

Verfügbarkeit von Schwermetallen auf geogen und anthropogen hoch belasteten Standorten im Raum Stolberg/Rheinl.

Marianne Grupe

Mit 9 Abbildungen und 6 Tabellen

(Manuskripteingang: 29. 4. 1991)

Kurzfassung

Durch Vererzungen in devonischen und karbonischen Gesteinsschichten weisen die Böden im Raum Stolberg (nordwestliches Rheinisches Schiefergebirge) z. T. sehr hohe Grundgehalte an Schwermetallen auf. Daneben sind durch Blei- und Zinkergewinnung und -verhüttung sowie durch schwermetallhaltige Stäube von Abraumhalden auch anthropogene Einträge feststellbar. Um die Pflanzenverfügbarkeit der Schwermetalle (Pb, Cd und Zn) zu kennzeichnen, wurden in den Jahren 1986 bis 1989 Feldversuche angelegt. Dabei zeigte sich, daß selbst bei sehr hohen Pb-Gehalten in den Böden der Höchstgehalt nach dem Futtermittelrecht für Pb im Gras nicht überschritten wurde. Limitierender Faktor für die Grünlandnutzung ist das Cd, da bei Cd-Gehalten im Boden $>4,2$ mg/kg häufig der Höchstgehalt nach dem Futtermittelrecht von 1,14 mg/kg TS überschritten wird.

Abhängigkeiten zwischen den Schwermetallgesamtgehalten im Boden und der Pflanzenaufnahme sind bei keinem Element feststellbar. DTPA-lösbares Pb zeigte nur im ersten Versuchsjahr eine signifikante Korrelation zu den Pb-Gehalten im Gras. CaCl_2 erwies sich zur Kennzeichnung der Verfügbarkeit der Schwermetalle Pb, Cd und Zn ungeeignet.

Abstract

Soils in the Stolberg (Rhenish Massif) area partially contain very high heavy metals contents due to ore deposits in Devonian and Carboniferous rock sediments. Furthermore anthropogeneous inputs are identifiable due to lead and zinc ore mining and processing as well as heavy metal dusts from dead ore heaps. During 1986—1989 field trials were set up in order to investigate plant availability of heavy metals (Pb, Cd and Zn). These trials showed that even in soils with very high Pb-contents maximum contents according to animal feedstuffs law for Pb in grass were not exceeded.

Limiting factor for grassland farming is Cd because the maximum content according to animal feedstuffs law which is 1,14 mg/kg D.M. is often exceeded in soils with Cd-content $>4,2$ mg/kg. Relations between total heavy metal contents in the soil and plant uptake are not identifiable with either element. DTPA soluble Pb showed only in the first year of trial a significant correlation to Pb contents in grass. CaCl_2 proved to be unsuited for identification of availability of the heavy metals Pb, Cd and Zn.

1. Einleitung

Schwermetalle sind natürliche Bestandteile unserer Umwelt. In Gesteinen sind je nach Zusammensetzung geringe bis sehr hohe Schwermetallkonzentrationen vorhanden. Durch Verwitterung und Bodenbildungsprozesse sowie durch anthropogene Emissionen kann es zur Akkumulation in Böden kommen.

Im Bereich Stolberg/Rhld. sind die Böden großräumig überwiegend lithogen/pedogen aber auch anthropogen mit Pb, Zn und Cd belastet (MAGS, 1975). Zur Erfassung und Differenzierung der lithogenen/-anthropogenen Pb-Belastung der Böden wurden 1986 Feldversuche angelegt. Zur Abgrenzung der je nach Herkunft vermuteten unterschiedlichen Verfügbarkeit wurden die Schwermetallgehalte in den Pflanzen und in den Böden untersucht. Dazu wurden die Böden zusätzlich zur konventionellen Schwermetalluntersuchung in Königswasser mit DTPA und CaCl_2 extrahiert, um auf mobile Fraktionen schließen zu können.

2. Geologie und Böden der Untersuchungsflächen

2.1 Geologie

Der Versuchsstandort Stolberg/Rhld. liegt am Nordwestrand der Eifel, wo Vererzungen mit Blei-Zinkvorkommen in einem großen Bereich ausgeprägt sind. Die Blei-Zinklagerstätten halten sich direkt an devonische und karbonische Gesteinsschichten und sind am stärksten ent-

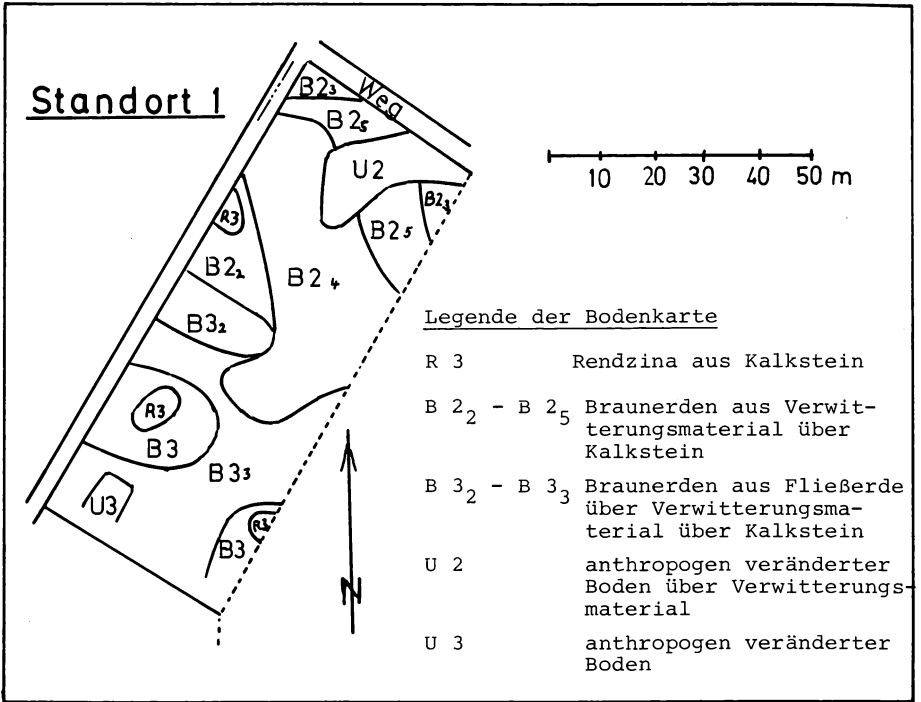


Abbildung 1: Bodenkarte Standort 1 (Bodenkundliche Aufnahme: Dr. F. K. SCHNEIDER, Geologisches Landesamt Krefeld)

lang von Querstörungen (SCHNEIDER, 1982). Die Untersuchungsflächen zeigen vollständig dolomitisierte Kalksteine und Knollenkalke des Devons (Standort 1) und Sand-, Schluff- und Tonsteine ebenfalls devonischen Alters (Standort 2) (SCHNEIDER, 1986).

