

*Ergebnisse der bundesweiten Bodenzustandserhebung*

**Gehalte und Vorräte von Schwermetallen in  
Waldböden – Zustandsanalyse auf Basis der  
BZE II und zeitliche Veränderungen zur BZE I**

J. Utermann\*, C.-T. Aydin, N. Bischoff, B. Böttcher, J. Gehrmann, N. Eickenscheidt,  
N. König, B. Scheler, F. Stange, N. Wellbrock

\*Umweltbundesamt  
Wörlitzer Platz 1  
06844 Dessau-Roßlau  
[jens.utermann@uba.de](mailto:jens.utermann@uba.de)

Berlin, 18.05.2016



## ***Gliederung***

### **1. Schwermetallgehalte**

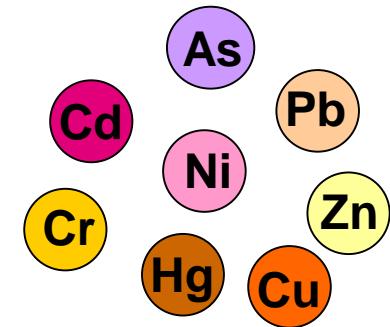
- Gehalte in den Humusauflagen
- Gehalte im Mineralboden (0-5, 5-10cm)
- Bewertung

### **2. Schwermetallvorräte**

- Vorräte/Vorratsänderungen in der Humusauflagen
- Einfluss der Humusdynamik
- Einfluss der Immissionen
- Einfluss der Kalkung

### **3. Fazit**

## **Quellen/Herkunft und Verhalten von Schwermetallen in Waldböden**



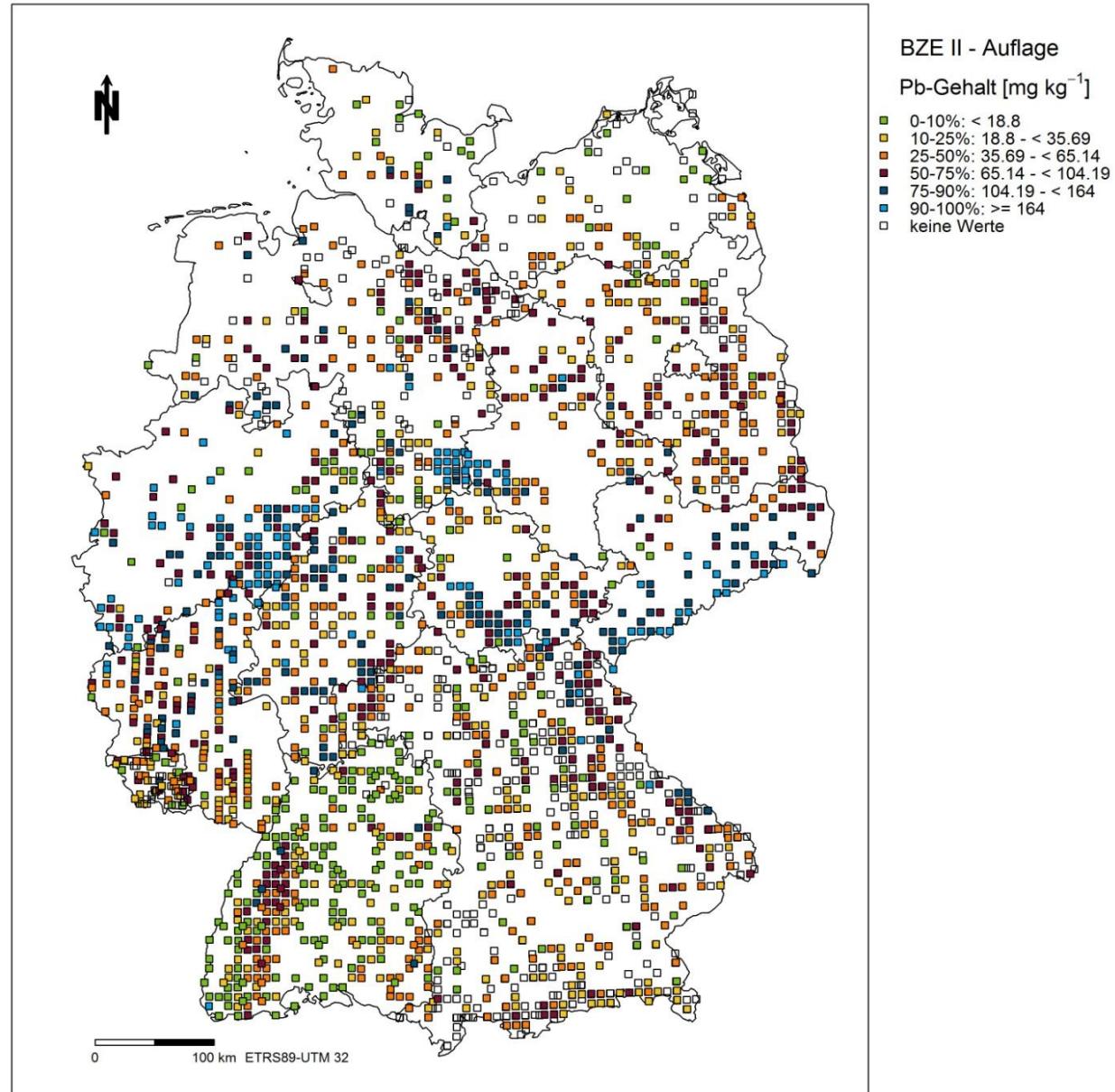
- ▶ Schwermetalle sind in Böden zunächst geogenen Ursprungs und werden in Wald(ober)böden v.a. durch atmogene Einträge überlagert.
  - Geogen dominierte Elemente: u.a. As, Cr, Ni, Zn
  - Stärker atmogen überprägte Elemente: u.a. Pb, Cd, Cu, Hg
- ▶ Kationisch vorliegende Metalle werden mit sinkendem Boden-pH mobil/bioverfügbar, i.d.R. in der Reihenfolge Cd, Zn > Cu > Ni, Cr > Pb; anionisch vorliegende Metalle (u.a. As) zeigen erhöhte Mobilität/Bioverfügbarkeit bei pH-Werten > 7.
- ▶ Schwermetalle werden unterschiedlich stark an die mineralische und/oder organische Festphase adsorbiert und/oder als schwerlösliche Oxide, Hydroxide, Carbonate etc. ausgefällt.
- ▶ Wirkungsseitig haben einige Elemente bei niedrigen Konzentrationen ernährungsphysiologische Bedeutung (u.a. Cu, Zn), andere Elemente zeigen ausschließlich toxische Wirkung (u.a. Pb, Cd, Hg).

