristigen Stofffreisetzungen möglich sind. Die W/F 2 L kg⁻¹ Eluate können im Perkulationsverfahren (DIN 19528) oder im Schüttelverfahren (DIN 19529) hergestellt werden.

Die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) hat in 2004 erstmals Geringfügigkeitsschwellen- (GFS) Werte zur Charakterisierung des guten chemischen Zustandes von Grundwässern abgeleitet. Die GFS finden sich mittlerweile als Prüfwerte im

Entwurf der 1. Novelle der Grundwasserverordnung (E-GwV 2011) und veranlassen den vor- und nachsorgenden Bodenschutz im Zuge einer Harmonisierung von Wasser- und Bodenrecht die bisher im Bodenrecht für den Übergang der ungesättigten zur gesättigten Zone gültigen Prüfwerte an das Wasserrecht anzupassen. Aus Sicht des Bodenschutzes stellt sich in diesem Kontext die Frage, ob die deutlich strengeren GFS-Werte im Falle von Materialuntersuchungen auf die ungesättigte Zone übertragbar sind, wobei als Referenzverfahren das wässrige Eluat bei einem W/F von 2 L kg⁻¹ heranzuziehen ist.

Die Auswertungen zielen auf die Ermittlung von Hintergrundwerten (HGW) im Sinne einer oberen Werteschwelle für gelöste Spurenelemente im W/F 2 L kg⁻¹ Eluat von unkontaminierten Standorten. Hintergrund der Auswertungen ist die Hypothese, dass Böden, die diese Hintergrundwerte im W/F 2 L kg⁻¹ Eluat unterschreiten und insofern „normale“ Böden sind, in ihrer derzeitigen Stoffausstattung in der Fläche keine Gefährdung für das Grundwasser darstellen.

Material und Methoden

Es wurden 879 Bodenproben von 296 Monitoringstandorten unter land- und forstwirtschaftlicher Nutzung untersucht. Bei den landwirtschaftlich genutzten Standorten handelt es sich ausnahmslos um Boden-Dauerbeobachtungsflächen aus dem ländlichen Raum. Die forstlich genutzten Standorte stellen eine Auswahl aus der Bodenzustandserhebung unter Wald dar. Mit pH_(H₂O) – Werten von 3.4 – 8.6, Corg-Gehalten von < 0.1 % – 13.5 %, Tongehalten von < 0.5 % - 76 % und KAK_{eff.}-Werten von 0.6 – 1380 [mmol_c kg⁻¹] stellt das Probenkollektiv eine repräsentative Auswahl mobilitätsbestimmender Eigenschaften der Böden Deutschlands dar. Nutzungsbedingt liegen die Mediane der pH-Werte unter Forst mit pH 4.3 signifikant unterhalb der Werte für landwirtschaftlich genutzte Böden (pH 6.6).

Die Herstellung der wässrigen Eluate im Schüttelversuch erfolgte in Anlehnung an die DIN 19529. Es wurden luftgetrocknete,

¹Umweltbundesamt, Wöhrlitzer Platz 1, 06844 Dessau-Roßlau
Jens.Utermann@UBA.de

homogenisierte Proben der Korngrößenfraktion < 2 mm untersucht. Abweichend von den Vorgaben der DIN 19528 wurde wegen des nur begrenzt verfügbaren Probenmaterials mit Einwaagen von 15 g/Probe gearbeitet. Das in der DIN 19529 vorgegebene Verhältnis von Filtergröße zu filtrierendem Volumen (ca. 1,3) wurde in jedem Fall eingehalten. Die Messung der Konzentrationen von 14 Spurenelementen (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Ti, V, Zn) im Eluat erfolgte mittels ICP-MS-Quadrupol (Fa. Agilent 7500).