2.2 Böden

Für die Versuchsanlage standen 2 Flächen zur Verfügung, die in nur geringer Entfernung von einander unterschiedliches Ausgangsmaterial, unterschiedliche Böden und Schwermetallgehalte erwarten ließen. Beim Standort 1 haben sich aus Fließerden und Kalkstein-Verwitterungsmaterial Rendzinen und Braunerden entwickelt. Zum Teil finden sich Reste fossiler Bodenbildung (Terra fusca) (Abb. 1).

Tab. 1: Kenndaten und Schwermetallgehalte der Böden des Standortes 1

TK 25 5203 Stolberg				Grenzwert *) mg/kg
pH (CaCl ₂)	6,6– 7,2	Cd mg/kg	15– 20	3
CaCO ₃ %	0,0– 3,5	Cr mg/kg	50– 65	100
org. Sub. %	5,1– 8,0	Cu mg/kg	42– 75	100
Ton %	31 –41	Ni mg/kg	30– 53	50
KAK**	24 –34	Pb mg/kg	2 760–5 700	100
		Zn mg/kg	2 000–3 990	300

* AbfKlärV., 1982

** in mmol/100 g Boden

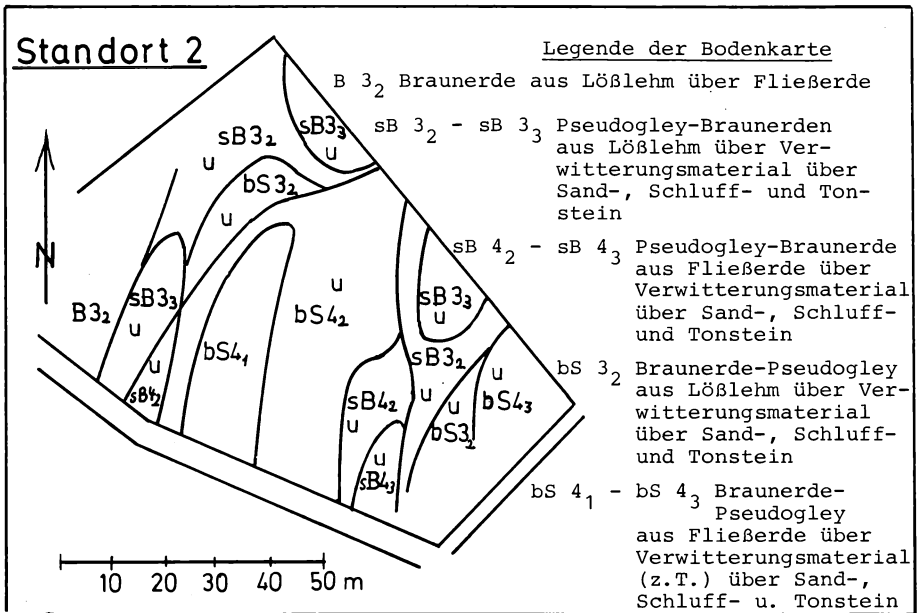


Abbildung 2: Bodenkarte Standort 2 (Bodenkundliche Aufnahme: Dr. F. K. SCHNEIDER, Geologisches Landesamt Krefeld)

Die anthropogen veränderten Böden liegen auf der nach Südosten anschließenden Parzelle, auf der sich ein Schacht eines ehemaligen Bleibergwerkes befindet. Die oberen Bodenschichten der Untersuchungsfläche sind dadurch weitgehend gestört. Wo diese Störung nur geringfügig ist, wurde sie nicht in die Bodenkarte übernommen.

Die Bodenkenndaten und die Schwermetallgehalte des Standortes 1 sind in Tab. 1 aufgeführt.

Standort 1 weist für Cd, Ni, Pb und Zn vielfache Überschreitungen der Grenzwerte der Klärschlammversorgung (1982) auf. Für Pb wird der Grenzwert von 100 mg/kg Boden bis zum 57fachen überschritten.

Standort 2, der sich aus dem Verwitterungsmaterial devonischer Sand-, Schluff- und Tongesteine mit unterschiedlichem Anteil von Lößlehm entwickelt hat, zeigt meist eine aktuelle Ver-nässung der Flächen. Die vergesellschafteten Böden auf diesem Standort sind daher Braunerden, Pseudogley-Braunerden und Braunerde-Pseudogleye (Abb. 2).

Tab. 2: Kenndaten und Schwermetallgehalte der Böden des Standortes 2

TK 25 5203 Stolberg	Grenzwert *) mg/kg			
pH (CaCl ₂)	4,8— 6,1	Cd mg/kg	4,2— 11,6	3
CaCO ₃ %	0,0	Cr mg/kg	35 — 52	100
org. Sub. %	3,5— 7,1	Cu mg/kg	24— 42	100
Ton %	19 —33	Ni mg/kg	20— 35	50
KAK**	19 —32	Pb mg/kg	720—1 705	100
		Zn mg/kg	460—1 335	300

* AbfKlärV., 1982

** in mmol/100 g Boden

Durch das unterschiedliche Ausgangsmaterial und durch die sich dadurch ergebende unterschiedliche Genese der Böden sowie die unterschiedliche Vererzung weisen die Böden des Standortes 2 im Vergleich zu Standort 1 unterschiedliche Kenndaten und Schwermetallgehalte auf (Tab. 2).