## Datenumfang:

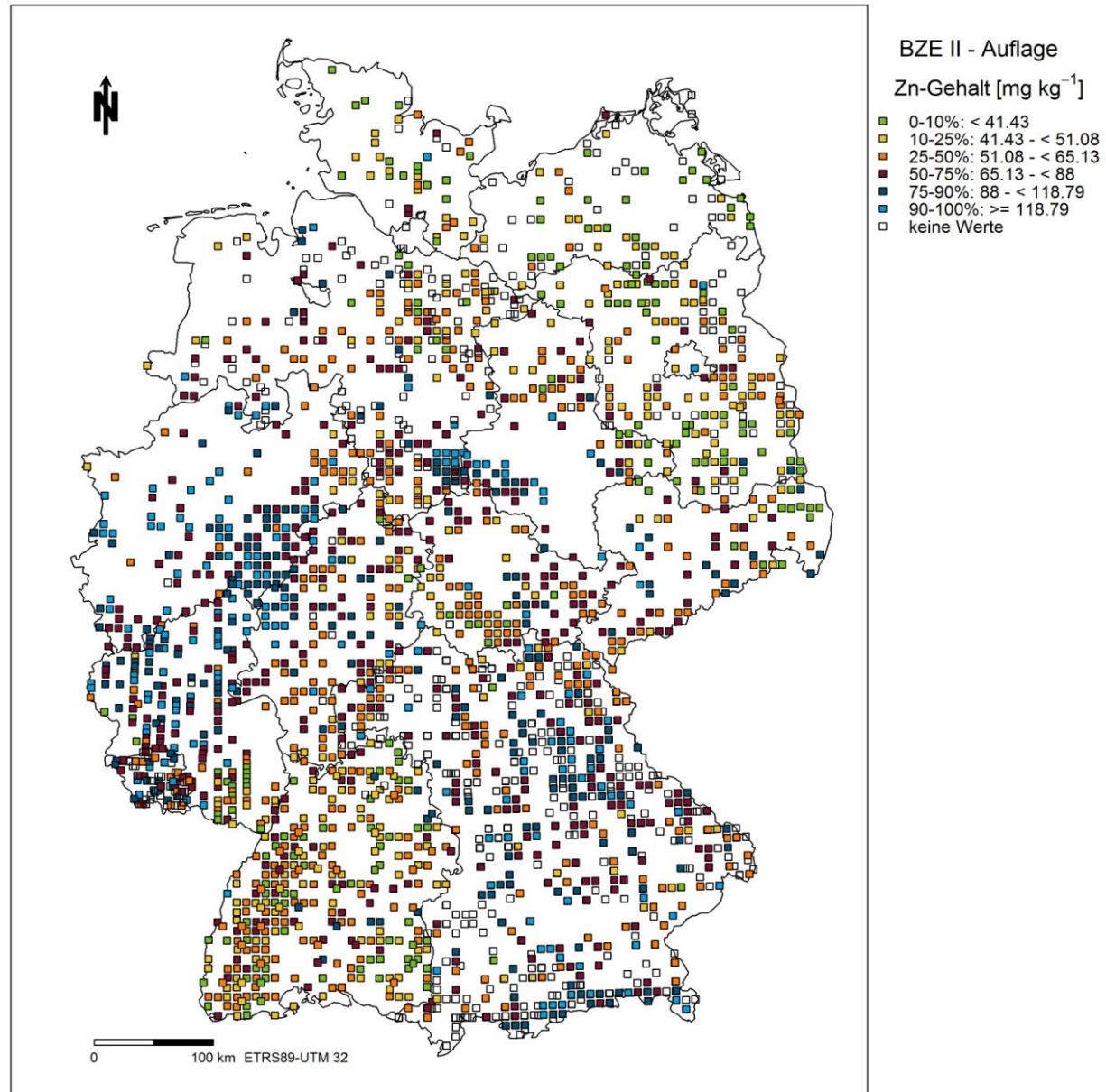
- ▶ 1800 BZE Standorte (Mineralboden) bzw. 1250 BZE Standorte (Humusaufklage)
- ▶ Schwermetallgehalte in der Auflage und den ersten beiden Tiefenstufen im Mineralboden (0-5, 5-10 cm) (BZE II) bzw. in der Auflage (BZE I)
- ▶ Königswasser-extrahierbare Gehalte für As, Pb, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Zn (BZE II) bzw. As, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Zn (Auflage BZE I)
- ▶ Ergänzende Standort- und Bodenkenngrößen (u.a. Substrattyp bzw. Bodenausgangsgestein)

