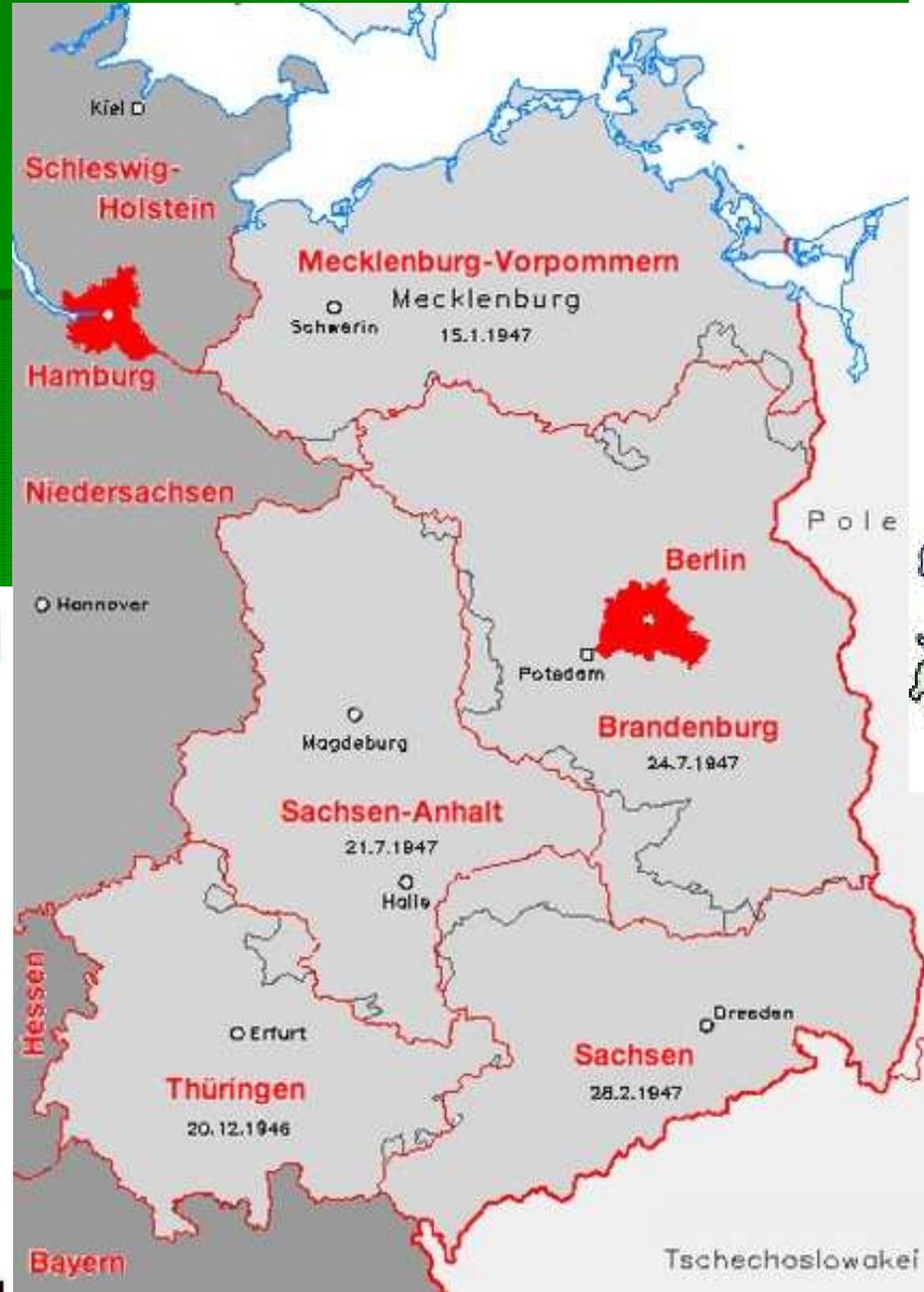


Die Werdung Sachsen-Anhalts

Die Entstehung des heutigen Sachsen-Anhalt vollzog sich in 3 Schritten:

- 1) Land Sachsen-Anhalt 1947-1952
- 2) Bezirke Halle und Magdeburg 1952-1990
- 3) Land Sachsen-Anhalt seit 1990

Land Sachsen-Anhalt 1947-1952



Land Sachsen-Anhalt seit 1990 (roter Umriss)



Verwaltungsbezirke der DDR 1952-1990

Zeittafel der Boden-Dauerbeobachtung in Sachsen-Anhalt

- ❖ 1990: Einrichtung der ersten 3 BDF durch die Geologische Forschung und Erkundung GFE GmbH mit Mitteln des MUNER (Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Energie und Reaktorsicherheit der DDR), ausgereicht durch die Bezirksverwaltungsbehörde Halle, Abt. Geologie (Mittelfreigabe an GFE GmbH am 31.08.1990)
- ❖ 1992-1994: Fortführung der Einrichtung neuer BDF durch das Geologische Landesamt mit Mitteln des Umweltministeriums des Landes Sachsen-Anhalt
- ❖ 1995: Fortführung der Einrichtung neuer BDF durch das Geologische Landesamt mit eigenen Mitteln
- ❖ seit 1996: Betrieb des Boden-Dauerbeobachtungsprogramms in Arbeitsteilung durch verschiedene Institutionen; Zuständigkeiten festgelegt durch Gemeinsamen Runderlass der betroffenen Ministerien

Beteiligte Behörden

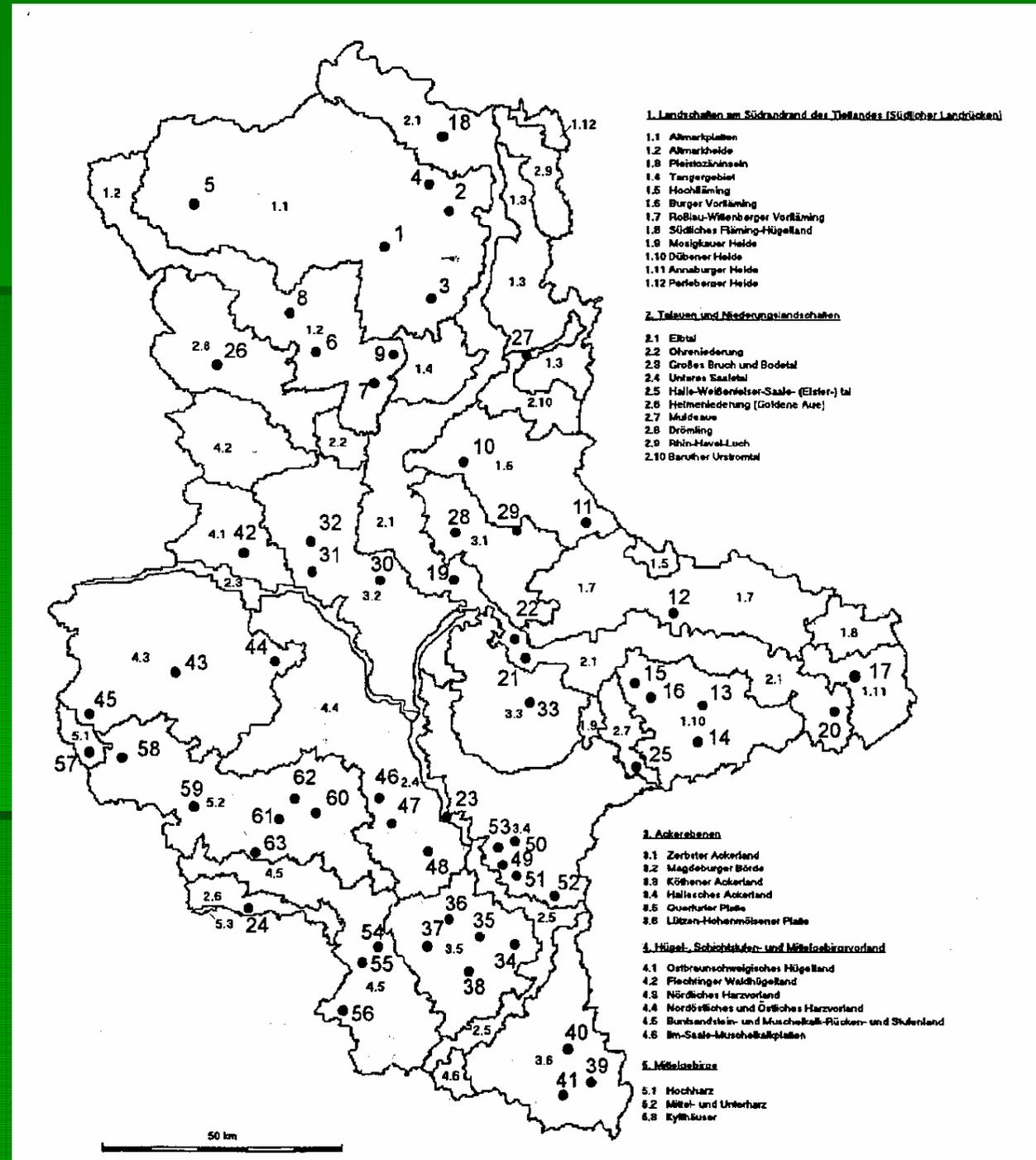
- LAGB (Landesamt für Geologie und Bergwesen; vormals GLA – Geologisches Landesamt): Flächenfestlegung nach Bodenkartierung / Profilaufnahme / Bodenprobennahme / Bodenchemische und bodenphysikalische Untersuchungen / Bodenprobenbank
- LAU (Landesamt für Umweltschutz): Schadstoffuntersuchungen / Vegetationsaufnahme / Immissionserfassung / Umweltprobenbank / Bodenmikrobiologische Untersuchungen
- LLFG (Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau): Erfassung der Nutzung / Aufwuchsanalytik / Düngeranalytik (landw. Flächen)
- NW-FVA (Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt): Erfassung der Nutzung / Aufwuchsanalytik (forstl. Flächen)

Fachliche Grundlage für die Boden-Dauerbeobachtung in Sachsen-Anhalt

Studie zum Aufbau eines Bodenbeobachtungssystems in Sachsen-Anhalt (Altermann et al., 1993)

Empfehlung nach Repräsentativitätsüberprüfung 2000/2001:

Einrichtung von 68 Boden-Dauerbeobachtungsflächen

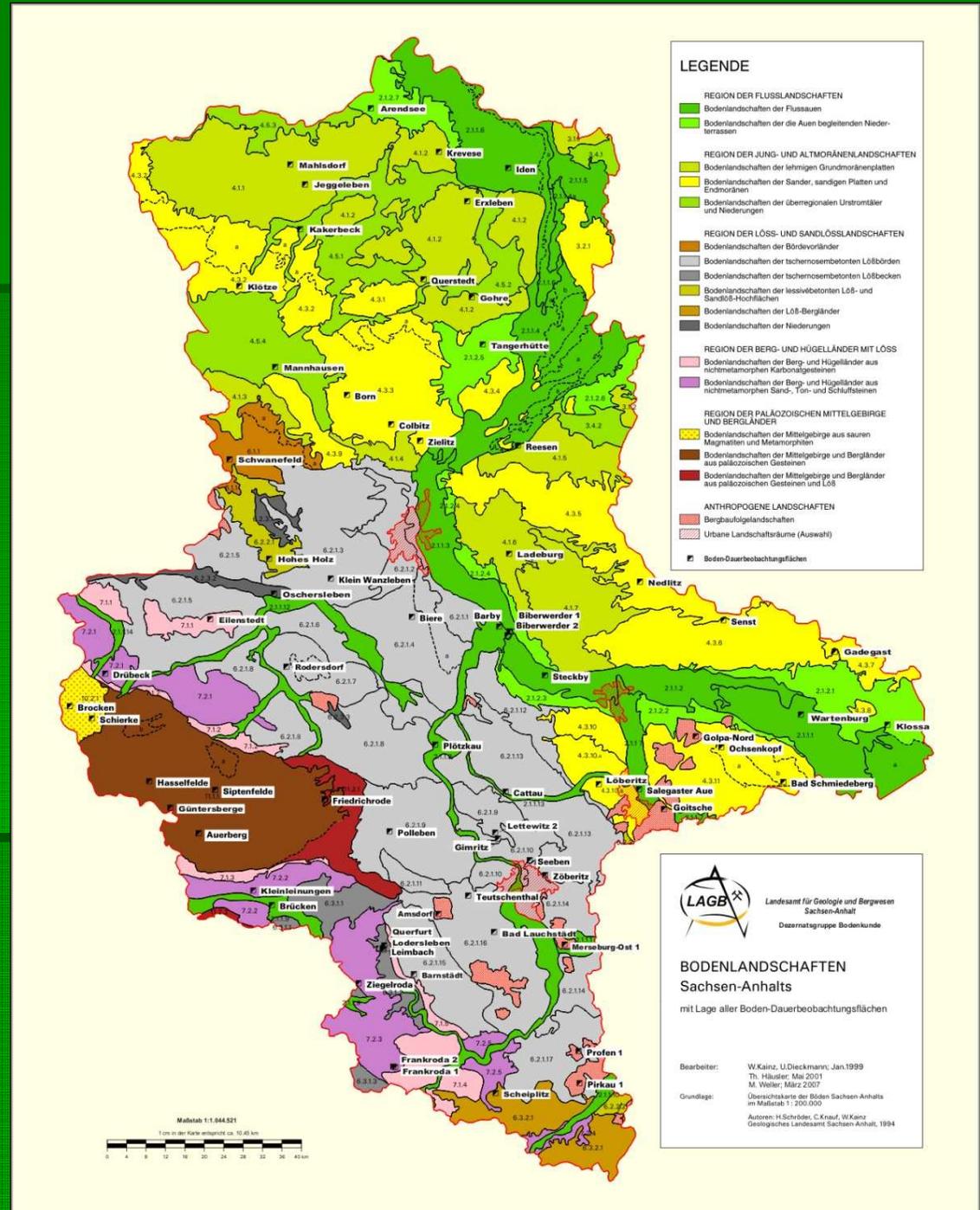


**Beginn Einrichtung BDF:
1990**

**Abschluss
Einrichtungsphase:
2006**

Besondere Schwerpunkte:

