

Entwicklungen der Schadstoffgehalte auf landwirtschaftlich genutzten BDF

Institut für Agrarökologie und Biologischen Landbau
Titus Ebert & Christa Müller

18. Kulturlandschaftstag der LfL am 05.04.2022 in Grub

Warum Bodenmonitoring auf Schadstoffe?

1985: Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung: Schadstoffbelastungen von Böden als sehr wichtiges Thema erkannt!

Ziele des Boden-Dauerbeobachtungs-Flächen-Programms (BDF):

- Erfassung der Schadstoffgehalte auf landwirtschaftlich genutzten Flächen in Bayern für die verschiedenen Landschaftseinheiten und unterschiedlichen Nutzungen.
- Dokumentation langfristiger Veränderungen der Stoffgehalte in Ober- und Unterböden.
- Erfassung von Stoffeinträgen und ihre Veränderungen über die Zeit durch Dünger, Pflanzenbehandlungsmittel und aus der Luft.
- Boden-Rückstellproben für neue Schadstoffe und Störfälle (vorher/nachher).
- **Klärung wichtiger Fragen:** Wie wirken sich gesetzliche Änderungen z.B. „Benzin-Bleigesetz“ auf Luftimmissionen oder Änderungen der Futtermittel-VO bzw. Verbot von Fütterungsantibiotika auf Schadstoff-Einträge durch Wirtschaftsdünger aus?



BDF ist wichtiger Datenpool für Gesetzes-Novellierungen im Bodenschutz und Düngerecht.

Untersuchungsumfang und Untersuchungsturnus

Untersuchungsumfang: Persistente, anorganische und organische Schadstoffe und Spurenelemente in Böden, Einträge anorganischer Stoffe durch Wirtschaftsdünger und Immissionen.

25 anorganische Stoffe z.B. Schwermetalle

Für Monitoring besonders Gesamtgehalte entscheidend, aber auch Untersuchung pflanzenverfügbarer Anteile (Vergleich praxisüblich bewirtschafteter LNF zu Altlasten) - Einstufung nach Bundes-Bodenschutz-Verordnung.

persistente, organische Schadstoffe

- Umweltchemikalien (Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe „PAK“, Polychlorierte Biphenyle „PCB“)
- Rückstände von PSM lange verbotener Mittel wie Chlorierte Kohlenwasserstoffe.

Untersuchungsturnus:

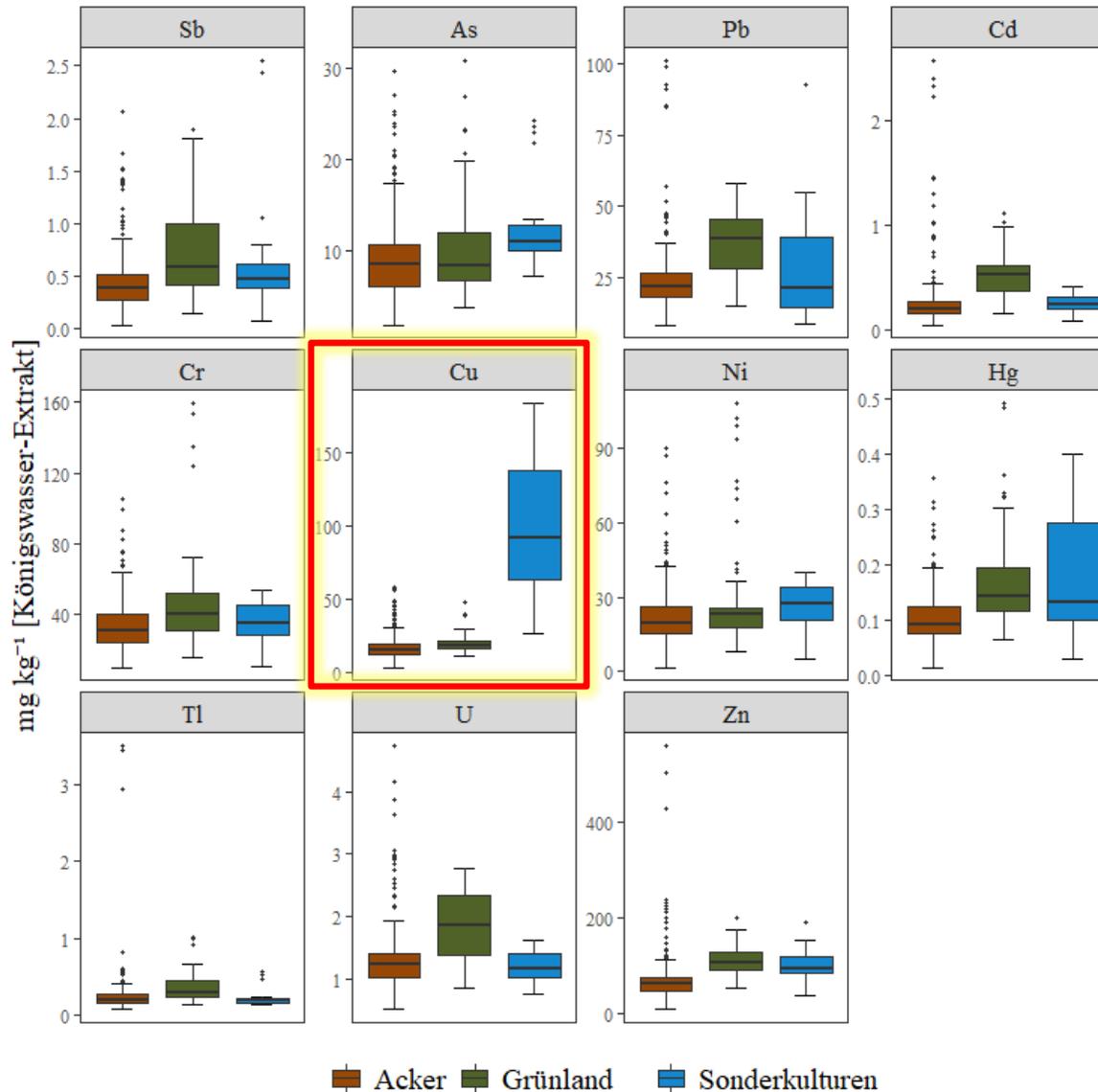
- Boden anorganische Stoffe alle 10 Jahre bei **80 Acker-**, **18 Grünland-**, **7 Sonderkultur-**BDF.
- Boden organische Schadstoffe, Wiederholung nur auf BDF mit höheren Gehalten bei Erstuntersuchung.
- Aufgebrachte Wirtschaftsdünger alle 6 Jahre, 19 anorganische Stoffe.
- Immissionen 1985-1996 (LfL) auf allen BDF, ab 1996 Daten LfU, 7 anorganische Stoffe.

Schad- und Spurenstoffe in Böden:

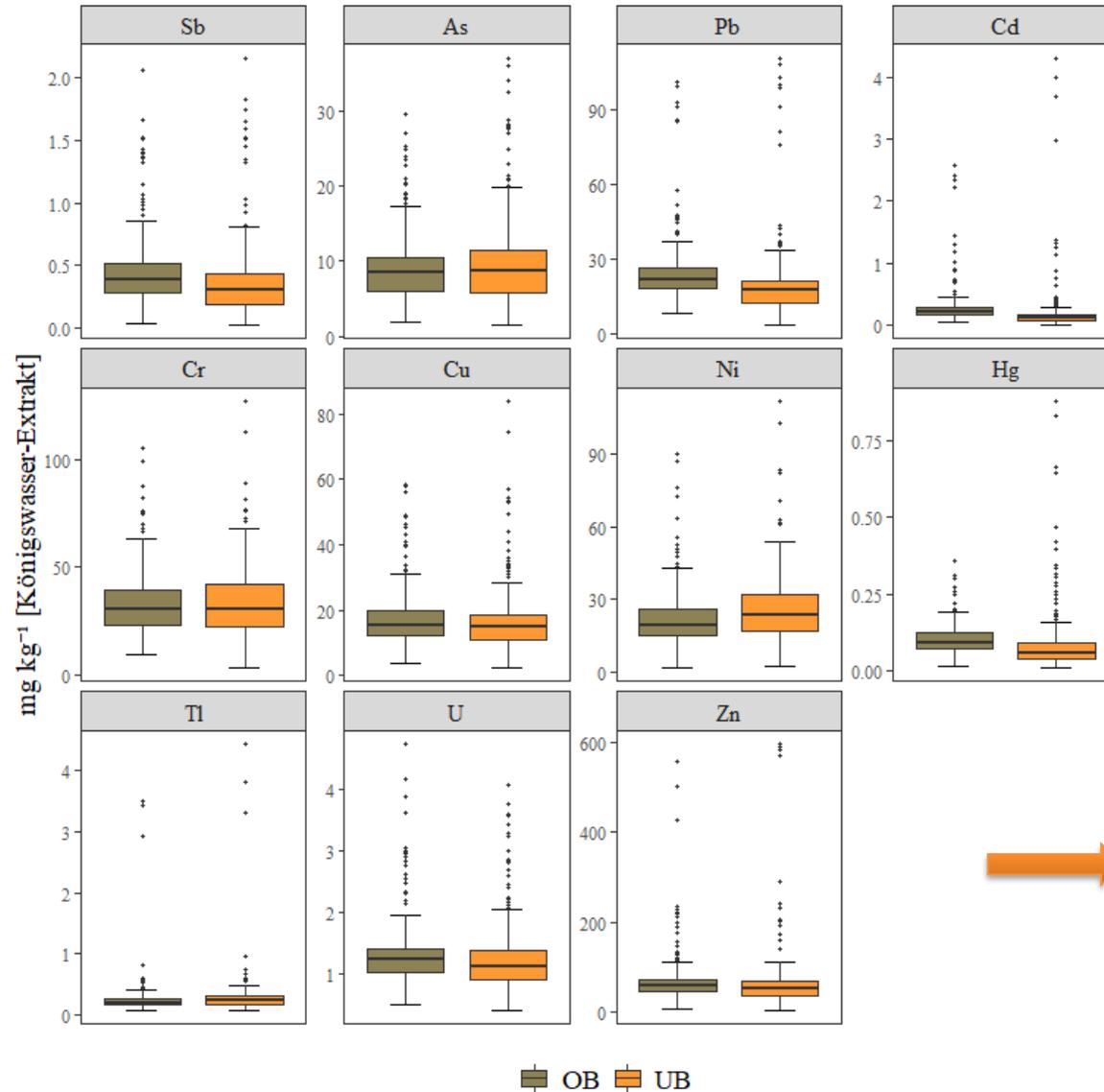
- Gesamtgehalte anorganischer Stoffe und deren Entwicklung seit 1985
- pflanzenverfügbare Stoffgehalte
- Umweltchemikalien (PAK & PCB)
- Rückstände chlorierter Pflanzenbehandlungsmittel.

Gesamtgehalte ausgewählter Elemente in BDF-Oberböden für verschiedene Nutzungen (gesamter Beobachtungszeitraum)

80 Acker-,
18 Grünland-,
7 Sonderkultur*-BDF
mit über 30 Jahren
Bodenmonitoring.
*3 Hopfen-, 3 Wein-
und 1 Obst-BDF



Gesamtgehalte ausgewählter Elemente in Ober- und Unterböden der 80 Acker-BDF (gesamter Beobachtungszeitraum)



Nur geringe Unterschiede
zwischen Ober- und
Unterböden

Bewertungsparameter Boden

Vorsorgewerte BBodSchV/MantelV [mg/kg Boden]:

Metalle	Haupt-Bodenart		
	Ton	Lehm/Schluff	Sand
Arsen	20	20	10
Blei	100	70	40
Cadmium	1,5	1	0,4
Chrom	100	60	30
Kupfer	60	40	20
Nickel	70	50	15
Quecksilber	1	0,5	0,1
Thallium	1	1	0,5
Zink	200	150	60

Alternativ, Hintergrundwerte Bayern:

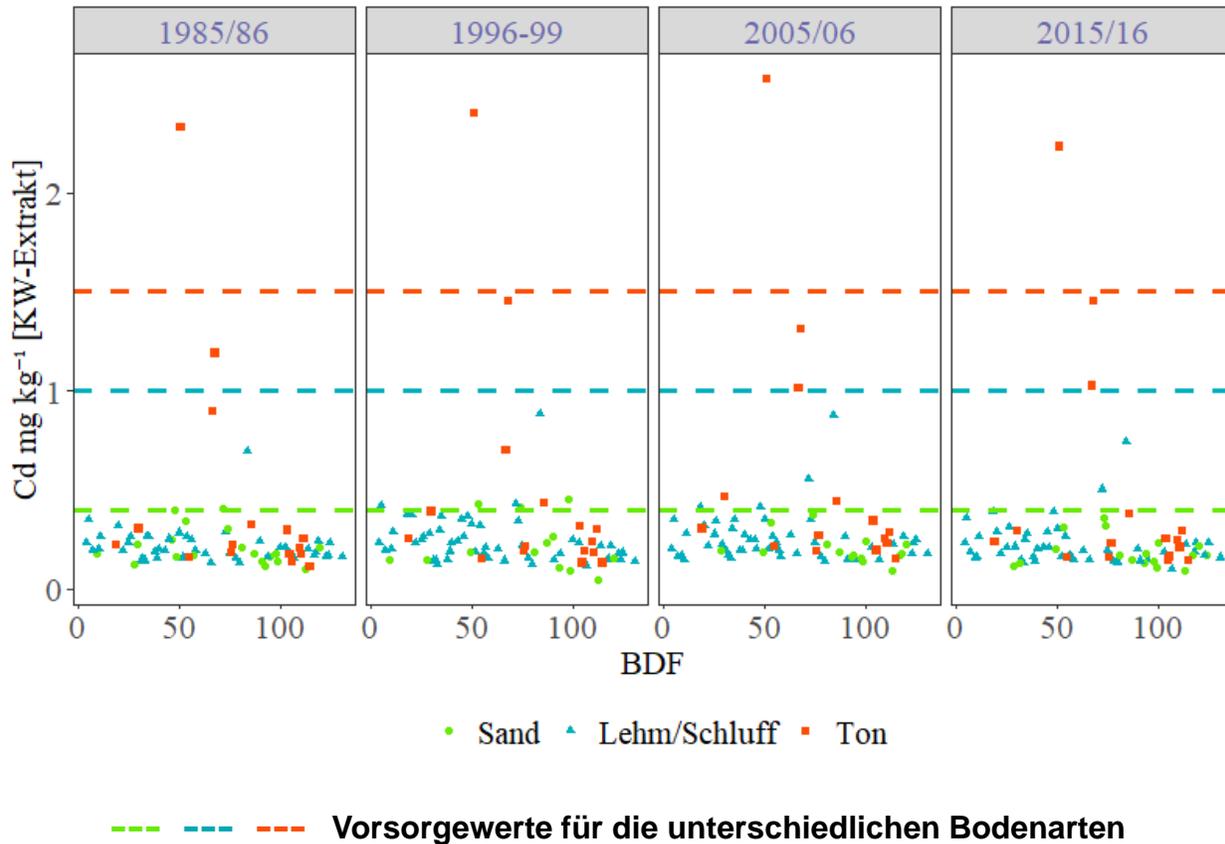
<https://www.lfu.bayern.de/boden/hintergrundwerte/>



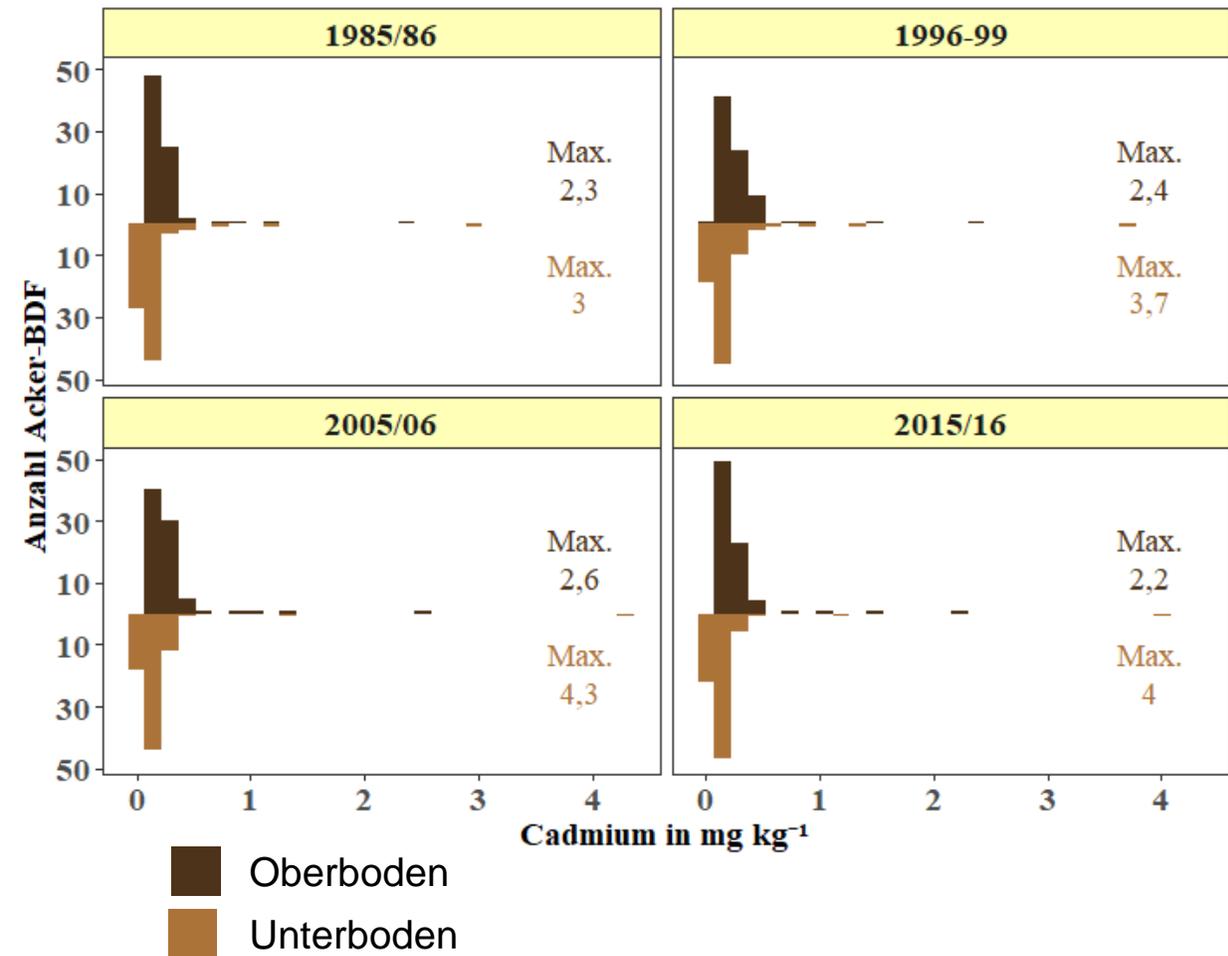
oder <https://www.umweltatlas.bayern.de/boden>