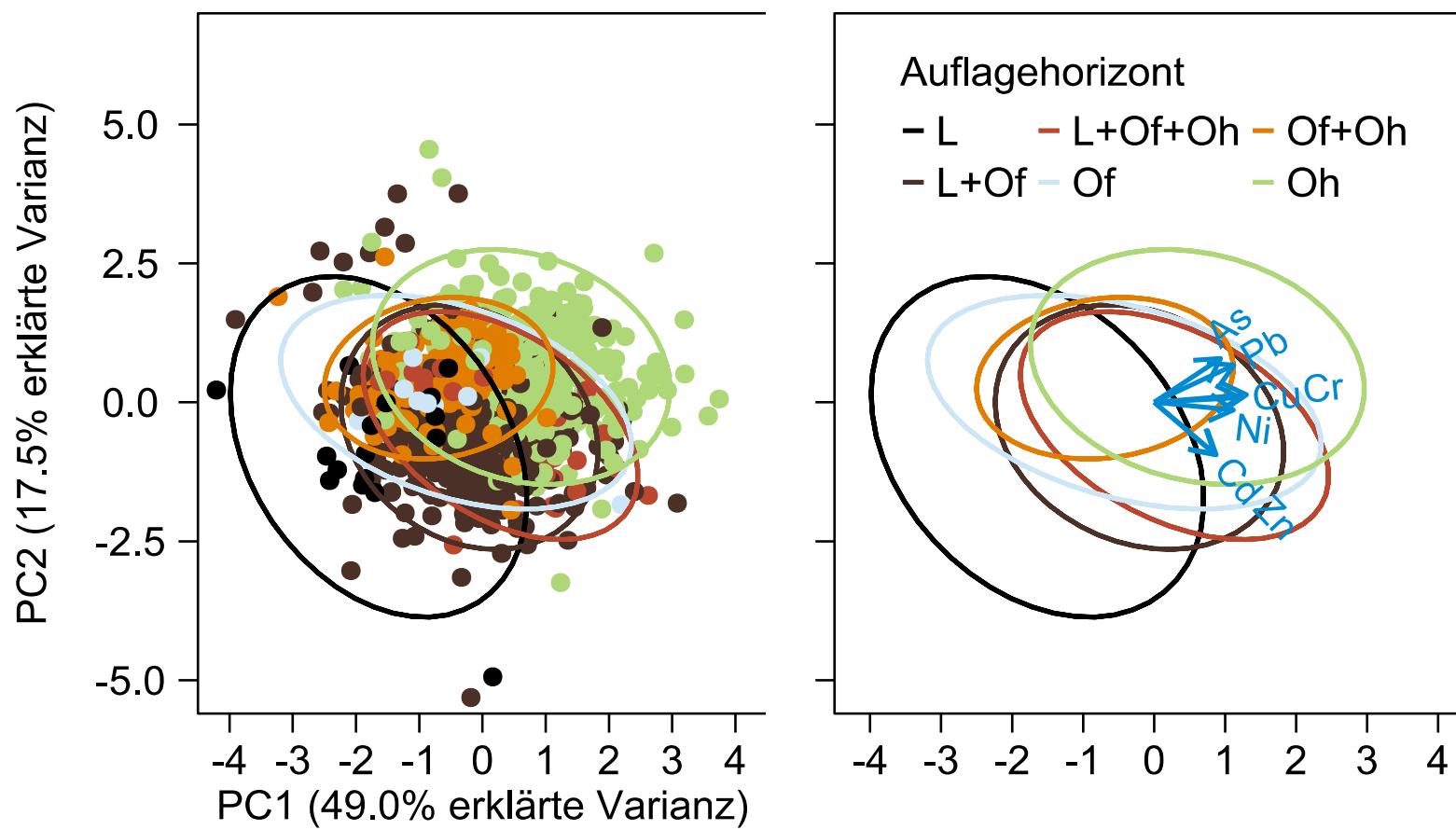


**Pb-Gehalte in der  
Humusaufklage  
differenziert in sechs  
Perzentilklassen**

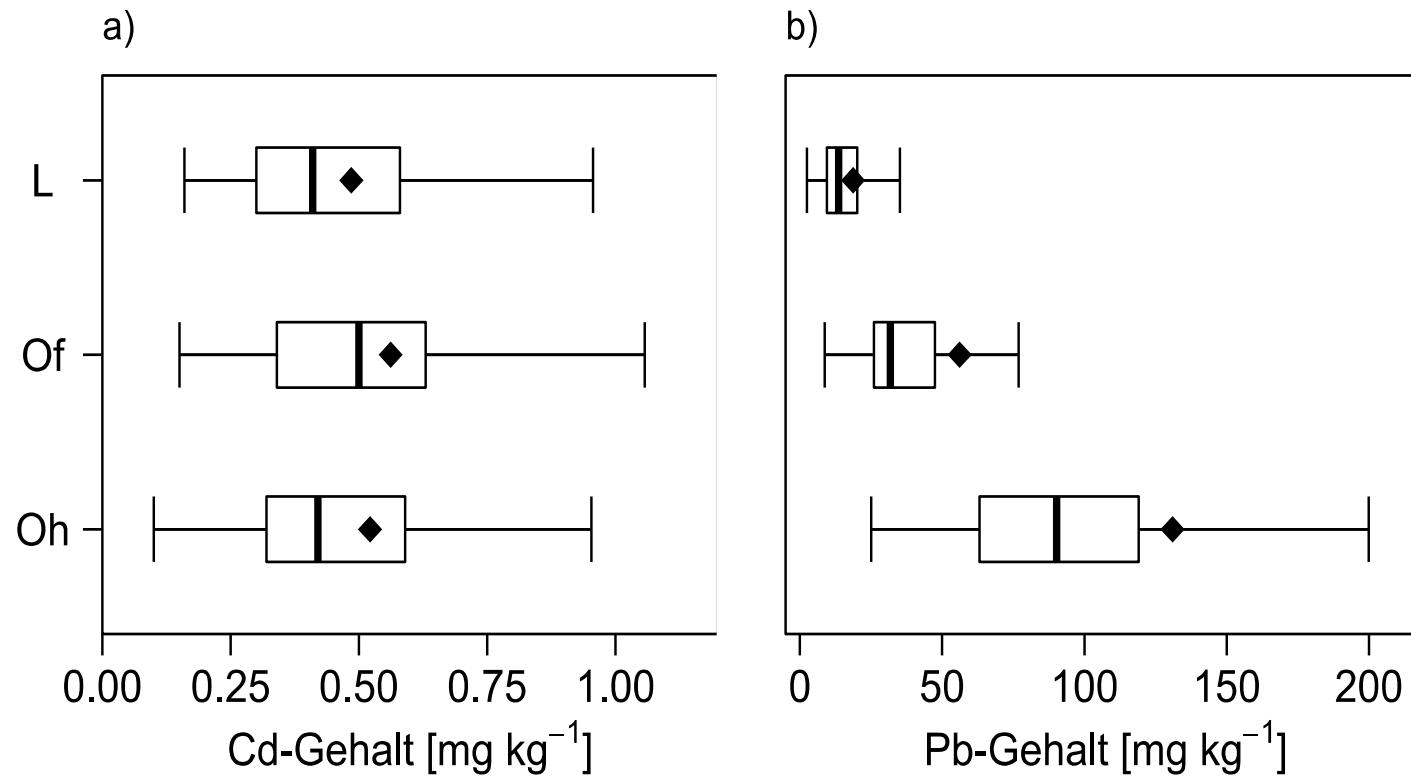


## Zn-Gehalte in der Humusaufklage differenziert in sechs Perzentilklassen



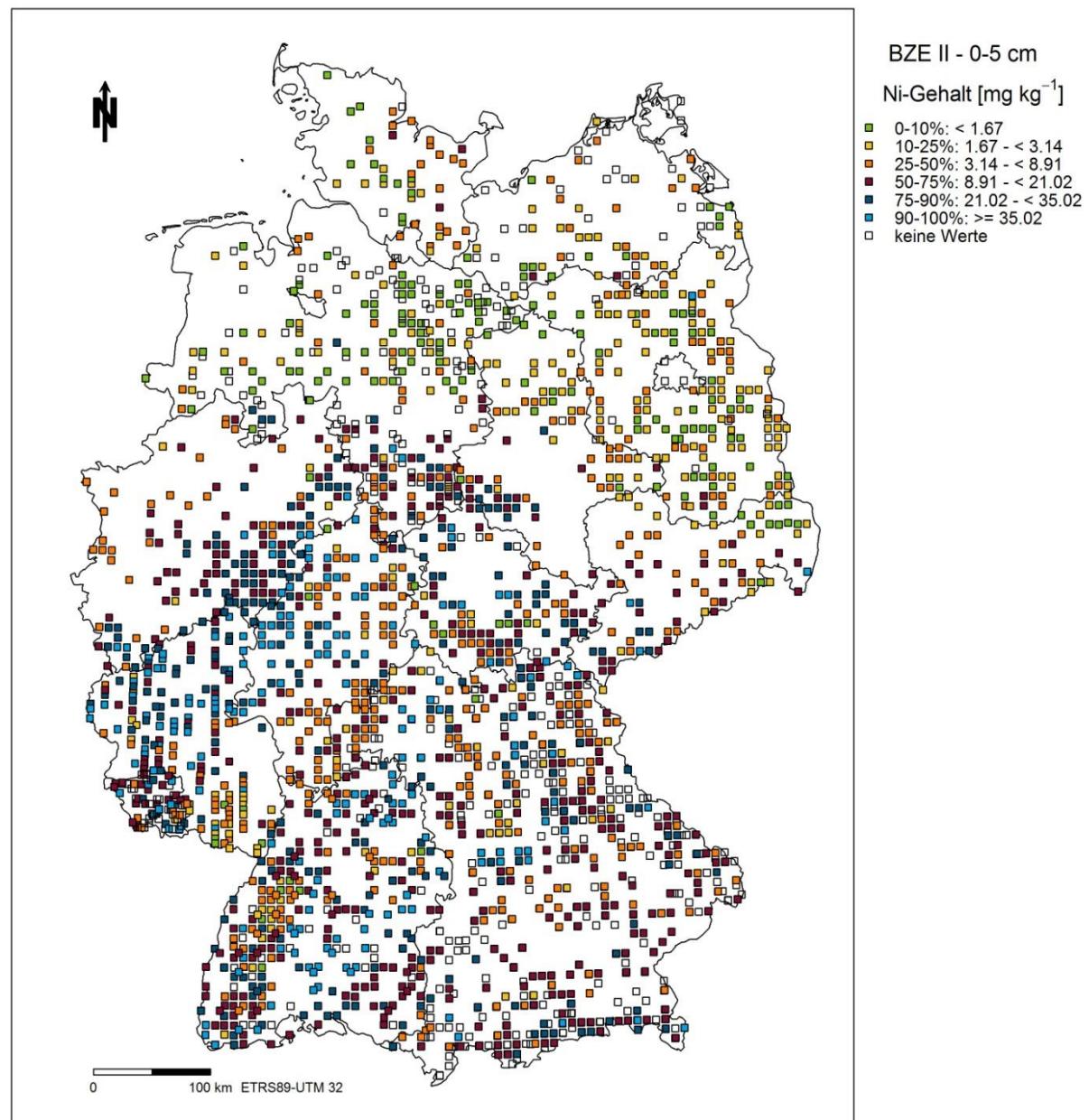


**Hauptkomponentenanalyse (PCA) für Gehalte [ $\text{mg kg}^{-1}$ ] der