Es fällt auf, daß der pH-Wert im Durchschnitt um eine pH-Einheit niedriger ist als beim Standort 1.

Pb, Cd und Zn überschreiten die Grenzwerte der Klärschlammverordnung ebenfalls noch um ein Vielfaches, sind aber insgesamt niedriger als bei Standort 1. Während z. B. bei Standort 2 die höchsten Pb-Gehalte bei 1705 mg/kg liegen, beträgt bei Standort 1 der niedrigste Pb-Wert schon 2760 mg/kg. Es sind also zwei Versuchsstandorte ausgesucht worden, die sich in ihren Schwermetallgehalten stark unterscheiden.

Die hohen Schwermetallgehalte der beiden Standorte sind nun aber nicht nur auf die geologischen Gegebenheiten (Vererzung) zurückzuführen, sondern auch durch Blei- und Zinkerzgewinnung und -verhüttung sowie durch schwermetallhaltige Stäube von Halden geprägt.

3. Material und Methoden

3.1 Beschreibung und Anlage der Versuche

Um eine flächenbezogene Übersicht über die Variabilität der Schwermetallgehalte zu bekommen, wurden vor Anlage der Versuche Bodenproben in 10 x 10 m Raster genommen (GRUPE, 1987). Die Schwermetallgehalte streuen unterschiedlich stark. Am Beispiel des Pb soll dies in Abb. 3 für die beiden Standorte verdeutlicht werden.

Die große Variabilität der Schwermetalle in der Fläche erlaubte es, pro Standort jeweils 4 Konzentrationsbereiche der Grundbelastung (a, b, c, d) zu wählen. Um eine mobile anthropogene Belastung im Verhältnis zur vorhandenen Grundbelastung zu prüfen, wurde Pb-Oxid in 3 Steigerungsstufen (2, 3, 4) zugeführt. Die Oxidform wurde bevorzugt, weil Metalloxide neben -sulfaten die vorherrschende Bindungsform bei Immissionen ist. Die Zugabe der Me-