Cadmium - Gesamtgehalte in Ober- und Unterböden der Acker-BDF

Vergleich Oberböden der Acker-BDF mit Vorsorgewerten

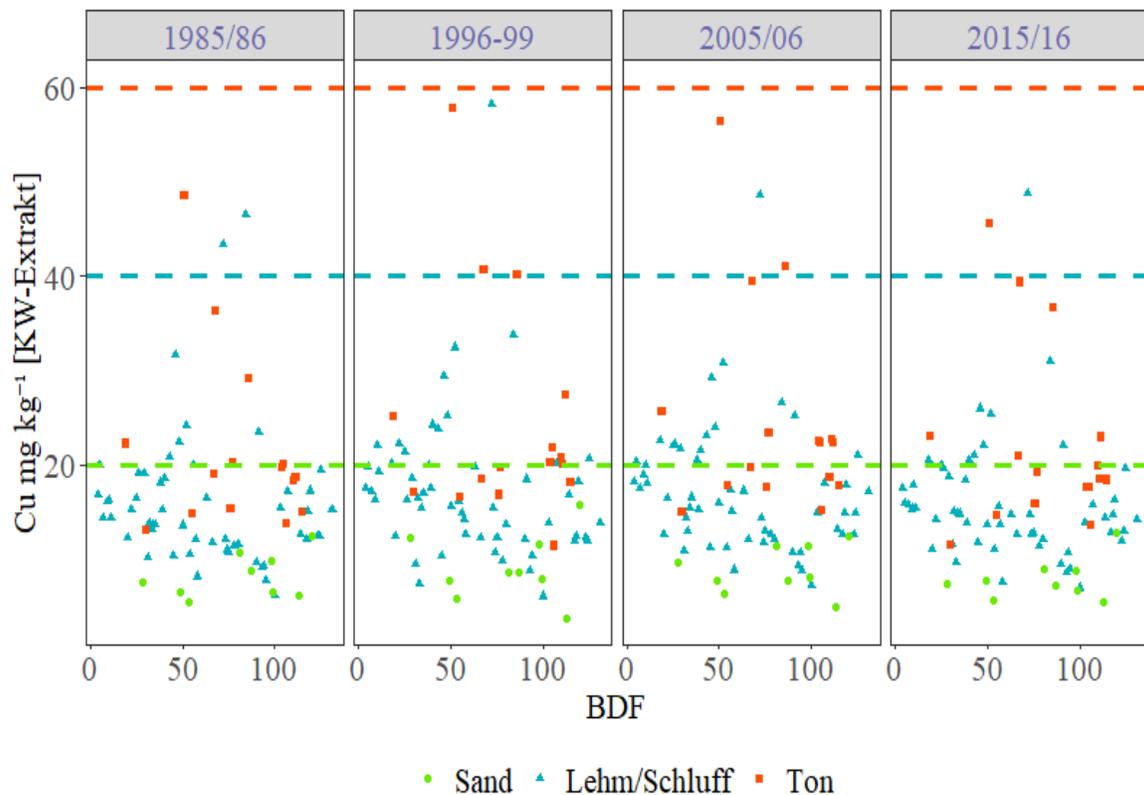


Vergleich Ober- und Unterböden der Acker-BDF

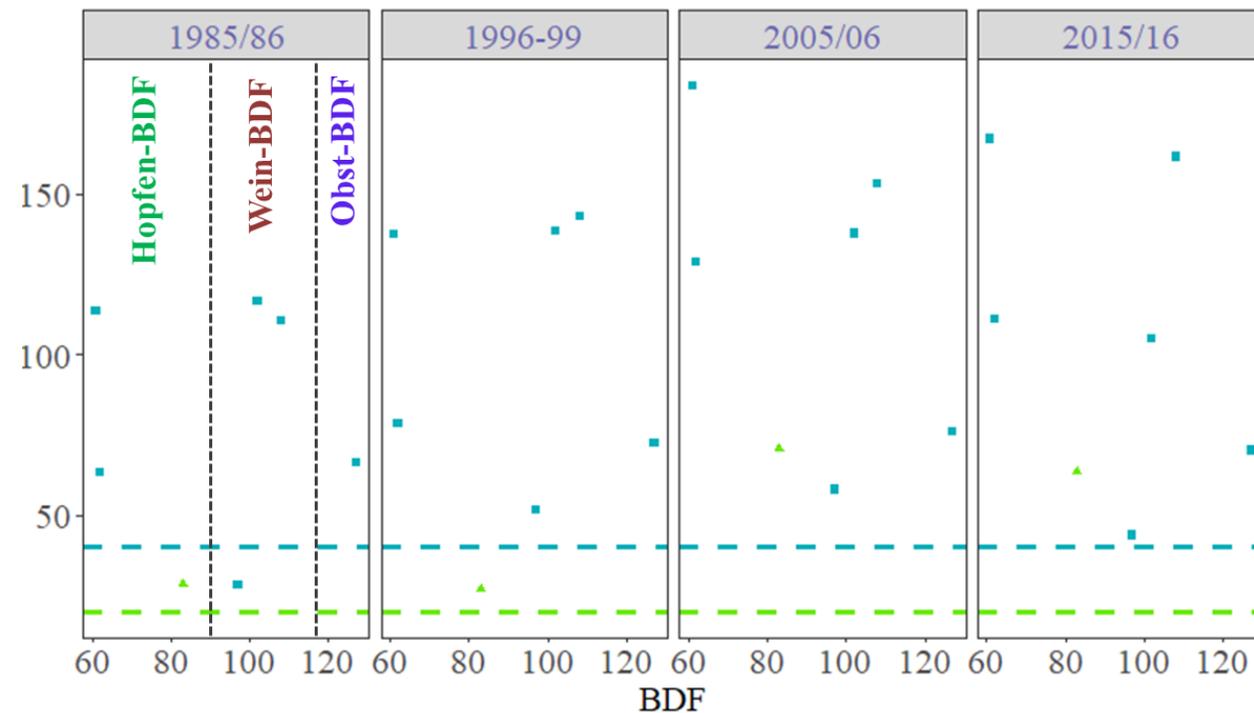


Kupfer - Gesamtgehalte in Oberböden der Acker- und Sonderkultur-BDF

Oberböden der **Acker-BDF** -
Vergleich zu Vorsorgewerten BBodSchV



Oberböden der **Sonderkultur-BDF** -
Vergleich zu Vorsorgewerten BBodSchV



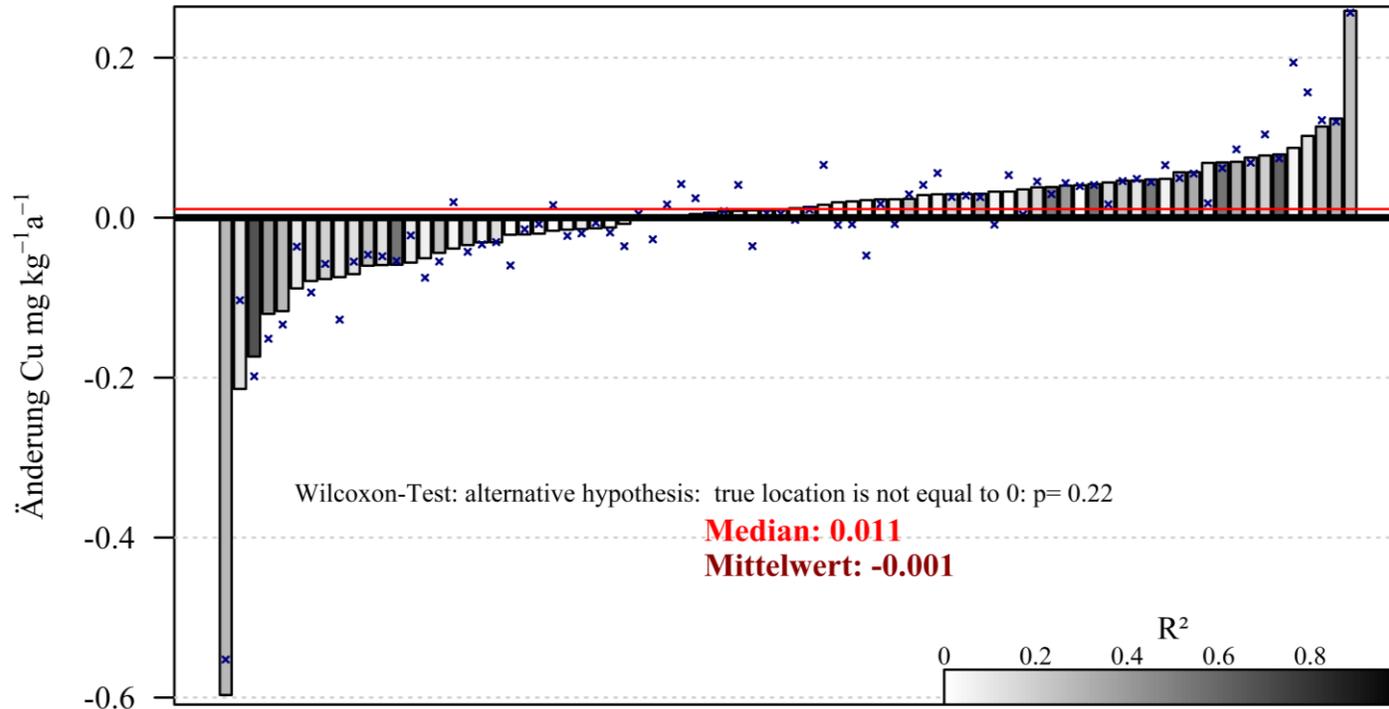
--- Vorsorgewerte für die unterschiedlichen Bodenarten

Anzahl BDF mit Vorsorgewert-Überschreitungen im Oberboden

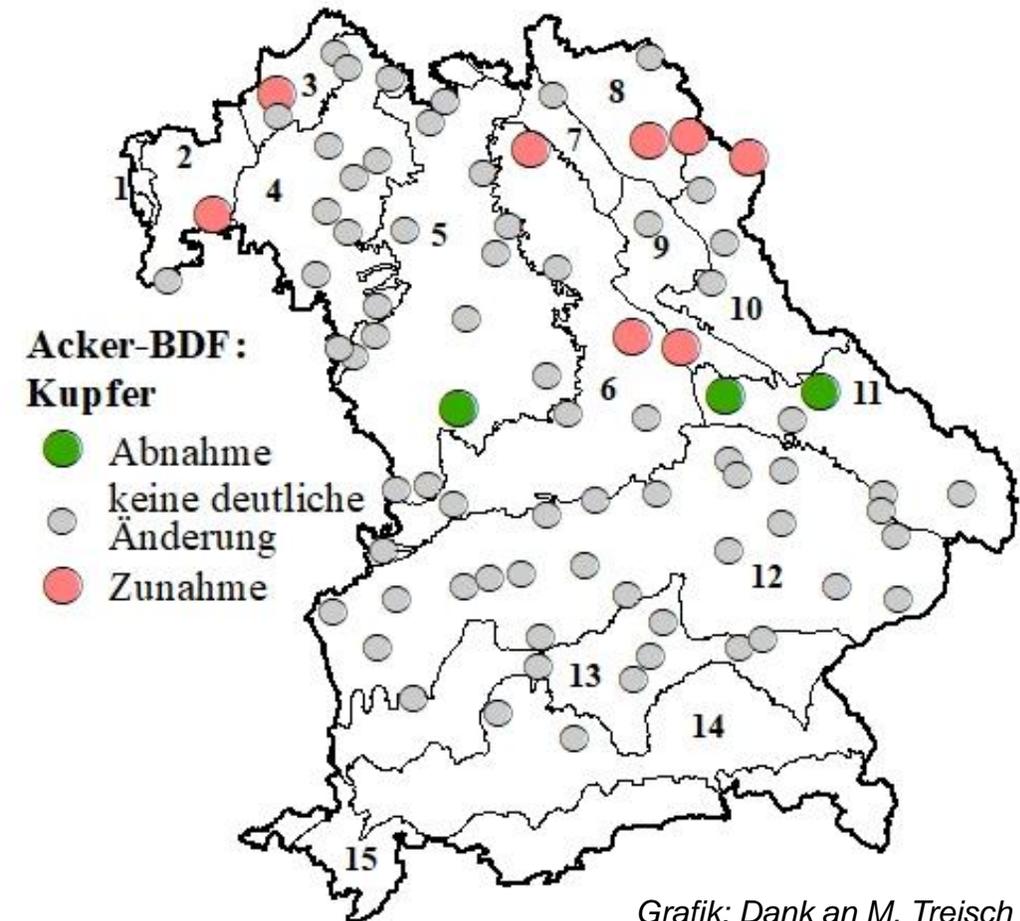
4 Beprobungen im Abstand von 10 Jahren: 1985/86, 1996-99, 2005/06 und 2015/16												
80 Acker-					18 Grünland-				7 Sonderkultur-BDF			
	Ton	Lehm/Schluff	Sand	< VW	Ton	Lehm/Schluff	Sand	< VW	Ton	Lehm/Schluff	Sand	< VW
Arsen	5	3	0	72	2	1	-	15	-	1	0	6
Blei	1	1	0	78	0	0	0	18	-	1	0	6
Cadmium	1	0	4	75	0	0	5	13	-	0	0	7
Chrom	0	4	0	76	1	0	-	17	-	0	0	7
Kupfer	0	2	0	78	0	1	-	17	-	6	1	0
Nickel	1	1	14	64	0	2	7	9	-	0	1	6
Quecksilber	0	0	4	76	0	0	-	18	-	0	0	7
Thallium	1	0	0	79	1	0	-	17	-	0	0	7
Zink	2	2	11	65	0	3	7	8	-	2	2	3

- Bodenart für Nutzung nicht besetzt

Kupfer - Entwicklung der Gesamtgehalte im Oberboden der Acker-BDF

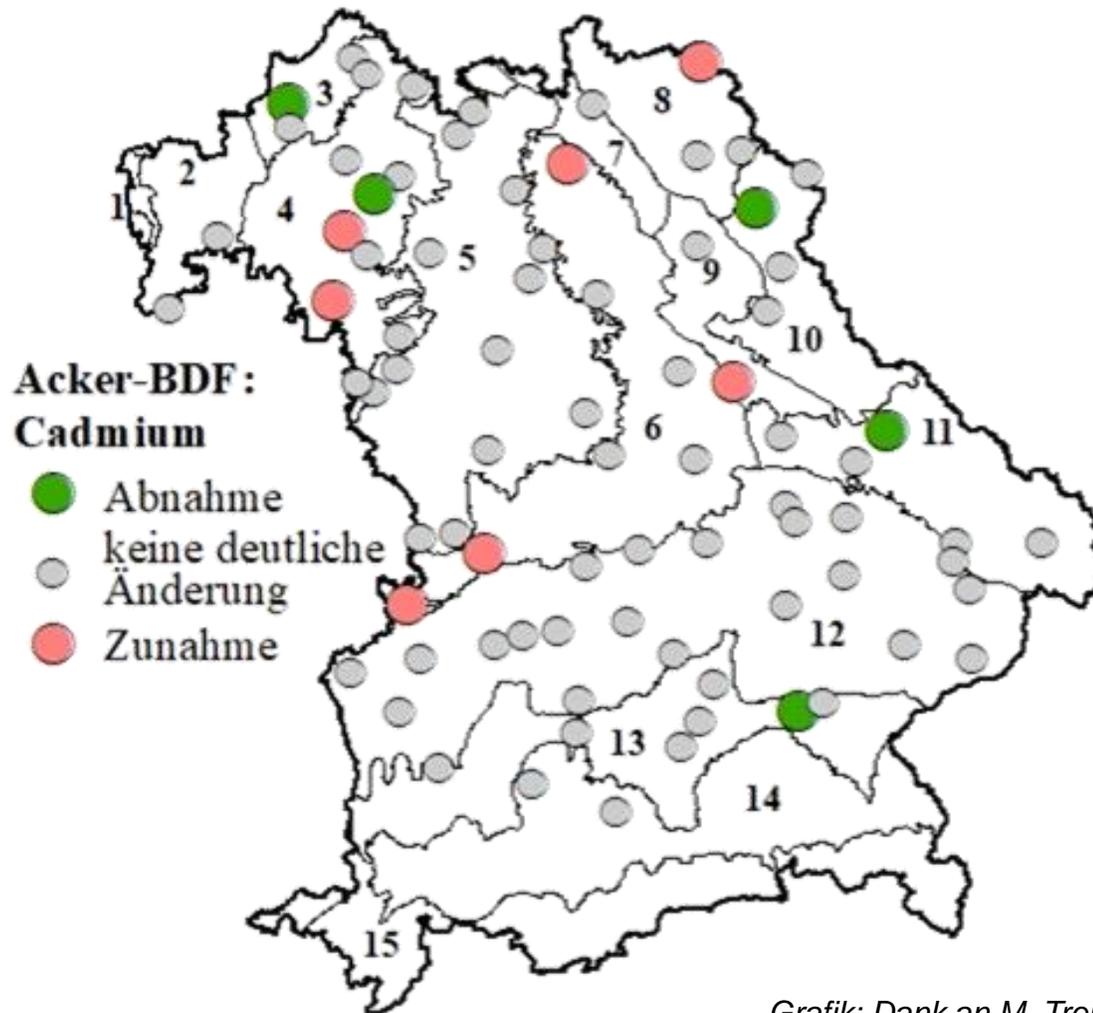


Grafik: Dank an J. Burmeister



Grafik: Dank an M. Treisch

Cadmium - Entwicklung der Gesamtgehalte im Oberboden der Acker-BDF



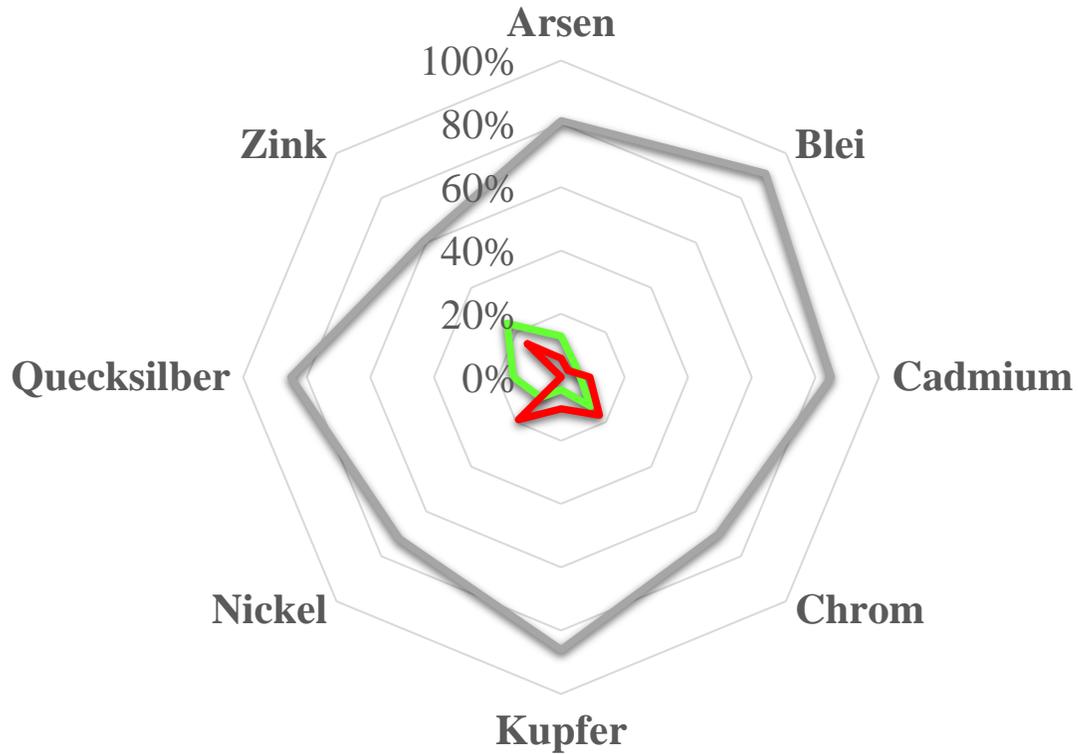
Hauptlandschaftseinheiten (Wittmann, 1991):