Schwermetalle im Auflagehumus**

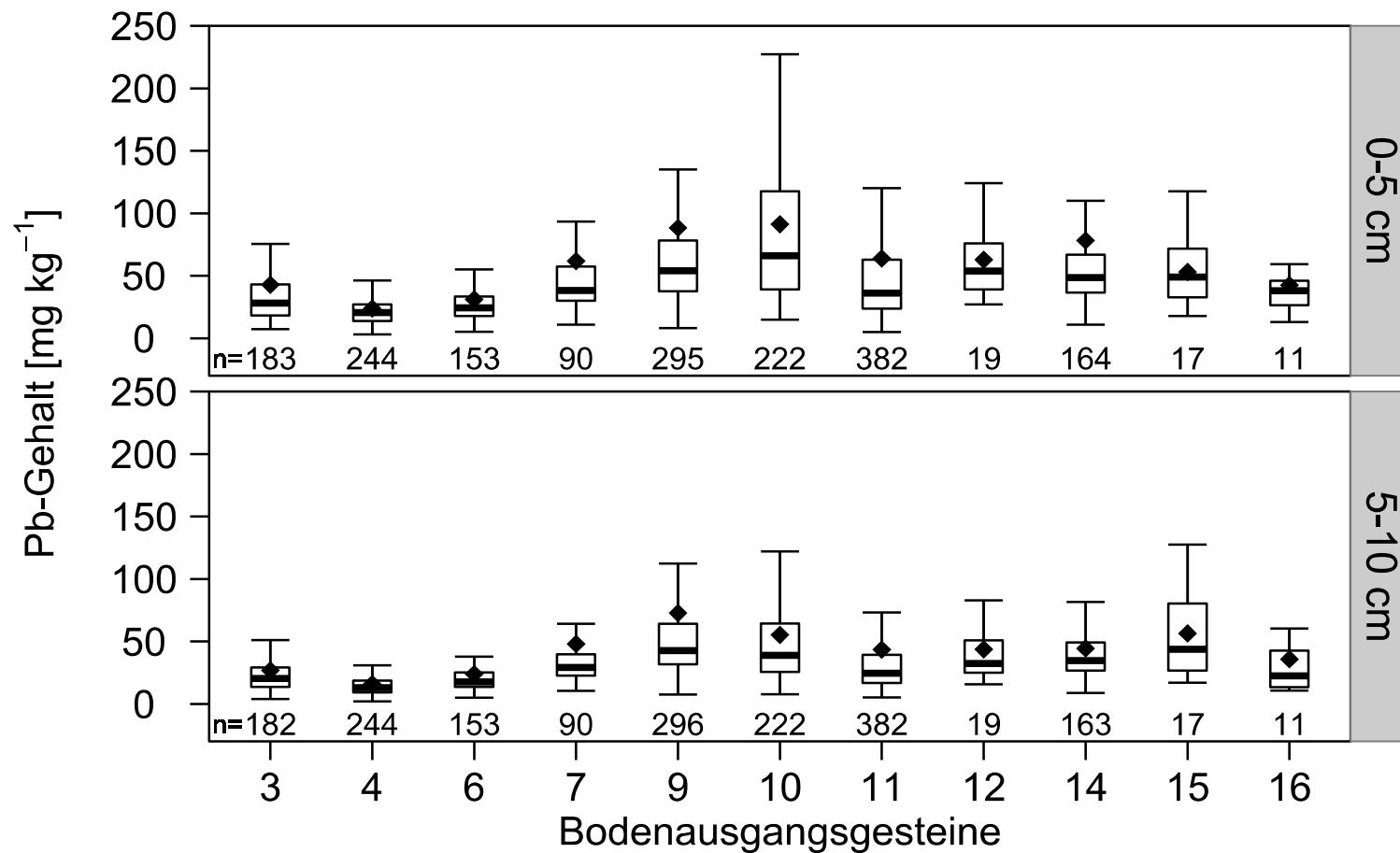


**Differenzierung des Gehaltes [mg kg<sup>-1</sup>] von a) Cd und b) Pb nach Horizonten im Auflagehumus. N = 81 pro Boxplot**

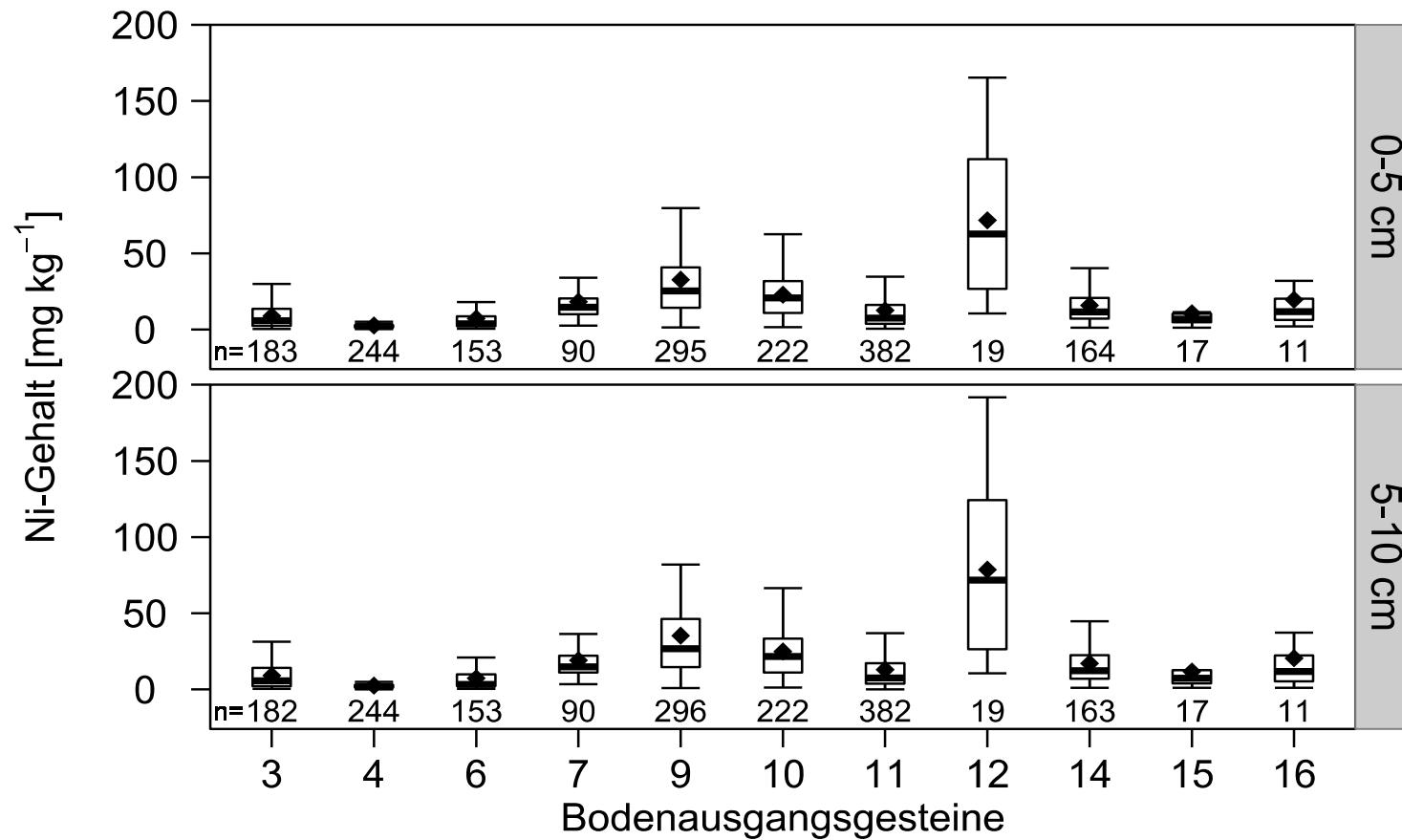
**Ni-Gehalte in der ersten  
Schicht (0-5 cm) des  
Mineralbodens  
differenziert in sechs  
Perzentilklassen**