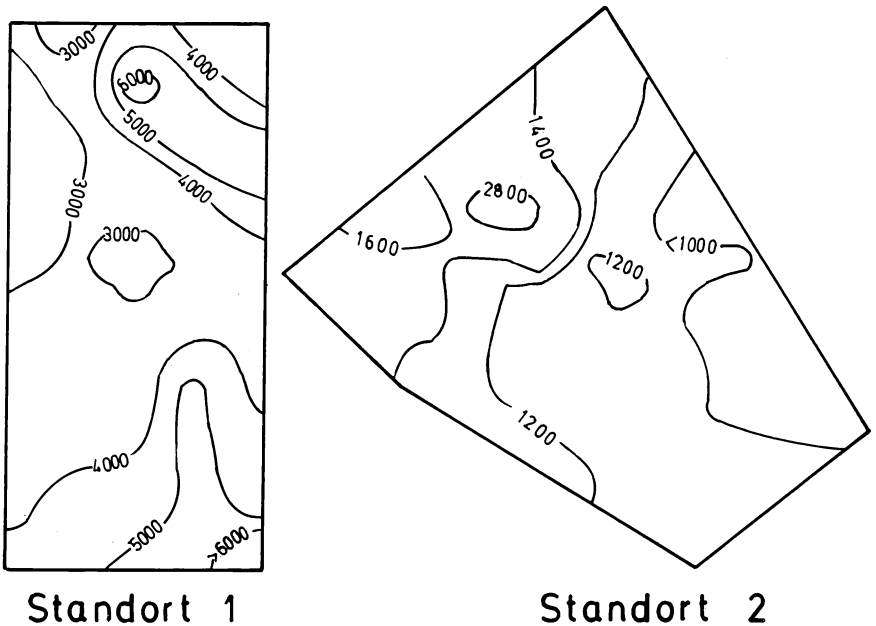


Abbildung 3: Isolinienkarten der Pb-Gehalte in mg/kg für die Standorte 1 und 2

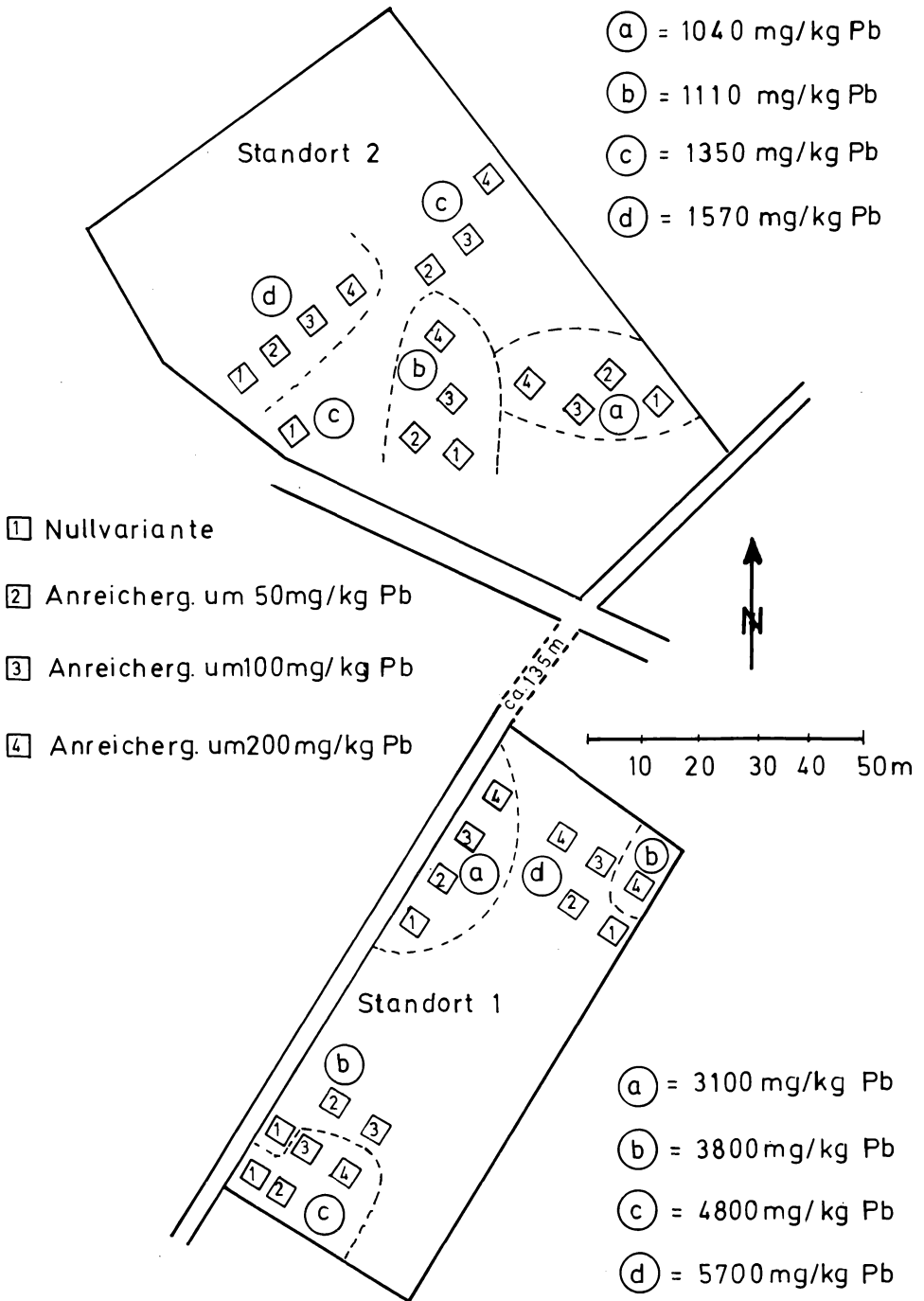


Abbildung 4: Feldversuchsanlage Stolberg 1 + 2

talloxide orientierte sich an der Klärschlammverordnung. Es wurden 50 (2), 100 (3) und 200 % (4) des Grenzwertes für Pb zugesetzt. Der Boden wurde nur mit dem Element Pb angereichert, die ebenfalls in hoher Konzentration vorkommenden Schwermetalle Zn und Cd blieben unberücksichtigt. Abb. 4 zeigt die Versuchsanlage der Standorte 1 und 2.

Bei beiden Flächen handelt es sich um Dauergrünland, das als Mähweide genutzt wird. Die Beprobung erfolgte 1986, 1988, 1989 durch 4 und 1987 durch 5 Schnitte. Standort 1 wurde nur 1986 und 1987 beprobt.

3.2 Beschreibung der Analysenmethoden

3.2.1 Schwermetallbestimmung in Böden

Die Untersuchungen wurden am luftgetrockneten Feinboden (<2 mm) durchgeführt.

Es wurden bestimmt:

a) Gesamtgehalte in Königswasserauszug nach AbfklärV. (1982)

b) extrahierbare Gehalte in:

1) 0,1 M CaCl₂, (MERKEL & KÖSTER, 1976)

2) DTPA (LINDSAY & NORVELL, 1978).

Die Elemente Cd, Cr, Cu, Ni, Pb und Zn wurden in der Flamme am AAS bestimmt (WELZ, 1983).

3.2.2 Schwermetallbestimmung im Pflanzenmaterial

a) Probenaufbereitung: Waschen mit H₂O dest, Trocknung bei 105 °C. Vermahlung in einer Achat-Schnell-Planetkugelmühle und Gesamtaufschluß in einem Naßaufschlußautomat mit HNO₃ und HClO₄ (im Verhältnis 4 : 1),

b) Die Schwermetallanalytik der Elemente Cd, Cr, Cu, Ni und Pb erfolgte am AAS mit Graphitrohrtechnik (Zeemann 3030), Cd und Pb wurden unter Zuhilfenahme der Lvov-Plattform bestimmt (EELZ, 1983). Zn wurde in der Flamme am AAS mit Untergrundkompensation gemessen.

4. Ergebnisse und Diskussion

4.1 Aufnahme von Pb, Cd und Zn durch Gras aus den Grundgehalten der Böden

Die Pb-Gehalte im Gras der Versuchsflächen mit den Grundgehaltsstufen a bis d sind in Tab. 3 aufgeführt. Die Pb-Gehalte werden für die Ausgangsuntersuchung vom 1. Untersuchungsjahr angegeben.

Tab. 3: Pb-Gehalte im Boden (Grundgehalte) und in den Versuchspflanzen in mg/kg (100 % TM)

	Grund- gehaltsstufe	Böden	Gras 86	Gras 87	Gras 88	Gras 89
Standort 1	a)	3 100	17,0	18,9		
	b)	3 800	24,3	27,8		
	c)	4 800	19,4	16,8		
	d)	5 700	20,1	21,3		
Standort 2	a)	1 040	7,8	16,1	15,2	29,7
	b)	1 110	9,2	17,1	11,7	27,1
	c)	1 355	8,2	16,3	11,7	13,1
	d)	1 570	10,0	14,3	7,4	9,8
		100*	45**			

* AbfklärV. (1982) (Grenzwert)

** Höchstgehalte für Futtermittel (Sülflohn, 1985) bezogen auf 100 % Trockenmasse

Im ersten Versuchsjahr wies Standort 2 im Feldversuch eine geringe Abhängigkeit der Pb-Gehalte im Gras von den Pb-Grundgehalten im Boden auf. Die Pb-Gehalte im Gras vom höher belasteten Standort 1 blieben in beiden Jahren gleich. Die Pb-Gehalte im Gras vom Standort 2 schwanken in den verschiedenen Versuchsjahren stark.

Trotz der hohen Grundbelastung von bis zu 5700 mg Pb/kg im Boden wurden der Höchstgehalt für Futtermittel (45 mg/kg TS) im Gras nicht überschritten.

Um die Schwermetallaufnahme durch die Pflanzen auf unterschiedlich hoch belasteten Böden vergleichen zu können, werden Transferfaktoren verwendet.