- Bergbaufolgelandschaften („Zeit-Catena“)
- Bodenlandschaften der tschernosembetonten Lössbecken (Erosions-Akkumulations-Catena)



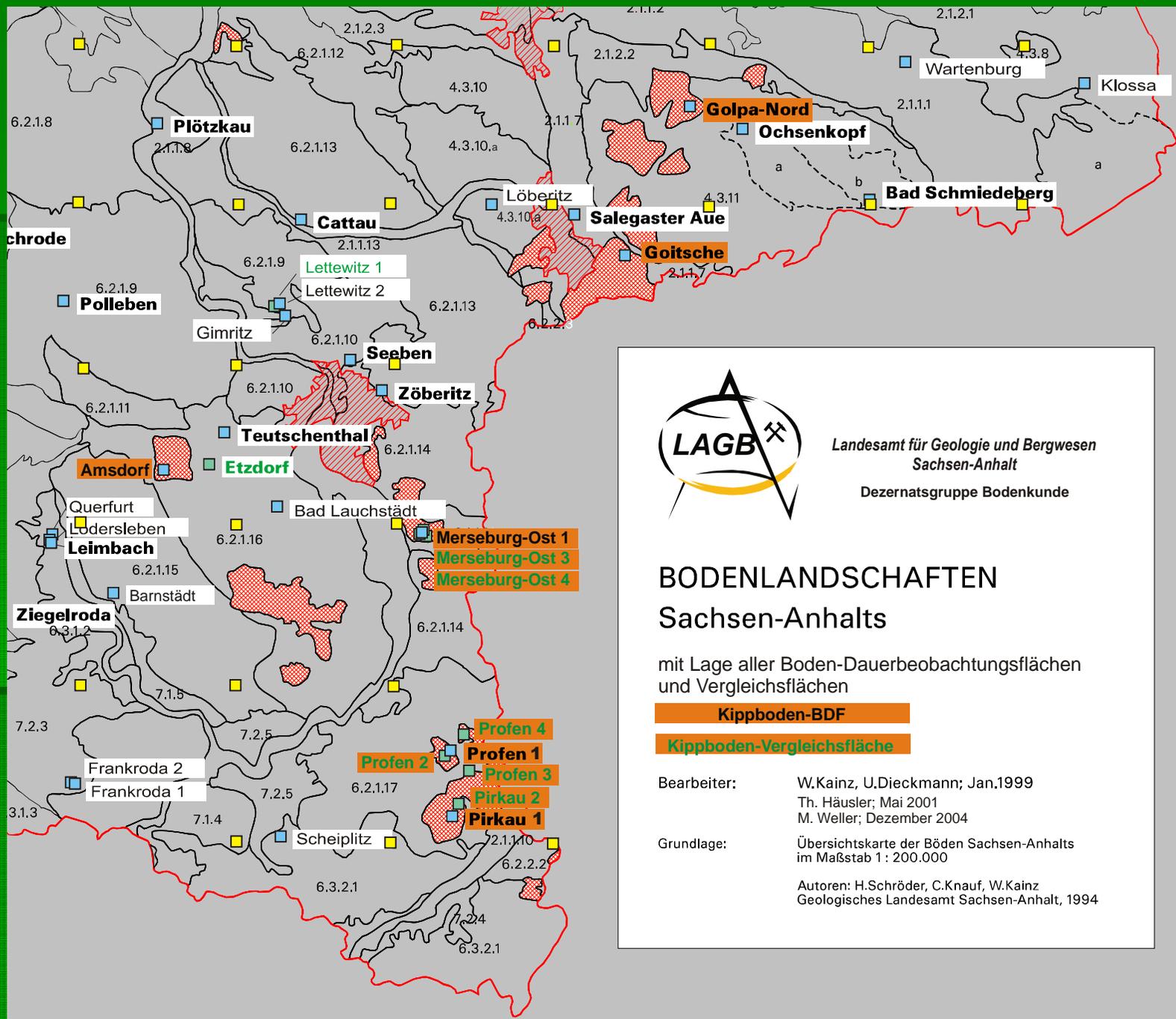
Schwerpunkt Kippen- Monitoring:

6 BDF auf unter-
schiedlichen
Kippsubstraten;
dazu 6
Vergleichs-
flächen

Folgende
Parameter
werden
vergleichend
betrachtet:

→ Humusbildung

→ Verdichtungs-
gefährdung



Landesamt für Geologie und Bergwesen
Sachsen-Anhalt

Dezernatsgruppe Bodenkunde

BODENLANDSCHAFTEN Sachsen-Anhalts

mit Lage aller Boden-Dauerbeobachtungsflächen
und Vergleichsflächen

Kippboden-BDF

Kippboden-Vergleichsfläche

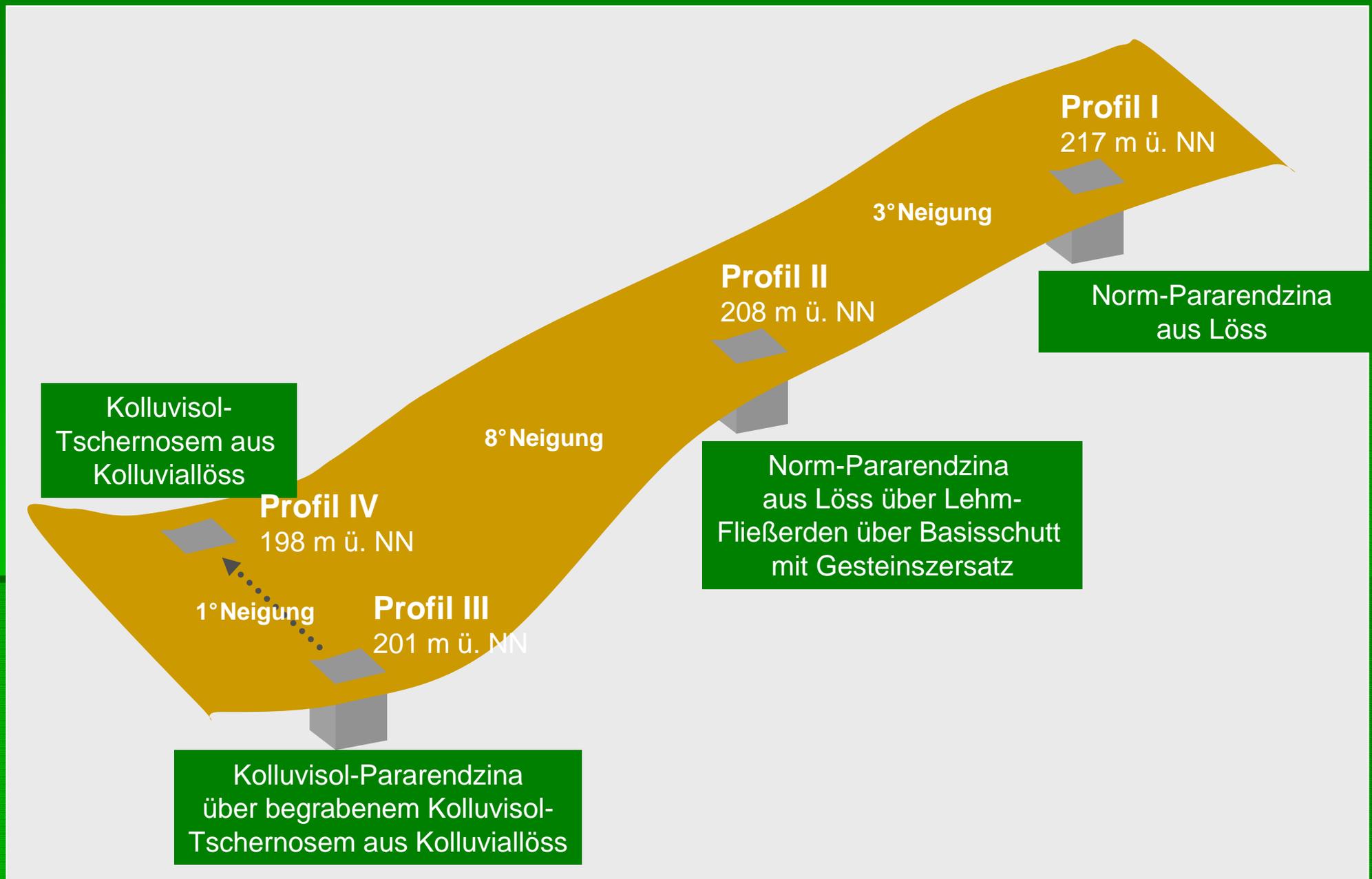
Bearbeiter: W.Kainz, U.Dieckmann; Jan.1999
Th. Häusler; Mai 2001
M. Weller; Dezember 2004

Grundlage: Übersichtskarte der Böden Sachsen-Anhalts
im Maßstab 1 : 200.000

Autoren: H.Schröder, C.Knauf, W.Kainz
Geologisches Landesamt Sachsen-Anhalt, 1994



Schwerpunkt Erosions-Akkumulations-Monitoring: BDF bei Profil I und Profil III



Einstellung der Untersuchungsergebnisse im Internet

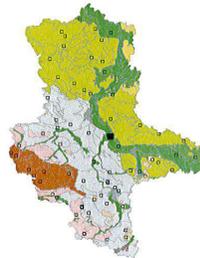
Biberwerder 1

© Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt 2010
M. Weller – Dez. 23 Geowissenschaftliche Analytik, Boden-Dauerbeobachtung

BDF 21-1
Basis-BDF

Bodenlandschaft:
Magdeburger Elbaue

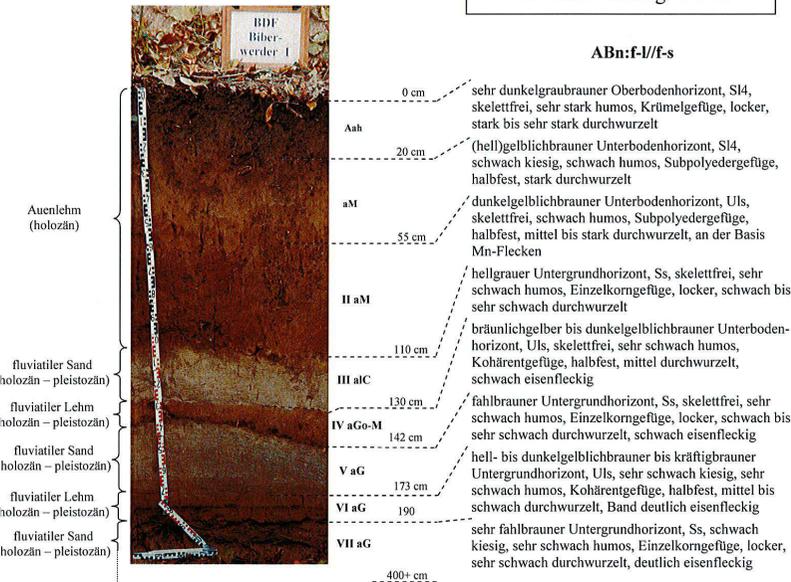
Bodentyp:
Norm-Vega



Bodenform nach KA4: **Norm-Vega aus Auenlehm über tiefem Auensand**
ABn:f-l/f-s

Bodenform nach TGL: **sandunterlagerte Auenlehm-Vega**
oll/dV

Profilbeschreibung n. KA4



Lage / Klima / Nutzung / Analyseergebnisse der Beprobung 1997 BDF 21-1

Höhe über NN: 53 m Reliefposition: Ebene Nutzung: Naturschutzgebiet
Niederschlag/Jahr: 535 mm (korr.) Neigung: keine Vegetation bei Aufnahme:
mittl. Temperatur: 9,2 °C Exposition: keine Weichholz-Auenwald

© Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt 2010
M. Weller – Dez. 23 Geowissenschaftliche Analytik, Boden-Dauerbeobachtung

Probennahme im BDF-Schurf

Horizont	Korngrößenanteile [Masse-%]				Feinbodenart n. KA4 (Untergruppe)	Gesamtbodenart n. KA4	TRD [g/cm ³]	GPV [Vol.-%]	nFK [Vol.-%]	k _f [cm/s]
	Ton	Schluff	Sand	Skelett						
	Anteil am Feinboden									
aAh	12	33	55	0	S14	I	0,94	58	2-5	2,84E-02
aM	14	35	51	4	S14	I	1,41	46	5-8	2,73E-03
II aM	17	54	29	0	Uls	u	1,31	49	17-21	1,12E-03
III alC	2	2	96	0	Ss	s	1,45	45	4-5	4,22E-02
IV aGo-M	14	53	33	0	Uls	u	1,37	46	20-27	8,35E-04
V aG	2	3	95	0	Ss	s	1,44	45	4-5	5,27E-02
VI aG	13	52	35	0	Uls	u	1,32	47	7-17	2,69E-03
VII aG	1	3	97	5	Ss	s	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.