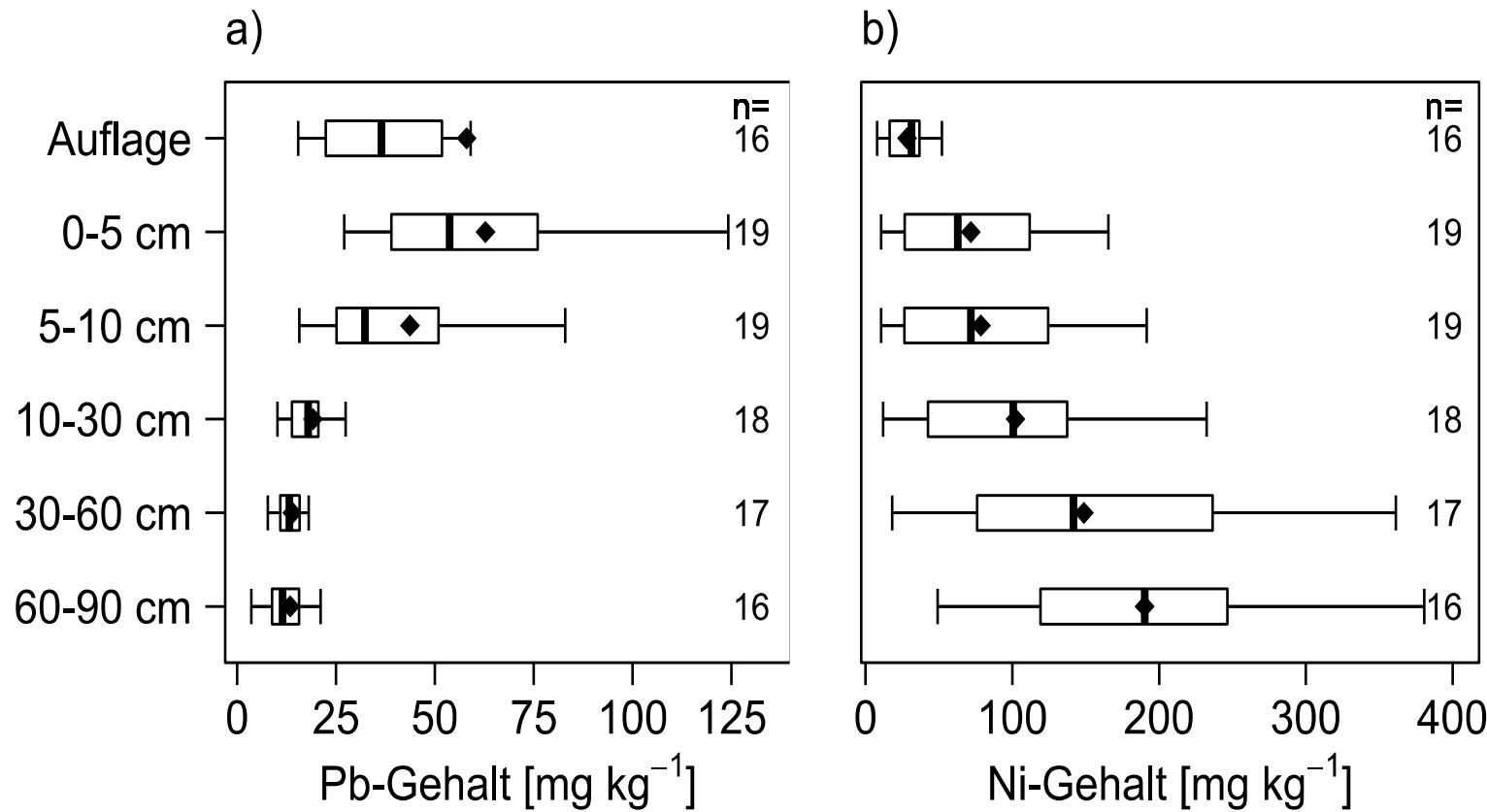
## Gehalte und Vorräte von Schwermetallen in Waldböden



**Pb-Gehalt [ $\text{mg kg}^{-1}$ ] differenziert nach Bodenausgangsgesteinen für die Tiefenstufen 0-5 cm und 5-10 cm.** (3 = Terrassen- und Schotterablagerungen, 4 = Sande und mächtige sandige Deckschichten sowie Geschiebemergel und -lehme mit sandigen Deckschichten, 6 = Geschiebemergel und -lehme, 7 = Löss und Lössderivate, 9 = Karbonatgesteine, 10 = Tongesteine, 11 = Sandsteine und andere Silikatgesteine, 12 = Basische und intermediäre Magmatite und Metamorphite, 14 = Saure Magmatite und Metamorphite, 15 = Moore, 16 = Anthropogene Böden)



**Ni-Gehalt [mg kg<sup>-1</sup>] differenziert nach Bodenausgangsgesteinen für die Tiefenstufen 0-5 cm und 5-10 cm.** (3 = Terrassen- und Schotterablagerungen, 4 = Sande und mächtige sandige Deckschichten sowie Geschiebemergel und -lehme mit sandigen Deckschichten, 6 = Geschiebemergel und -lehme, 7 = Lösse und Lössderivate, 9 = Karbonatgesteine, 10 = Tongesteine, 11 = Sandsteine und andere Silikatgesteine, 12 = Basische und intermediaire Magmatite und Metamorphite, 14 = Saure Magmatite und Metamorphite, 15 = Moore, 16 = Anthropogene Böden)



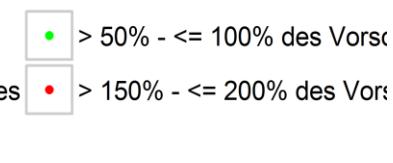
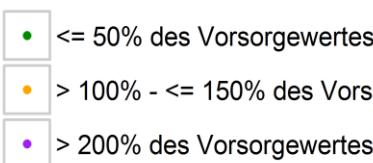
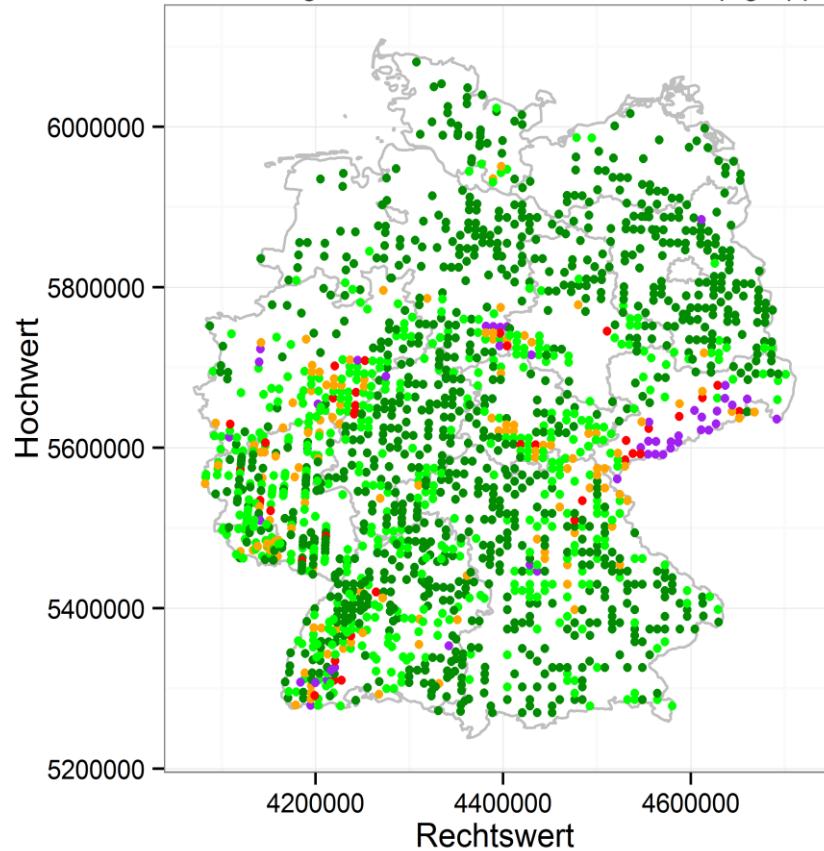
**Tiefenverlauf der Gehalte  $\text{mg kg}^{-1}$  von a) Pb und b) Ni auf der Boden- ausgangsgesteinsgruppe der basischen & intermediären Magmatite und Metamorphite (BAG 12)**