Ergebnisse

Die Ableitung von HGW für Spurenelemente im W/F 2 L kg⁻¹ Eluat erforderte zunächst die Identifizierung sinnvoller Differenzierungskriterien/-klassen. Mit Bezug auf den Verwendungszweck der Daten als eine Grundlage für die Festlegung methodenspezifischer Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser sollte die Differenzierung so einfach wie möglich gehalten werden. Als Unterscheidungskriterien zur Gruppenbildung wurden u.a. die Bodenartenhauptgruppen, pH-Werte und die klassierten Humusgehalte nach Bodenkundlicher Kartieranleitung KA 5 getestet. Zu diesem Zweck wurden die Elementgehalte im W/F 2 L kg⁻¹ Eluat einer Diskriminanzanalyse unterzogen. Als Ergebnis dieser Untersuchungen ist festzuhalten, dass sich die gelösten Spurenelementgehalte am sinnvollsten differenzieren lassen, wenn die Proben nach Humusklassen unterteilt werden. Bei einer Aufteilung der Proben in die Gruppen <1%, 1%-2%, 2%-4%, 4%-8% und 8%-15% Humus erklären die ersten beiden Diskriminanzfunktionen 98 % der Gesamtvarianz der im W/F 2 L kg⁻¹ Eluat gemessenen Konzentrationen der 14 Spurenelemente.

Werden die Konzentrationen im W/F 2 L kg⁻¹ Eluat elementweise nach Humusklassen differenziert ausgewertet, ergibt sich folgendes Bild: Bei allen Elementen nehmen die mittleren Konzentrationen (Mediane) im W/F 2 L kg⁻¹ Eluat unabhängig vom physiko-chemischen Milieu mit steigendem Humusgehalt der Proben zu. Dies verdeutlichen exemplarisch die in Abbildung 1

dargestellten Boxplots für Cd und V stellvertretend für überwiegend kationisch (Cd) bzw. anionisch (V) in der Bodenlösung vorliegende Elemente. Die Abhängigkeit der Elementfreisetzung vom Humusgehalt der Proben lässt sich u.a. zurückführen auf die relativ hohe Affinität vieler Spurenelemente zur organischen Bodensubstanz als Bindungspartner (Leinweber et al. 1995) und/oder die verstärkte Mobilisierung der gelösten organischen Substanz infolge der Wiederbefeuchtung getrockneter Proben (Jones & Edwards 1993) sowie auf mechanische Einwirkungen auf die Bodenfestphase während des Schüttelprozesses mit der Folge einer erhöhten Freisetzung der Spurenelemente durch physikalische Disintegration.

Neben den mittleren Konzentrationen nehmen auch die Konzentrationsspannen mit zunehmendem Humusgehalt der Proben zu. Dies spiegelt primär die regional- und nutzungsspezifisch unterschiedliche Befrachtung der Oberböden in Deutschland mit Spurenelementen wider, da die Proben mit höheren Humusgehalten überwiegend aus Oberbodenhorizonten stammen. Schließlich wird aus Abbildung 1 deutlich, dass für die beiden dargestellten - wie auch für zahlreiche weitere Elemente - die zu Vergleichszwecken herangezogenen GFS-Werte von mehr oder weniger großen Anteilen der jeweiligen Stichproben überschritten werden.

Methodenspezifische Prüfwerte für Materialuntersuchungen im Hinblick auf den Pfad Boden-Grundwasser dienen u.a. als materieller Maßstab für einen Einstieg in eine weitergehende Sickerwasserprognose auf den betroffenen Standorten. Um unnötige Untersuchungen zu vermeiden, sollten derartige Prüfwerte oberhalb des Konzentrationsniveaus von unkontaminierten Böden liegen, wie sie den hier dargelegten Untersuchungen ausschließlich zugrunde liegen. Als obere Grenze des natürlicherweise zu erwartenden Konzentrationsniveaus der Spurenelemente im wässrigen Eluat (W/F 2) wird das 95. Perzentil der jeweiligen Stichproben als HGW vorgeschlagen.