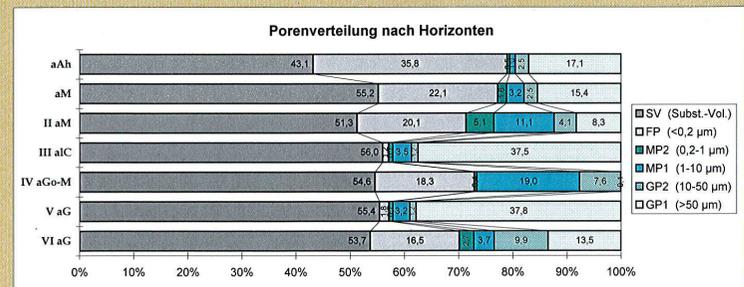
Horizont	Bodenchemische Parameter						Anorganische Schadstoffe [mg/kg TS]							
	pH (KCl)	CaCO ₃ [Masse-%]	Humus [Masse-%]	T-Wert [cmol/kg]	V-Wert [%]		As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
	Anteil am Feinboden													
aAh	5,6	0,3	12,5	23	31	74,3	5,20	88,9	90,8	4,50	39,1	129,0	524,0	
aM	5,3	0,2	1,6	13	59	48,4	1,60	46,1	29,8	1,12	25,6	63,6	201,0	
II aM	5,6	0,1	1,2	14	60	57,9	1,10	56,3	38,2	0,50	30,7	97,5	168,0	
III alC	6,4	0,1	0,2	1	57	16,1	0,20	7,2	2,9	0,40	7,7	10,2	29,9	
IV aGo-M	6,2	0,2	0,9	13	75	46,1	0,70	53,3	33,1	0,52	30,4	57,3	123,0	
V aG	6,4	0,1	0,1	1	42	<12,5	0,30	8,2	2,9	0,13	6,9	10,3	32,9	
VI aG	6,2	0,2	0,9	13	75	65,7	0,80	48,3	42,5	1,33	28,1	128,0	149,0	
VII aG	6,4	0,1	0,1	1	32	<12,5	0,20	1,9	1,3	0,43	3,7	5,7	19,7	

Probennahme auf der BDF-Kernfläche

Horizont	Beprobungstiefe	Bodenphysikalische Parameter				Feinbodenart n. KA4 (Untergruppe)	Gesamtbodenart n. KA4
		Ton	Schluff	Sand	Skelett		
		Anteil am Feinboden					
aAh	0-15/25 cm	19	44	37	0	LS2	I
aM	15/25-35/45 cm	13	27	60	0	S14	I

Horizont	Bodenchemische Parameter						Anorganische Schadstoffe [mg/kg TS]							
	pH (KCl)	CaCO ₃ [Masse-%]	Humus [Masse-%]	T-Wert [cmol/kg]	V-Wert [%]		As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
	Anteil am Feinboden													
aAh	5,1	0,0	7,8	25	44	77,1	4,72	91,9	90,9	2,59	35,3	139,5	489,9	
aM	5,6	0,0	1,6	11	50	39,5	1,57	43,0	34,0	0,64	21,2	76,2	243,1	

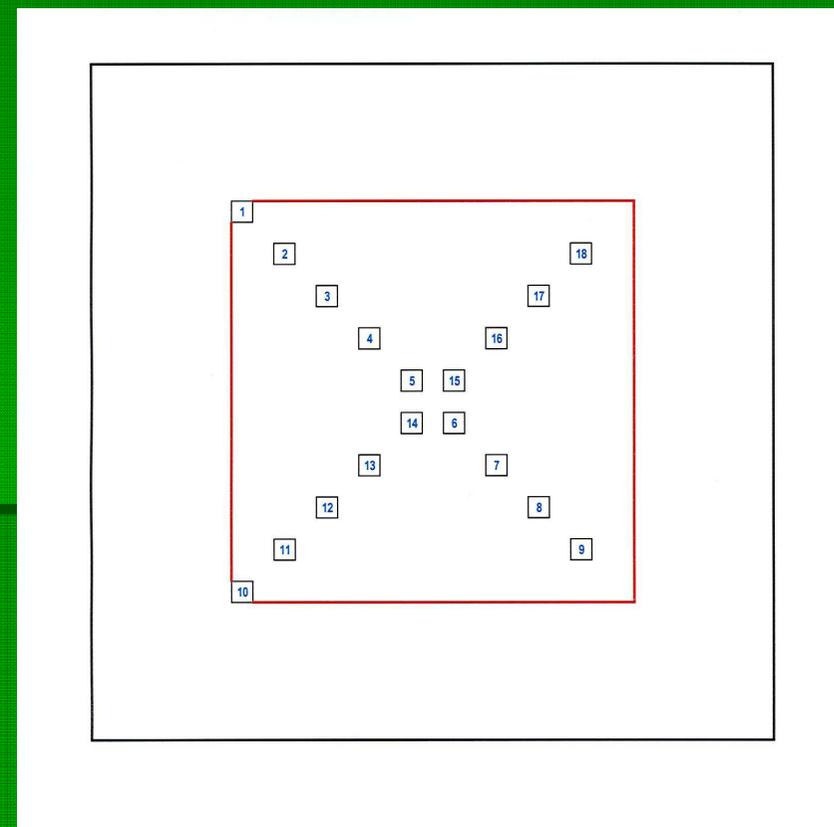
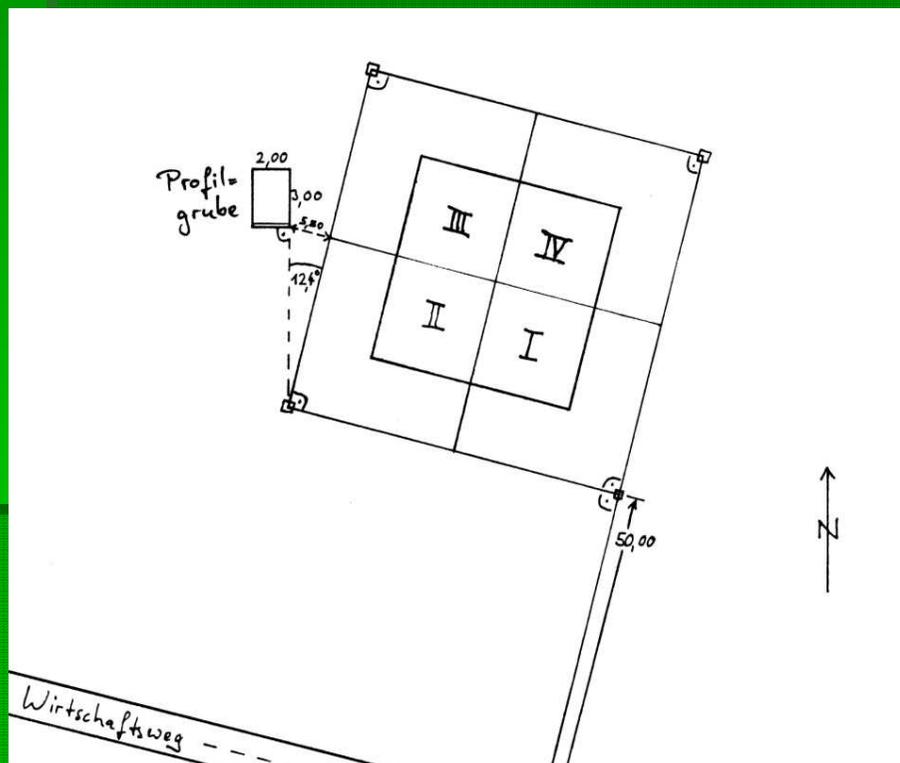
Porenraumgliederung, ermittelt durch gestörte Probennahme im Schurf



Zwei unterschiedliche Probennahme-Strategien:

a) Ackerflächen: 4 Mischproben

b) Grünland-, Forst- und Brachflächen: Einzelproben



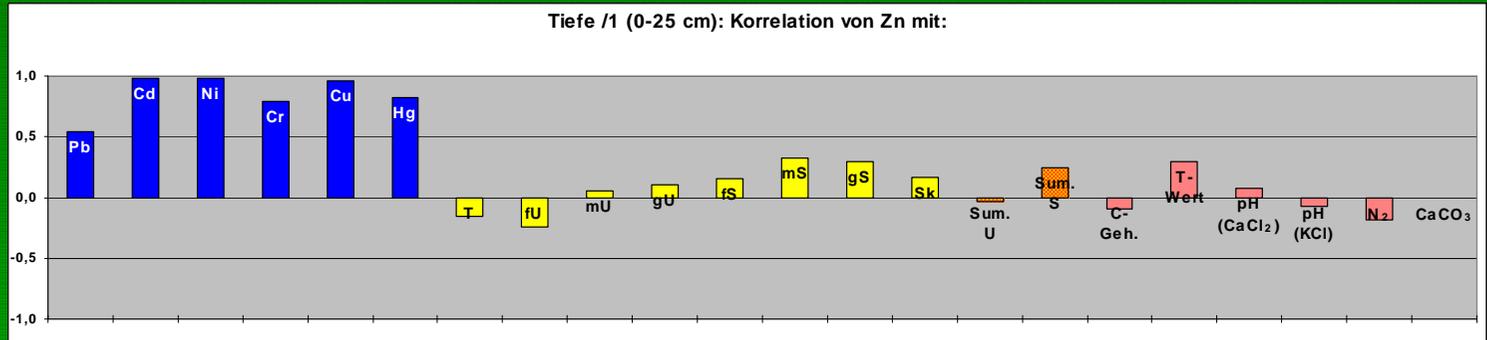
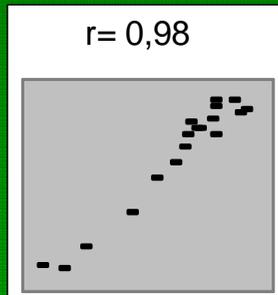
18er Probennahme auf Grünland bzw. Forst: Mischproben- oder Einzelprobenuntersuchung?

- Mischprobenuntersuchung: Es können je 3 oder je 6 Proben zu einer Mischprobe vereinigt werden. Aufwand im Gelände: Es müssen gleiche Massen der zu mischenden Proben hergestellt werden. Aufwand im Labor dafür geringer als bei Einzelproben-Untersuchung.
- Einzelprobenuntersuchung: Massen der einzelnen Proben müssen nicht abgeglichen werden. Jedoch entsteht deutlich größerer Aufwand bei der Probenaufbereitung und Analytik infolge der höheren Anzahl zu untersuchender Proben.
- Vorteile der Untersuchung der Einzelproben:
 - Es werden Korrelationsrechnungen möglich.
 - Es können Trends auf der zu beprobenden Fläche erkannt werden.
 - Die Werteverteilung kann besser dargestellt werden.
 - Es können statistische Tests mit Konfidenzintervallen durchgeführt werden.

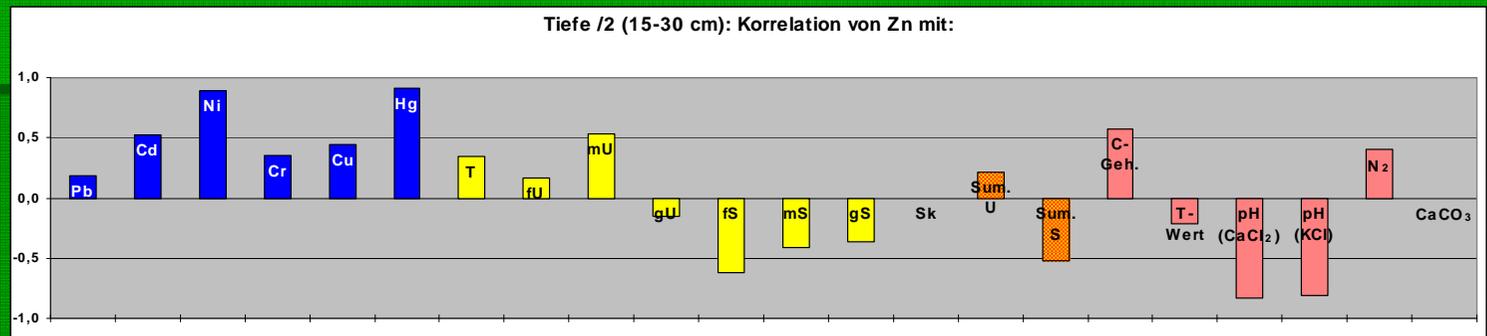
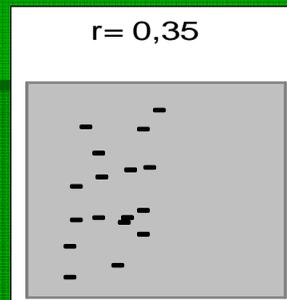
→ Entscheidung ab 1995 für Einzelprobenuntersuchung

