

# Ableitung und Bedeutung methodenspezifischer Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser

Jens Utermann

jens.utermaann@uba.de

4. Sächsisch-Thüringische Bodenschutztag 16.-17.06.2011

*Utermann, J.: Ableitung und Bedeutung methodenspezifischer Prüfwerte  
für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser*

## Anhang 2 (BBodSchV, 1999):

- ▶ „Sickerwasserprognose“ mit **Prüfwerten** als materieller Maßstab zur **Gefährdungsabschätzung für den Pfad Boden-Grundwasser („Nachsorge“)**
- ▶ Referenzverfahren für Materialuntersuchungen aus der ungesättigten Bodenzone: Bodensättigungsextrakt (W/F 0,25:1), alternativ DIN 38414-4 (W/F 10:1)

Anorganische Stoffe (Auswahl)		Prüfwert [µg/l]	GFS [µg/l]
Antimon	Sb	10	<b>5</b>
Arsen	As	10	10
Blei	Pb	25	<b>7</b>
Cadmium	Cd	5	<b>0,5</b>
Chrom	Cr	50	<b>7</b>
Kobalt	Co	50	<b>8</b>
Kupfer	Cu	50	<b>14</b>
Molybdän	Mo	50	<b>35</b>
Nickel	Ni	50	<b>14</b>
Quecksilber	Hg	1	<b>0,2</b>
Selen	Se	10	<b>7</b>
Vanadium	V	-	<b>4</b>
Zink	Zn	500	<b>58</b>

### Geringfügigkeitsschwellenwert (GFS) (LAWA 2004):

Konzentration, bei der trotz einer Erhöhung der Stoffgehalte gegenüber regionalen Hintergrundwerten keine relevanten ökotoxischen Wirkungen auftreten können und die Anforderungen der Trinkwasserverordnung oder entsprechend abgeleiteter Werte eingehalten werden.



## Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen → Teil II, 1.2: Technische Regeln für die Verwertung von Bodenmaterial – TR Boden (05.11.2004)

- ▶ Regelungen zum uneingeschränkten Einbau von Bodenmaterial, zur Verfüllung von Abgrabungen sowie für den eingeschränkten Einbau in technischen Bauwerken, ggf. mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen
- ▶ System der **Zuordnungswerte** für Feststoffe (Königswasserextrakt) und Eluate (S4 Eluat (W/F 10))
- ▶ LAGA M 20 Regelwerke haben empfehlenden Charakter  
→ keine bundesweit einheitliche Anwendung

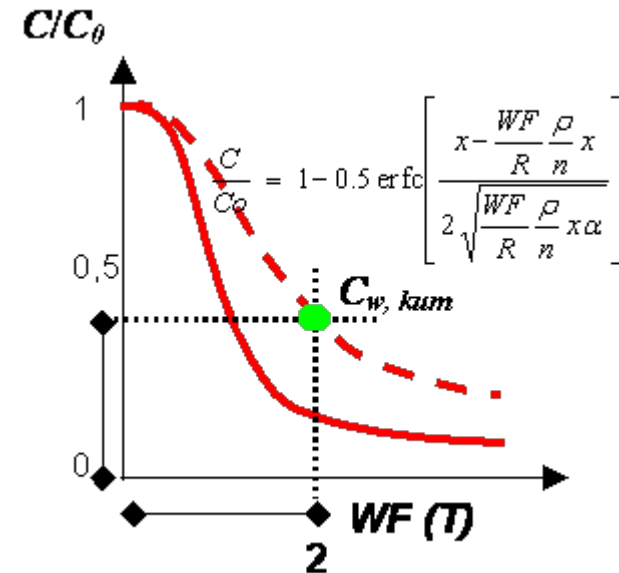
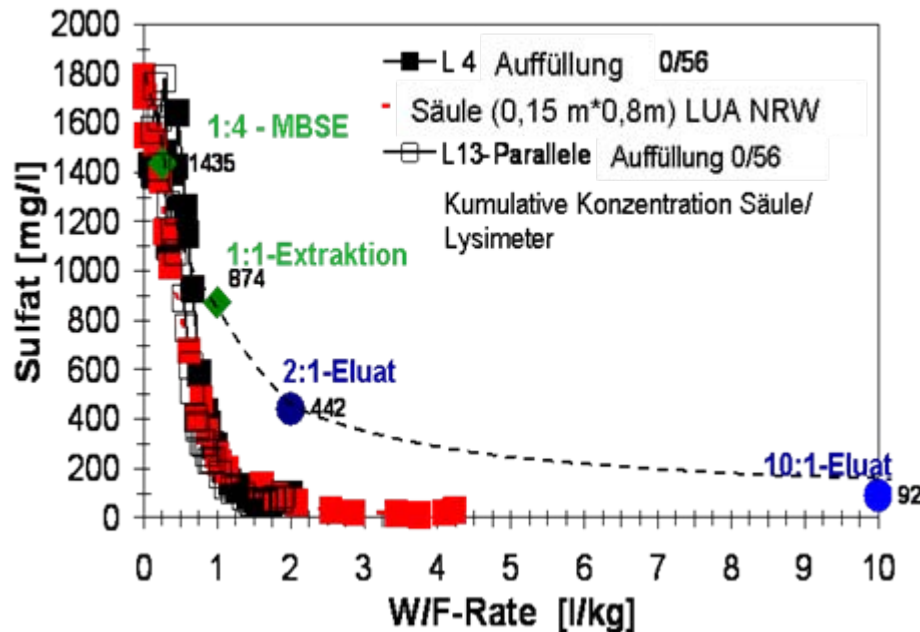
Parameter	Dimension	Z 0/Z0*
Arsen	µg/L	14
Blei	µg/L	40
Cadmium	µg/L	1,5
Chrom (gesamt)	µg/L	12,5
Kupfer	µg/L	20
Nickel	µg/L	15
Quecksilber	µg/L	< 0,5
Zink	µg/L	150