**Anteile [%] von sieben Schwermetallen am Vorsorgewert (klassierte Unter- oder Überschreitungsklassen)**

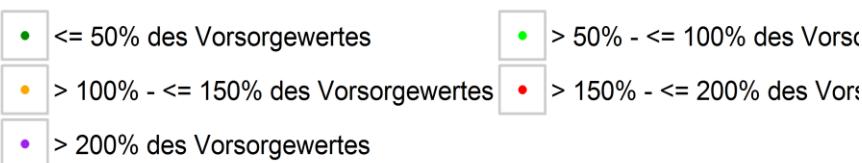
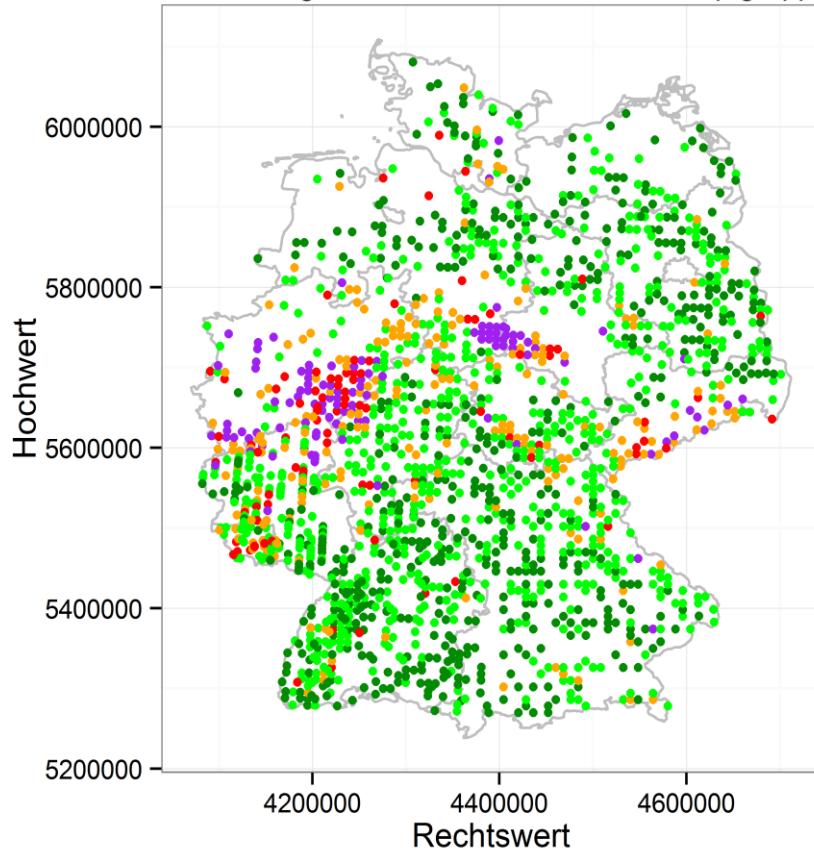
Prozentualer Anteil am Vorsorgewert	Anteil [%]						
	As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Zn
≤ 50%	54,9	32,0	82,0	65,6	77,0	70,1	68,2
> 50% - ≤ 100%	26,8	38,9	8,6	21,8	12,4	16,8	20,3
<hr/>							
> 100% - ≤ 150%	6,7	11,3	1,8	3,5	2,4	3,7	3,0
> 150% - ≤ 200%	2,0	4,8	0,4	0,8	0,4	1,1	1,1
<hr/>							
> 200%	2,5	6,0	0,2	1,4	0,8	1,4	0,4
Sonstige	7,0	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9

## Gehalte und Vorräte von Schwermetallen in Waldböden

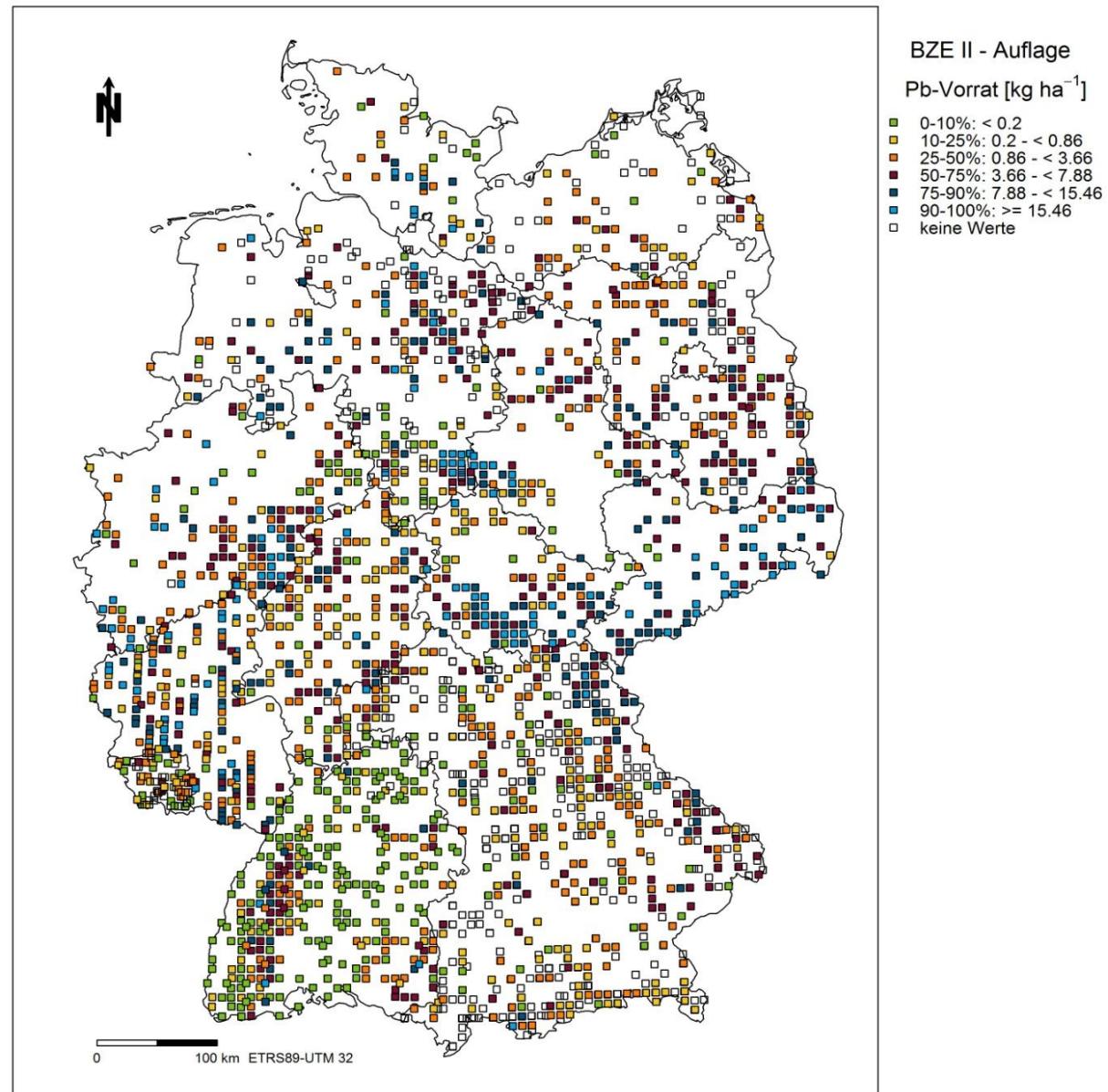
BZE II, Mineralboden 0-5 cm (ohne Moore und Standorte > 30%)  
As - Vorsorgewerte anhand Bodenartenhauptgruppe