Vorteil einer großen Stichprobe: Korrelationsbetrachtungen

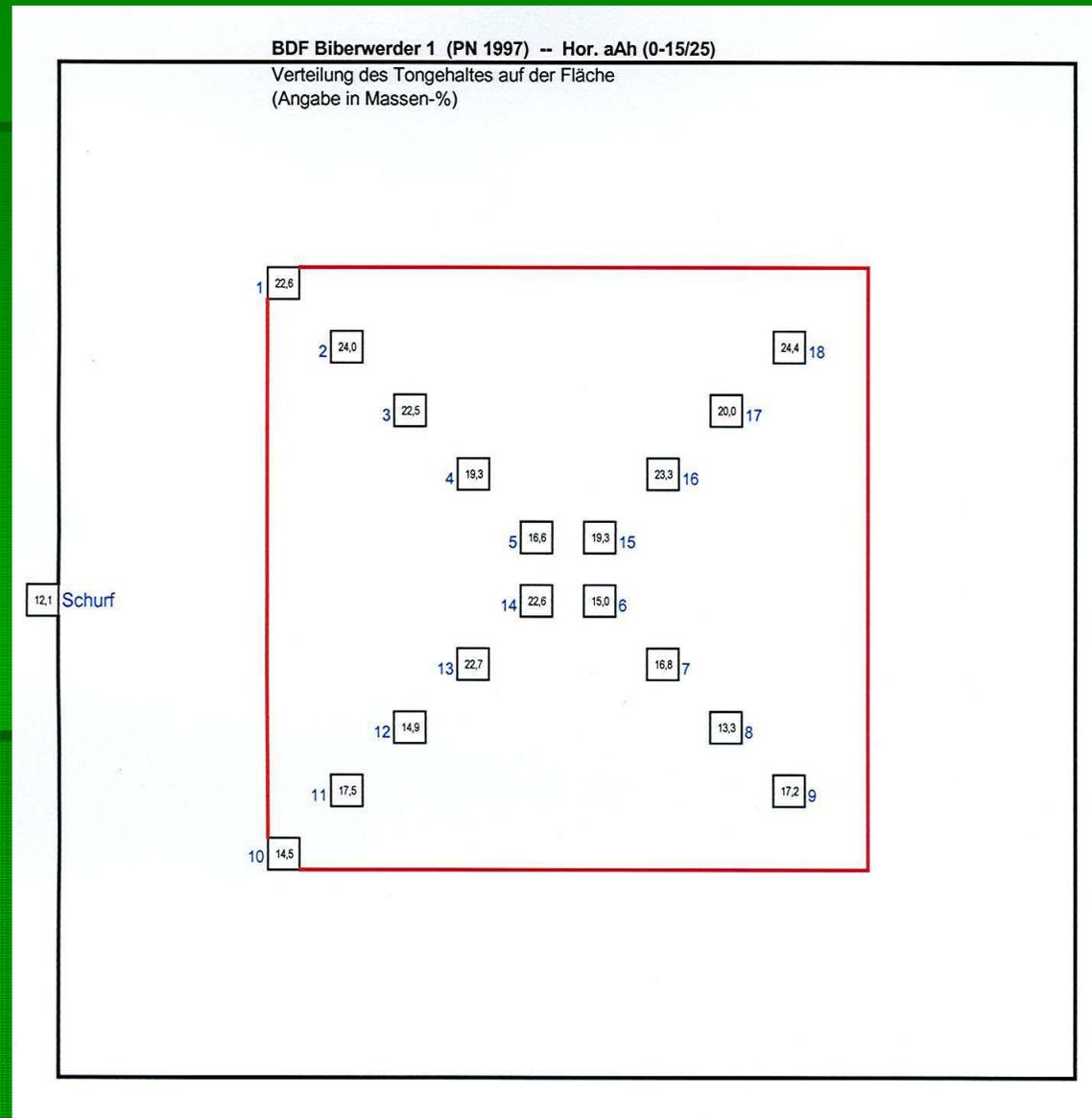
a) BDF 25 in der Muldeane bei Bitterfeld



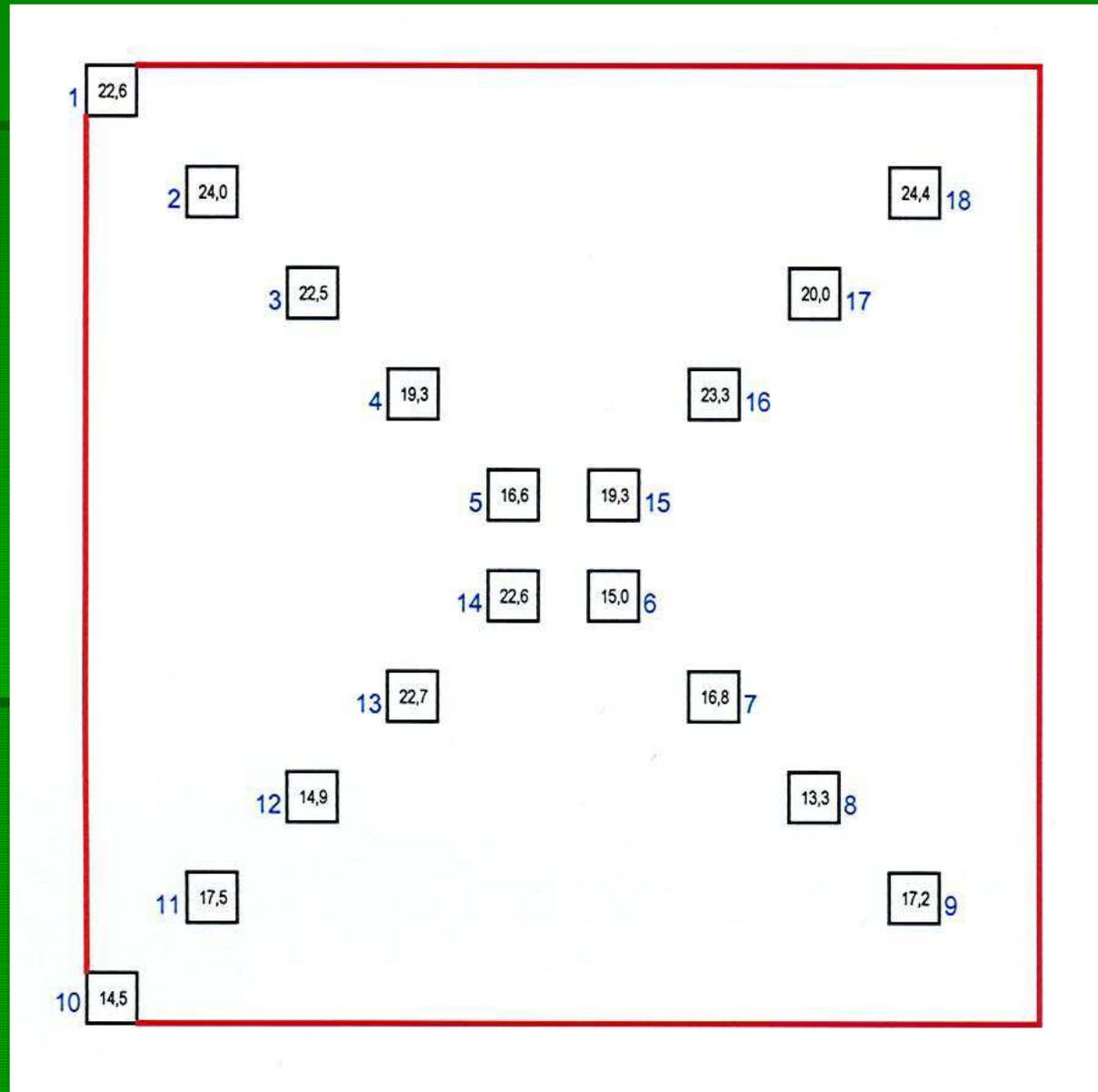
b) BDF 21-2 in der Saale-/Elbaue (Flutrinne im Mündungsbereich)



Vorteil einer großen Stichprobe: Flächendifferenzierung

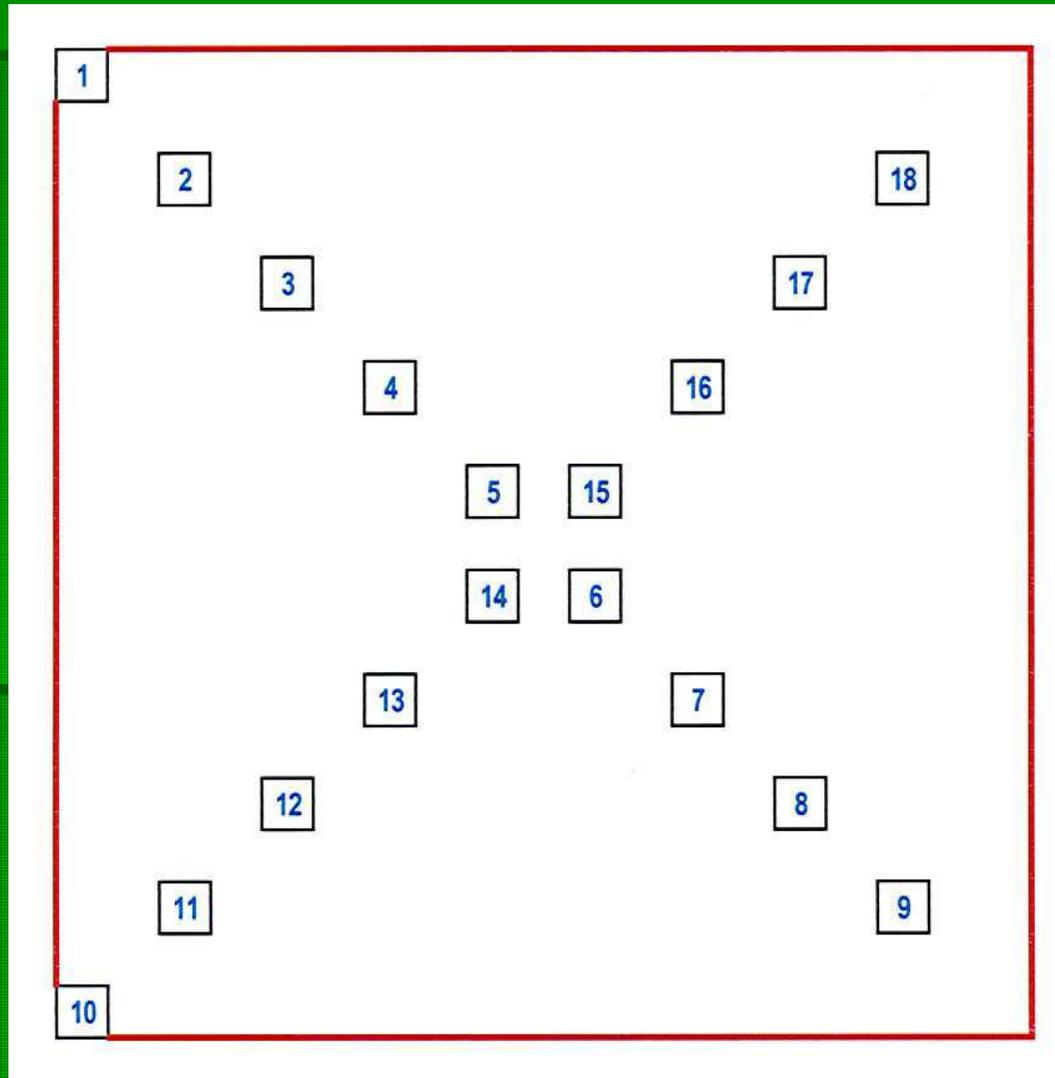


Nachteil der 18er Stichprobe: Flächenwichtung

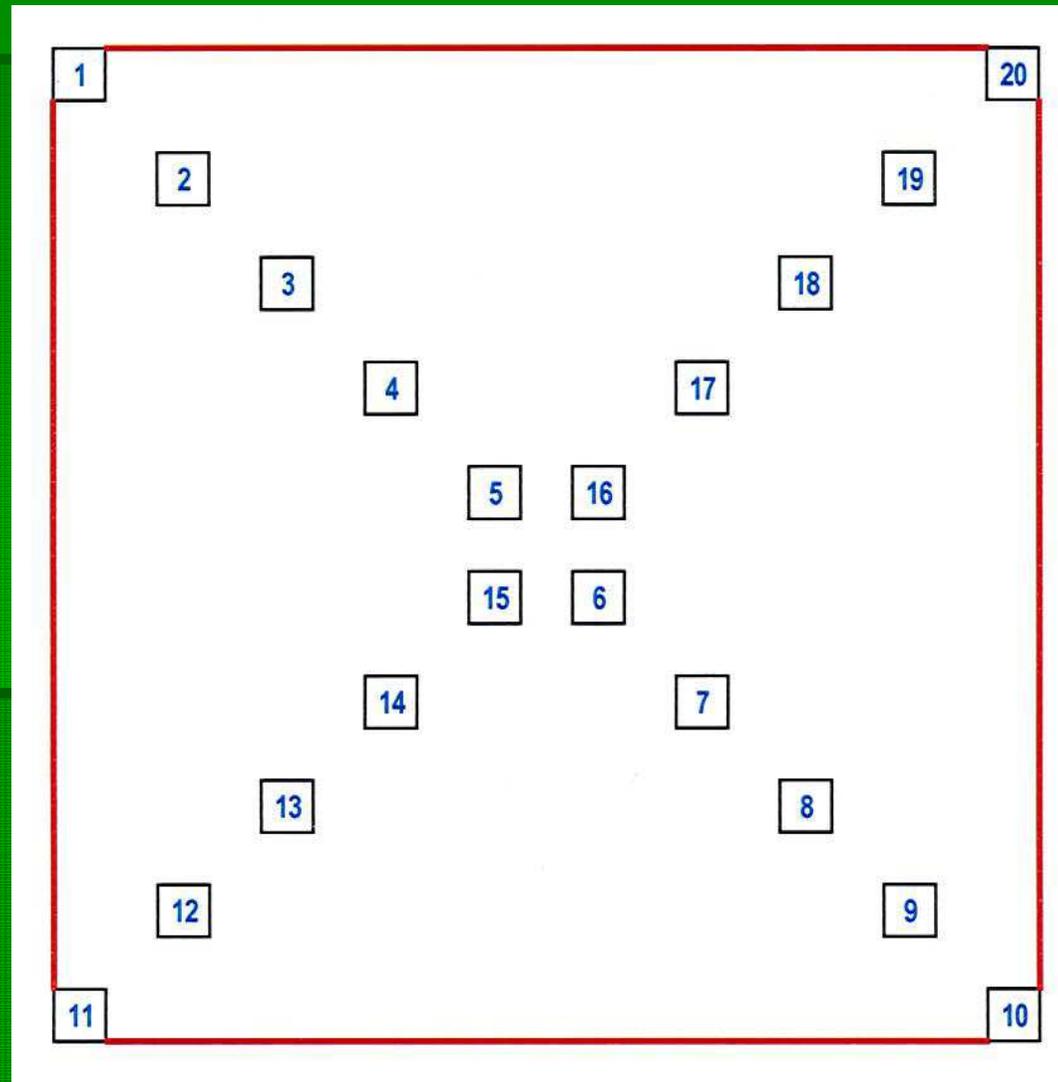


→ Nachteil der 18er Stichprobe: sie ist gewichtet um einen Probennahme-Mittelpunkt herum, wenn Proben 5 und 14 nicht in die Mitte gelegt werden; dies kann bei Drehung des PN-Kreuzes zu einer Werteverstärkung führen

Abhilfe gegen Flächenwichtung: Erweiterung der Stichprobe von 18 auf 20



Abhilfe gegen Flächenwichtung: Erweiterung der Stichprobe von 18 auf 20



Veränderung oder nicht? – Signifikanzerkennung bei Zeitreihen

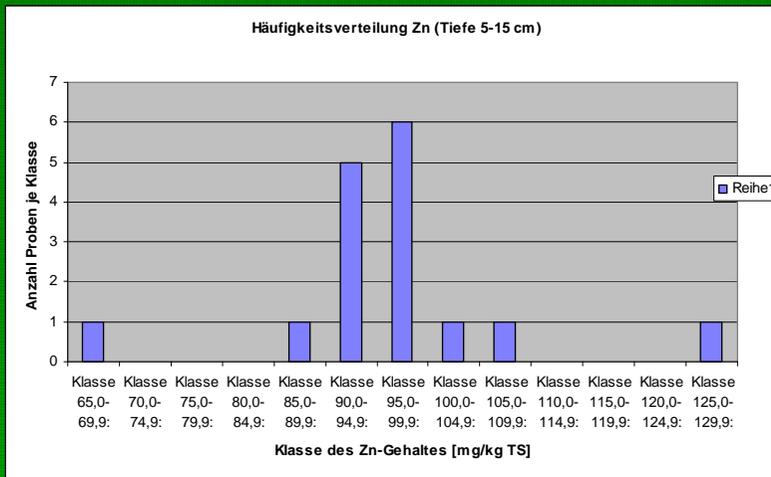
In Zusammenarbeit mit Studenten der Universitäten Halle und Marburg konnten geeignete Verfahren zur Prüfung auf Signifikanz gefunden und IT-technisch umgesetzt werden.