## Laborexperimente



## Wesentliche F&E Ergebnisse "SiWaP"

Labormethoden – geeignete Elutionsmethoden



Quelle: Susset & Leuchs 2008

# Rechtliche & methodische Ausgangslage:

- ▶ Bodenbezogene Gesetzgebung wird zukünftig die Elution von (Boden-) Materialien bei **W/F 2:1** zur Charakterisierung des mittelfristigen Emissionsverhaltens im Hinblick auf den Pfad Boden-Grundwasser vorschreiben

## 2:1 Eluat als neues Referenzverfahren!

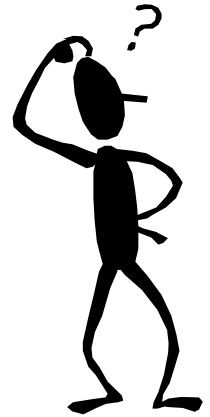
- ▶ (Geringfügigkeits-) Schwellenwerte als materieller Maßstab für den guten chemischen Zustand von Grundwässern → in Teilen strengere Wertekategorie als die geltenden Prüfwerte f.d. Pfad Boden-Grundwasser (BBodSchV)

**neue Prüfwerte – anwendbar auch auf die ungesättigte Bodenzone/Bodenmaterialien?**



## Problemstellung:

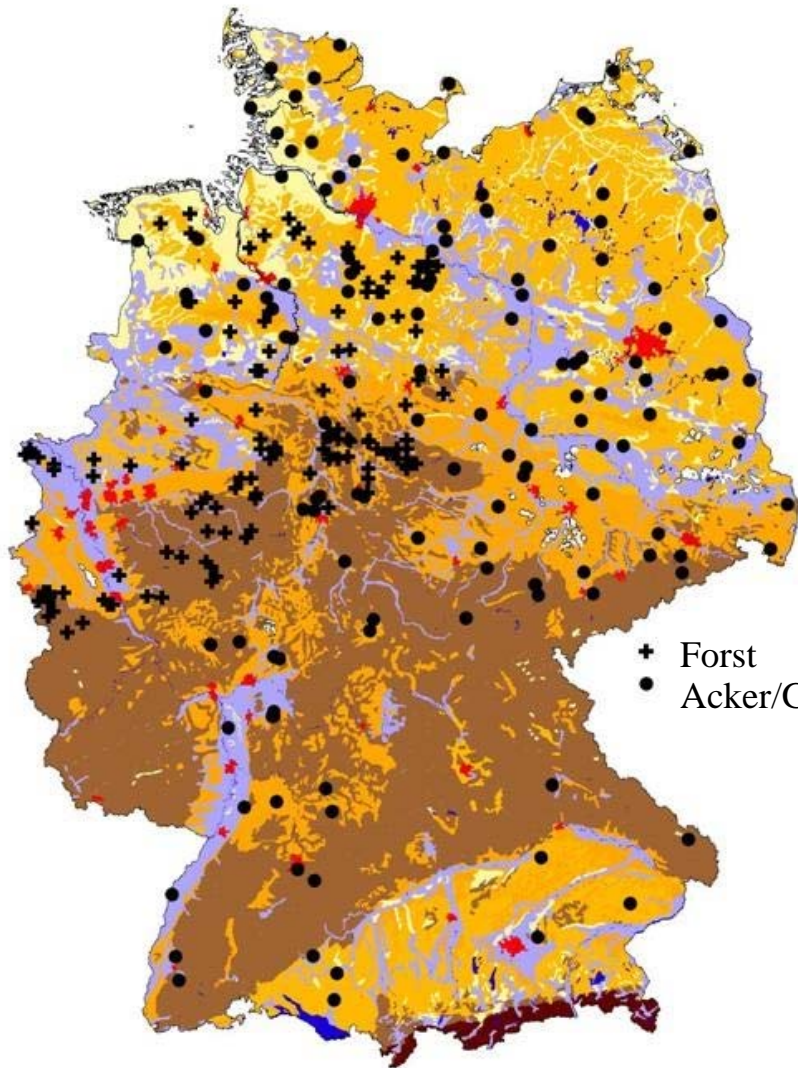
- ▶ Kein funktionaler Zusammenhang zwischen Messwerten im 2:1 Eluat und Prüfwerten oder GFS-Werteniveau;
- ▶ Keine repräsentativen Informationen zum Werteniveau für gelöste Spurenelemente (*WF 2*) unbelasteter Böden;



## Methodischer Ansatz:

- ▶ Untersuchung repräsentativer Proben von unbelasteten Standorten im Hinblick auf Spurenelementgehalte im 2:1 (Schüttel-) Eluat
- ▶ Ableitung von **methodenspezifischen Hintergrundwerten (Bezug: W/F 2:1)** als obere Werteschwelle für ein typisches Konzentrationsniveau von unbelasteten Böden
- ▶ **Grundannahme:** Das heute in der Fläche anzutreffende Konzentrationsniveau für gelöste Spurenelemente in der ungesättigten Zone führt nicht zu einer mehr als geringfügigen Grundwasserbelastung
- ▶ **Paradigmenwechsel:** Materielle Maßstäbe im Kontext zu Elutionsverfahren





## Probenahmestandorte:

➔ 879 Bodenproben von 296 Monitoring Standorten (forst-/landwirtschaftliche Landnutzung)