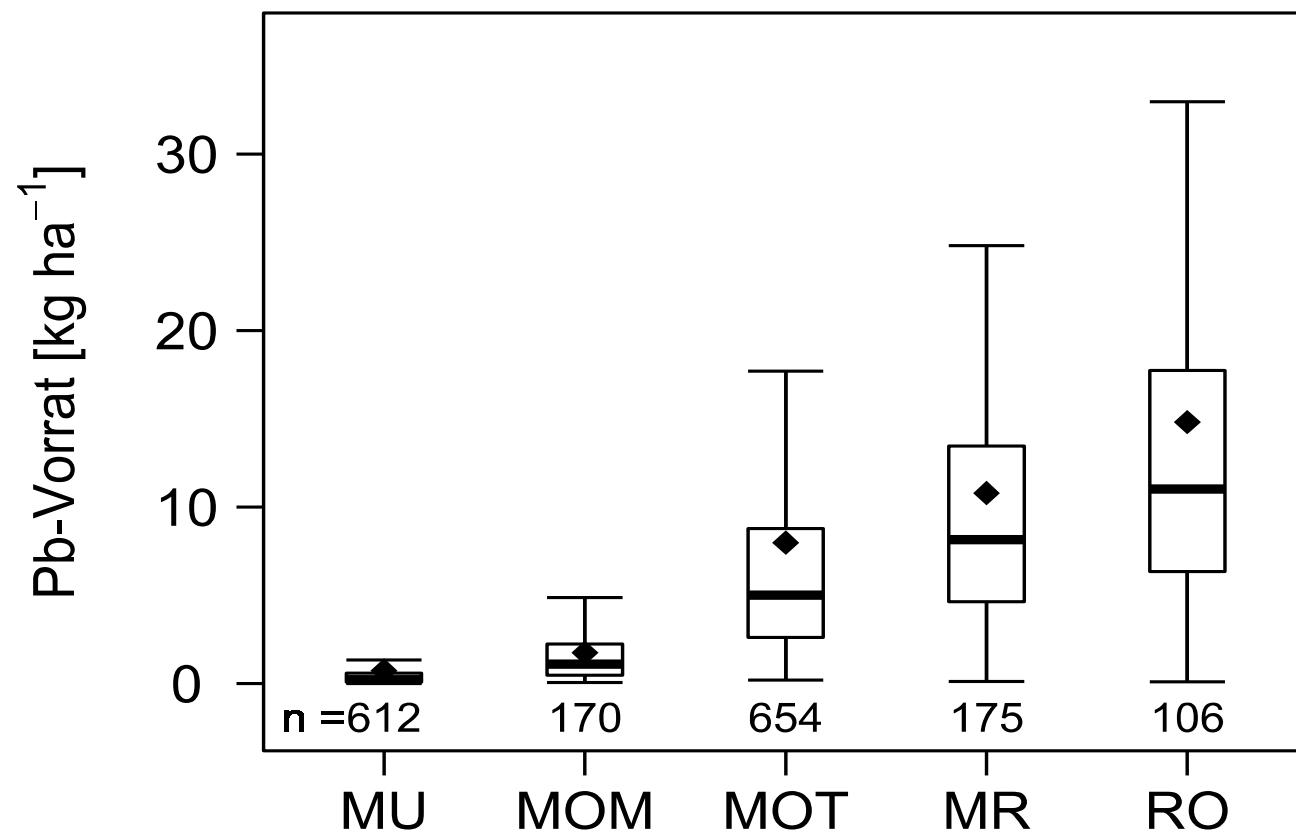


BZE II, Mineralboden 0-5 cm (ohne Moore und Standorte > 30%)  
Pb - Vorsorgewerte anhand Bodenartenhauptgruppe



## Pb-Vorrat in der Humus- auflage differenziert in sechs Perzentilklassen

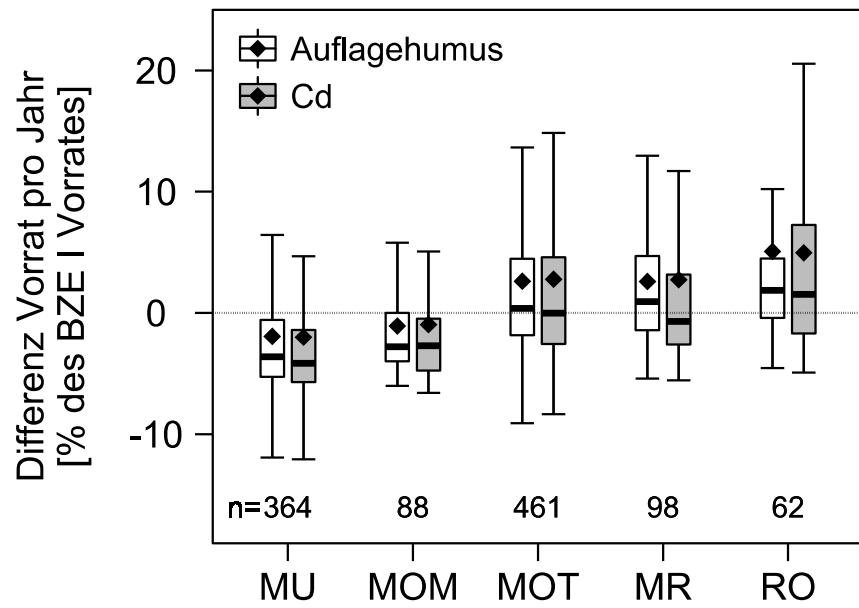
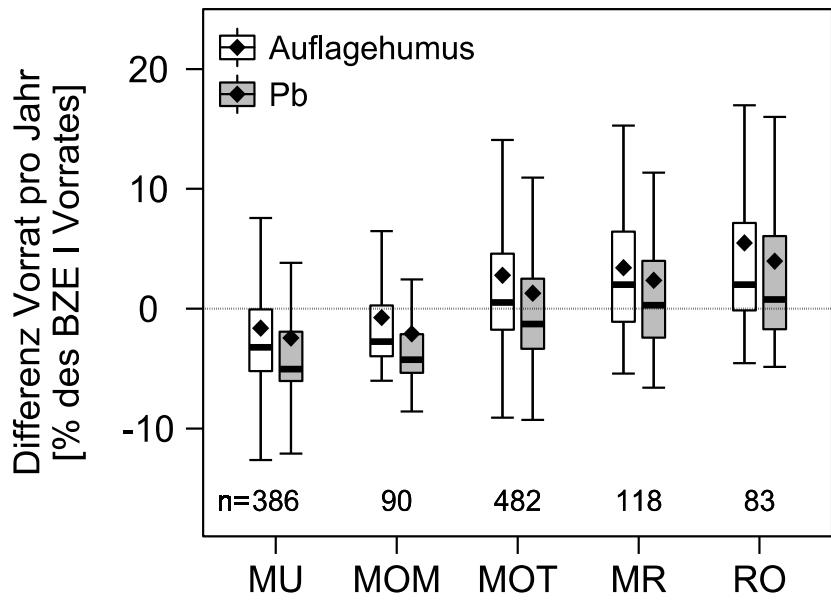




**Pb-Vorrat [kg ha<sup>-1</sup>] in der Auflage differenziert nach Humusform**  
(MU = Mull, MOM = mullartiger Moder, MOT = typischer Moder, MR = rohhumusartiger Moder, RO = Rohhumus).

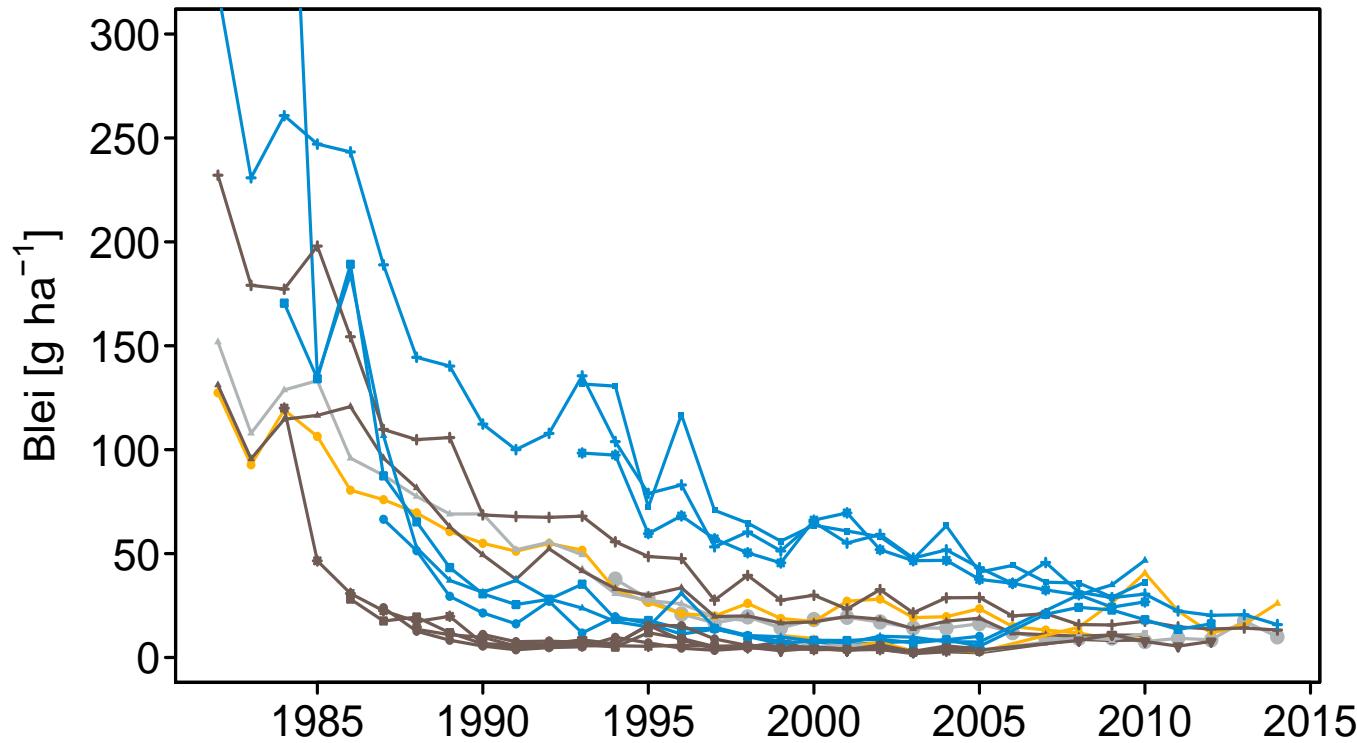
**Mittlere Vorräte (kg ha<sup>-1</sup>) der Schwermetalle in der Auflage sowie Vorrat des Auflagehumus des gepaarten Stichprobenkollektivs für BZE I und BZE II sowie Differenz und Veränderung (%)**