In diesem Beitrag sollen sie definiert werden durch

$$\text{Transferfaktor} = \frac{\text{Schwermetall-Konzentration in der Pflanze}}{\text{Schwermetall-Konzentration im Boden}}$$

(vergl. SAUERBECK & STYPEREK, 1987).

Die Transferfaktoren aus der sehr hohen Grundbelastung liegen in den Jahren 1986 bis 1988 auf sehr niedrigem Niveau. Im letzten Versuchsjahr 1989 stiegen die Transferfaktoren in zwei Versuchsvarianten an (Tab. 4).

Tab. 4: Pb-Transferfaktoren Pflanze/Boden

	Grund- gehaltsstufe	Gras 86	Gras 87	Gras 88	Gras 89
Standort 1	a)	0,007	0,006		
	b)	0,006	0,007		
	c)	0,004	0,004		
	d)	0,004	0,004		
Standort 2	a)	0,008	0,015	0,017	0,041
	b)	0,008	0,015	0,011	0,029
	c)	0,006	0,012	0,009	0,011
	d)	0,006	0,009	0,005	0,008

Die Gehalte der Pb-Begleitelemente Cd und Zn im Boden sind ebenfalls sehr hoch (Tab. 1 + 2). Die Cd-Gehalte im Gras überschreiten meist den Höchstgehalt im Futtermittelrecht von 1,14 mg/kg (Abb. 5). Sie zeigen keine Abhängigkeit zum Gesamtgehalt im Boden. Trotz der höheren Cd-Gehalte von Standort 1 sind im Vergleich zu Standort 2 keine höheren Cd-Gehalte im Gras feststellbar. Dies ist auf die um bis zu eine Einheit höheren pH-Werte zurückzuführen.

Diese hohen Cd-Gehalte im Gras zeigen deutlich, daß der Risikofaktor nicht das Element mit der höchsten Konzentration (Pb) sondern mit der größten Mobilität (Cd) ist.

Die Zn-Gehalte in den Böden der beiden Versuchsstandorte liegen zwischen 460—3990 mg Zn/kg Boden und damit bis zum 13fachen über den Grenzwerten der Klärschlammverordnung (1982). Legt man für Gras eine Toxizitätsgrenze von 300 mg Zn/kg TS zugrunde (FINK, 1982), so wird diese nicht erreicht (Abb. 6).

Einige Autoren (SAUERBECK, 1982; MACNICOL & BECKETT, 1985) sehen die Toxizitätsgrenze bei 200 mg Zn/kg TS als erreicht an. Diese Schwellen werden bei ca. 5 % der Gehalte im Gras überschritten. Da für Zn-Gehalte in Pflanzen keine Richtwerte vorliegen, sind die Zn-Gehalte schwer zu interpretieren. Geht man von Zn-Gehalten von 20—80 mg/kg, die für Pflanzen als ausreichend bezeichnet werden, aus, dann sind die Zn-Gehalte überdurchschnittlich hoch.

4.2 Aufnahme von Pb durch Gras aus der Zusatzbelastung

In beiden Versuchsjahren wurden durch Gras auf den zusätzlich mit Pb-Oxid belasteten Varianten 7,8 bis 35,3 mg Pb/kg aufgenommen. Lediglich im ersten Versuchsjahr wurde als

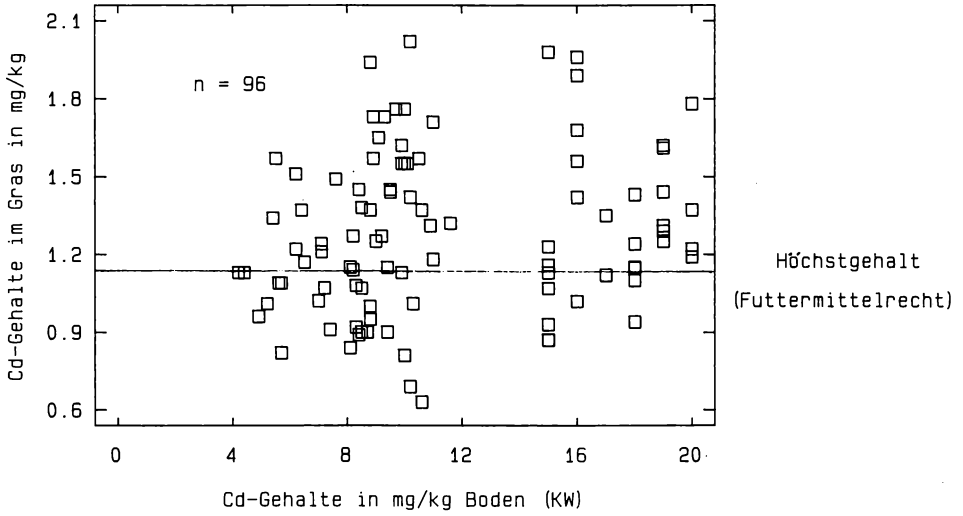


Abbildung 5: Beziehungen zwischen den Cd-Gehalten im Boden (Königswasserauszug) und den Cd-Gehalten im Gras

Folge der Zusatzbelastung bei Standort 2 eine geringfügige Zunahme der Pflanzengehalte beobachtet, die jedoch nicht signifikant ist (Tab. 5). Bei der niedrigsten Grundbelastung (a) ist der Einfluß der Zusatzbelastung am stärksten.