	Acker	Grünland	Forst	Gesamt
<b>Anzahl Standorte</b>	101	32	163	296
<b>Anzahl Proben</b>	354	85	440	879

# Variation mobilitätsbestimmender Bodeneigenschaften:

	n	Perzentile			Spannweite
		5	50	95	
<b>pH (H<sub>2</sub>O)</b>	439	4,7	6,6	7,9	4.0 - 8.6
	440	3,6	4,3	6,6	3.4 - 7.9
<b>organischer Kohlenstoff</b>	439	0	0,3	2,9	0 - 11.4
	[Mass-%]	440	0,1	1,4	5,8
<b>Tongehalt</b>	439	0,4	17,2	40,5	0.1 - 76.1
	[Mass-%]	440	0,9	11,2	42,3
<b>KAK<sub>eff</sub></b>	439	9,1	85,4	285,3	1.3 - 585.1
	[mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> ]	440	7,6	56,6	316,3
Landwirtschaft	Forst				



# Verfahrenseckpunkte DIN 19529:

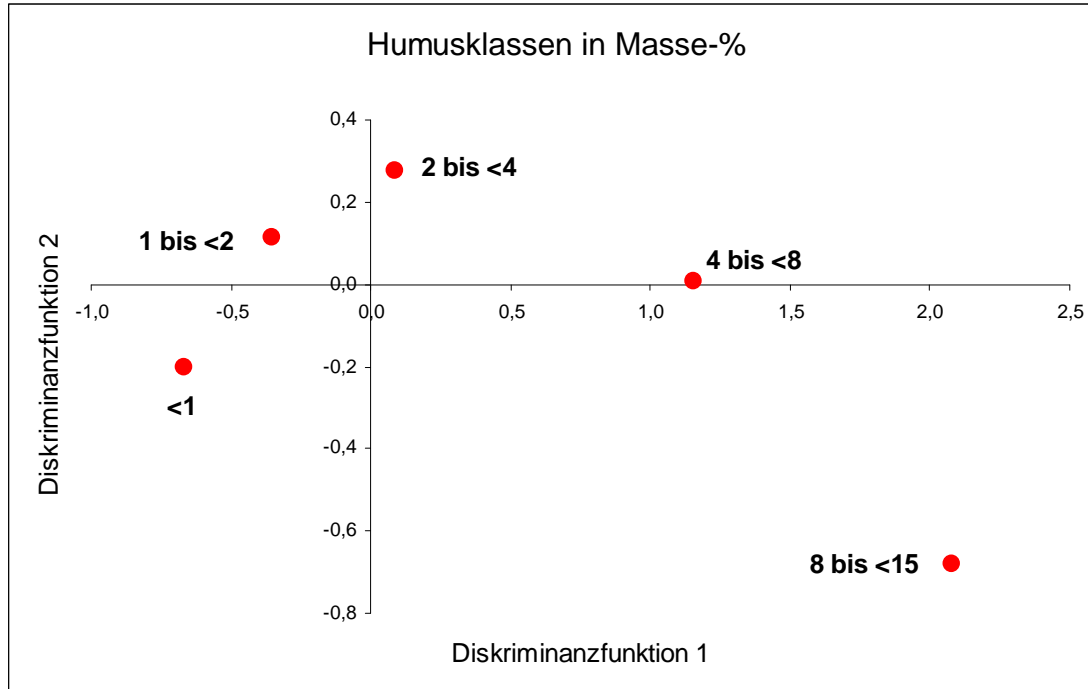
## Schüttelverfahren zur Untersuchung des Elutionsverhaltens von anorganischen Stoffen bei einem Wasser-/Feststoffverhältnis 2:1



- ▶ Einwage: 15 g luftgetrockneter Bodenproben (< 2 mm)
- ▶ Wasser-/Feststoffverhältnis 2:1
- ▶ “Quasi-Gleichgewichtseinstellung”: 24 h (Überkopfschüttelung bei 5 rpm)
- ▶ ca. 15 Min. absetzen lassen der suspendierten Stoffe
- ▶ Zentrifugation der Suspension 30 Min. (2000 g bei 18 °C)
- ▶ Druckfiltration durch 0,45 µm Cellulose-Acetat Filter (Verhältnis Filtergröße zu filtriertem Volumen: ca. 1,3)
- ▶ Messung der Elementgehalte mittels ICP-MS-Quadrupol