Die so entstandenen Verfahren sind mit wenig Aufwand anzuwenden und haben den Vorteil, dass bereits optisch, ohne Zahlen vergleichen zu müssen, eine vorhandene Signifikanz zu erkennen ist.

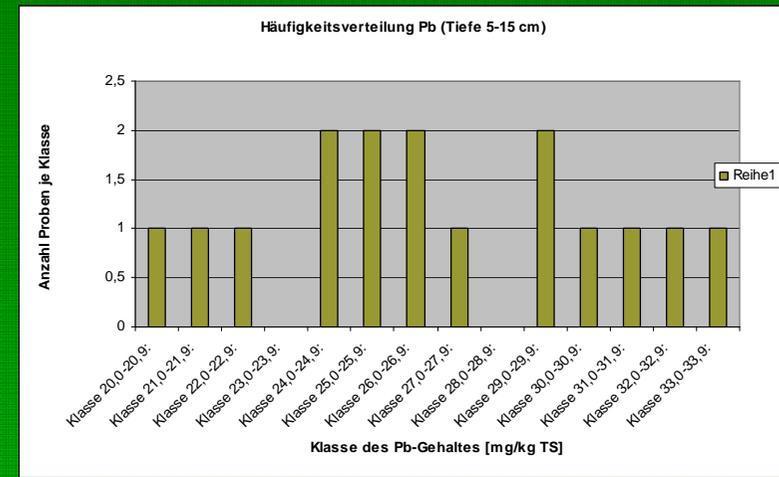
Es werden für die Prüfung auf Signifikanz bei der Einzelprobennahme der t-Test mit Konfidenzintervall angewendet, bei der Mischprobennahme von Quadranten der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test.

Um die Werteverteilung der Stichproben abzuprüfen, wurde bei einer Auswahl von BDF-Standorten, die als repräsentativ für bestimmte Nutzungen gelten können, die Einteilung der Messwerte in Klassen vorgenommen, um die Häufigkeitsverteilung zu bestimmen. An diesen ausgewählten Proben zeigt sich, dass sowohl symmetrische als auch schiefe Verteilungen auftreten. Geogene Belastungen zeigen tendenziell rechtssteile Verteilung, anthropogene eher symmetrische bis linkssteile Verteilung. Solche Feststellungen können bei der Ursachenermittlung der Belastungen helfen, müssen aber noch verifiziert werden.

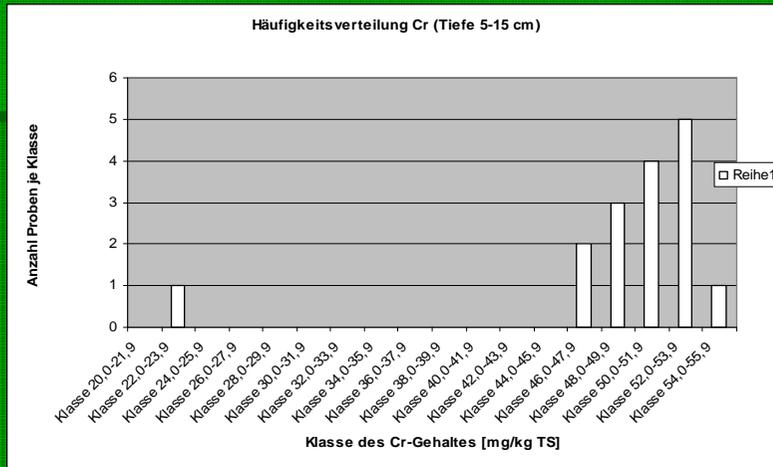
Häufigkeitsverteilung von Schwermetall-Gehalten auf einer Ackerfläche mit geogener Vorbelastung durch Cr und Cu



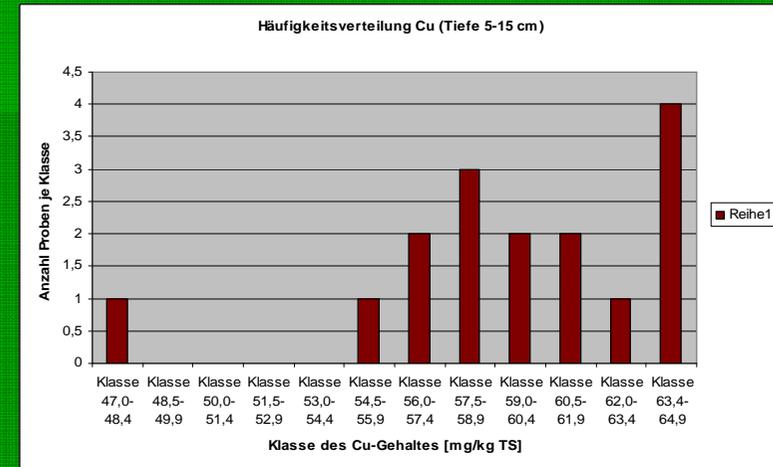
Zn



Pb



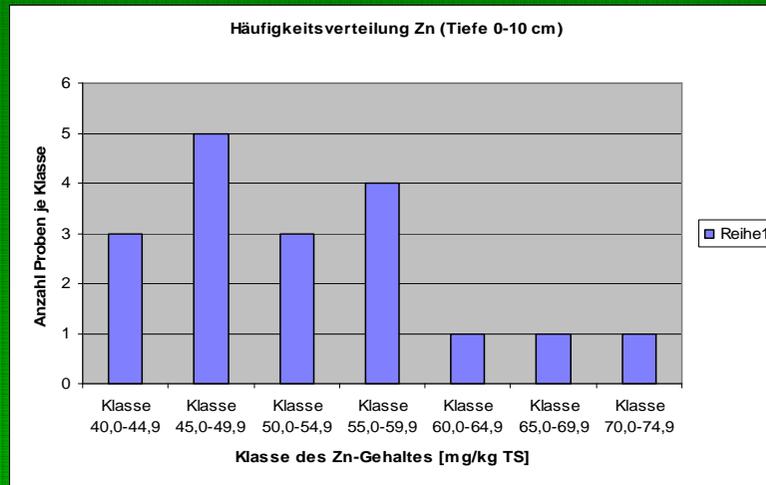
Cr



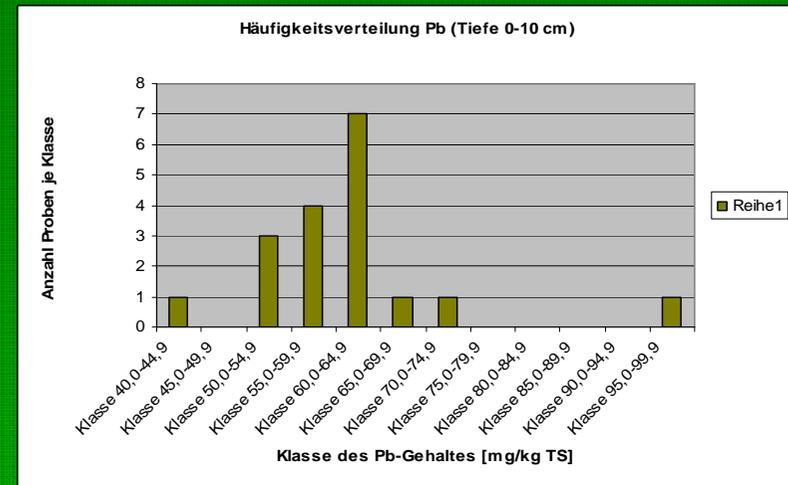
Cu

Häufigkeitsverteilung von Schwermetall-Gehalten auf einer Grünlandfläche in der Elbniederung

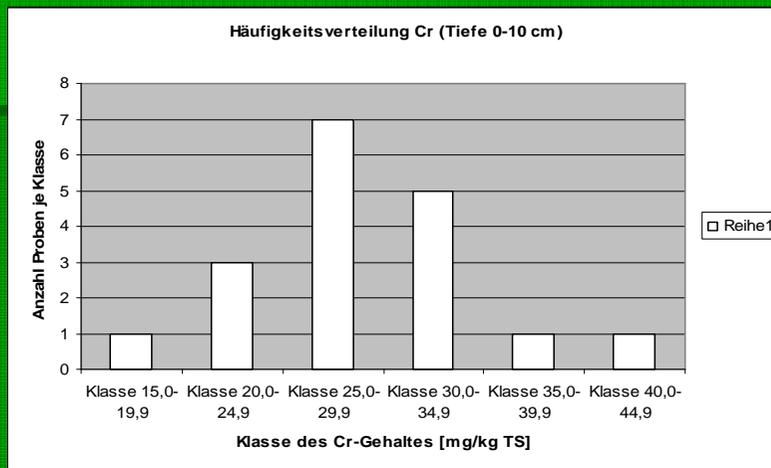
Zn



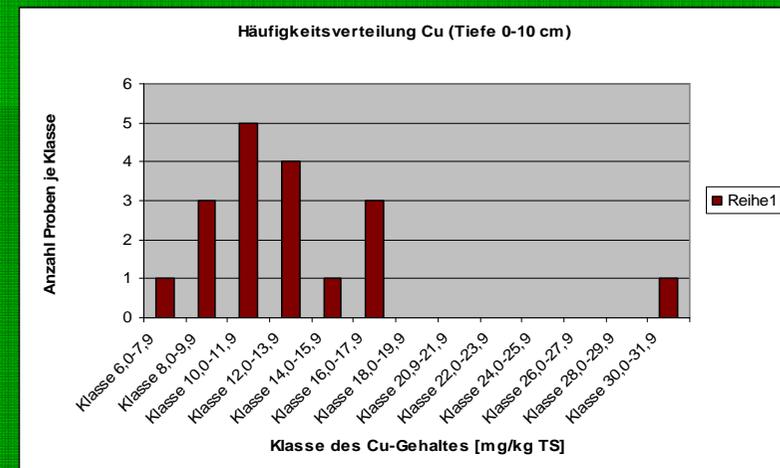
Pb



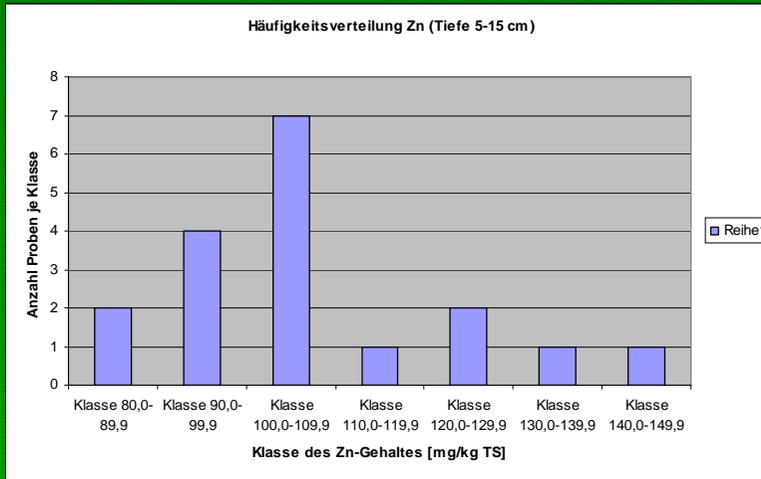
Cr



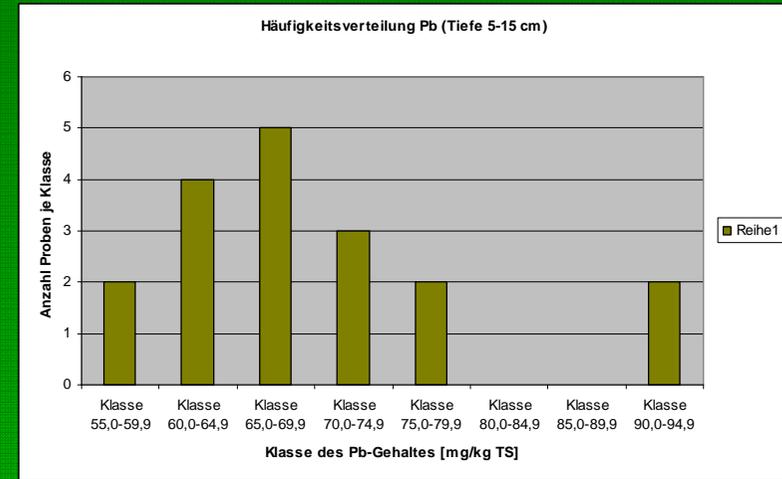
Cu



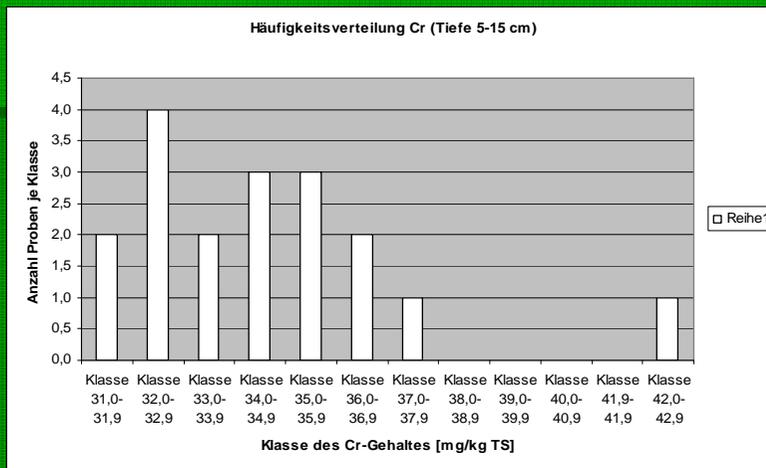
Häufigkeitsverteilung von Schwermetall-Gehalten auf einer Grünlandfläche in Stadtnähe, an vielbefahrener Straße gelegen