In den übrigen Versuchsjahren zeigte die anthropogene Zusatzbelastung keine Auswirkung. Das könnte darauf zurückzuführen sein, daß bei dem hohen Grundgehaltsniveau die im Ver-

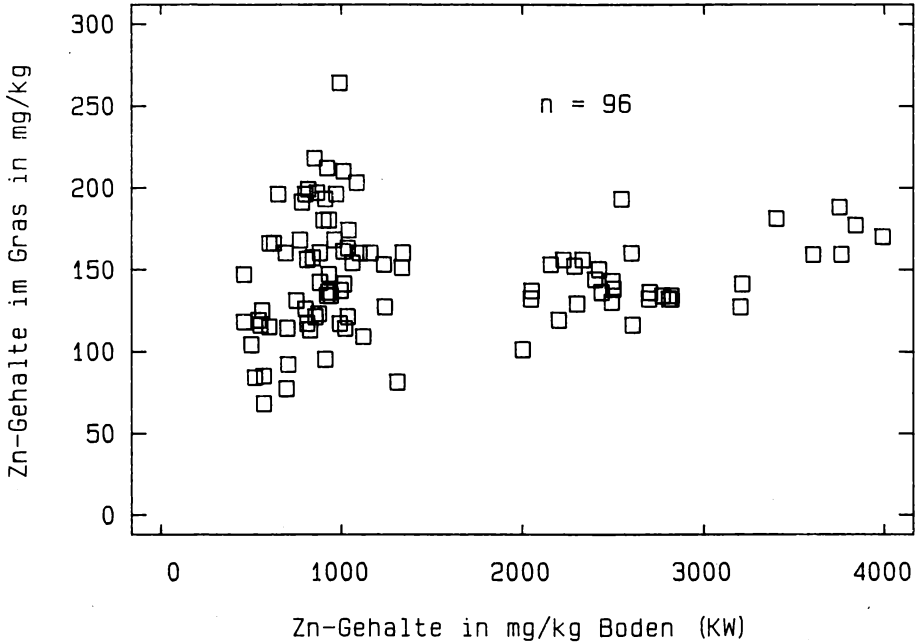


Abbildung 6: Beziehungen zwischen den Zn-Gehalten im Boden (Königswasserauszug) und den Zn-Gehalten im Gras

Tab. 5: Pb-Gehalte im Gras im ersten Versuchsjahr Standort 2 mg/kg (100 % TM)

Grundgehaltsstufe	a)	b)	c)	d)	/	\bar{x}
anthropogene Zusatzbelastung					/	
0	7,8	9,2	8,2	10,0	/	8,8
50	8,7	10,4	8,3	11,0	/	9,6
100	10,7	8,8	8,8	11,8	/	10,0
200	10,9	8,0	10,6	12,7	/	10,6
\bar{x}	9,5	9,1	9,0	11,4		

hältnis niedrige Pb-Zugabe nicht in einer signifikanten Pflanzenmehraufnahme zum Ausdruck kommen kann, da die anthropogene Zusatzbelastung nur 0,8 bis 5 % der Grundgehalte betrug.

Die multiple lineare Regression (1. Versuchsjahr) zeigt für die lithogene Auswirkung auf die Pflanzengehalte eine fast gleiche Steigung bei den beiden Standorten (Abb. 7).

Die Zusatzbelastung zeigt eine positive Steigung im Bereich des Standortes 2 und eine negative Steigung im Bereich des Standortes 1 mit den wesentlich höheren Grundgehalten. Dies verdeutlicht noch einmal, daß im Bereich des Standortes 2 die Zusatzbelastung im Verhältnis stärker wirkt als die Grundgehalte und daß beim Standort 1 die höheren Grundgehalte die Zusatzbelastung überdecken.

4.3 Schwermetallverfügbarkeit

Zur Beurteilung des Gefährdungspotentials durch Schwermetalle können nicht immer die aufwendigen Untersuchungen im Aufwuchs durchgeführt werden, zumal deren Ergebnisse erst

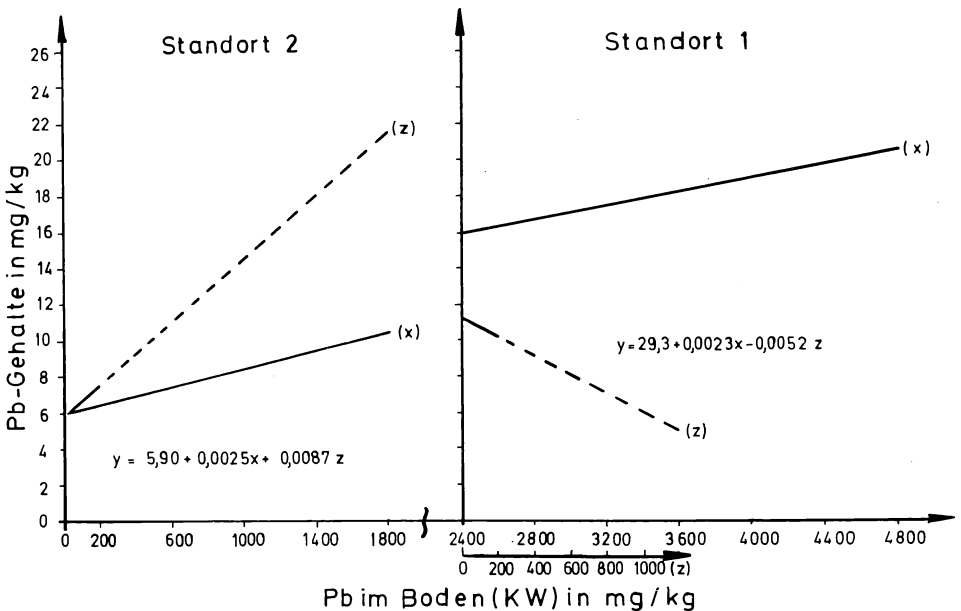


Abbildung 7: Multiple lineare Regression zwischen der Pb-Aufnahme durch die Pflanzen (y) und den Pb-Gehalten im Boden (KW = Königswasserauszug) aus den Grundgehalten (x) und der Zusatzbelastung (z)