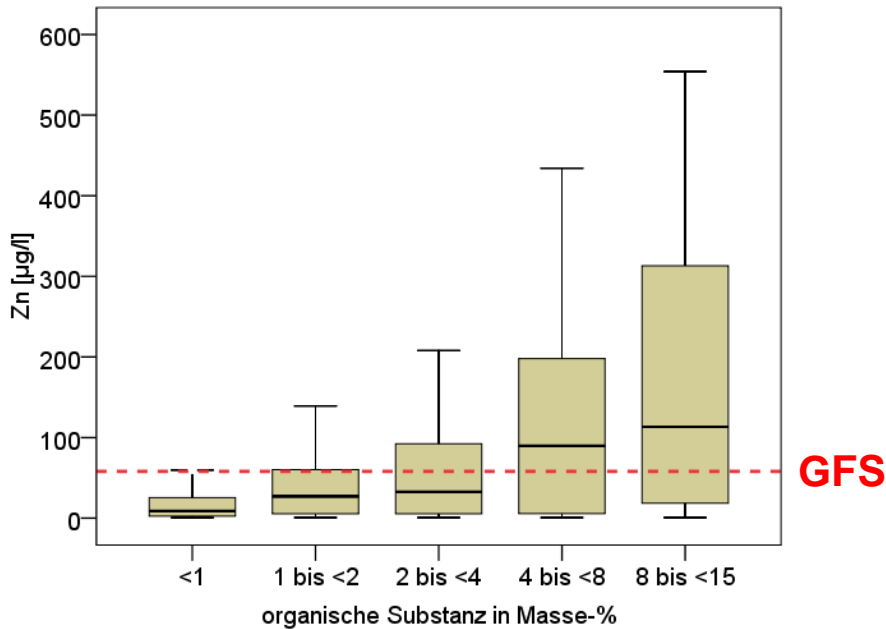
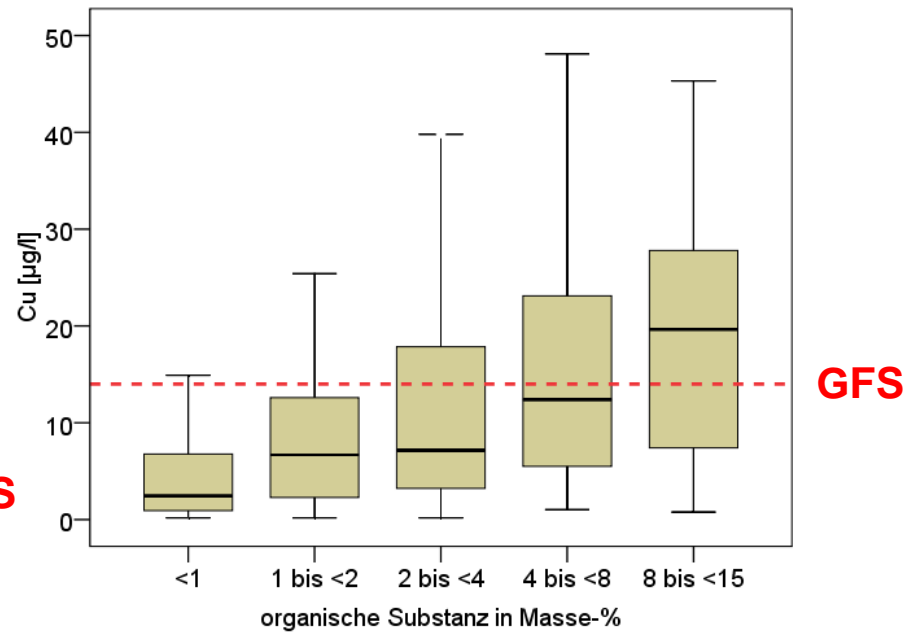
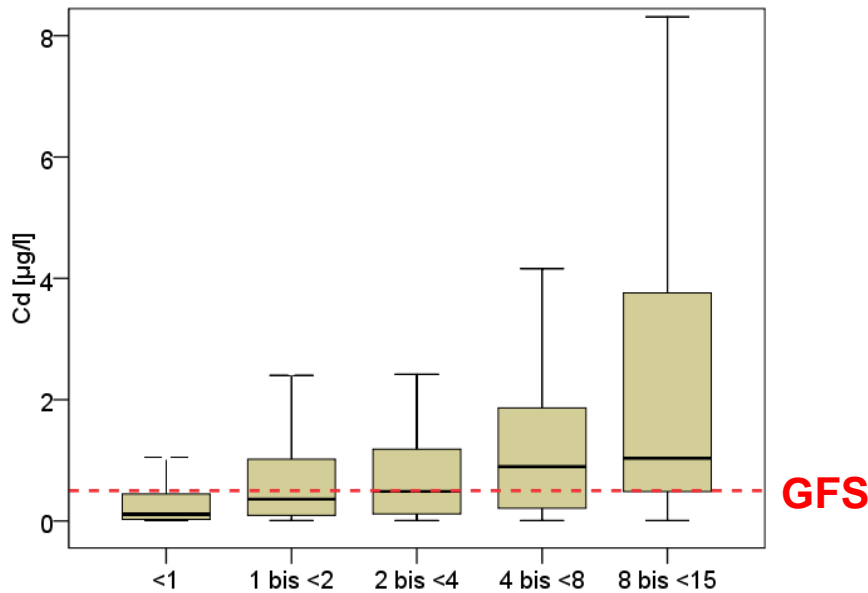
# Diskriminanzanalysen:

- ▶ 879 Datensätzen (Gruppenvariablen: Humusklassen, unabhängige Variablen: Spurenelementgehalte in der Bodenlösung)