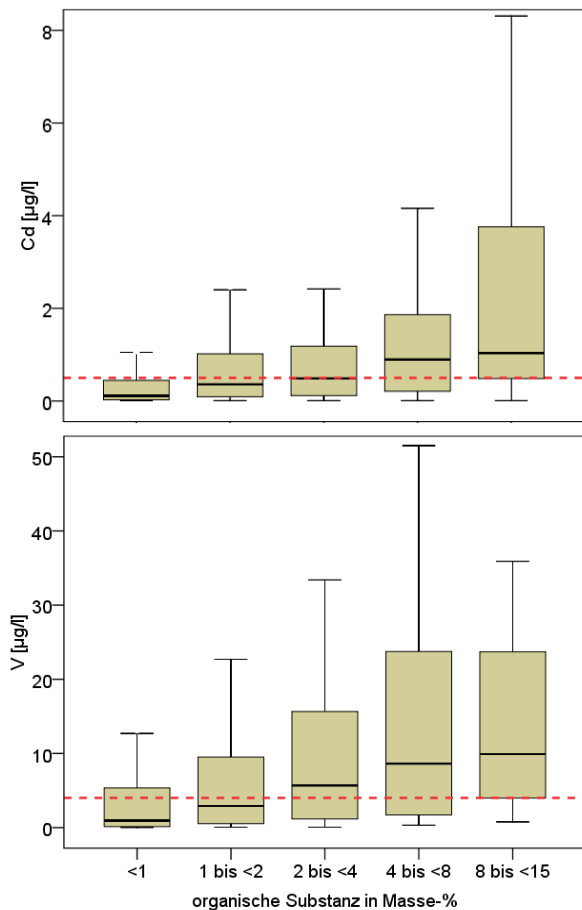


Abb. 1: Whisker-Boxplots für Cd- und V-Konzentrationen im wässrigen Eluat (W/F 2) von Böden unter land- und forstwirtschaftlicher Nutzung differenziert nach Humusgehalten (gestrichelte Linie kennzeichnet GFS-Werteniveau)

Mit Bezug auf die dargelegten Ergebnisse der Untersuchungen zur Unterteilung des Gesamtdatenkollektivs wurden als Grundlage für den Abgleich mit methodenspezifischen Prüfwerten HGW für 2 Teilkollektive abgeleitet: i) Bodenproben mit < 1% Humus und ii) Bodenproben mit 1% - < 4% Humus. Für die meisten Unterböden wird die Klasse < 1% Humus greifen, während in Oberböden dominierend die Humusklasse 1% - < 4% anzutreffen ist. Tabelle 1 fasst für alle 14 Spurenelemente die Ergebnisse der Ableitung von HGW und die vorgeschlagenen methodenspezifischen Prüfwerte im W/F 2 L kg⁻¹ Eluat für die zwei Humusgehaltsklassen zusammen. Zum Vergleich werden sie zudem den bisher gültigen Prüfwerten für den Pfad Boden-Grundwasser (Anhang 2 BBodSchV) sowie den für die gesättigte Bodenzone abgeleiteten GFS gegenübergestellt. In der Grup-

pe < 1% Humus überschreiten die 95. Perzentile von Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V & Zn und somit bei 8 von 14 Elementen die GFS. Die prozentualen Überschreitungsanteile reichen von 9% (Cu, Ni, Zn) bis zu 30% (V). In der Gruppe 1% - < 4% Humus liegen die 95. Perzentile auf einem insgesamt höheren Konzentrationsniveau, so dass der Anteil an Proben mit Werten > GFS deutlich ansteigt (minimal 14% (Ni) bis maximal 51% (V)).

In den weiß hinterlegten Fällen lassen sich die für die gesättigte Zone abgeleiteten GFS-Werte auf die ungesättigte Zone mit Bezug auf ein W/F 2 L kg⁻¹ Eluat übertragen. Es handelt sich vorwiegend um diejenigen Elemente, die in dem relevanten neutralen bis sauren physiko-chemischen Milieu anionisch in der Bodenlösung vorliegen. Eine Ausnahme bildet hier Vanadium, dessen HGW deutlich oberhalb der GFS liegt. Im Falle von Hg und Tl sind die üblicherweise in der Bodenlösung auftretenden Konzentrationen deutlich niedriger als die GFS. Insgesamt liegt das Niveau der HGW im W/F 2 L kg⁻¹ Eluat für die Mehrzahl der betrachteten Spurenelemente oberhalb der GFS-Werte aber unterhalb der Prüfwerte gemäß Anhang 2 BBodSchV (BGBL. I 1999).

Fazit

Vor dem Hintergrund der anstehenden Novellierung der BBodSchV wurde an einem ausgewählten Kollektiv von Ober- und Unterböden in Deutschland das Wertenniveau für 14 Spurenelemente in einem W/F 2 L kg⁻¹ Eluat ermittelt. Werden die 95. Perzentile der Stichproben im Sinne von HGW als obere Schwelle der im ländlichen Raum zu erwartenden Wertespannen herangezogen, lässt sich festhalten, dass in der Mehrzahl der untersuchten Fälle die originär für das Grundwasser abgeleiteten GFS-Werte teilweise deutlich unterhalb dieser HGW für die ungesättigte Zone liegen. Legt man ausschließlich das W/F – Verhältnis beim Vergleich der HGW im W/F 2 L kg⁻¹ Eluat mit den GFS-Werten zugrunde, wäre der gegenteilige Trend zu erwarten. Hieraus lässt sich schlussfolgern, dass i) methodenspezifische Effekte bei der