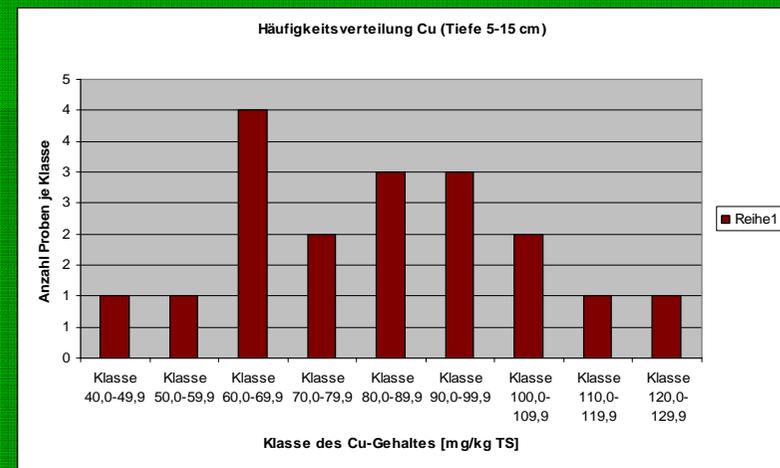
Zn



Pb

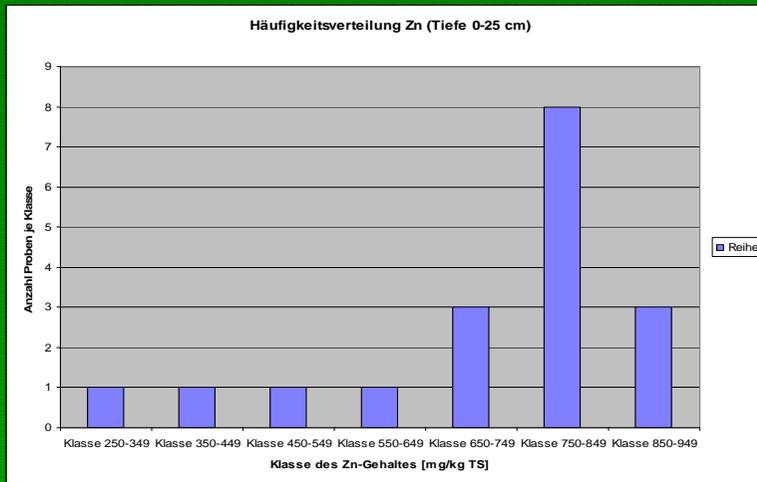


Cr

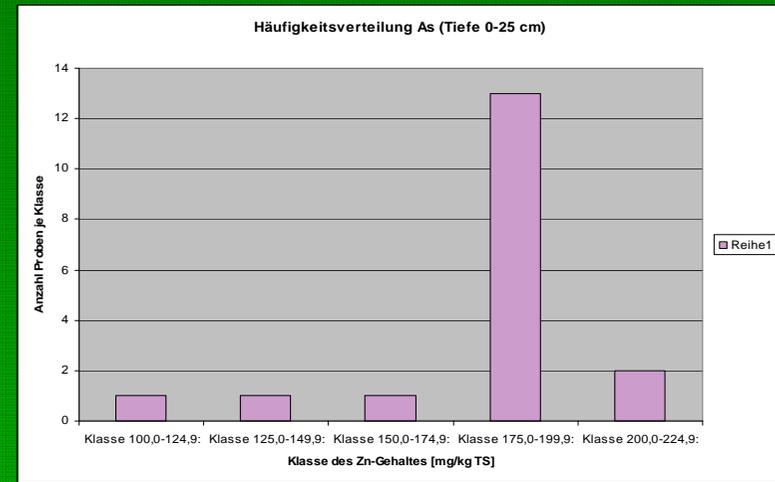


Cu

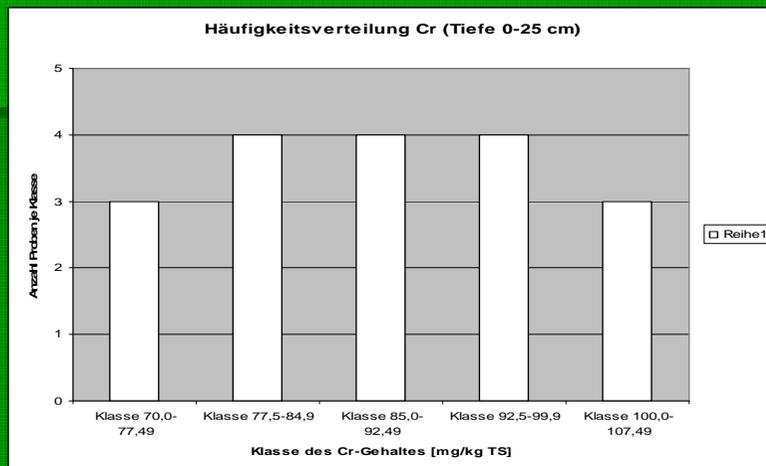
Häufigkeitsverteilung von Schwermetall-Gehalten auf einer Waldfläche im Überschwemmungsbereich der Muldeae



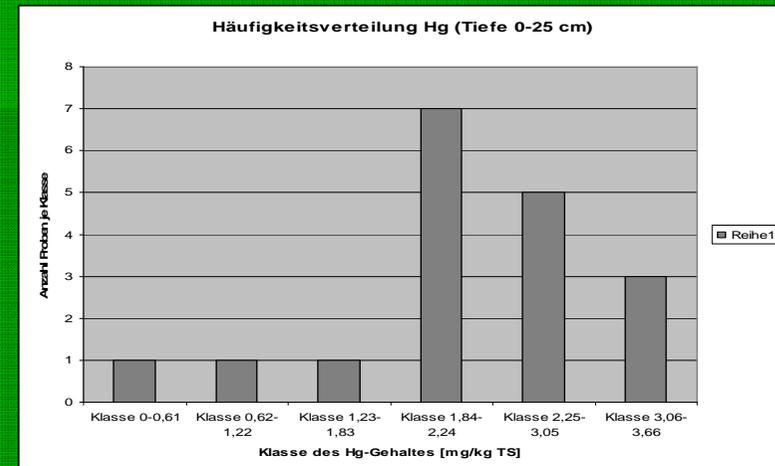
Zn



As



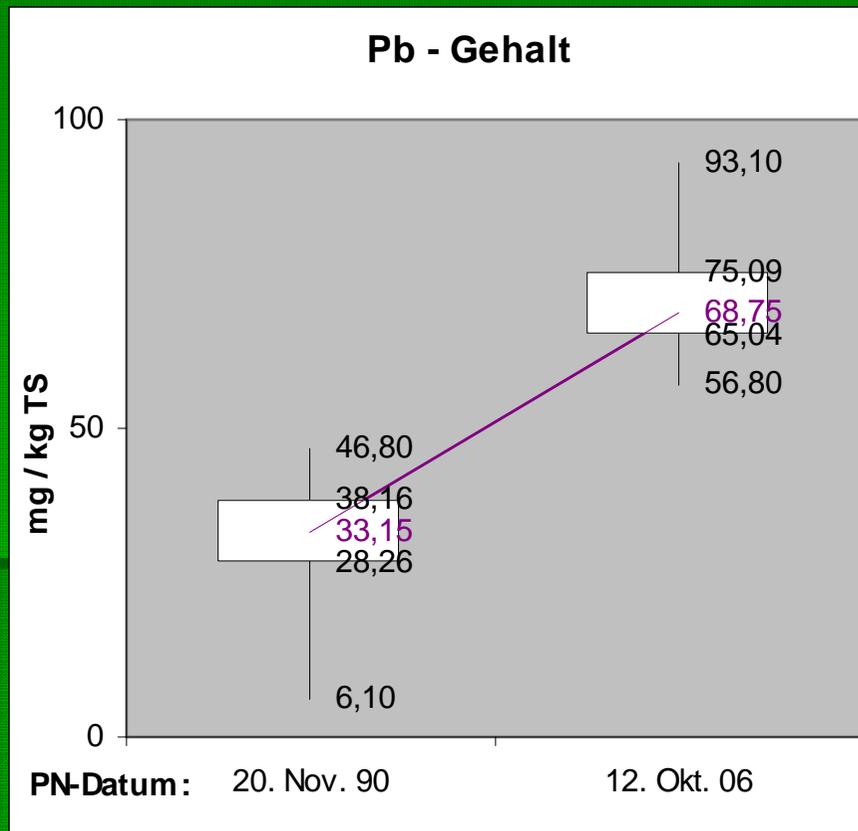
Cr



Hg

Signifikanzprüfung bei n=18/20 mittels t-Test und Konfidenzintervall

→ Signifikanz gegeben, wenn Konfidenzintervalle sich nicht überlappen



angegebene Werte:

Maximalwert

Obergrenze Konfidenzintervall

Median

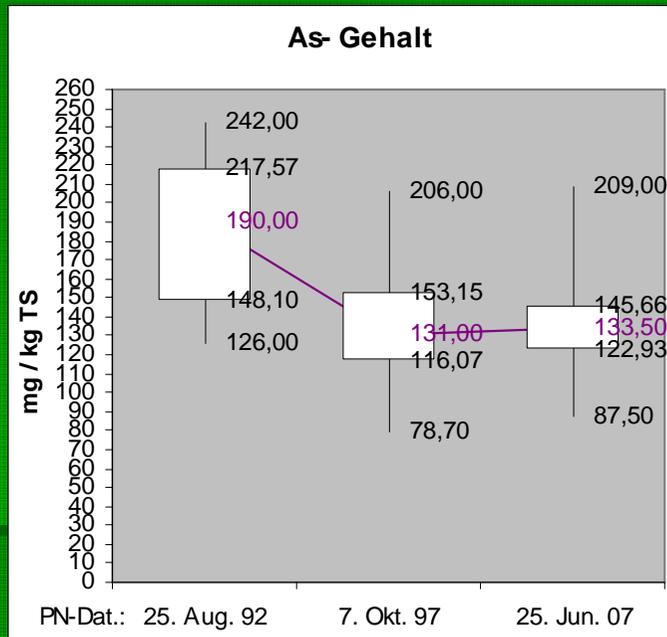
Untergrenze Konfidenzintervall

Minimalwert

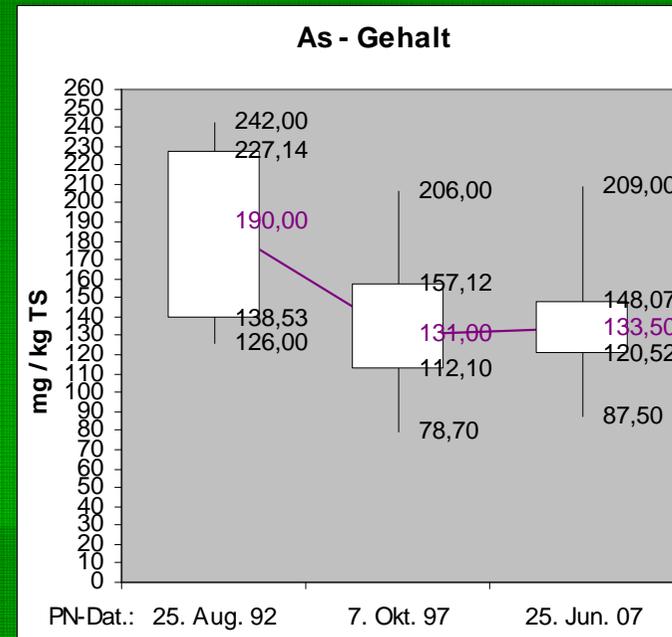
violette Linie verbindet Mediane

Signifikanzprüfung mittels t-Test und Konfidenzintervall

→ Unterschied zwischen 90- und 95%igem Konfidenzintervall steigt mit sinkendem Stichprobenumfang