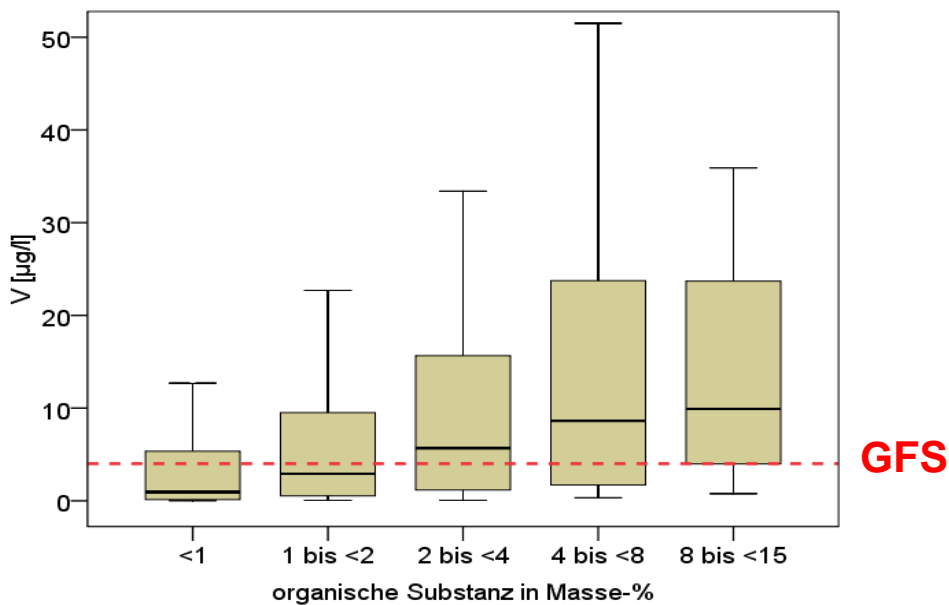
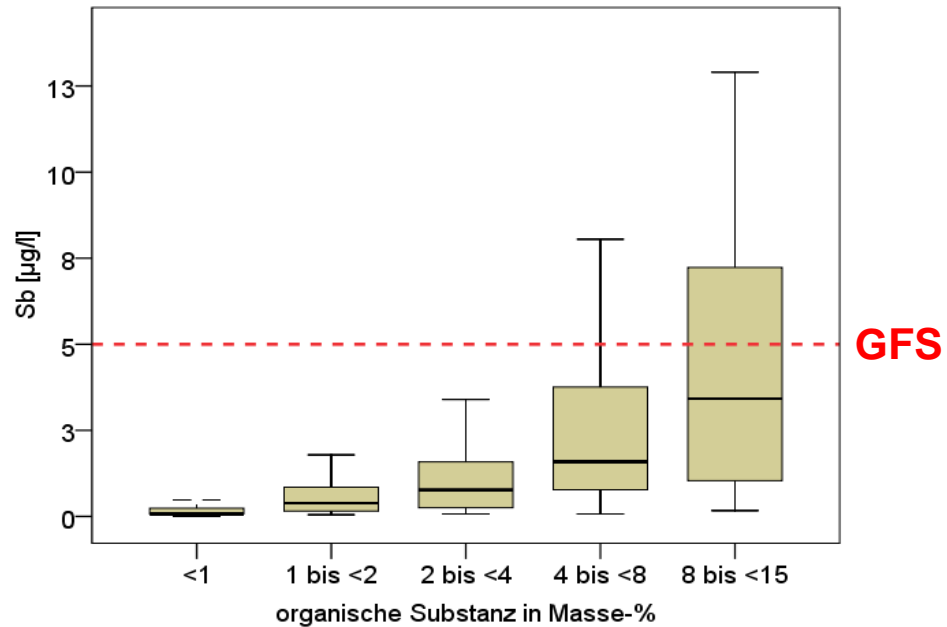
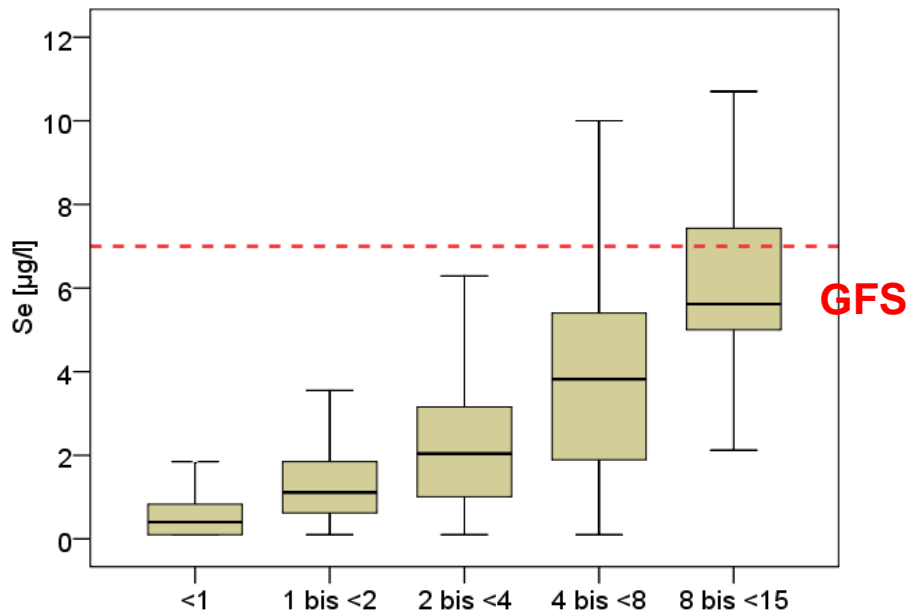


**Abb.:** Gruppenzentroide für Humusgehalte (Humusklassen nach KA 5)

- ▶ Daten lassen sich nach Humusgehalten differenzieren → die ersten beiden Diskriminanzfunktionen erklären ca. 98 % der Varianz