Tab. 1: Vergleich der Prüfwerte Pfad Boden-Grundwasser (BBodSchV 1999) mit GFS der LAWA (2004), HGW (95. Perzentile) sowie methodenspezifischen Prüfwerten (Vorschlag BMU 2011) für gelöste Spurenelemente im W/F 2 L kg⁻¹ Eluat (Proben mit < 1% und 1% - < 4 % Humus); Grau hinterlegt sind die Fälle mit 95. Perzentil > GFS.

	Prüfwerte BBodSchV (1999) [µg L ⁻¹]	GFS [µg L ⁻¹]	< 1 Masse-% Humus		1 - < 4 Masse-% Humus	
			95. Perz. [µg L ⁻¹]	Methodenspez. Prüfwert ¹⁾ [µg L ⁻¹]	95. Perz. [µg L ⁻¹]	Methodenspez. Prüfwert ¹⁾ [µg L ⁻¹]
As	10	10	7,3	10	13	13
Cd	5	0,5	2,0	2,0	3,7	4,0
Co	50	8	25,7	26	61,4	62
Cr	50	7	9,9	10	18,2	19
Cu	50	14	18,8	20	40,3	41
Hg	1	0,2	0,03	0,2	0,03	0,2
Mo	50	35	2,3	35	9,0	35
Ni	50	14	19	20	30,4	31
Pb	25	7	22,3	23	42,8	43
Sb	10	5	1,0	5	3,3	5
Se	10	7	4,9	7	5,0	7
Tl	-	0,8	0,2	0,8	0,3	0,8
V	-	4	19	20	34,6	35
Zn	500	58	94	100	208	210

Festlegung von Prüfwerten für den Pfad Boden-Grundwasser beachtet werden müssen und ii) das Wertenniveau für gelöste Spurenelemente bei W/F 2 in der ungesättigten Zone u.a. als Folge langjähriger diffuser Stoffeinträge, höherer Verwitterungsraten und abweichender physiko-chemischer Verhältnisse oberhalb des Wertenniveaus der gesättigten Zone liegt. Methodenspezifische Prüfwerte für den Pfad Boden-Grundwasser sollen am Ort der Probenahme in der ungesättigten Zone eine Trennung der unproblematischen von den im Zuge einer Sickerwasserprognose genauer zu prüfenden Verdachtsfällen ermöglichen. Die Ableitung der HGW für Spurenelemente im W/F 2 L kg⁻¹ Eluat für Böden des ländlichen Raumes erfolgte unter der Annahme, dass dieses Wertenniveau in der Fläche nicht zu einer mehr als geringfügigen Grundwasserbelastung führt. Wird dieser Hypothese gefolgt und sollen Fehleinschätzungen in größerem Umfang vermieden werden, stellen die vorgestellten HGW die untere Grenze eines Wertenniveaus für methodenspezifische Prüfwerte zur Gefährdungsabschätzung des Pfades

Boden-Grundwasser dar.

Literatur

- BGBL. I (1999): Bundesgesetzblatt Teil 1: Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung; BGBL. I S. 1554 ff..
- DIN 19529: 2009-01: Elution von Feststoffen – Schüttelverfahren zur Untersuchung des Elutionsverfahrens von anorganischen Stoffen mit einem Wasser/Feststoff-Verhältnis von 2 l/kg.
- Jones, D. & Edwards, A. (1993): Effect of moisture content and preparation technique on the Composition of soil solution obtained by centrifugation. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 24(12), 171-186.
- Leinweber, P., Paetsch, C., Schulten H.-R. (1995): Heavy metal retention by organo-mineral particle-size fractions from soils in long-term agricultural experiments. *Archives of Agronomy and Soil Science*, Volume 39, Issue 4 August 1995, 271 – 285.
- Utermann, J. (2011): Hintergrundwerte gelöster Spurenelemente im wässrigen Eluat für Böden aus dem ländlichen Raum. *Bodenschutz – Hrsg. König, Bachmann, Utermann; BoS 50. Lfg. V/2011, 30 pp.*