- | | |
|---|---|
| 1 Rhein-Main-Niederung | 6 Fränkische und Schwäbische Alb |
| 2 Spessart-Odenwald | 7 Obermain-Schollenland |
| 3 Rhön | 8 Frankenwald Fichtelgebirge und Vogtland |
| 4 Fränkische Platten | 9 Oberpfälzer Becken und Hügelland |
| 5 Fränkisches und Schwäbisches Keuper-Lias-Land | 10 Oberpfälzer Wald |
| | 11 Bayerischer Wald |
| 12 Tertiärhügelland, Iller-Lechplatte und Donautal | |
| 13 Schwäbisch-Bayer. Schotterplatten und Altmoränen | |
| 14 Schwäb.-Bayer. Jungmoräne und Molassevorberge | |
| 15 Bayerische Alpen | |

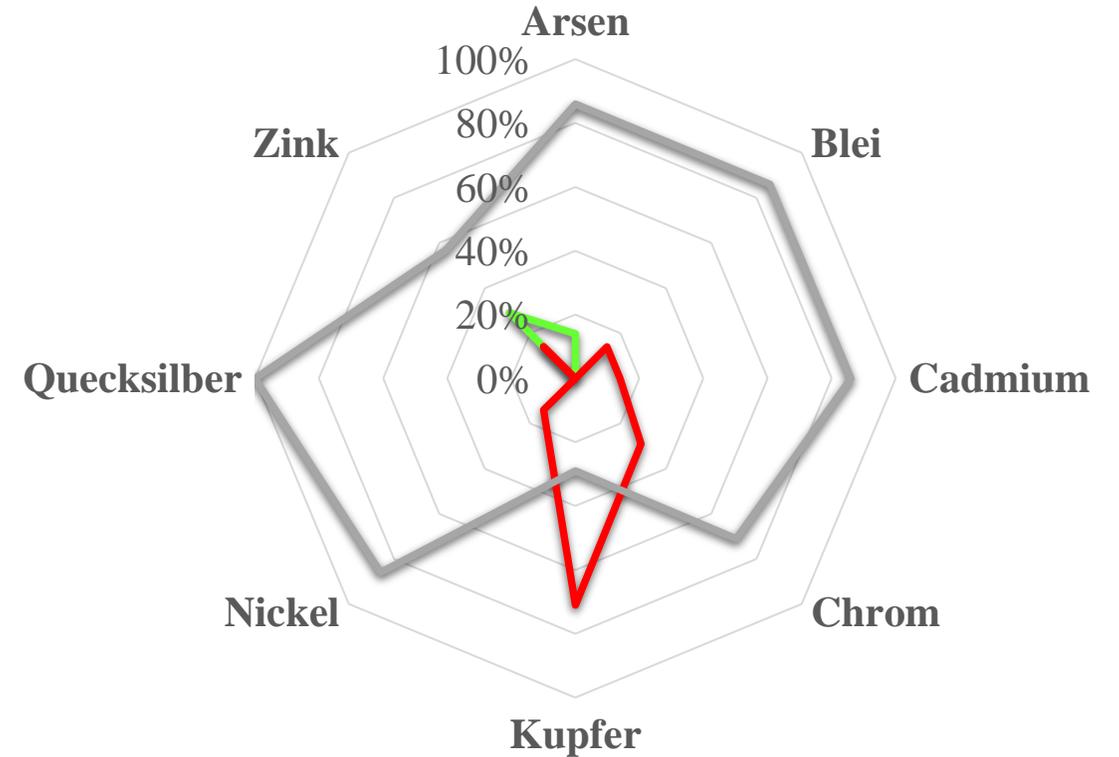
Grafik: Dank an M. Treisch

Anorganische Bodenschadstoffe - Entwicklung der Gehalte in BDF-Oberböden seit 1985

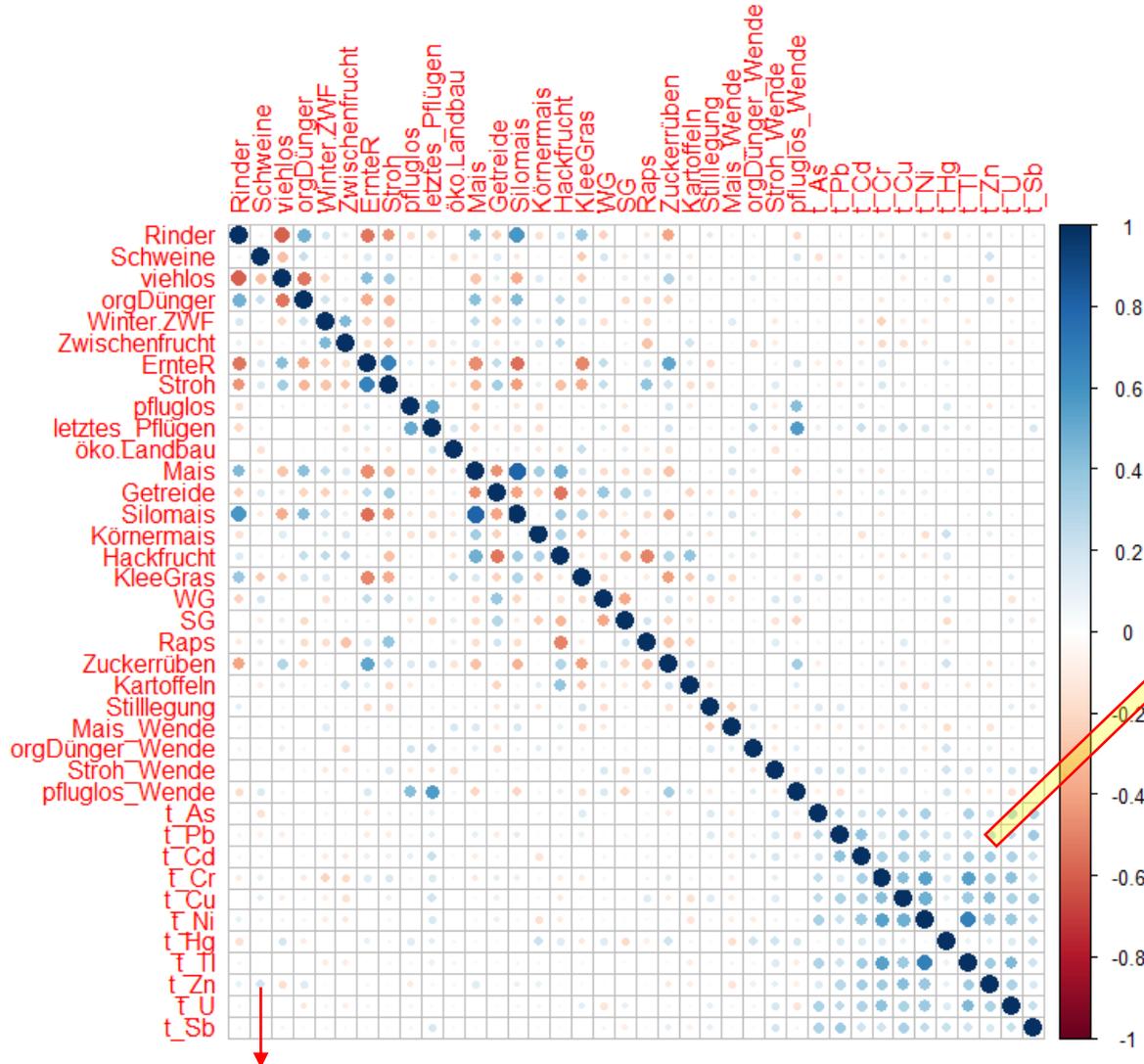
80 Acker-BDF



7 Sonderkultur-BDF (Hopfen, Obst, Wein)



Korrelation Bewirtschaftungsparameter und lineare Trends bei Gesamtgehalten ausgewählter Elemente (Oberböden, Acker-BDF - Rangkorrelationskoeffizient n. Kendall's Tau)



Leichter positiver Zusammenhang zwischen Schweinehaltung und Zinkgehalten!

Geringe Korrelation mit „klassischen“
Bewirtschaftungsfaktoren

jedoch

durchwegs positive **Interkorrelation** linearer Trends der
zeitlichen Entwicklung der Gesamtgehalte!

Effektstärke bei Kendall's Tau:

$r = 0,1 - 0,3$ schwach

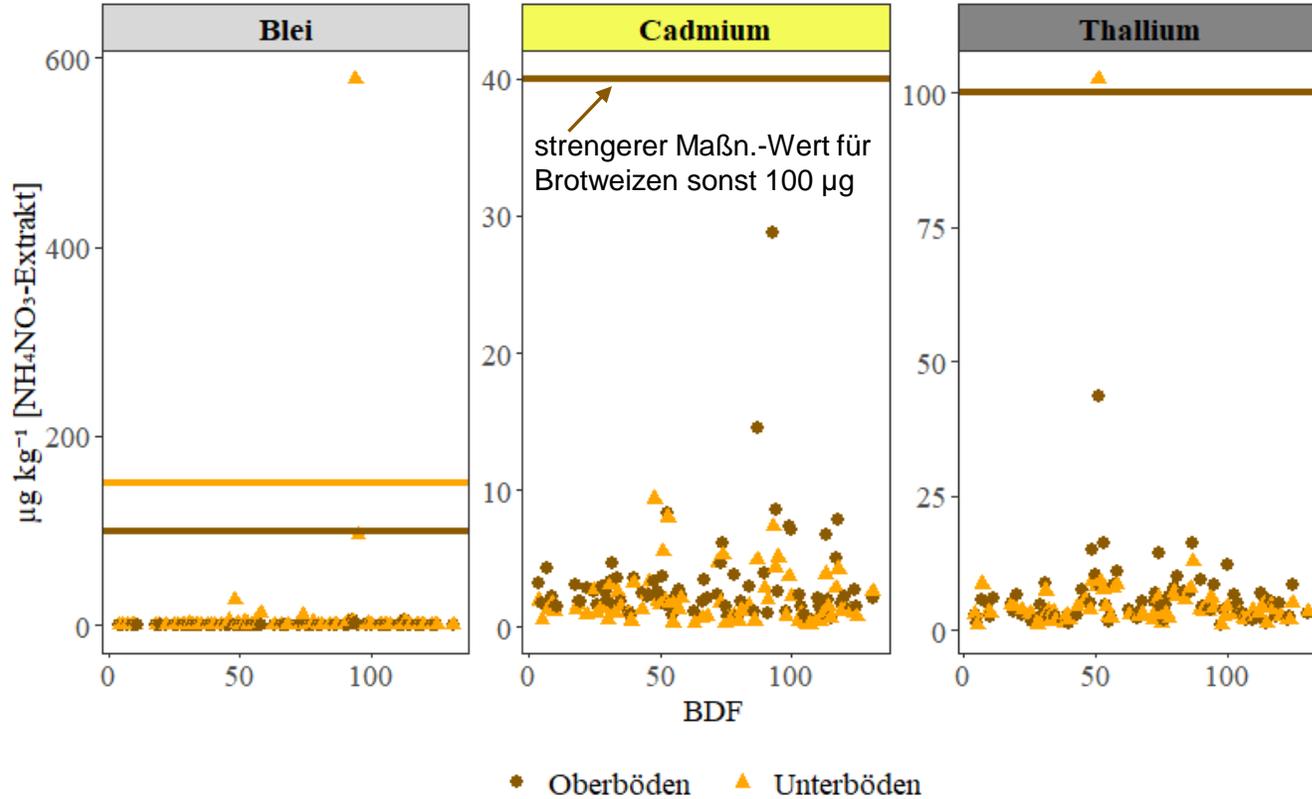
$r = 0,3 - 0,5$ mittel

$r > 0,5$ starke Korrelation.

Grafik: Dank an J. Burmeister

pflanzenverfügbare Anteile anorganischer Stoffe in BDF-Böden (2005/06, 1x untersucht)

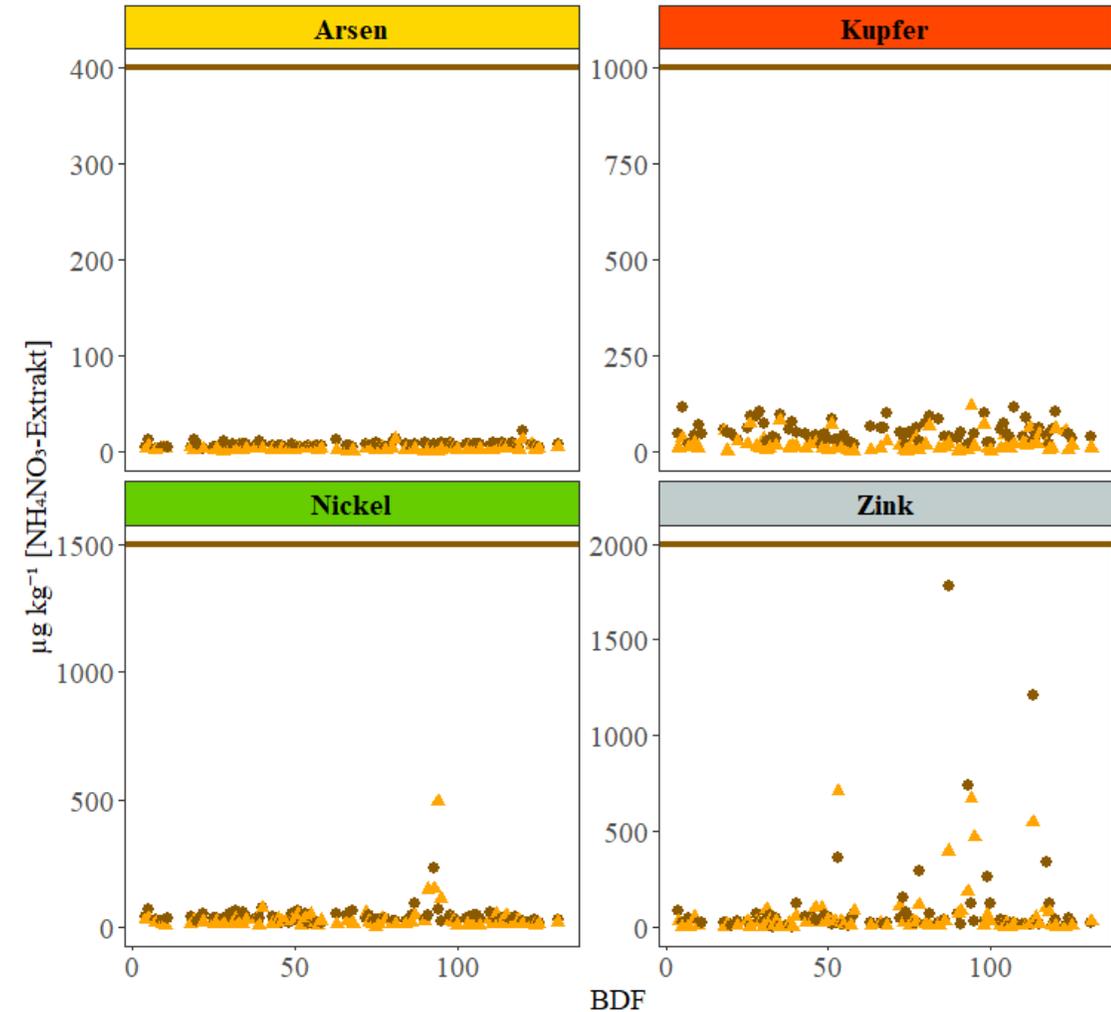
hinsichtlich Pflanzenqualität



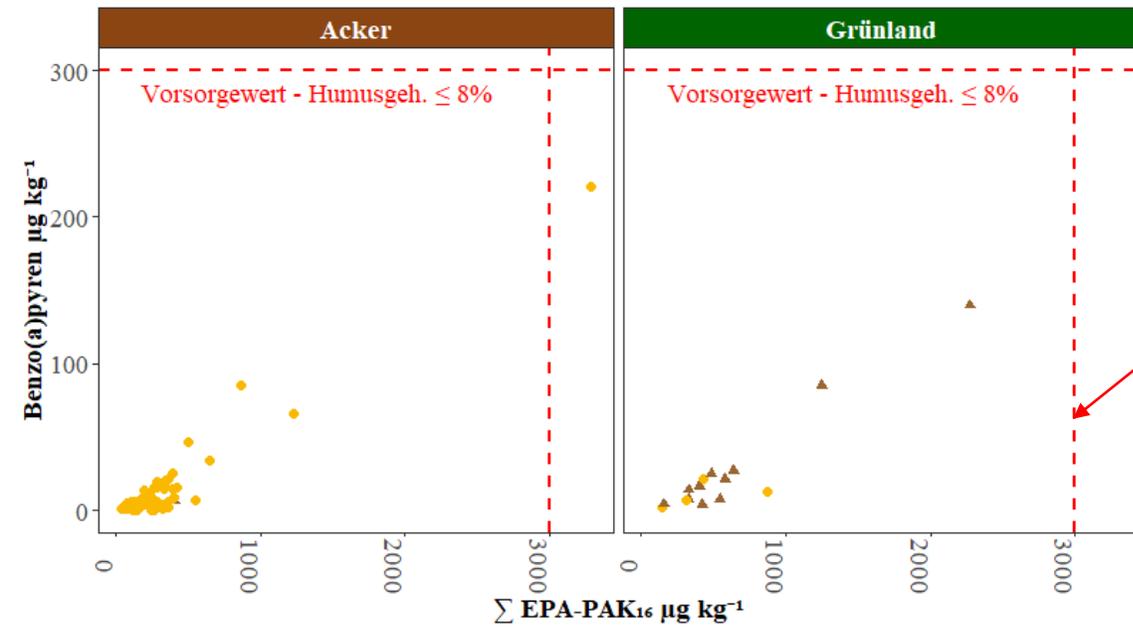
Prüfwerte und (bei Cd) Maßnahmenwert BBodSchV:

- Unterböden (1,5 x Wert für Oberböden)
- Oberböden

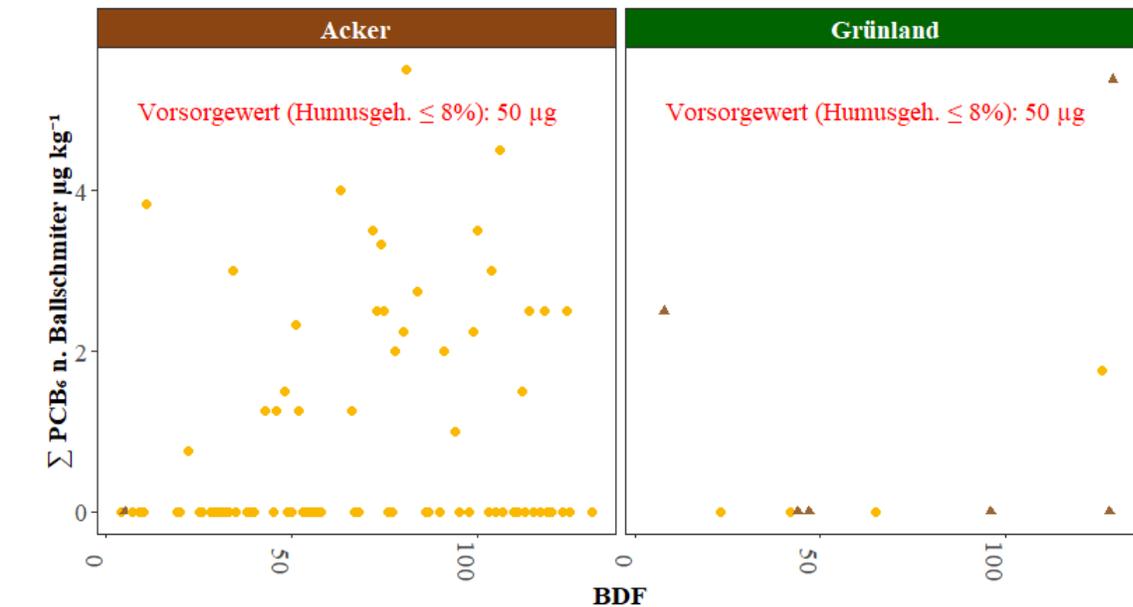
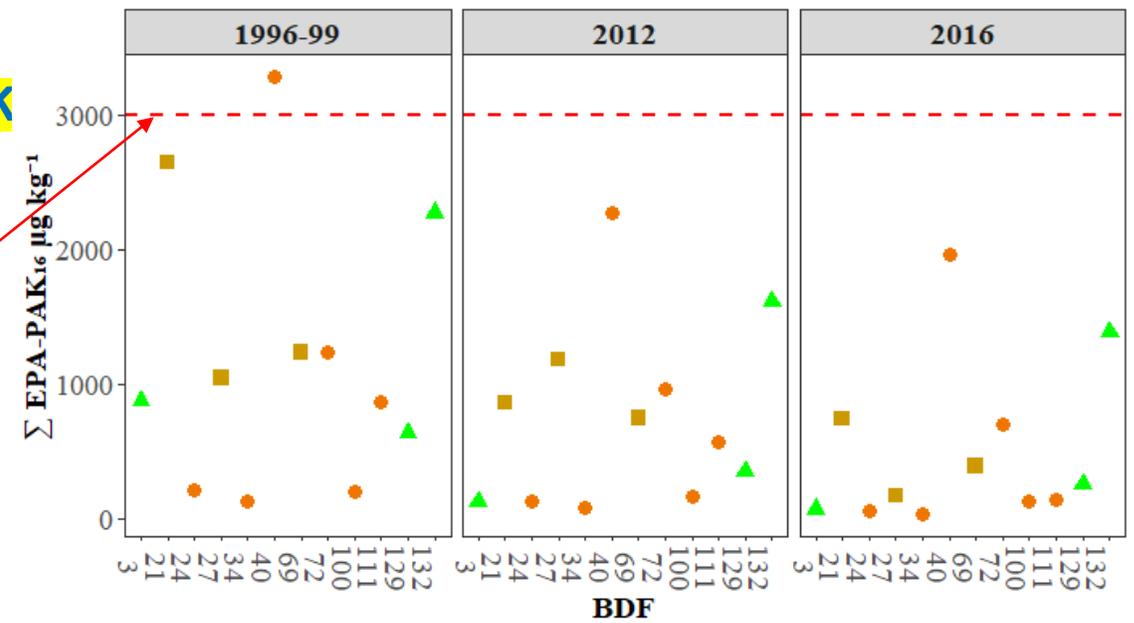
hinsichtlich Wachstumsbeeinträchtigungen



PAK und PCB in BDF-Oberböden - Gehalte bei Ersterhebung und zeitliche Entwicklung



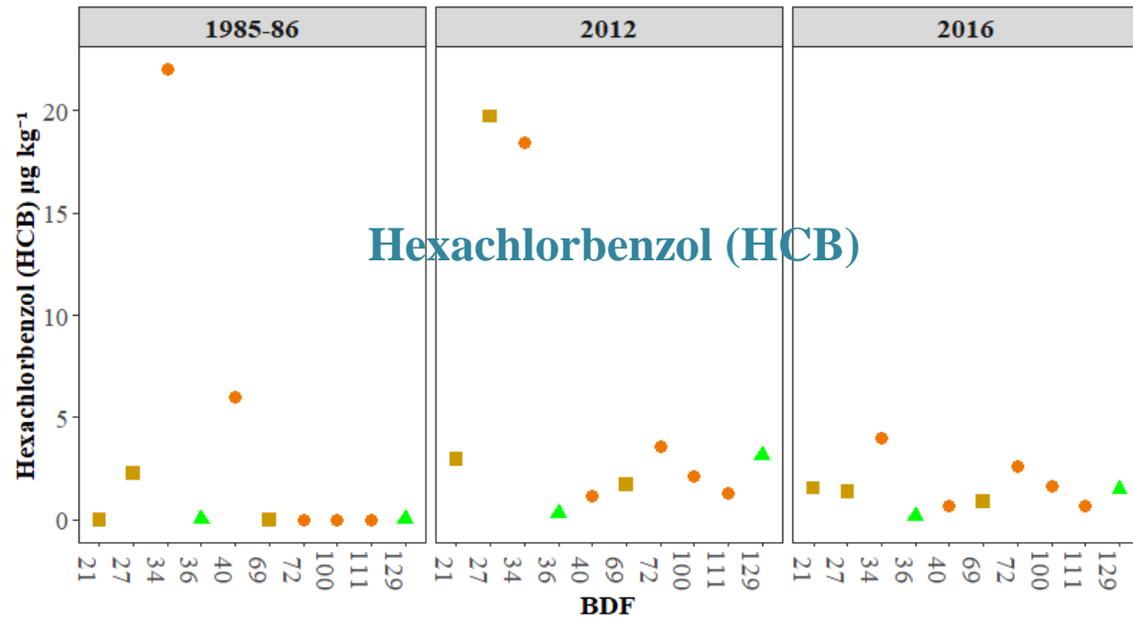
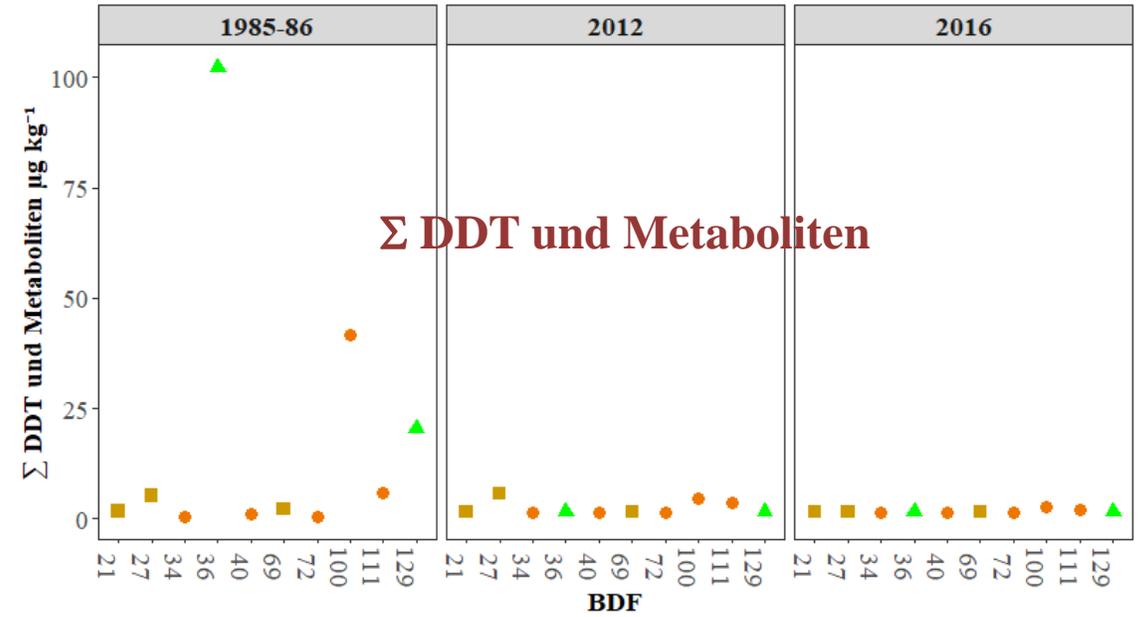
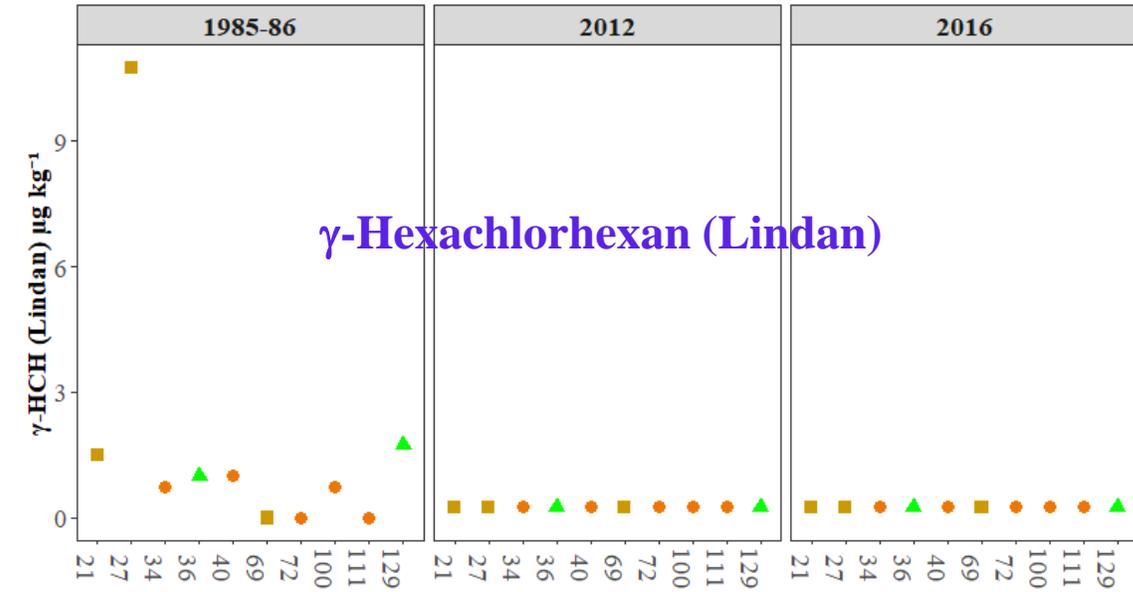
PAK



**Polychlorierte
Biphenyle (PCB)**

- Humusgehalt ≤ 8%
- ▲ Humusgehalt > 8%

Rückstände von Pflanzenbehandlungsmitteln – zeitliche Entwicklung chlorierter Kohlenwasserstoffe in BDF-Oberböden



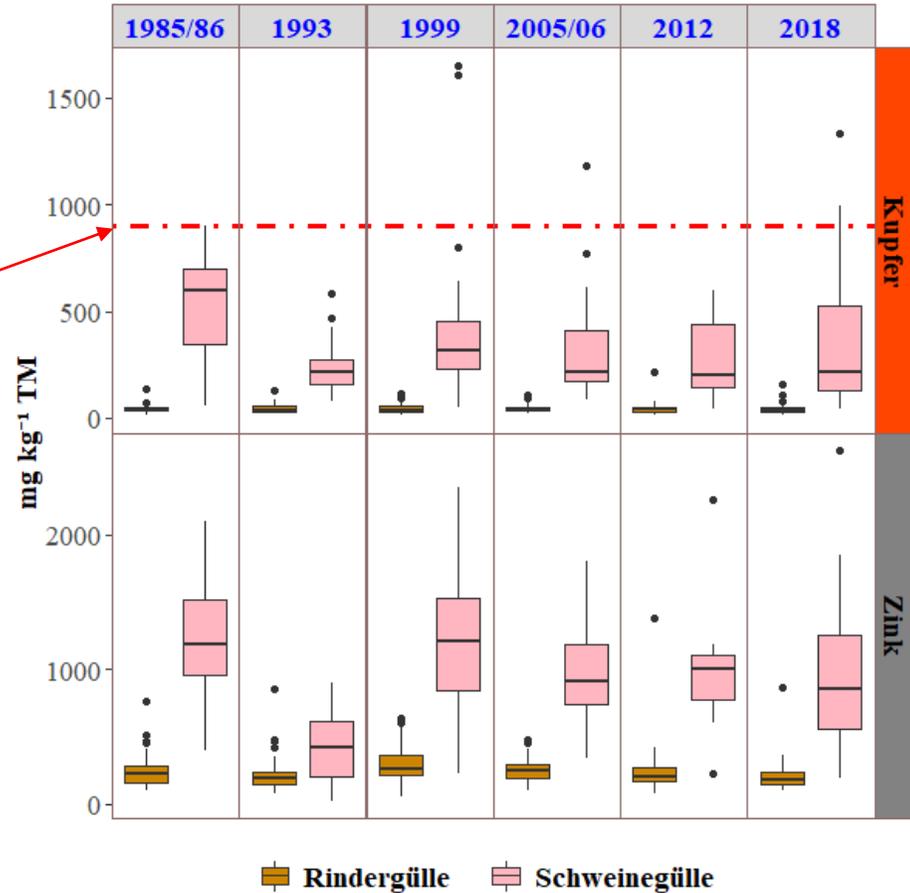
● Acker ▲ Grünland ■ Nutzungsänderung

Eintragungspfade für anorganische Schadstoffe in Böden:

- durch Wirtschaftsdünger
- über die Luft (Immissionen)
- durch Pflanzenbehandlung bei Sonderkulturen.

Kupfer und Zink in Rinder- und Schweinegülle

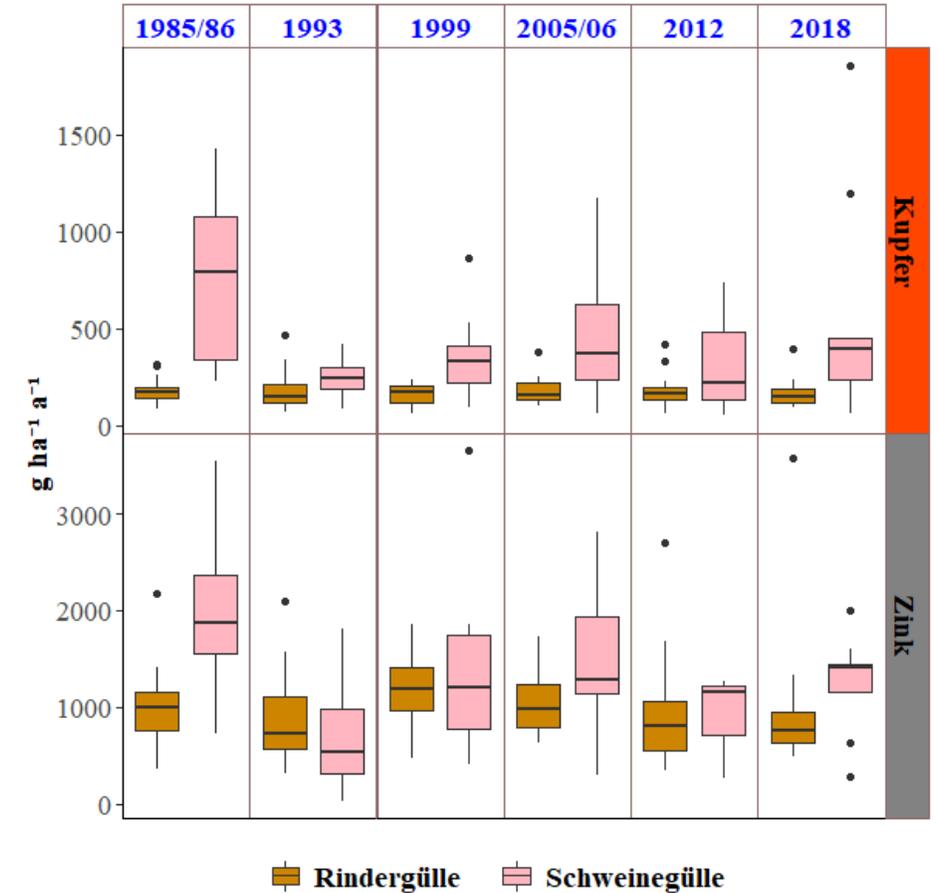
Gehalte und...



als Referenzwert gedacht!