	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Zn	Auflage
<b>Median BZE I</b>	4,49	0,024	0,67	0,83	0,48	3,22	47909
<b>Median BZE II</b>	3,01	0,019	0,52	0,68	0,39	2,86	47024
<b>BZE II - BZE I</b>	-1,47	-0,005	-0,14	-0,15	-0,09	-0,36	-885
<b>Veränderung</b>	-33%	-20%	-22%	-18%	-20%	-11%	-2%
<b>n</b>	<b>1183</b>	<b>1091</b>	<b>520</b>	<b>1183</b>	<b>551</b>	<b>1183</b>	<b>1224</b>

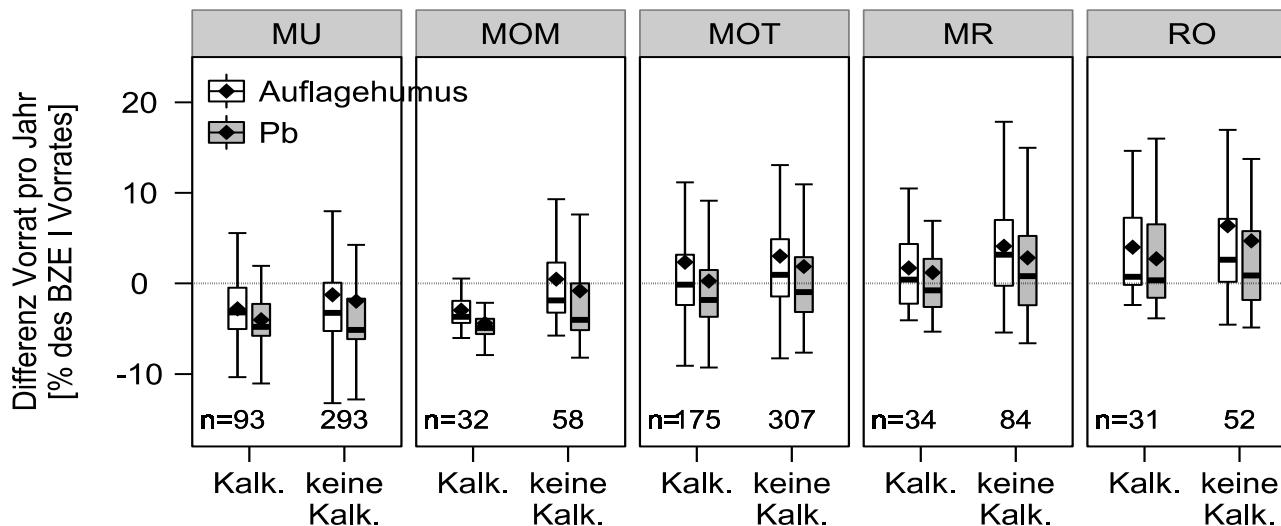


**Veränderung des Vorrates für Pb und Cd zwischen BZE I und BZE II pro Jahr [% des BZE I Vorrates] für den Auflagehumus und in Abhängigkeit der Humusform (MU = Mull, MOM = mullartiger Moder, MOT = typischer Moder, MR = rohhumusartiger Moder, RO = Rohhumus)**

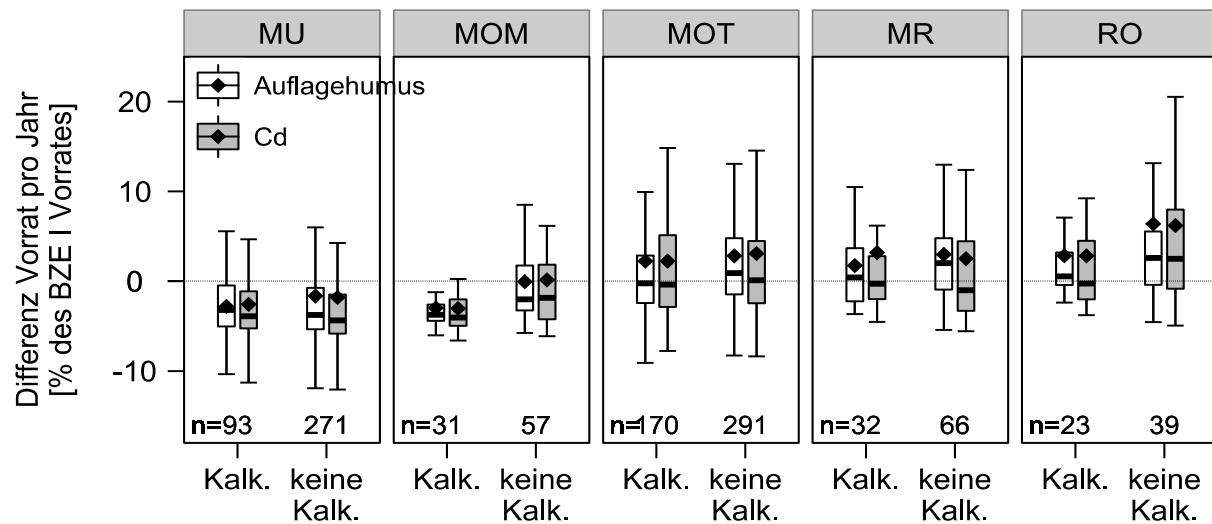
● AUKI   ● FODBU   ▲ GWBU   ■ HRIKI   ■ LBFKA   + SLFI   ☐ WIZFI  
● EHEI   ● FODFI   ■ HRIBU   \* KRFBU   \* LBFNH   ☐ SPEBU   ⊕ ZIEBU  
▲ EHKI   ▲ FUKI   ▲ HRIEI   ▲ KSTFI   + SLBU   ▽ WIZBU



**Einträge von Blei mit der Kronentraufe auf 20  
niedersächsischen und hessischen Versuchsflächen**



**Veränderung des Pb- und Cd-Vorrates zwischen BZE I und BZE II pro Jahr [% des BZE I Vorrates] für den Auflagehumus als Funktion von Kalkung**



## Fazit:

- ▶ Unterschiedlich ausgeprägte atmogene Überprägung der geogen und/oder bergbau-bedingten Schwermetallgehalte im Mineralboden (atmogene Überprägung v.a. bei Pb, Cd, Hg; geogen erhöhte Gehalte v.a. bei Ni, Cr, Zn (Festgesteinsböden))
- ▶ Klare Differenzierung der Gehalte in der organischen Auflagen nach Humushorizonten bei Metallen mit hoher Affinität zur organischen Substanz (v.a. Pb, Cu, Cr, Ni, Hg)
- ▶ Flächenhaft +/- deutliche Unterschreitung der Vorsorgewerte in den Mineralböden (Ausnahme: As ▶ 13,2% und Pb ▶ 22,1% Überschreitungshäufigkeit).
- ▶ Deutlicher Zusammenhang zwischen Veränderungen der Schwermetallvorräte in den Humusaufslagen und der Veränderung des Humusvorrates; negativen Veränderungen der Schwermetallvorräte in der Humusauflage stehen positive Veränderungen in den mineralischen Oberböden gegenüber (vgl. Auswertungen NRW). Veränderungen der Schwermetallvorräte in den Auflagen sind auch auf abnehmende Schwermetallimmissionen über die letzten 30 Jahre zurückzuführen.
- ▶ Tendenzielle Verstärkung des Schwermetall-Vorratsabbaus in den Auflagen durch Kalkung (v.a. bei mächtigeren Humusformen); Verlagerung in den mineralischen Oberboden.

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Kontakt: Jens Utermann

 0340 2103 2314

<mailto:jens.uttermann@uba.de>

[www.uba.de](http://www.uba.de)