a) 90%iges Konfidenzintervall

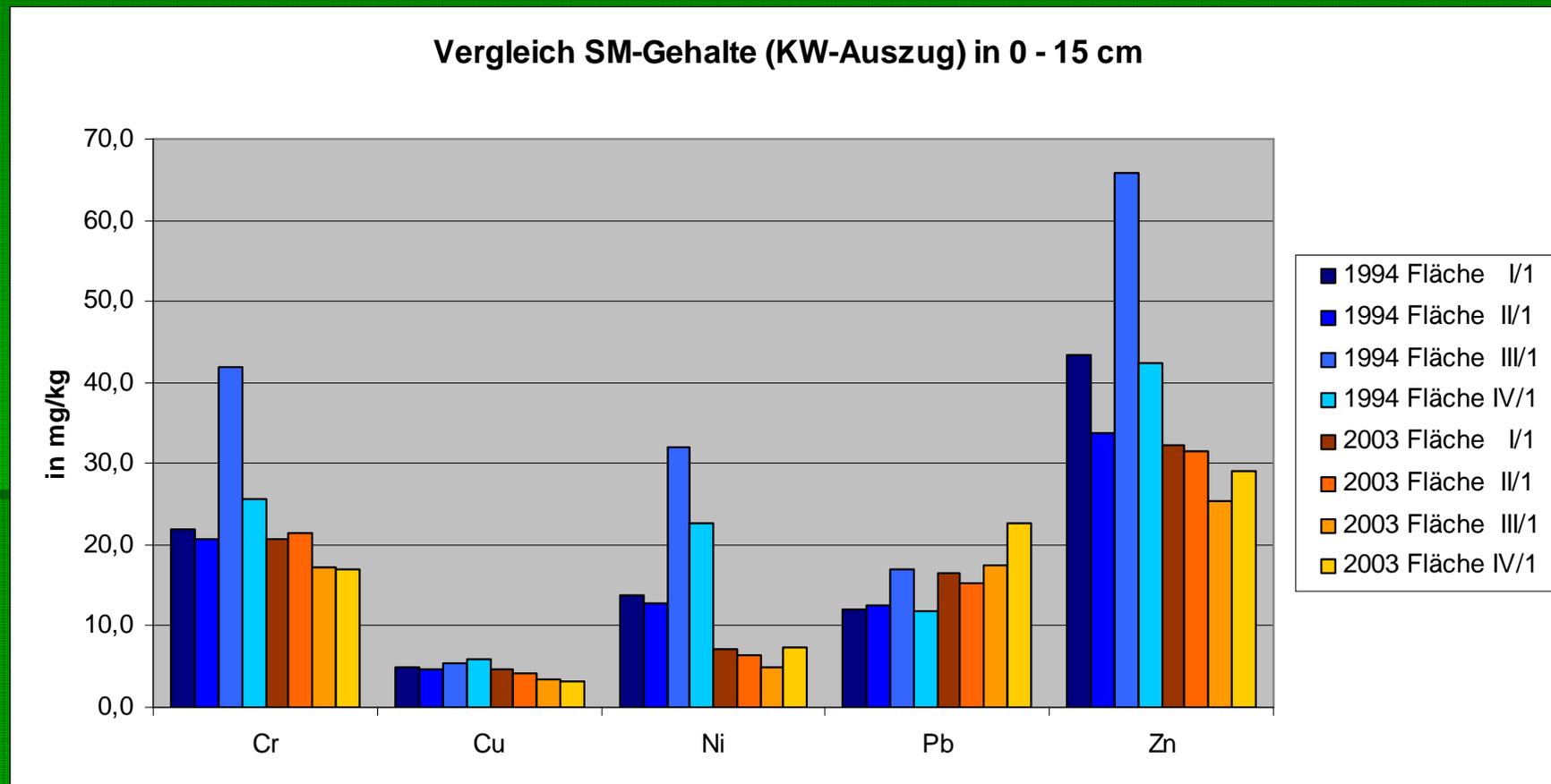


b) 95%iges Konfidenzintervall

Entwicklung der As-Gehalte in der Muldeae. Darstellung der Werteverteilung mit Konfidenzintervallen. Stichprobenumfang 1992: 6 (Mischproben). Stichprobenumfang 1997 und 2007: 18 (Einzelproben).

Signifikanzprüfung bei n=4 (Quadranten-Mischproben) mittels Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test

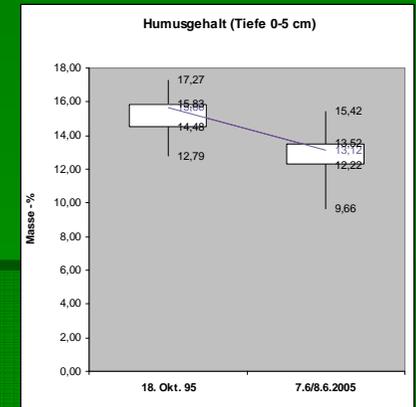
→ Signifikanz gegeben, wenn alle Quadranten sich gleichsinnig verändern



Zeitreihenvergleich: Suche nach Standorten mit ähnlicher Entwicklung

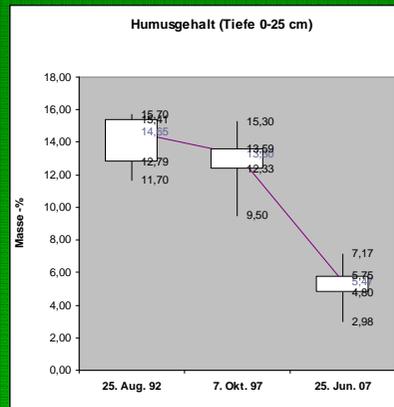
An 2 Auenstandorten ist ein Vergleich der Humusgehalte möglich → beide Standorte zeigen Humusabbau

Tiefe 0-5 cm



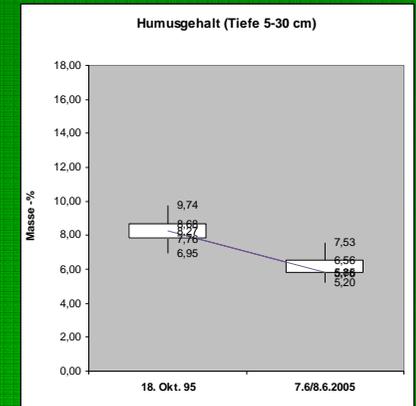
Tiefe 0-25 cm

Abnahme der Humusgehalte: BDF in der Muldeaue; 1992-1997-2007

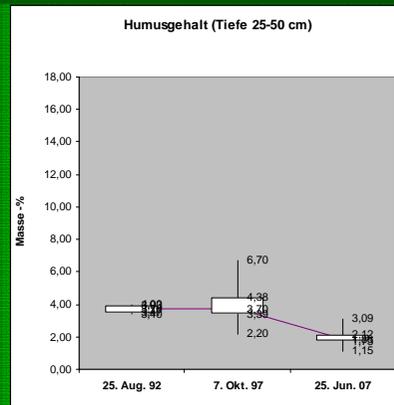


Tiefe 5-30 cm

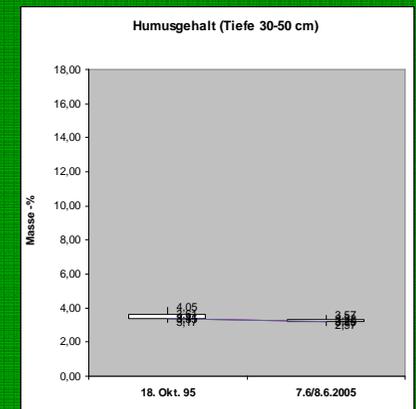
Abnahme der Humusgehalte: BDF in der Saale-Elbaue; 1995-2005



Tiefe 25-50 cm



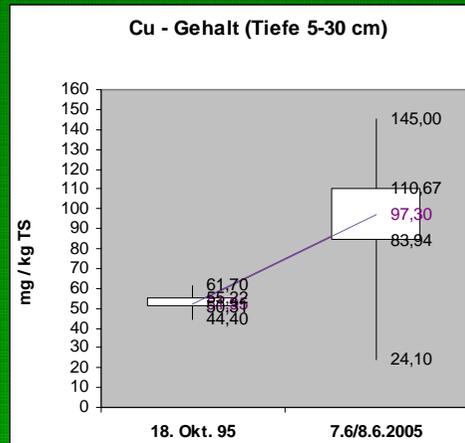
Tiefe 30-50 cm



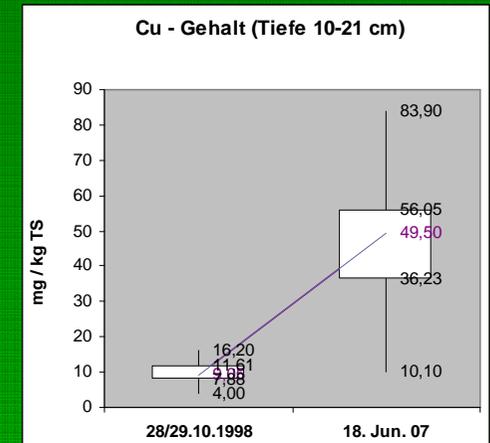
Zunahme der Cu-Gehalte auf 4 von 4 betrachteten Grünlandflächen; betr.: Ober- und Unterboden

– hier dargestellt: Oberbodenmessungen –

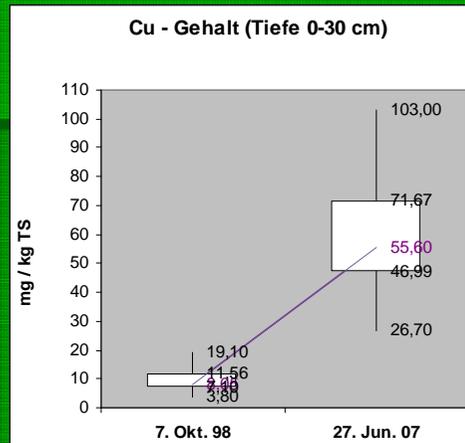
**BDF in der
Saale-Elbaue;
1995-2005**



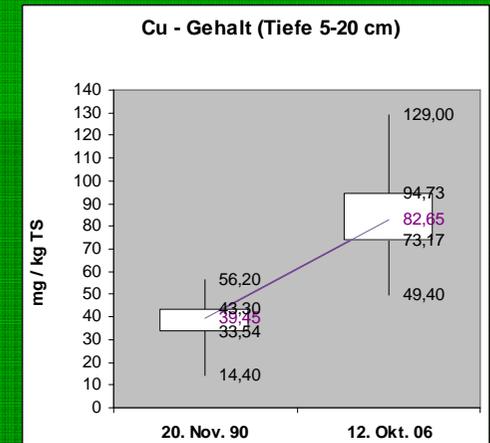
**BDF in der
Elbniederung;
1998-2007**



**BDF in der
Dübener
Heide;
1998-2007**



**BDF in Stadt-
nähe (Halle);
1990-2006**

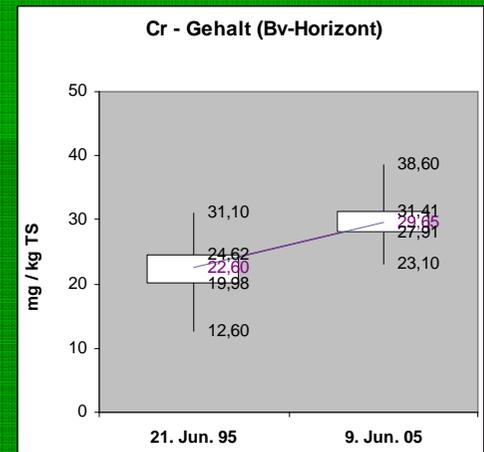
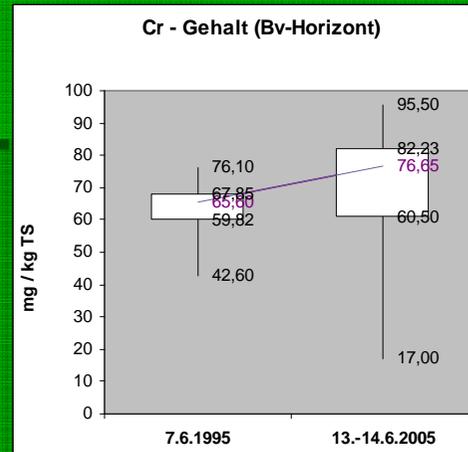
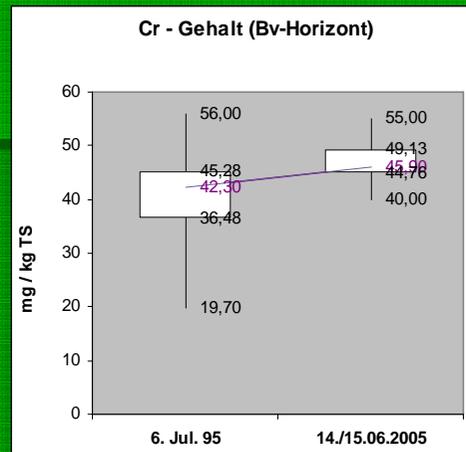
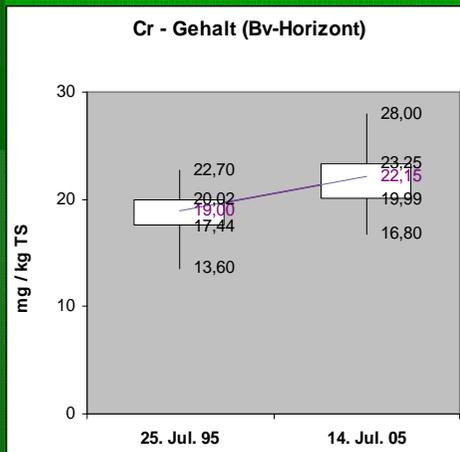
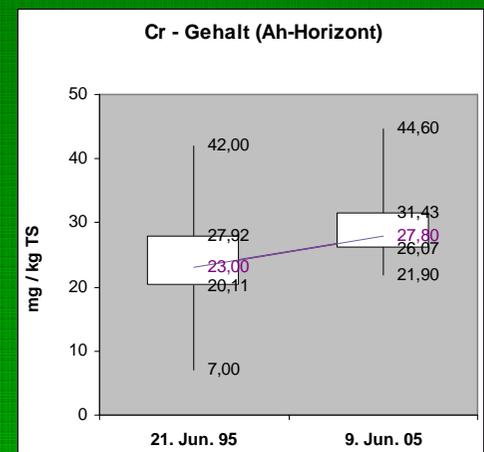
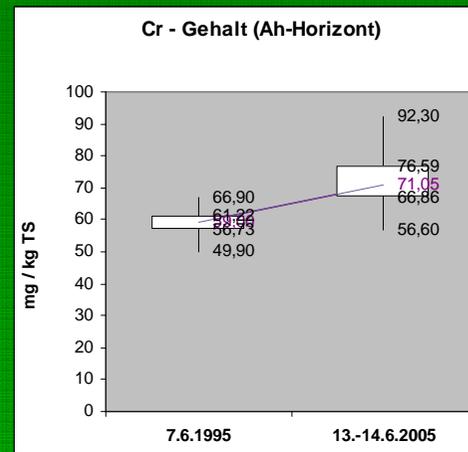
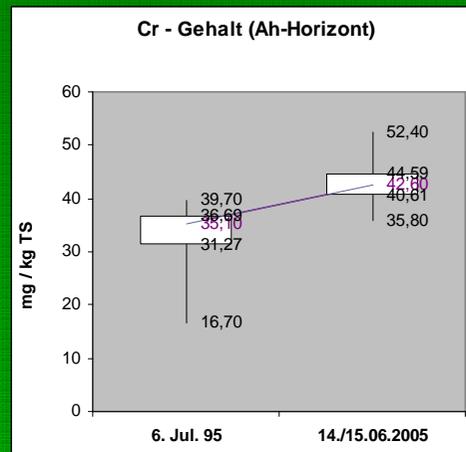
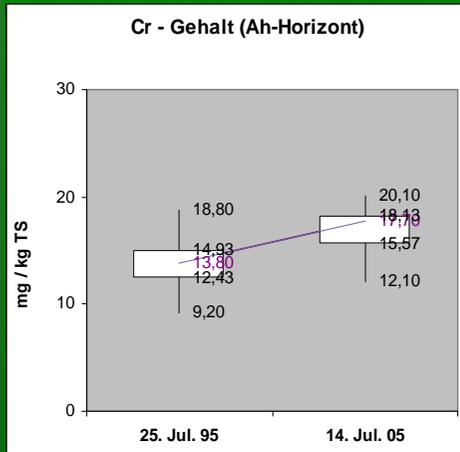