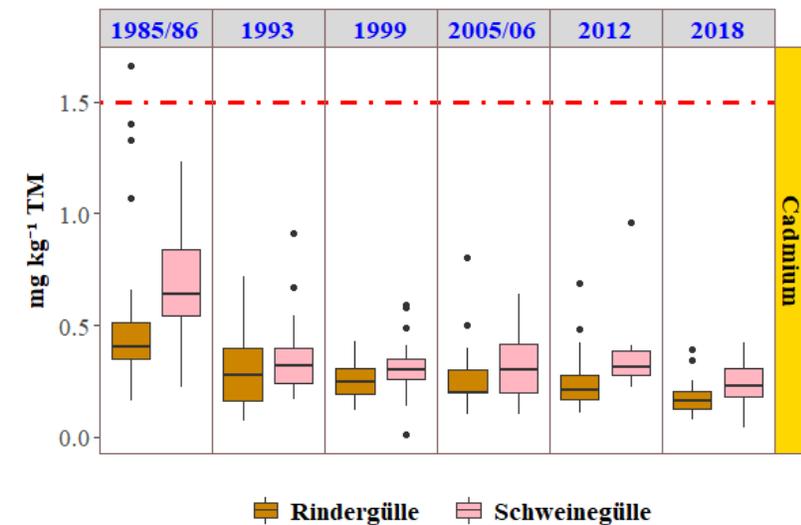
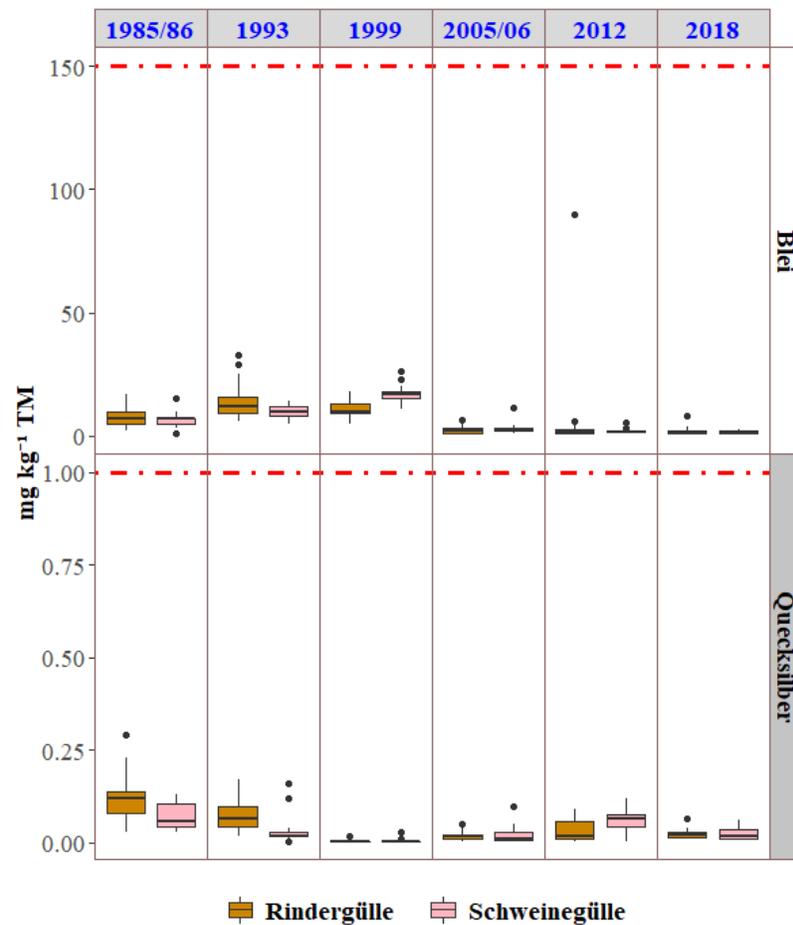
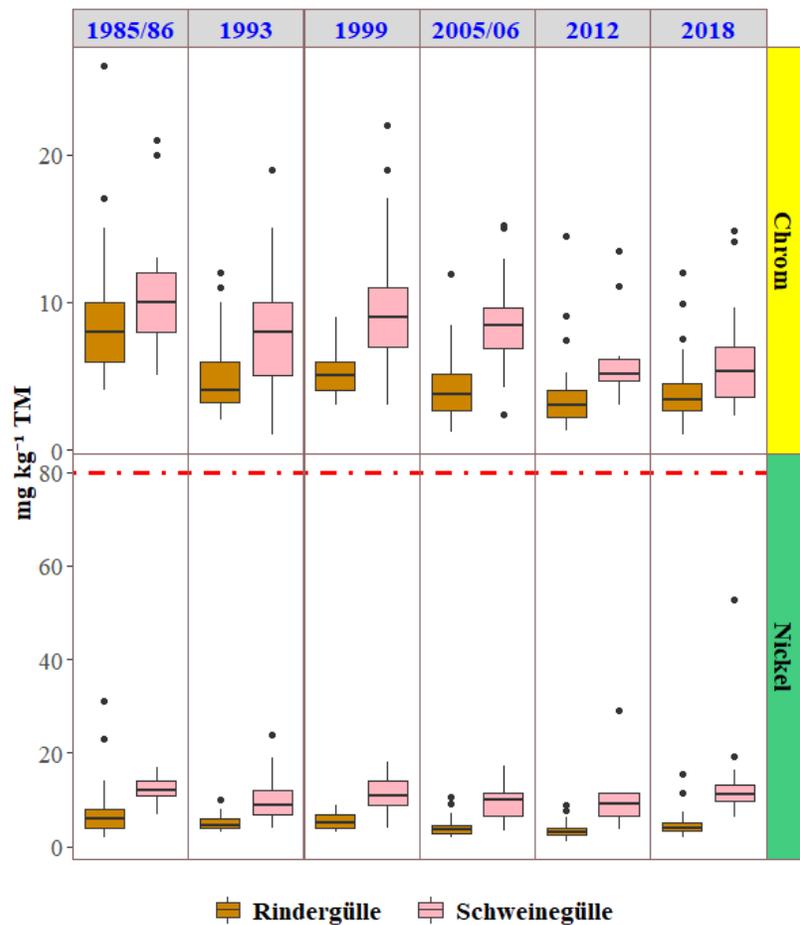
--- Höchstgehalt für Düngemittel mit zusätzlich den Typ bestimmenden Spurennährstoffen*
 *gilt nicht für Wirtschaftsdünger!

Frachten:



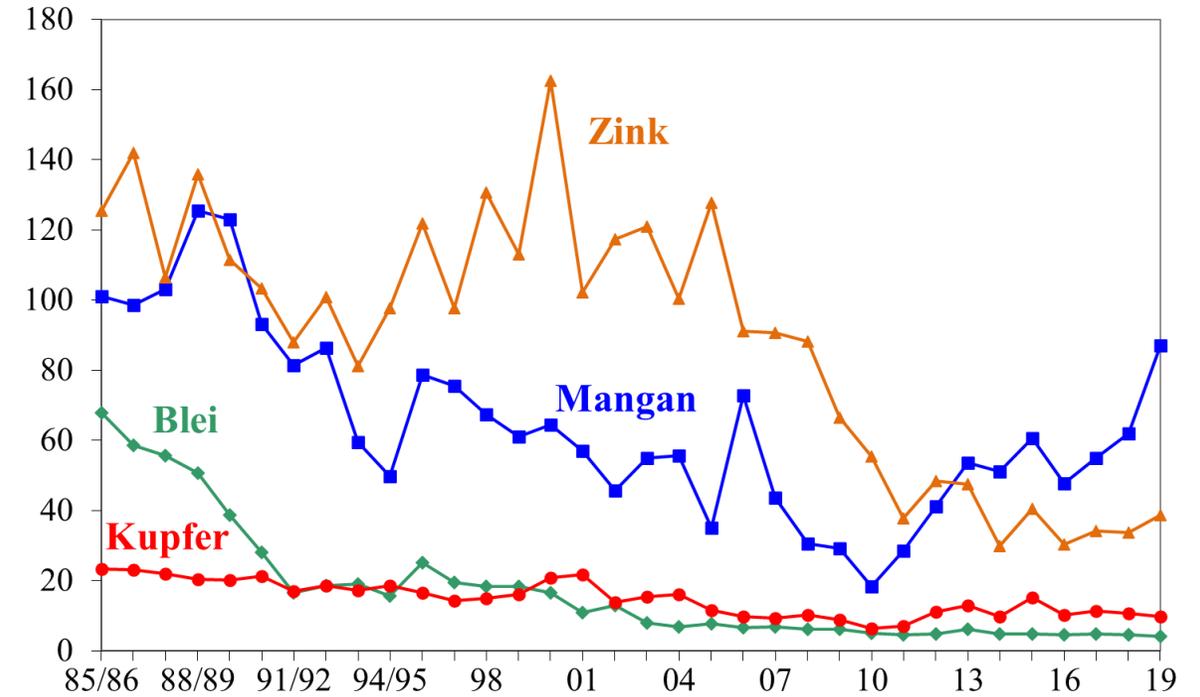
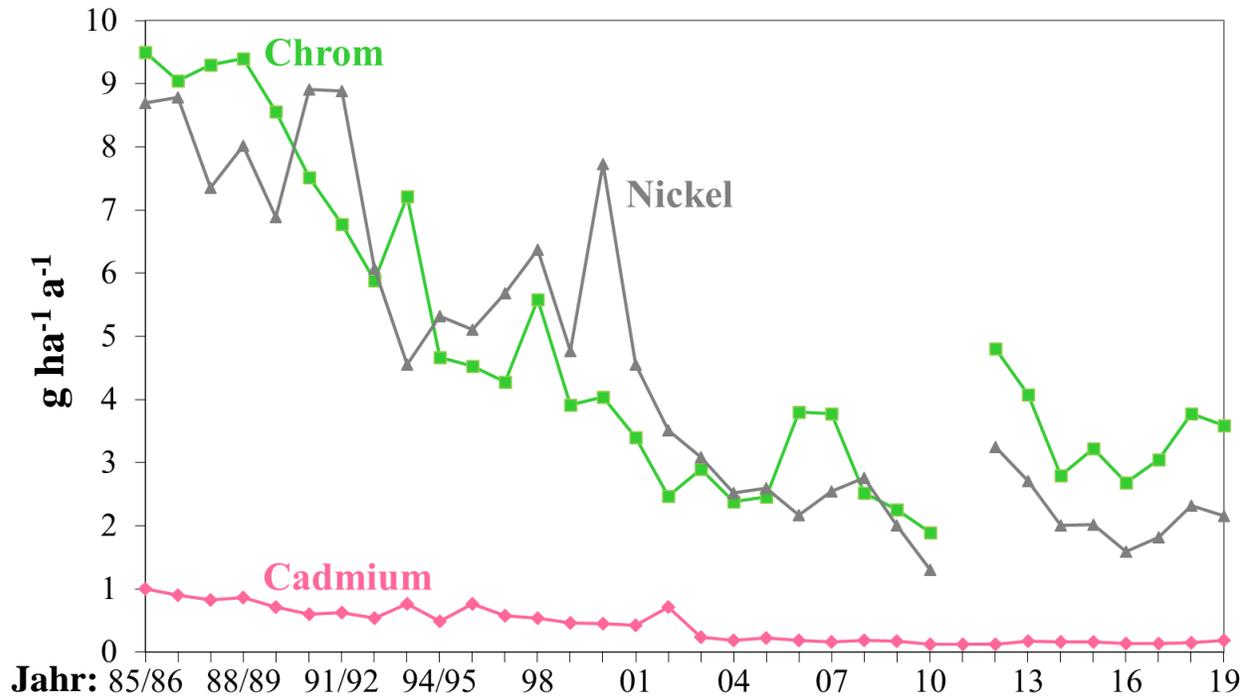
Kupfer- und Zinkfrachten durch Rinder- und Schweinegülle bei maximaler N-Düngung von 170 kg N ha⁻¹ a⁻¹ nach DüV.

Weitere Elemente in Rinder- und Schweinegülle



- - - Grenzwert der Düngemittelverordnung (DüMV)

Schwermetalleinträge durch Immissionen (luftbürtige Schadstoffe)



1985-1995: Daten (LfL) 132 BDF Mittelwerte [Messzeitraum: 01.09 bis 31.08]

ab 1996: Daten 6 DBS (LfU) Mittelwerte [Messzeitraum: 01.01 bis 31.12]

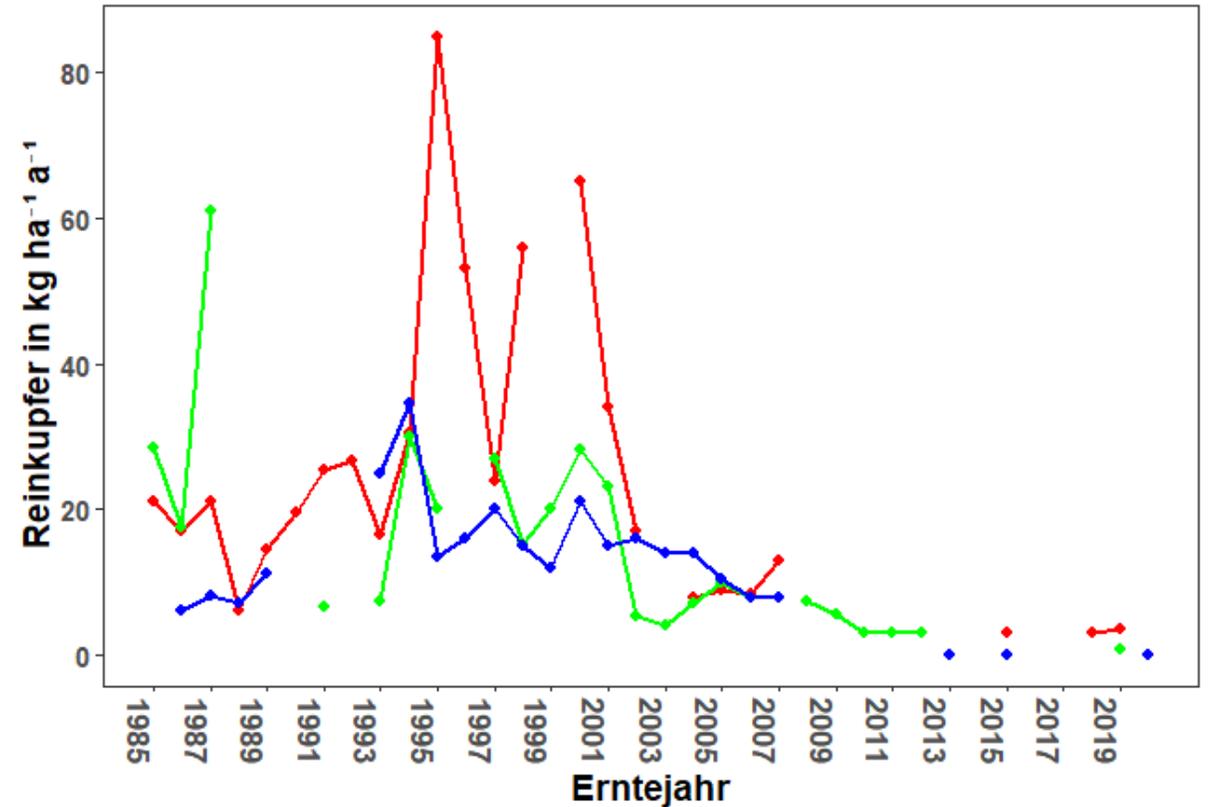
seit 2011: Mikrowellenaufschluss

Kupfer- und Zinkeinträge durch Pflanzenbehandlungsmittel bei Sonderkultur-BDF

Einträge von Kupfer und Zink bei Sonderkultur-BDF

Nr	Nutzung	Reinkupfer		Reinzink	
		Summe Einträge	Mittl. jährl. Eintrag	Summe Einträge	Mittl. jährl. Eintrag
		kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹ a ⁻¹
1	Hopfen	580	24	21	3
2	Hopfen	341	15	11	2
3	Hopfen	275	13		
4	ehem. Hopfen	397	31	2	2
5	Obst	11	2		
6	Wein	99	4		
7	Wein	24	2		
8	Wein	42	3		

Pflanzenbehandlung bei Hopfen-BDF–Gaben an Reinkupfer



Hopfen-BDF: 1 2 3

Derzeit unter der im Hopfenbau erlaubten Aufwandmenge von 4,0 kg Cu ha⁻¹ a⁻¹ z.T. auch unterhalb der im Ökolandbau üblichen 2-3 kg Cu ha⁻¹ a⁻¹!

Zusammenfassung Boden – Gehalte und Entwicklung im Beobachtungszeitraum

- Gesamtgehalte anorganischer Schadstoffe überwiegend im Bereich der Hintergrundwerte für Bayern, meist unter Vorsorgewerten der Bundes-Bodenschutz-Verordnung.
- Vorsorgewerte werden bei geogen vorbelasteten Standorten, bei Bodenart Sand sowie wegen niedriger pH-Werte besonders für Cadmium, Nickel und Zink auch bei Bodenart Lehm/Schluff überschritten.
- Hohe Kupfer-Gehalte (bis > 150 mg) in Oberböden von Sonderkultur-BDF (Acker-/Grünland-BDF meist < 60 mg Cu).
- Bei den meisten BDF keine deutliche Gehalts-Veränderung im Beobachtungszeitraum feststellbar;
Zunahmen des Kupfergehaltes bei 5 von 7 (=71 %) der Sonderkultur-BDF festgestellt!
- Nach bisherigen Auswertungen nur geringer Einfluss der verschiedenen Bewirtschaftungsfaktoren auf die Entwicklung der Gesamtgehalte feststellbar.
- Pflanzenverfügbare Gehalte deutlich unter Prüf-/Maßnahmenwerten (**keine schädliche Bodenveränderung!**).
- Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe und Polychlorierte Biphenyle in BDF-Oberböden deutlich unter Vorsorgewerten - Gehalte abnehmend.
- Lindan, Hexachlorbenzol und DDT sehr geringe Befunde, Gehalts-Abnahmen im Beobachtungszeitraum!

Zusammenfassung - Schadstoff-Einträge in Böden

Wirtschaftsdünger

- Schadstoffgrenzwerte der Düngemittelverordnung bei Schweine- und Rindergülle durchwegs eingehalten; für Blei, Cadmium und Quecksilber im Beobachtungszeitraum deutlicher Rückgang feststellbar.
- Bei Düngung mit Schweinegülle hohe Kupfer- und Zink-Frachten. Zeitlicher Verlauf spiegelt Verschärfungen der Futtermittel-Verordnung bzw. Verbot von Fütterungsantibiotika wider.
- Auch bei Düngung mit Rindergülle relativ hohe Zinkfrachten.

Immissionen

Schadstoff-Depositionen aus der Luft für alle Elemente rückläufig!

Pflanzenbehandlungsmittel

- Einträge von Kupfer besonders bei Hopfen hoch.
- Aufwandmengen im Beobachtungszeitraum jedoch stark rückläufig (derzeit unter $4 \text{ kg Cu ha}^{-1}\text{a}^{-1}$).
- Die Bodengehalte bleiben dennoch hoch!

Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit!

Haben sie Fragen?

Unser besonderer Dank gilt:

M. Treisch und J. Burmeister, allen beteiligten Landwirten, unseren Kolleg*innen an den Landwirtschaftsämtern, den fleißigen Händen von AQU und dem Labor der LWF für die gute Zusammenarbeit, aber auch allen externen Laborkräften und den BDF-Kolleginnen und -Kollegen an LfU und LWF sowie dem