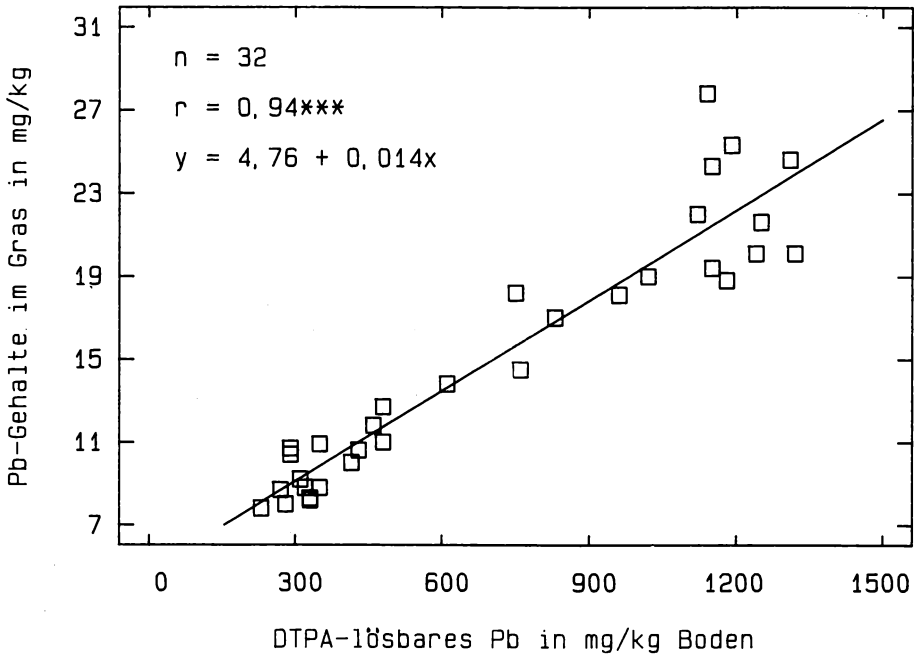


Abbildung 8: Lineare Regression zwischen dem DTPA-lösbaren Pb im Boden (Königswasserauszug) und den Pb-Gehalten im Gras (1986)

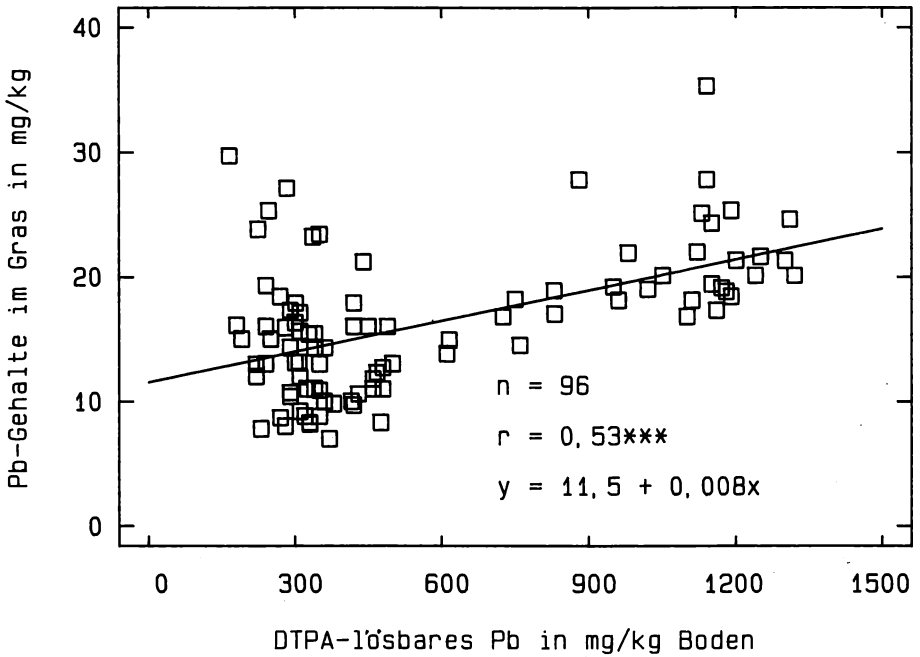


Abbildung 9: Lineare Regression zwischen dem DTPA-lösbaren Pb im Boden (Königswasserauszug) und den Pb-Gehalten im Gras (alle 4 Versuchsjahre)

mehrere Monate nach Versuchsbeginn vorliegen. Daher wird nach Laborverfahren zur schnellen Bestimmung des pflanzenverfügbaren Schwermetallanteils im Boden gesucht. Nach Gefäßversuchen (FILIPINSKI, 1989) wurde für Substrate mit hohen pH-Werten die Extraktion mit DTPA als reproduzierbare Meßmethode für den mobilen Anteil gewählt.

Die so erhaltenen Pb-Gehalte im Boden zeigen nur im ersten Versuchsjahr zu den Pb-Gehalten in den Pflanzen eine enge Beziehung (Abb. 8).

Diese starke Abhängigkeit konnte in den nachfolgenden Versuchsjahren nicht mehr beobachtet werden.

Setzt man die Pb-Gehalte der Pflanzen und die DTPA-lösbaren Pb-Gehalte des Bodens von allen Versuchsjahren zu einander in Beziehung, so erhält man zwar eine signifikante Korrelation, aber nur ein geringes Bestimmtheitsmaß von ca. 28 % (Abb. 9).

Die sehr gute Beziehung des ersten Jahres geht also im Laufe der Jahre stark zurück.

Die Beziehungen zwischen den in CaCl_2 und DTPA erfaßbaren leicht löslichen Anteilen von Cd und Zn und den Cd- und Zn-Gehalten im Gras sind in Tab. 7 aufgeführt. Die Beziehungen sind nicht signifikant.

Tab. 6: Korrelationskoeffizienten zwischen den mit CaCl_2 und DTPA erfaßten leicht löslichen Cd- und Zn-Anteilen und den Cd- und Zn-Gehalten in den Pflanzen

Gras	Extraktionen	
	CaCl_2	DTPA
Cd	0,04	0,17
Zn	0,34*	0,29*

5. Schlußfolgerung

Die Nutzung von Grünland erscheint durch den wesentlich höher liegenden Grenzwert für Pb in Futtermitteln auf den Flächen durchführbar. Dies darf aber nicht darüber hinwegtäuschen, daß die Pb-Gehalte im Gras deutlich erhöht sind. Hinzu kommt, daß es im Raum Stolberg zusätzlich durch Stäube zu einer Akkumulation von Schwermetallen auf den Pflanzenoberflächen kommt, die die Gesamtbelastung des Pflanzenmaterials deutlich erhöhen können (MAGS, 1975). Gehalte von 5700 mg Pb/kg Boden erscheinen auch für Grünland bedenklich. Als limitierender Faktor für die Nutzbarkeit des Grünlandes sind hier die Cd-Gehalte anzusehen, die im Gras den Höchstwert nach dem Futtermittelrecht überschreiten.