Zunahme der Cr-Gehalte auf 4 von 4 betrachteten Forstflächen im Harz; betr.: Ober- und Unterboden

– übereinanderliegende Diagramme zeigen Ah- und Bv-Horizont desselben Standorts –

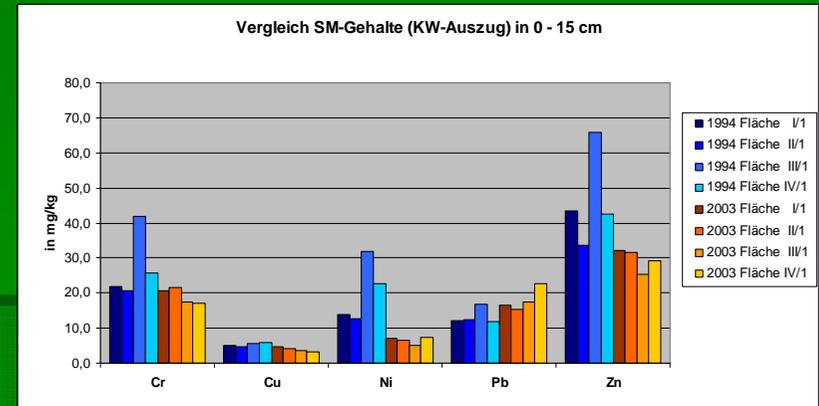
Ah-Horizont

Bv-Horizont

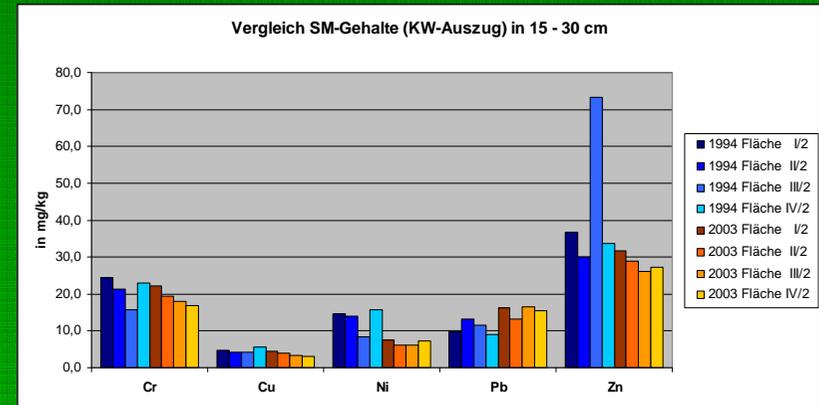


Ackerflächen in der Altmark (3 betrachtet) und der Magdeburger Börde (1 betrachtet) zeigen keine Auffälligkeiten

Tiefe 0-15 cm

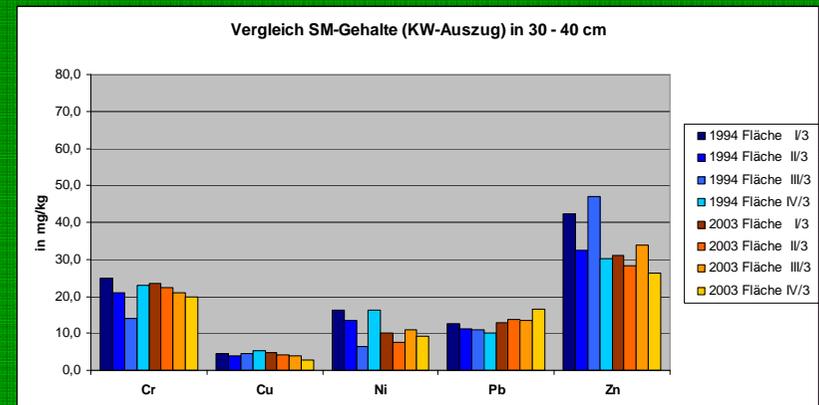


Tiefe 15-30 cm

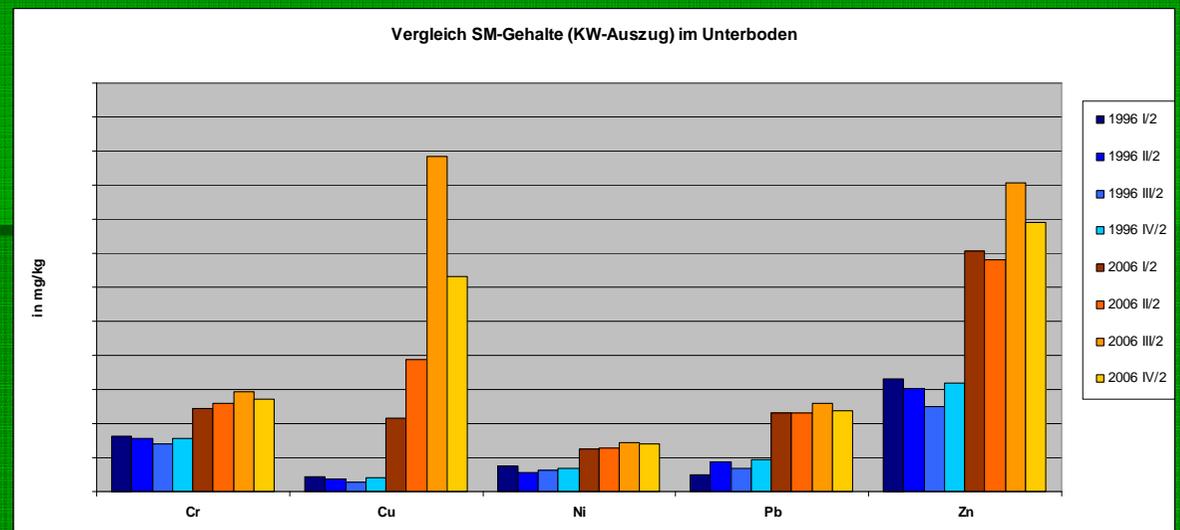
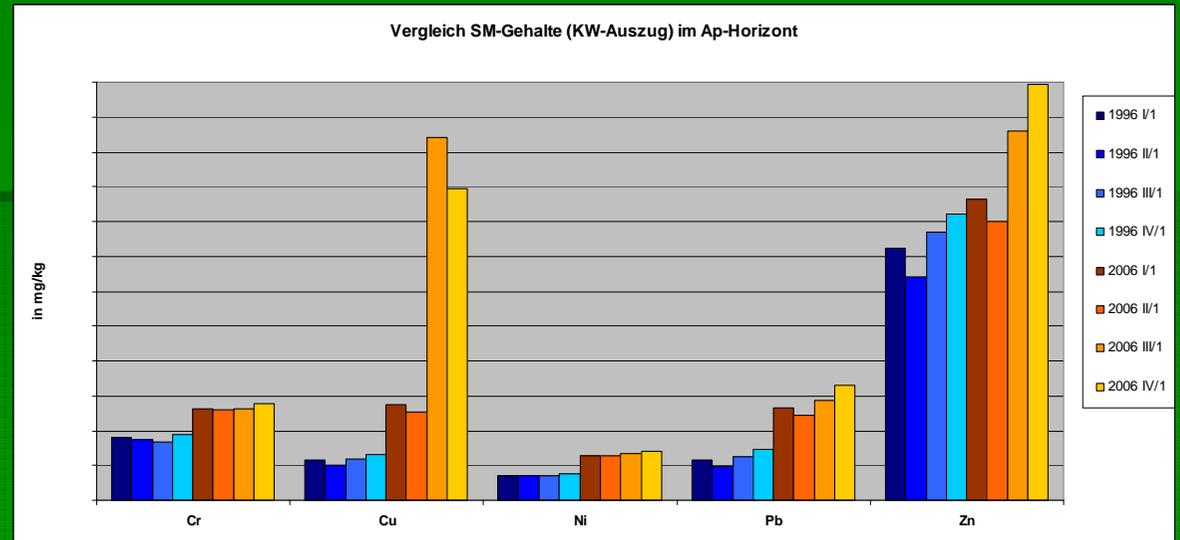


Beispiel-BDF aus der Altmark: 3 Tiefenstufen

Tiefe 30-40 cm



Hingegen ist bei 6 von 7 betrachteten Ackerflächen im südlichen Sachsen-Anhalt eine signifikante Zunahme von Cr, Cu, Ni, Pb und Zn festzustellen, in einem Fall durch 3 Beprobungen bestätigt. Die extremen Ausschläge bei Cu sind recht häufig. In einigen Fällen werden bereits Vorsorgewerte überschritten.



Beispiel-BDF mit 2 Beprobungstiefen

Was jetzt zu tun ist

Die Qualitätsbetrachtung der Messergebnisse bei den hier vorgestellten Zeitreihen ist noch bei keiner der vorliegenden Zeitreihen vollständig erfolgt, sodass die Veränderungs-Feststellungen noch dem Vorbehalt der Bestätigung unterliegen. Wichtig: Auch bei anscheinend gegebener Signifikanz der Messergebnisse muss geprüft werden, ob die Werteveränderungen nicht durch Störeinflüsse wie z. B. veränderte Messverfahren in den Labors, eine möglicherweise leicht variierte Probennahmemethodik oder schlicht andere Lagerung der Proben entstanden sein könnten! Erst wenn dies ausgeschlossen werden kann, können die Veränderungen als valide gelten.

Zur Absicherung einer hohen Qualität der Vergleichbarkeit der Messergebnisse ist es außerordentlich wichtig, Wechsel der Verfahren und/oder der durchführenden Institutionen zu vermeiden. Bisher ist dies in Sachsen-Anhalt weitgehend gelungen, da die einzelnen Arbeitsschritte in der Regel von denselben Personen bzw. Institutionen durchgeführt werden. Es ist deshalb unbedingt darauf hinzuwirken, dass die durchführenden Institutionen erhalten und arbeitsfähig bleiben.

Schließlich – und dies ist das eigentliche Ziel – muss nach Ursachen für die Veränderungen gesucht werden. Dies wird in Zusammenarbeit der beteiligten Behörden geschehen. Auch die Zusammenarbeit mit Universitäten im Rahmen von Praktika und Abschlussarbeiten mit Aufgabenstellungen zu dieser Thematik wird angestrebt.

Es müssen folgende Fragen geklärt werden:

- Ist die Veränderung regionsbezogen?
- Ist sie nutzungsspezifisch?
- Ist sie bodenlandschaftsbezogen (z. B. auenspezifisch)?
- Gibt es Zusammenhänge mit dem Immissionsgeschehen aus der Luft (wird vom Landesamt für Umweltschutz regelmäßig untersucht)?

Conclusio

- Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass bei den 25 bisher vorliegenden Zeitreihen-ergebnissen bereits Trends erkennbar sind, die – nach Plausibilitätsprüfung – zur Ursachenermittlung der beobachteten Veränderungen herangezogen werden können. Sowohl nutzungsspezifisch scheinen Gemeinsamkeiten bei den Veränderungen auf, als auch regionsspezifisch.
- Die Zunahme insbesondere von Cu sowohl auf Grünland- als auch auf vielen Acker- sowie einem Teil der Forstflächen muss aufgeklärt werden. Auch die Cr-Zunahme auf Forstflächen ist auffallend. Erfreulich ist eine offenkundige allgemeine Tendenz zur Abnahme der Quecksilbergehalte im Boden.
- Ausdrücklicher Dank wird ausgesprochen gegenüber den an der Probennahme und der Analytik beteiligten Mitarbeitern des mit der Boden-Dauerbeobachtung beauftragten Behördenverbundes, insbesondere den Laborbereichen, die mit ihrer Konstanz die Vergleichbarkeit der Messergebnisse erst ermöglichen, sowie den studentischen Praktikanten, die zum einen die Software und die statistische Methodik für die Auswertung entwickelt bzw. implementiert haben, und nicht zuletzt ganz einfach eine Menge Daten in den Rechner gebracht haben.

Vielen Dank für Ihr Interesse und Ihre Geduld!