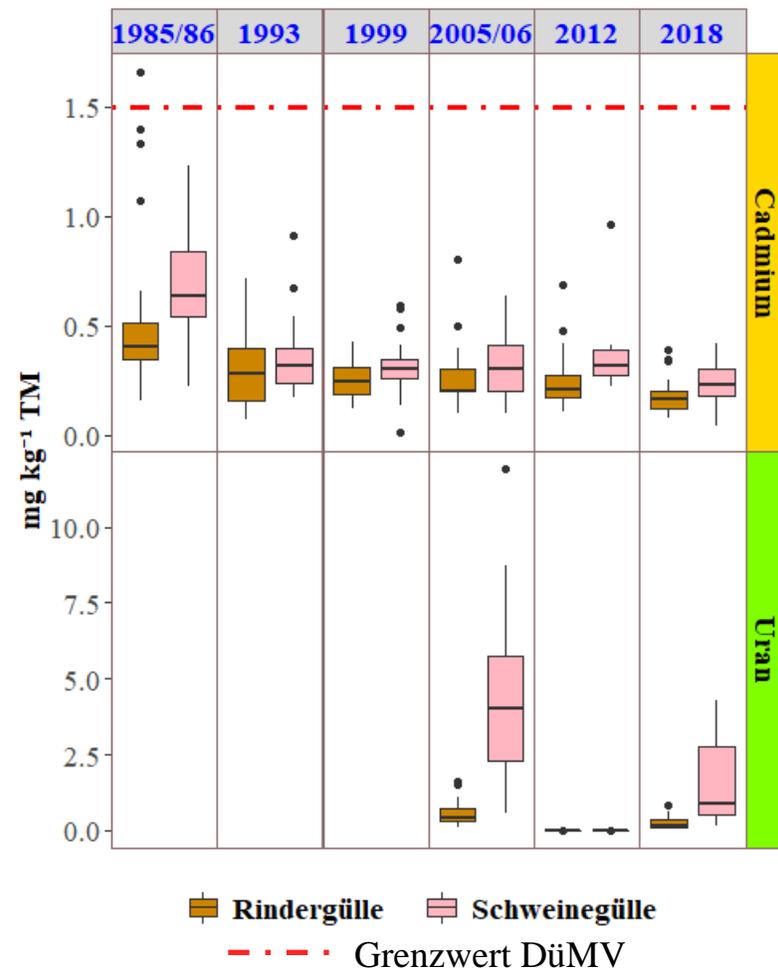
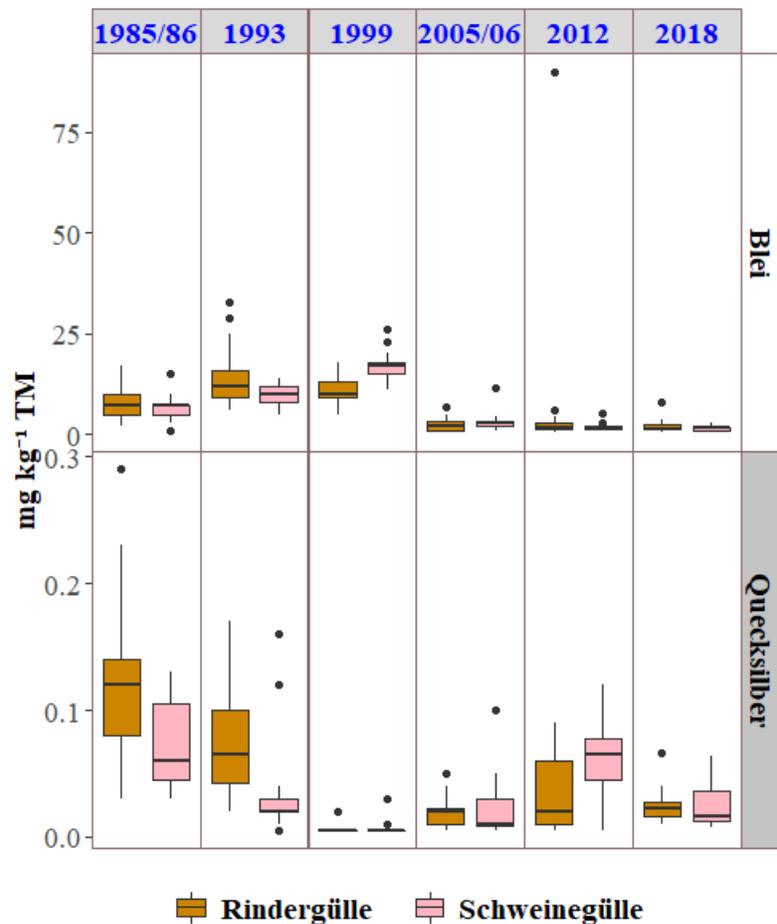
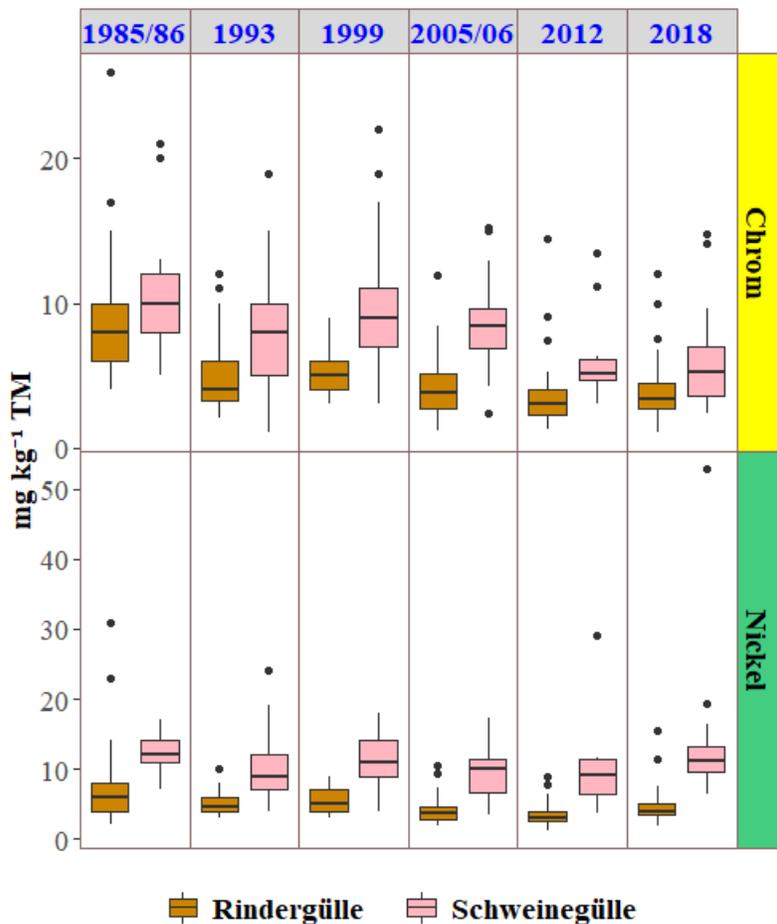
Bayerischen Staatministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, die unser (Dauer-)Projekt ermöglicht, gefördert und unterstützt haben.

Hinweis! ...bald erscheint unser ausführlicher Bericht:

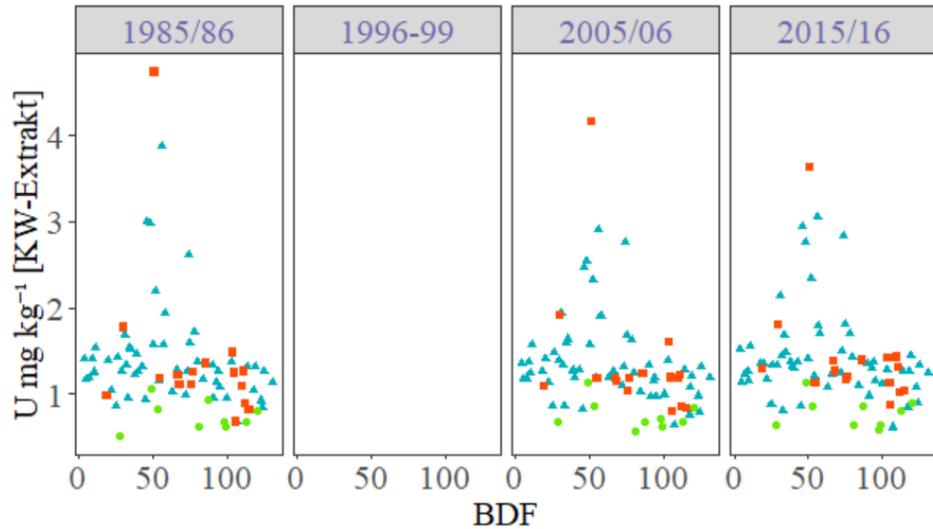
35 Jahre Bodendauerbeobachtung in der Landwirtschaft

Band 3: Schadstoffe - Boden und Eintragspfade

Weitere Elemente in Rinder- und Schweinegülle

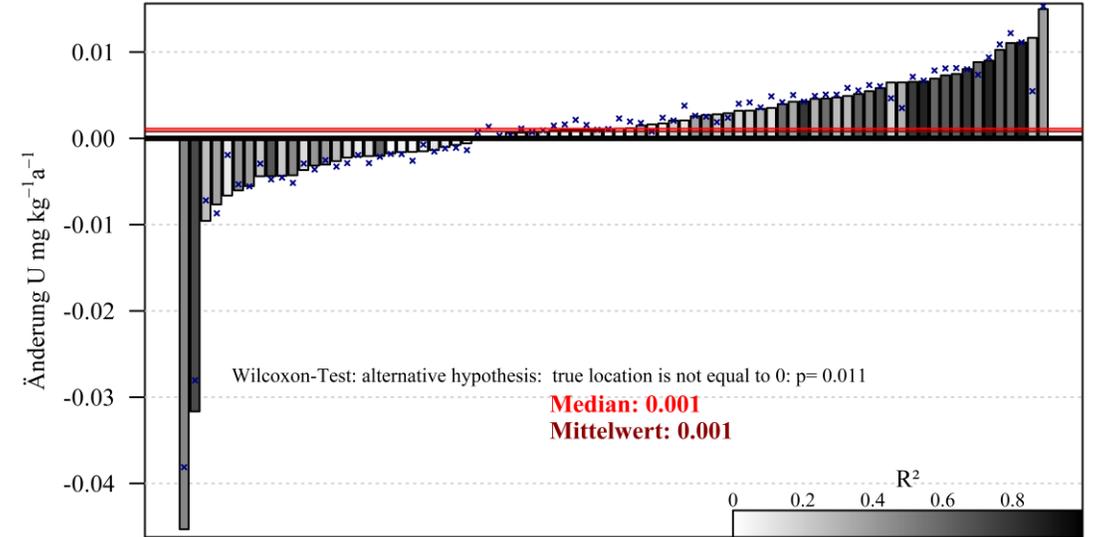


Uran - Gesamtgehalte im Oberboden und ihre Entwicklung

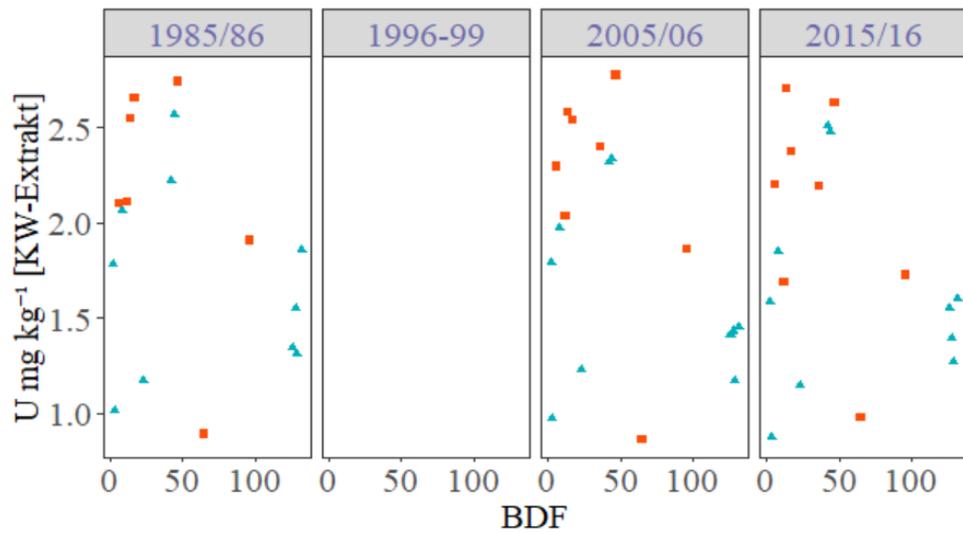


• Sand ▲ Lehm/Schluff ■ Ton
 --- -- -- Vorsorgewerte für die unterschiedlichen Bodenarten

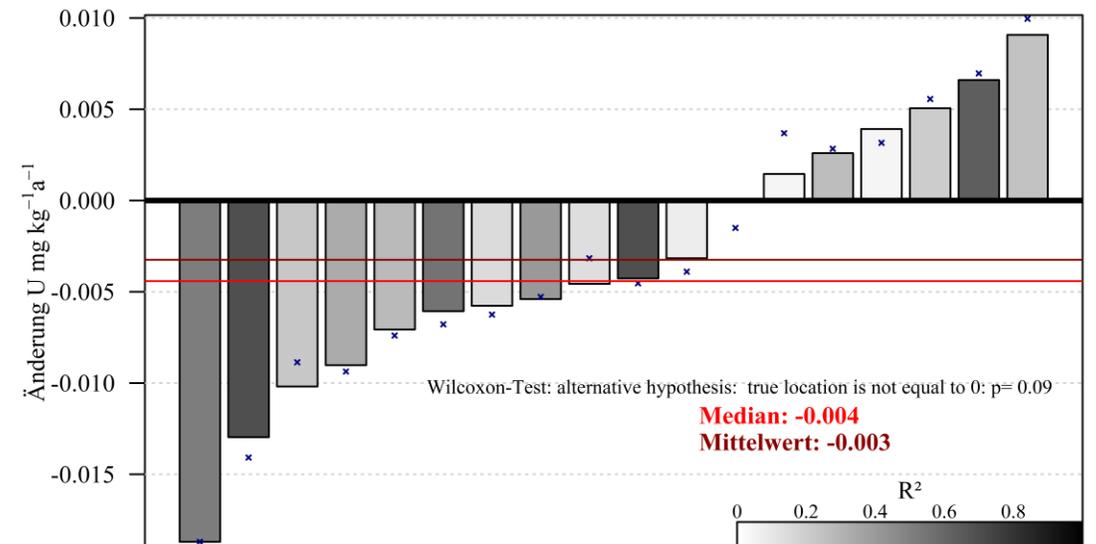
Acker-BDF



Grafik: Dank an J. Burmeister

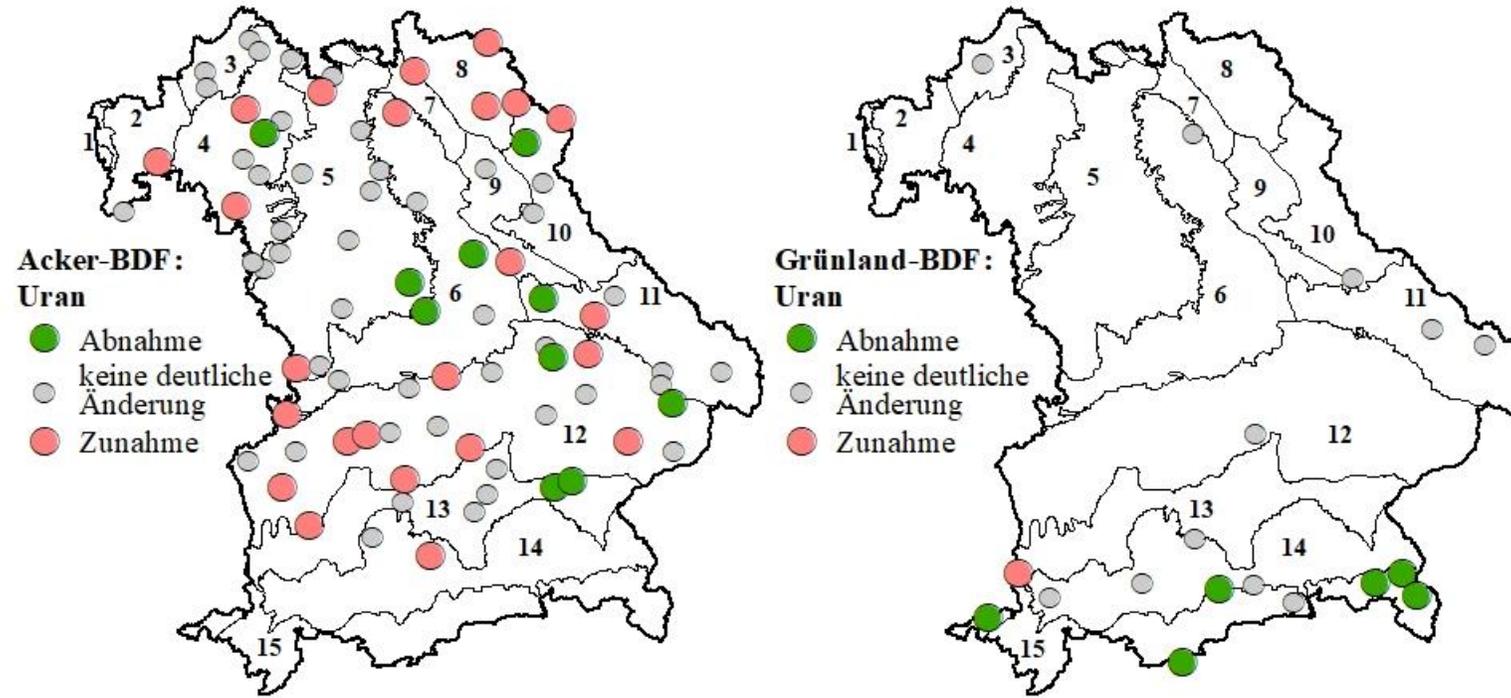


Grünland-BDF



Grafik: Dank an J. Burmeister

Uran - Ab- und Zunahmen in Oberböden seit 1985



Grafik: Dank an M. Treisch

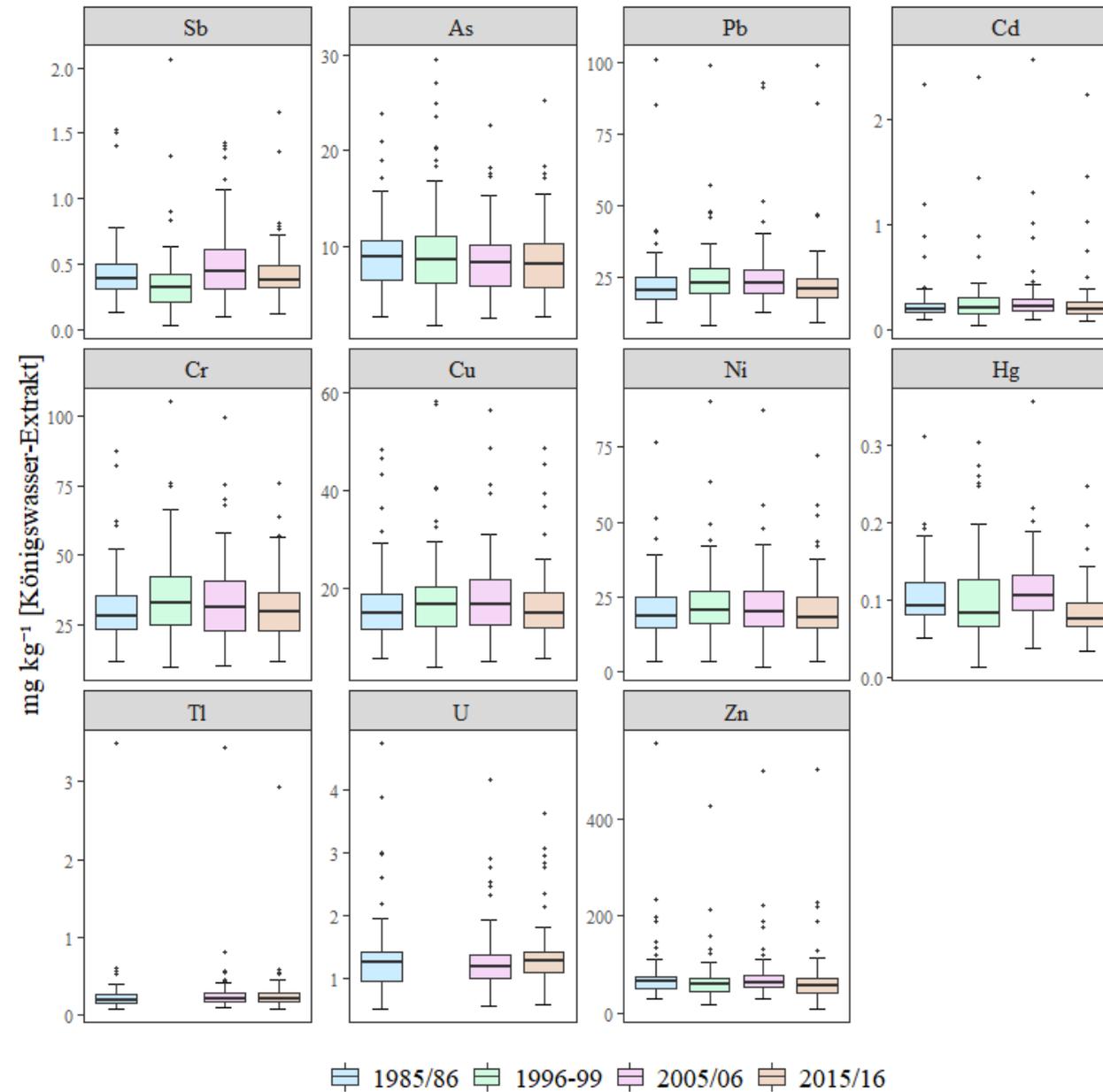
Hauptlandschaftseinheiten (Wittmann, 1991):

- 1 Rhein-Main-Niederung
- 2 Spessart-Odenwald
- 3 Rhön
- 4 Fränkische Platten
- 5 Fränkisches und Schwäbisches Keuper-Lias-Land