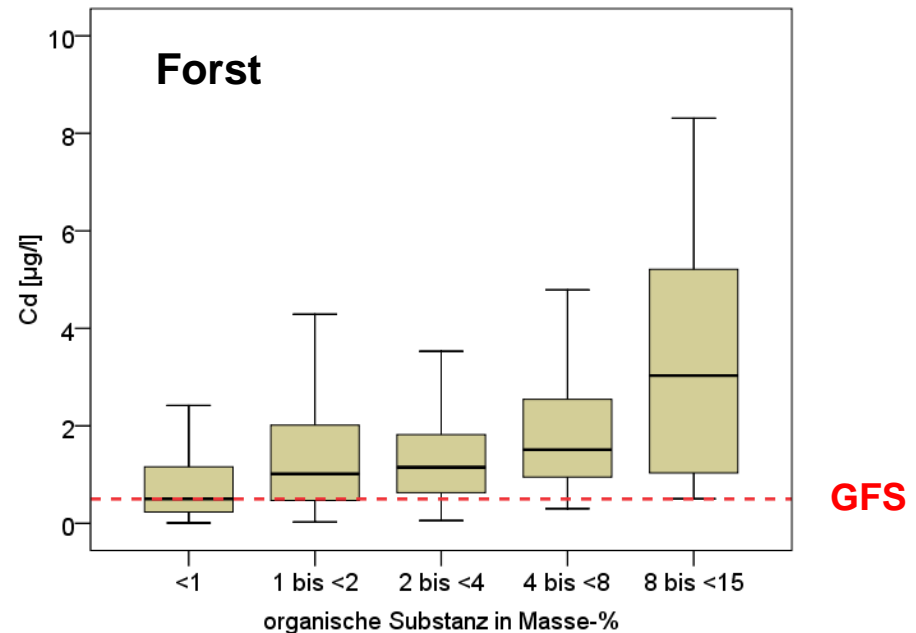
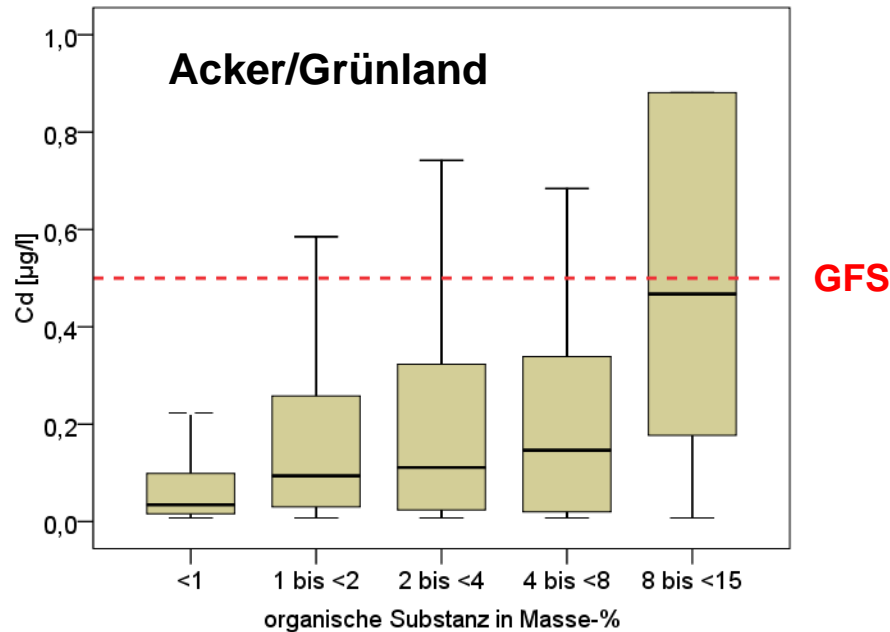


**Abb.:** Whisker-Boxplots der Cd, Cu & Zn-Konzentrationen im wässrigen Eluat (W/F 2) von Bodenproben, differenziert nach Humusgehaltsklassen



**Abb:** Whisker-Boxplots der Se, Sb & V-Konzentrationen im wässrigen Eluat (W/F 2) von Bodenproben, differenziert nach Humusgehaltsklassen

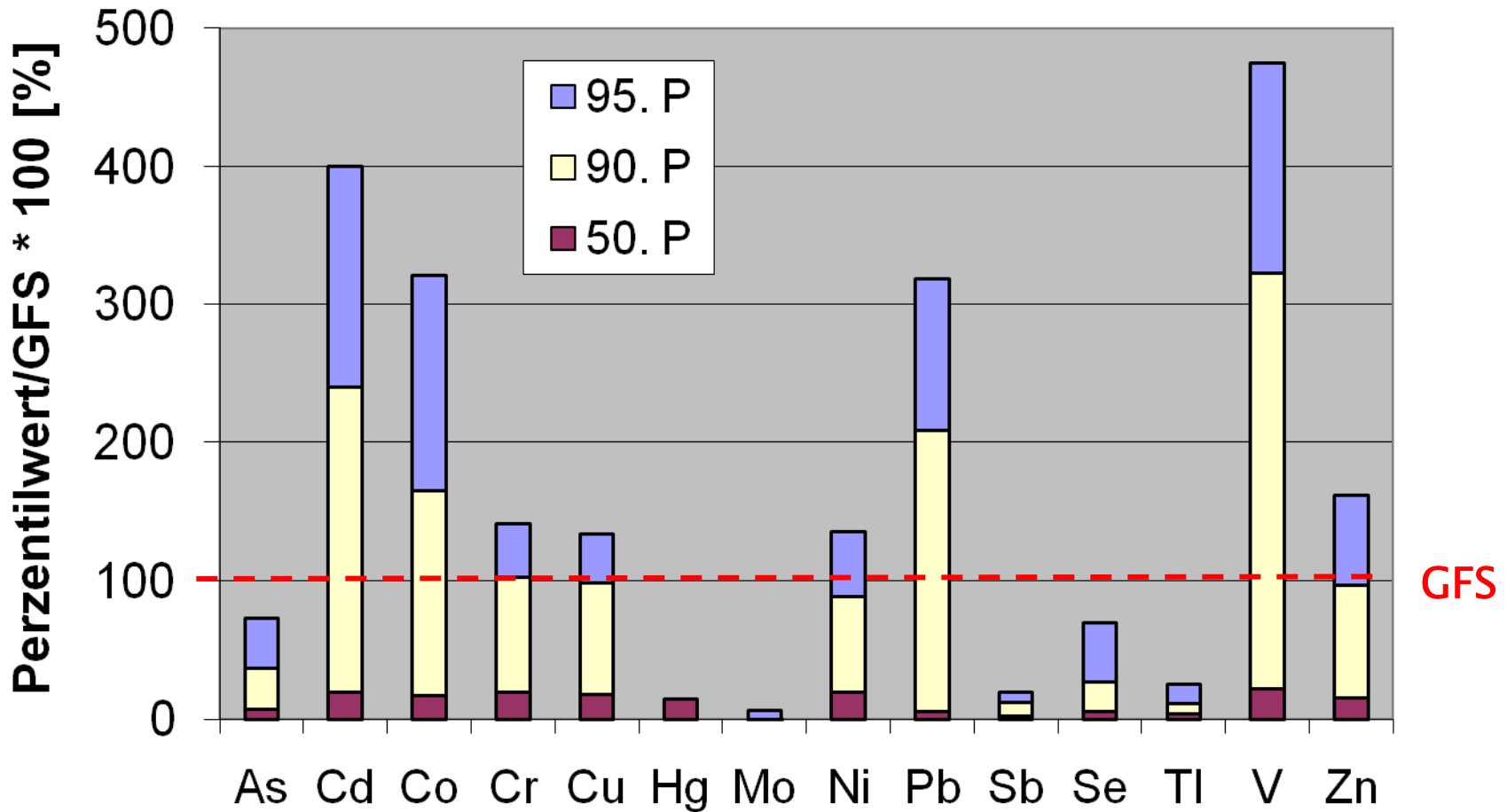
# Stratifizierte Datenauswertung nach Landnutzung:



- ▶ Systematisch steigende Konzentrationen mit zunehmendem Humusgehalt der Böden bei allen Elementen und Teildatensätzen (Forst/Landwirtschaft)
- ▶ Unterschiede im pH-Wert wirken sich auf das Konzentrationsniveau, nicht aber auf diesen generellen Trend aus
- ▶ **Vorschlag:** vereinfachte Gruppierung von Böden in 2 Humusklassen (< 1% Humus, 1% - < 4% Humus)

# Perzentilwerte im wässrigen Eluat (W/F 2) relativ zu GFS [%]

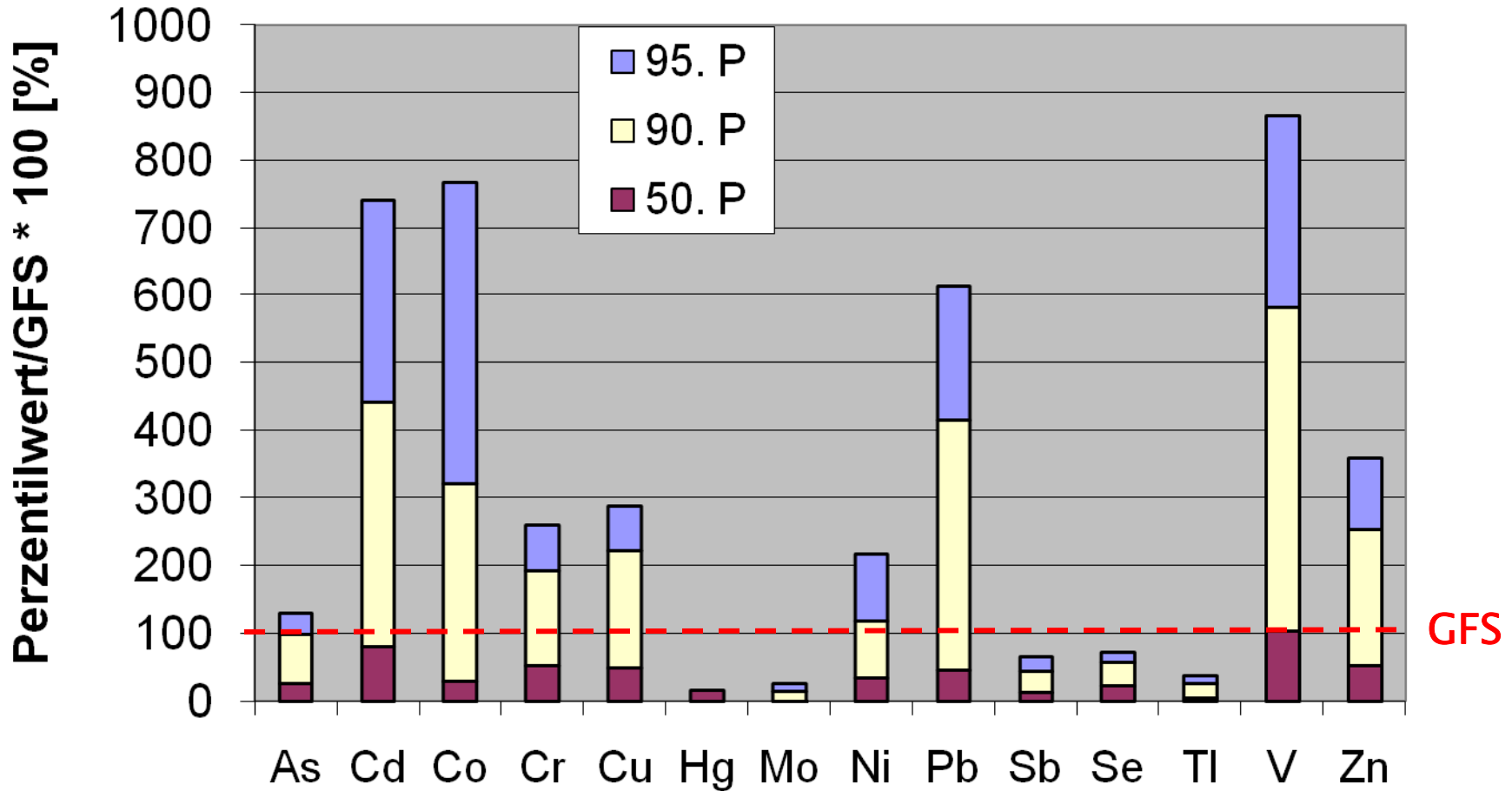
< 1 Masse-% organische Substanz





# Perzentilwerte im wässrigen Eluat (W/F 2) relativ zu GFS [%]

1 - < 4 Masse-% organische Substanz

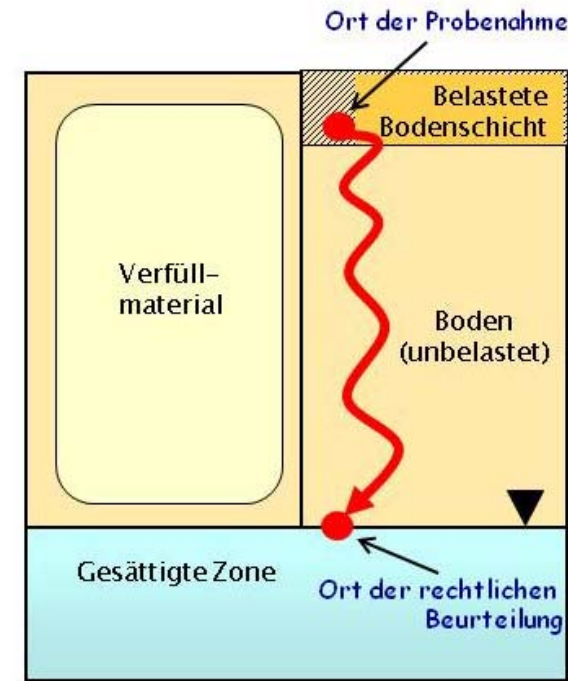


# Prüfwerte Pfad Boden-Grundwasser: Vergleich der Prüfwerte (BBodSchV 1999) mit Schwellenwerten der E-GrwV (2011) und methodenspezifischen Prüfwerten (E-BBodSchV 2011) (gelb markierte Felder: methodenspezif. Prüfwert > GFS)

			< 1 Masse-% Humus		1 - < 4 Masse-% Humus	
	Prüfwerte BBodSchV (1999)	GFS	95. Perz.	Methodenspez. Prüfwert <sup>1)</sup>	95. Perz.	Methodenspez. Prüfwert <sup>1)</sup>
	[µg L <sup>-1</sup> ]	[µg L <sup>-1</sup> ]	[µg L <sup>-1</sup> ]	[µg L <sup>-1</sup> ]	[µg L <sup>-1</sup> ]	[µg L <sup>-1</sup> ]
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	18,5
Cu	50	14	18,8	19	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	30,5
Pb	25	7	22,3	22,5	42,8	43
Sb	10	5	1,0	5,0	3,3	5,0
Se	10	7	4,9	7,0	5,0	7,0
Tl	-	0,8	0,2	0,8	0,3	0,8
V	-	4	19	19	34,6	35
Zn	500	58	94	94	208	208

1) BMU-Vorschlag 2011

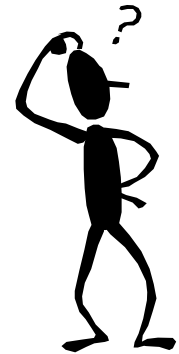
- ▶ **Anwendungsbereich** ungesättigte Bodenzone:
  - Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung/Altlast → Wirkungspfad Boden-Grundwasser
  - Auf/Einbringen von (Boden-) Material unter-/außerhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht (§12/12b)
  
- ▶ **Funktion:** Feststellung, ob die beprobten Feststoffproben im wässrigen Eluat ein untypisches Wertenniveau aufweisen (Messwerte (MW) im Vergleich zu methodenspezifischen Prüfwerten (mPW))
  
- ↘  $MW < mPW$  → Verdacht insofern ausgeräumt bzw.  
→ Vorsorgeanforderungen an die Verwertungsmaßnahme insofern erfüllt
  
- ↘  $MW > mPW$  → Sickerwasserprognose im Hinblick auf den Ort der Beurteilung bzw.  
→ Einzelfallprüfung für vorgesehene Verwertungsmaßnahme





## Fazit:

- ▶ Wässrige Elution (*WF 2*) von ca. 900 Bodenproben (Schüttelverfahren) belegt steigende Elementkonzentrationen als Funktion der organischen Substanzgehalte der Proben.
- ▶ Für die Ableitung von Hintergrundwerten (*HGW*, 95. Perzentilwerte) als oberes Wertenniveau für Elementkonzentrationen im 2:1 Eluat unkontaminierter Böden wird einer Differenzierung in humusarme ( $< 1\%$  Humus) und humushaltige ( $1 - < 4\%$  Humus) Bodenproben vorgeschlagen.
- ▶ Wertenniveau der *HGW* im 2:1 Eluat überschreitet bei 8 bzw. 9 von 14 Spurenelementen die *GFS*-Werte deutlich.
- ▶ Methodenspezifische Prüfwerte für die Sickerwasserprognose bzw. für die Verwertung (Auf-/Einbringen von (Boden-) Material unter-/außerhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht) sollten diese *HGW* nicht unterschreiten, wenn unnötige Detailuntersuchungen vermieden werden sollen.



Danke für Ihre Aufmerksamkeit