6. Zusammenfassung

Zusammenfassend ist für die Pb-, Cd und Zn-Aufnahme von Gras festzustellen:

- 1) Die Pb-Gehalte im Gras lagen trotz sehr hoher Pb-Gehalte (bis zu 5700 in den Versuchspartellen) im Boden unter den Höchstgehalten für Futtermittel.
- 2) Die Transferfaktoren sind meist relativ gering und steigen im 4. Versuchsjahr an.
- 3) Eine mobile Zusatzbelastung (Pb-Oxid) wirkt sich nur im ersten Versuchsjahr bei dem Standort mit den niedrigeren Grundgehalten aus; dies konnte statistisch aber nicht abgesichert werden.
- 4) Auch die Begleitelemente Cd und Zn waren in sehr hohen Konzentrationen im Boden vorhanden. Beim Cd führte dies zu Gehalten, die über den Höchstgehalten nach der Futtermittelverordnung lagen.
- 5) Mit der DTPA-Extraktion konnten zu den Pb-Gehalte im Gras nur teilweise zufriedenstellende Beziehungen gewonnen werden. CaCl_2 zeigte sich für Pb ungeeignet, da kaum Pb gelöst werden konnte.

Die Beziehungen zwischen den CaCl_2 -löslichen Cd- und Zn-Gehalten der Böden und den Gehalten im Gras waren ebenfalls sehr gering und nicht absicherbar.

7. Danksagung

Dem Umweltbundesamt sei für die Förderung gedankt.

8. Literatur

- AbfKlärV. (1982): Klärschlammverordnung vom 25. 6. 1982. — Bundesgesetzblatt, Teil I, 734—739.
- FINK, A. (1982): Pflanzenernährung in Stichworten. — Verlag Ferdinand Hirt, Kiel.
- FILIPINSKI, M. (1989): Pflanzenaufnahme und Lösbarkeit von Schwermetallen aus Böden hoher geogener Anreicherung und zusätzlicher Belastung. — Diss. Göttingen.
- GRUPE, M. (1987): Der Einfluß der Flächenvariabilität von Schwermetallen auf Durchschnittswerte und Beprobung. — Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Ges., **53**, 167—172.
- LINDSAY, W. L. & NORVELL, W. A. (1978): Development of a DTPA test for Zn, Fe, Mn and Cu. — Soil Sci. Soc., Am. J., **42**, 421—428.
- MACNICOL, R. d. & BECKETT, P. H. T. (1985): Critical tissue concentrations of potentially toxic elements. — Plant and Soil, **85/1**, 107—129.
- MAGS (1975): Umweltprobleme durch Schwermetalle im Raum Stolberg. — Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf.
- MERKEL, D. KÖSTER, W. (1976): Der Nachweis einer Zinktoxizität bei Kulturpflanzen durch die Bodenuntersuchung mit Hilfe der CaCl₂-Methode. — Landwirtsch. Forsch., Sh, **33**, 274—281.
- SAUERBECK, D. (1982): Welche Schwermetallgehalte in Pflanzen dürfen nicht überschritten werden, um Wachstumsbeeinträchtigungen zu vermeiden? — Landwirtsch. Forsch., Sh, **39**, 108—129.
- SAUERBECK, D. & STYPEREK, P. (1987): Schadstoffe im Boden, insbesondere Schwermetalle und organische Schadstoffe aus langjähriger Anwendung von Siedlungsabfällen. — Teilbericht Schwermetalle. Forschungsbericht 87-107-01 003 im Auftrag des Umweltbundesamtes Berlin.
- SCHNEIDER, F. K. (1982): Untersuchungen über Gehalte an Blei und anderen Schwermetallen in Böden und Halden des Raumes Stolberg (Rheinland). — Geol. Jb., **D 53**, Hannover.
- (1988): Bodenkundliche Aufnahme der Untersuchungsflächen. Krefeld unveröffentlicht.
- SÜLFLOHN, K. (Bearb.) (1985): Das geltende Futtermittelrecht mit Typenliste für Einzel- und Mischfuttermittel. — Stand Januar 1985. Rheinbach, ASR-Verlag.
- WELZ, B. (1983): Atom-Absorptions-Spektrometrie. — 3. Auflage, Verlag Chemie, Weinheim.

Anschrift der Verfasserin: Prof. Dr. Marianne Grupe, Universität-Gesamthochschule Paderborn,
Abt. Höxter, Fachber. Technischer Umweltschutz,
An der Wilhelmshöhe, D-37671 Höxter

Kurze Mitteilungen

Neufund fossiler Eilogen (Odonata, Zygoptera, Coenagrionidae) aus dem Oberoligozän von Rott im Siebengebirge

Meinolf Hellmund & Winfried Hellmund

Mit 3 Abbildungen

(Manuskripteingang: 1. 9. 1992)

Kurzfassung

Es wird ein neuer Fund von drei fossilen Kleinlibellengelegen (Odonata, Zygoptera, Coenagrionidae), bestehend aus 79 Einzellogen, aus Rott im Siebengebirge vorgestellt. Die Logen sind bogenförmig in die Blattfläche eines ganzrandigen Lauraceenblattes („*Daphnogene*“) abgelegt worden; der festgestellte Ablagemodus entspricht dem „Coenagrioniden-Typ“ sensu HELLMUND, M. & HELLMUND, W. (1991). Der Neufund bestätigt die Auffassung, daß die allgemeine Unterrepräsentanz der Zygoptera (Larvae und Imagines in den Sedimenten von Rott auf biostratinomische Ursachen zurückgeführt werden muß. Das endophytische Eiablageverhalten derartiger Zygopteren existiert seit mindestens 25 Mio. Jahren in der dargestellten Weise und hat sich offenbar nicht wesentlich verändert.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Decheniana](#)

Jahr/Year: 1993

Band/Volume: [146](#)

Autor(en)/Author(s): Grupe Marianne

Artikel/Article: [Verfügbarkeit von Schwermetallen auf geogen und anthropogen hoch belasteten Standorten im Raum Stolberg/Rheinl. 337-348](#)