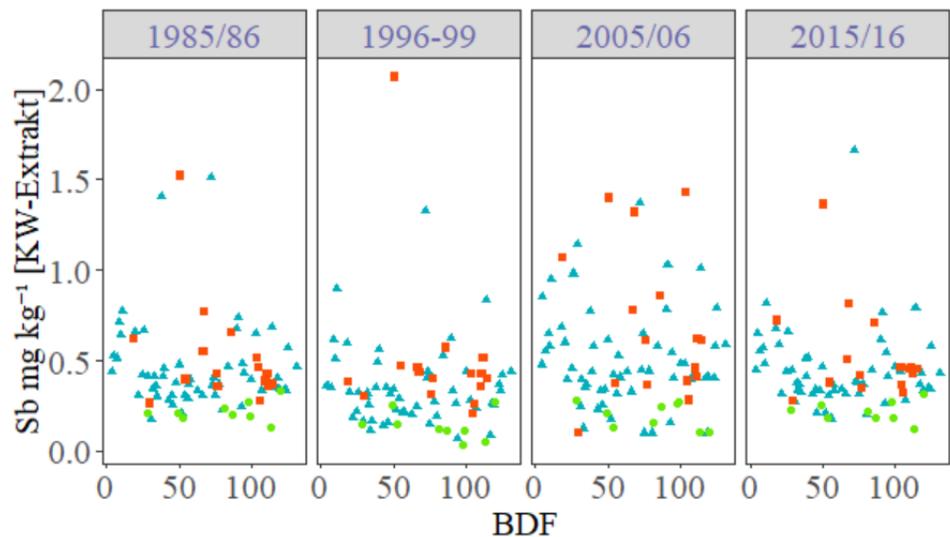
- 6 Fränkische und Schwäbische Alb
- 7 Oberrhein-Schollenland
- 8 Frankenwald Fichtelgebirge und Vogtland
- 9 Oberpfälzer Becken und Hügelland
- 10 Oberpfälzer Wald
- 11 Bayerischer Wald

- 12 Tertiärhügelland, Iller-Lechplatte und Donautal
- 13 Schwäbisch-Bayer. Schotterplatten und Altmoränen
- 14 Schwäb.-Bayer. Jungmoräne und Molassevorberge
- 15 Bayerische Alpen

Gesamtgehalte ausgewählter Elemente im Oberboden der Acker-BDF seit 1985

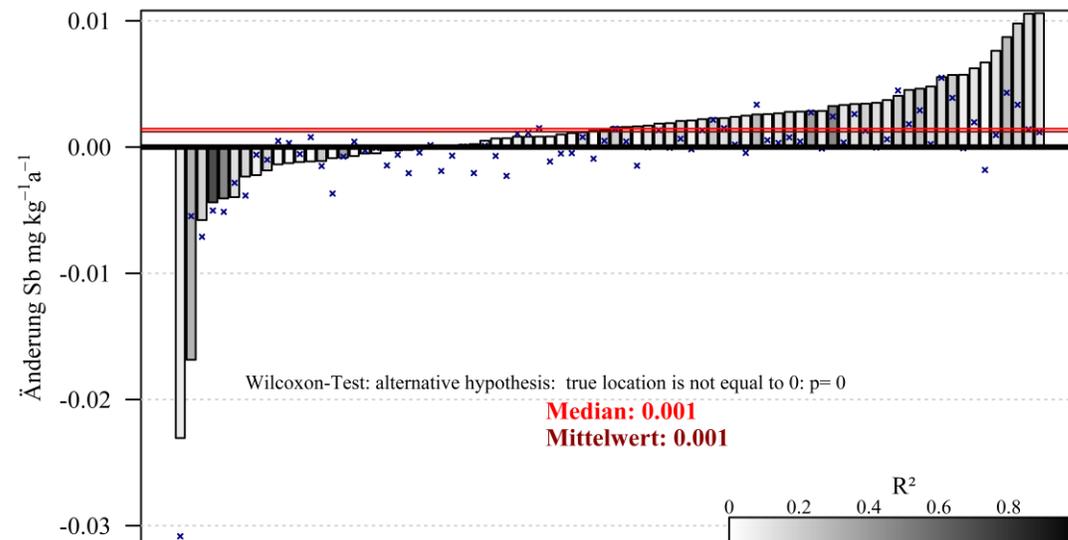


Antimon - Gesamtgehalte im Oberboden und ihre Entwicklung

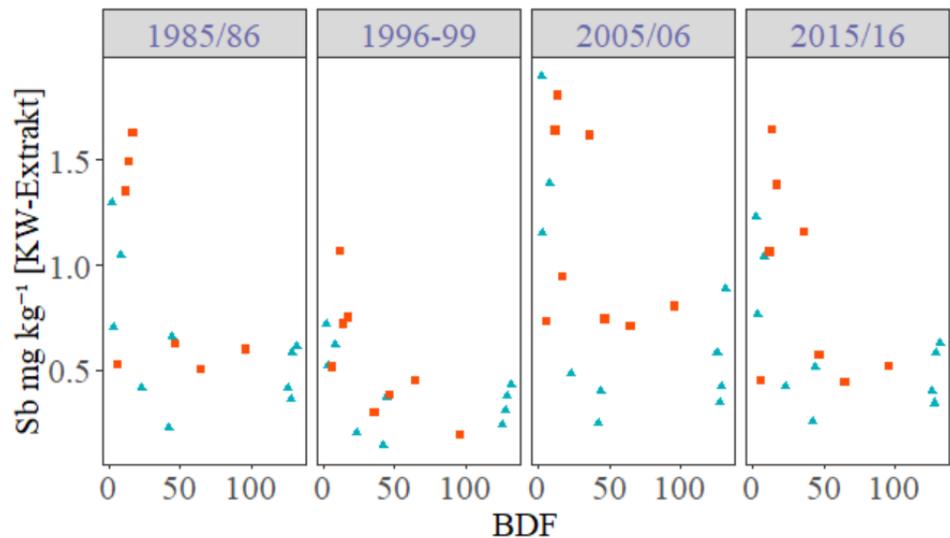


• Sand ▲ Lehm/Schluff ■ Ton
 --- Vorsorgewerte für die unterschiedlichen Bodenarten

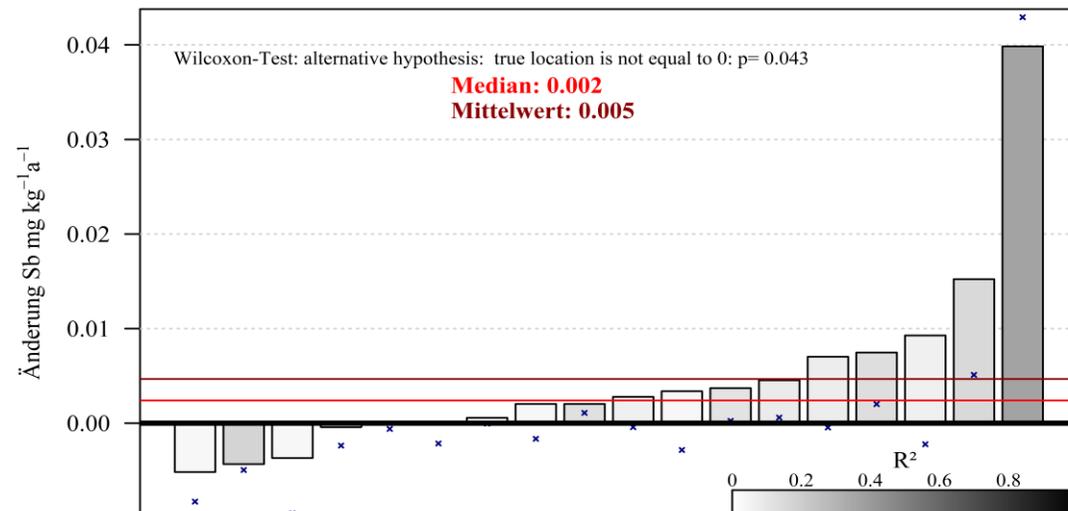
Acker-BDF



Grafik: Dank an J. Burmeister

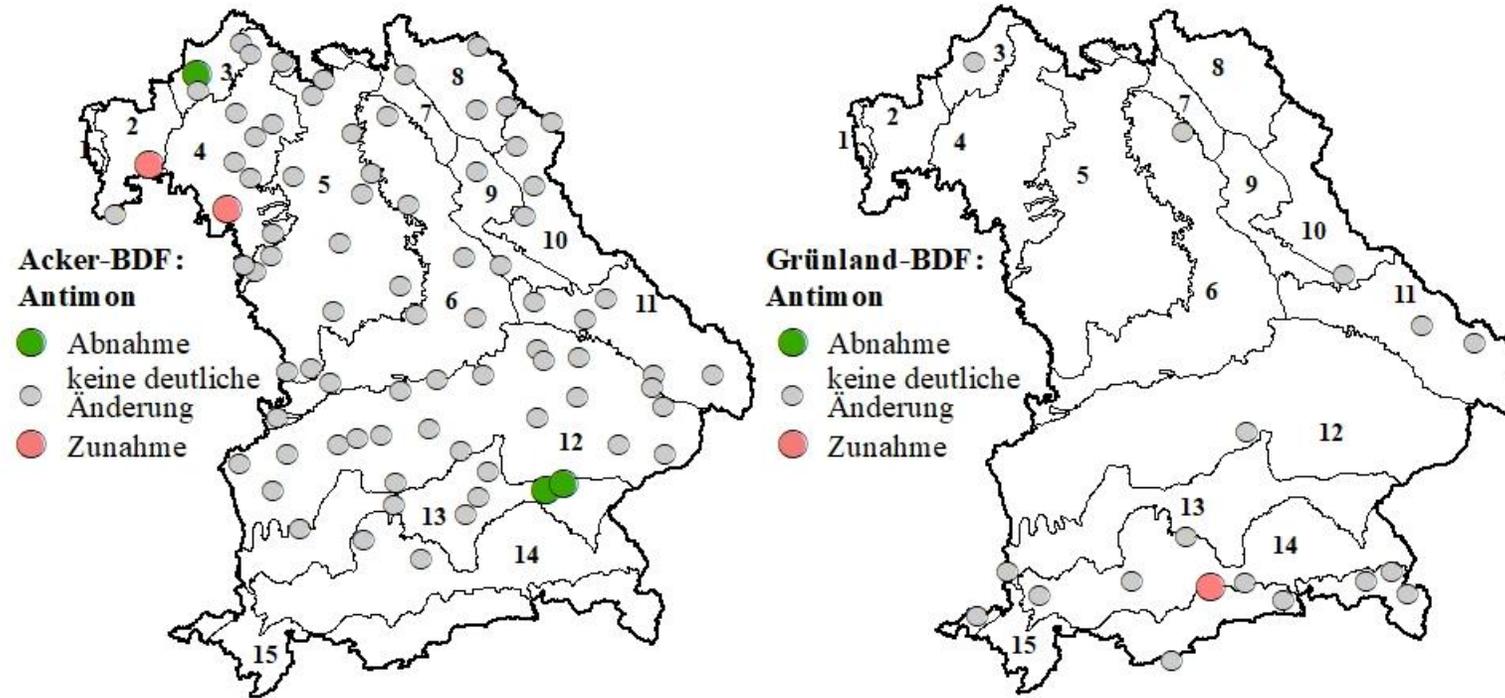


Grünland-BDF



Grafik: Dank an J. Burmeister

Antimon - Ab- und Zunahmen in Oberböden seit 1985



Grafik: Dank an M. Treisch

Hauptlandschaftseinheiten (Wittmann, 1991):

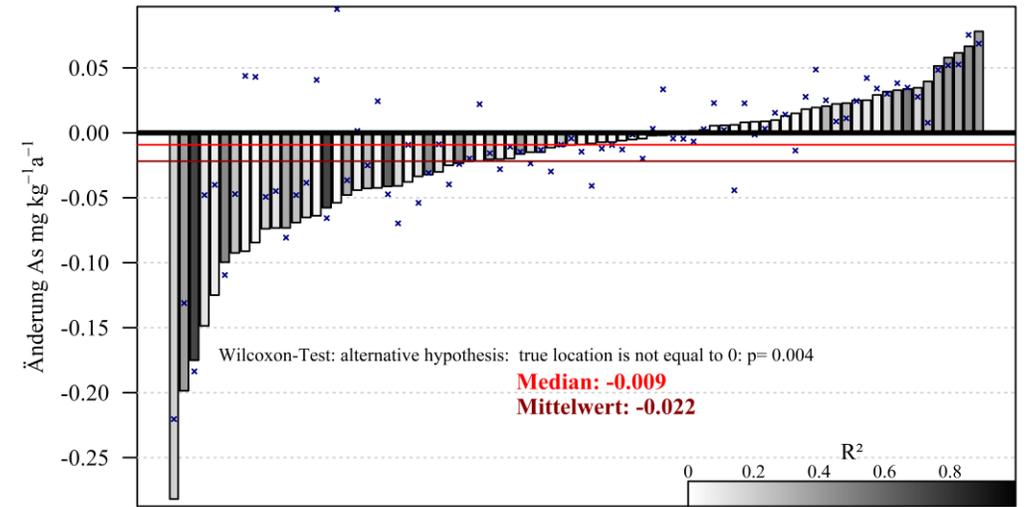
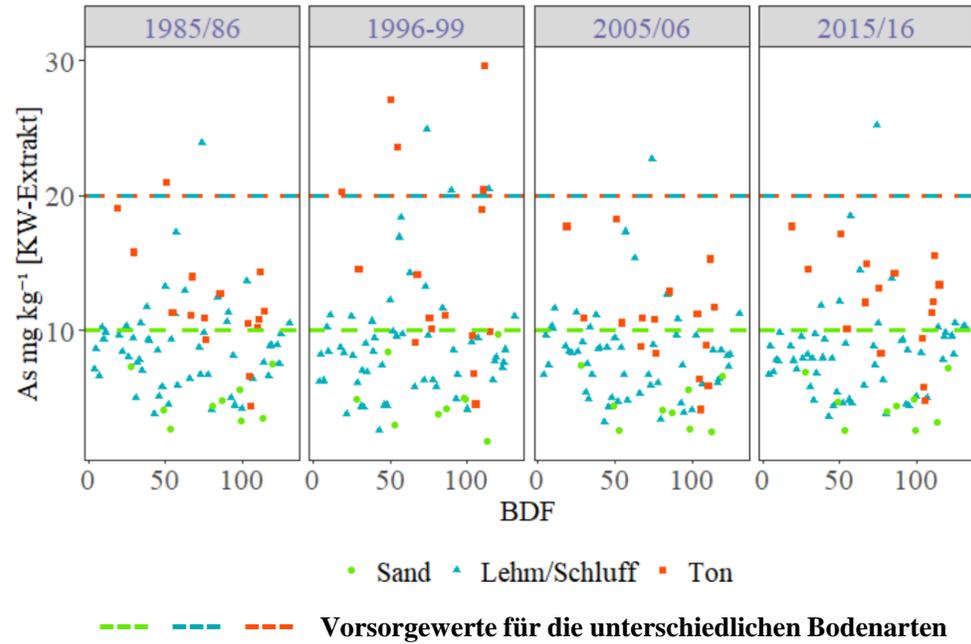
- 1 Rhein-Main-Niederung
- 2 Spessart-Odenwald
- 3 Rhön
- 4 Fränkische Platten
- 5 Fränkisches und Schwäbisches Keuper-Lias-Land

- 6 Fränkische und Schwäbische Alb
- 7 Obermain-Schollenland
- 8 Frankenwald Fichtelgebirge und Vogtland
- 9 Oberpfälzer Becken und Hügelland
- 10 Oberpfälzer Wald
- 11 Bayerischer Wald

- 12 Tertiärhügelland, Iller-Lechplatte und Donautal
- 13 Schwäbisch-Bayer. Schotterplatten und Altmoränen
- 14 Schwäb.-Bayer. Jungmoräne und Molassevorberge
- 15 Bayerische Alpen

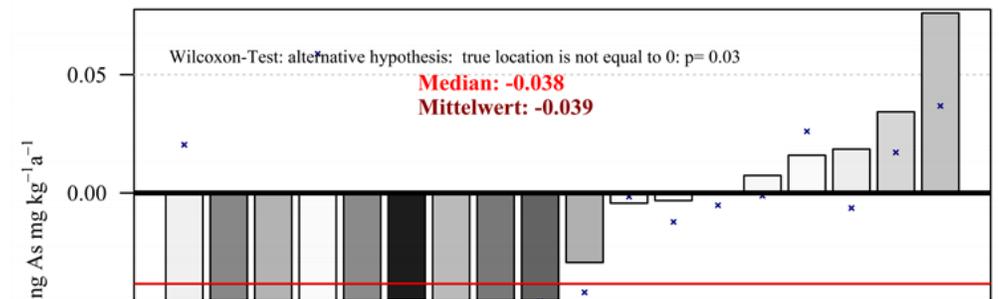
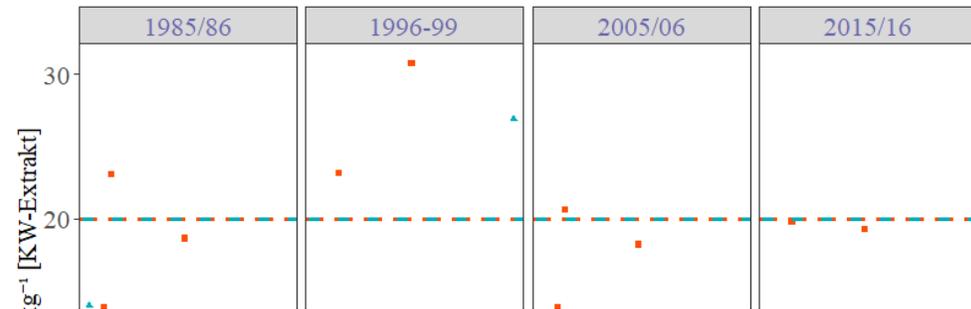
Arsen - Gesamtgehalte im Oberboden und ihre Entwicklung

Acker-BDF

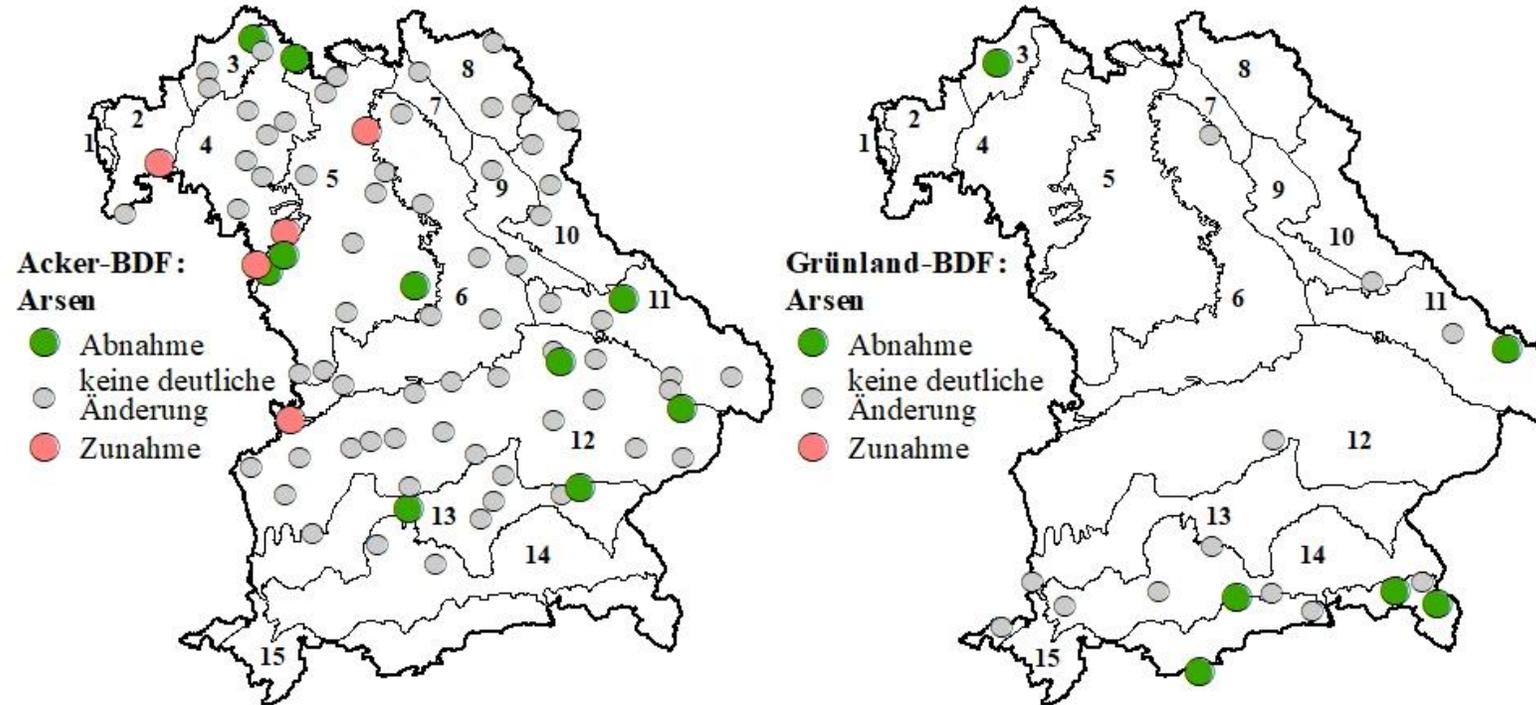


Grafik: Dank an J. Burmeister

Grünland-BDF



Arsen - Ab- und Zunahmen in Oberböden seit 1985

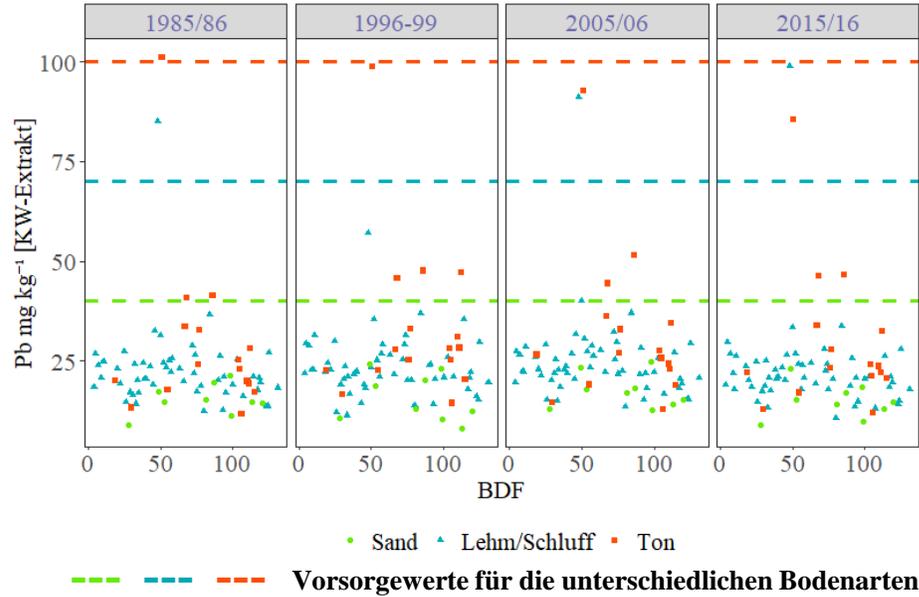


Grafik: Dank an M. Treisch

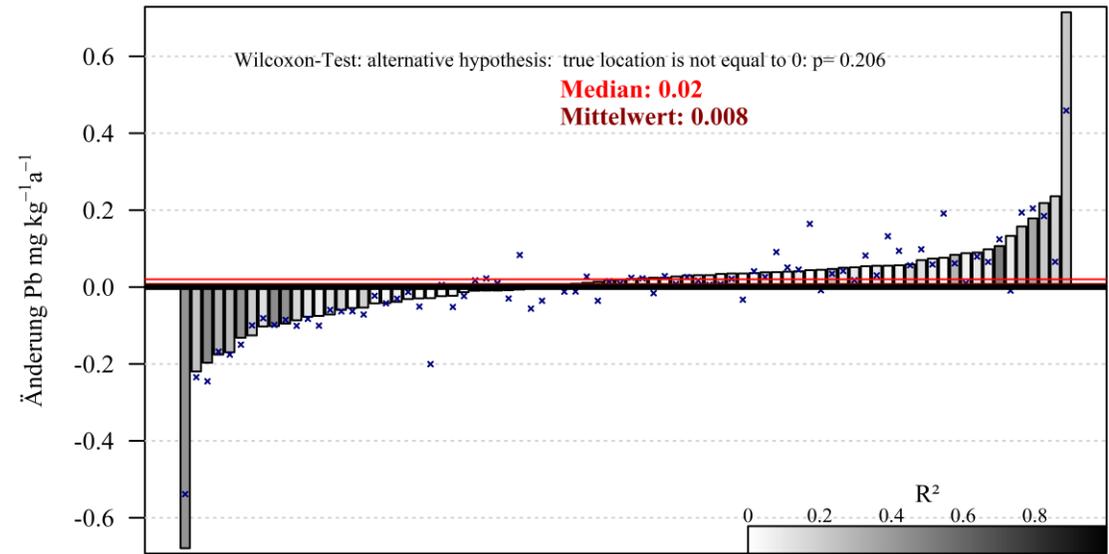
Hauptlandschaftseinheiten (Wittmann, 1991):

- | | | |
|---|---|---|
| 1 Rhein-Main-Niederung | 6 Fränkische und Schwäbische Alb | 12 Tertiärhügelland, Iller-Lechplatte und Donautal |
| 2 Spessart-Odenwald | 7 Obermain-Schollenland | 13 Schwäbisch-Bayer. Schotterplatten und Altmoränen |
| 3 Rhön | 8 Frankenwald Fichtelgebirge und Vogtland | 14 Schwäb.-Bayer. Jungmoräne und Molassevorberge |
| 4 Fränkische Platten | 9 Oberpfälzer Becken und Hügelland | 15 Bayerische Alpen |
| 5 Fränkisches und Schwäbisches Keuper-Lias-Land | 10 Oberpfälzer Wald | |
| | 11 Bayerischer Wald | |

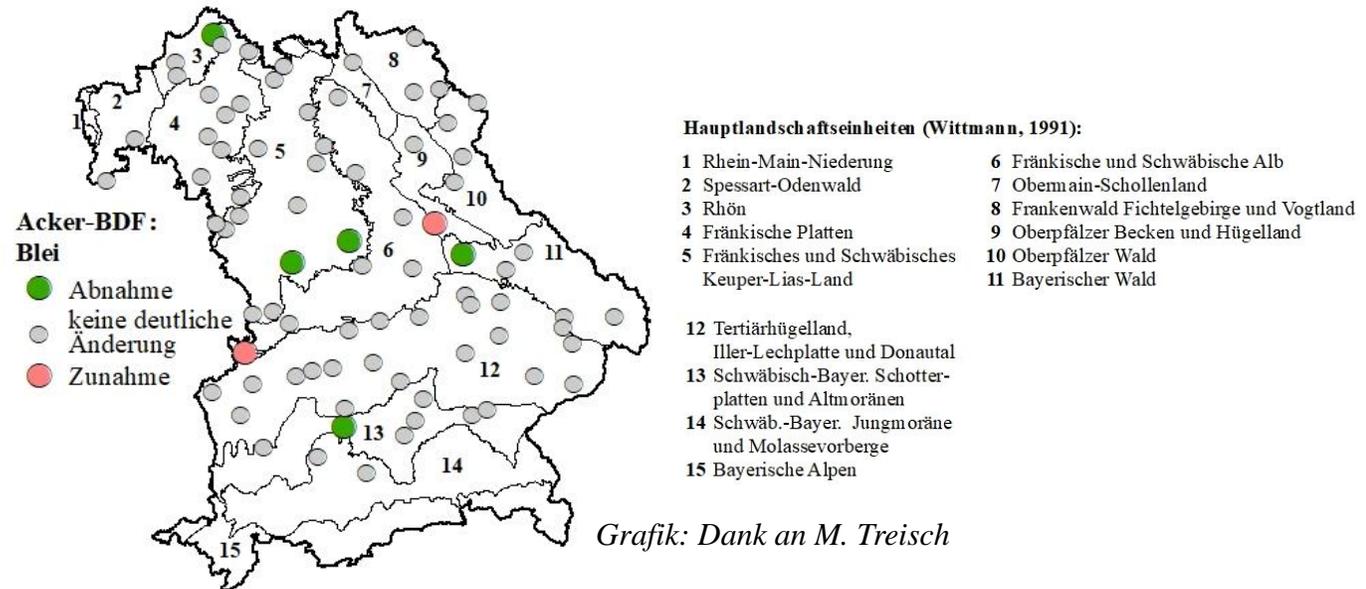
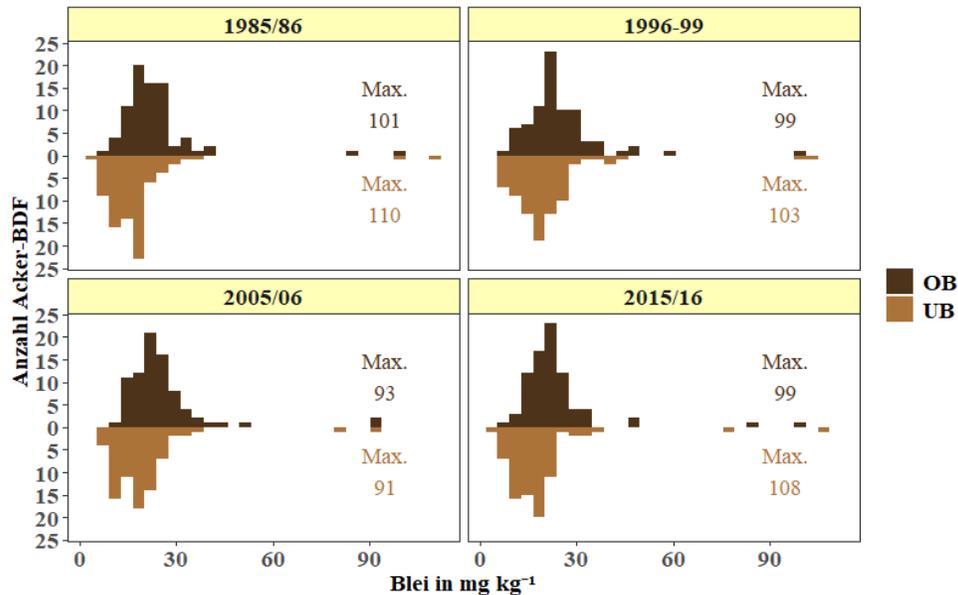
Blei - Gesamtgehalte im Ober- und Unterboden der Acker-BDF und ihre Entwicklung



Oberboden

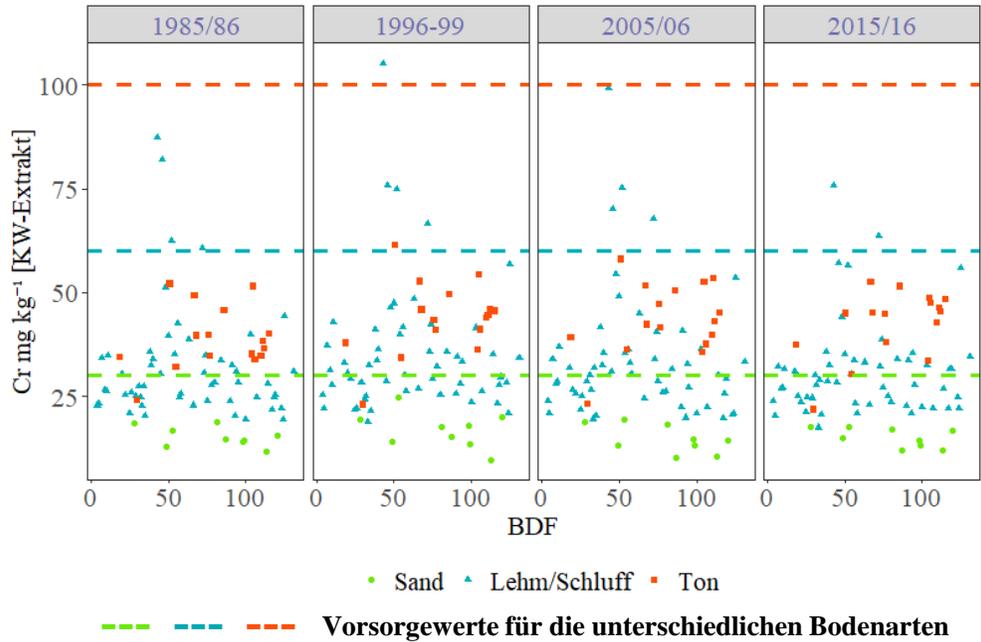


Grafik: Dank an J. Burmeister

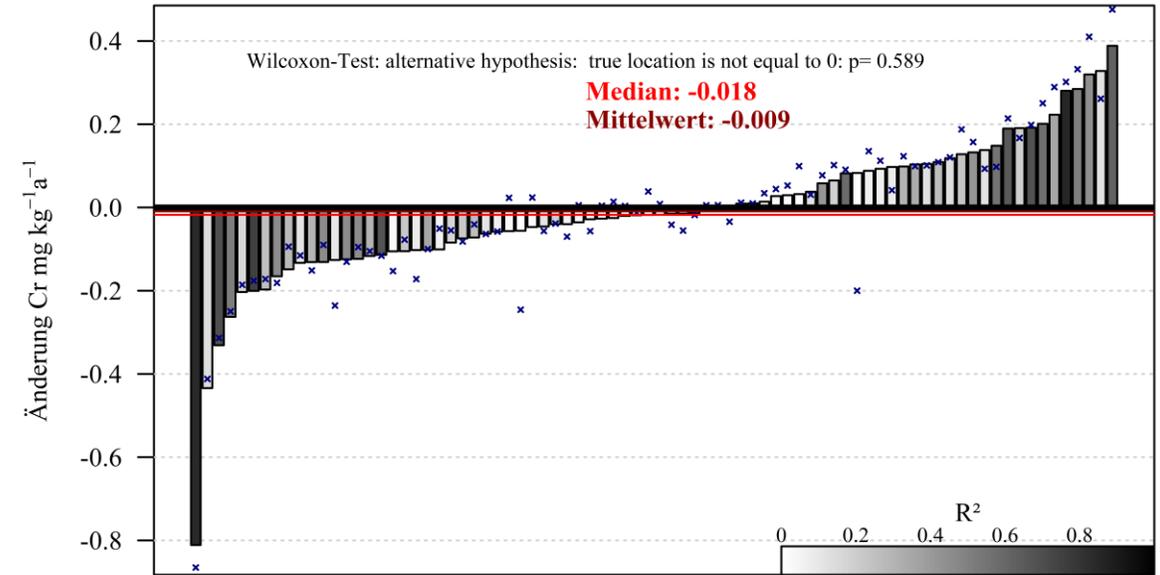


Grafik: Dank an M. Treisch

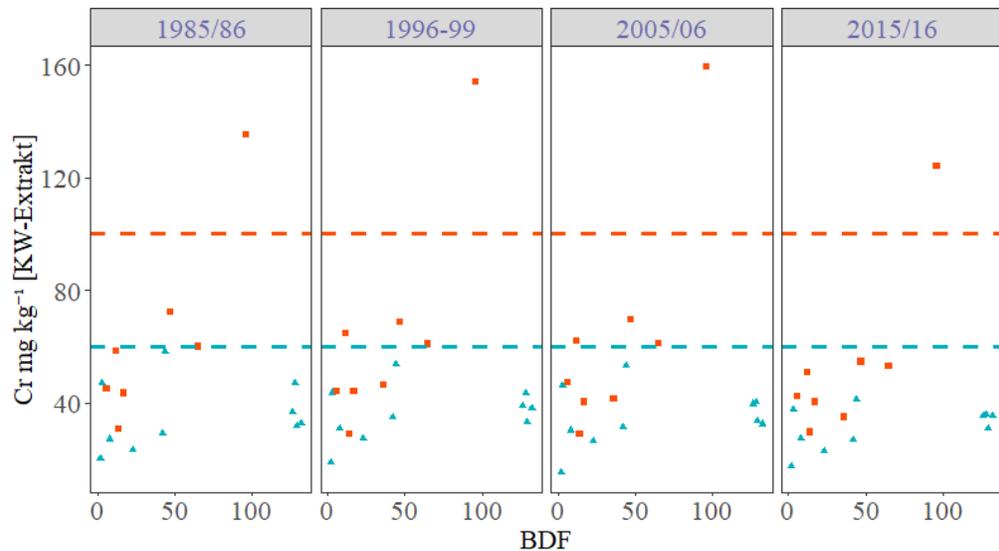
Chrom - Gesamtgehalte im Oberboden und ihre Entwicklung



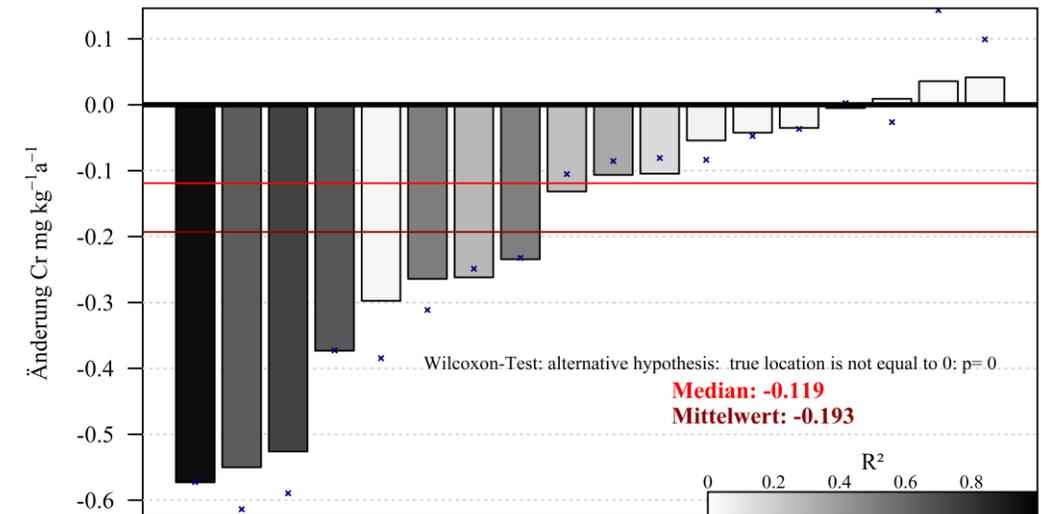
Acker-BDF



Grafik: Dank an J. Burmeister

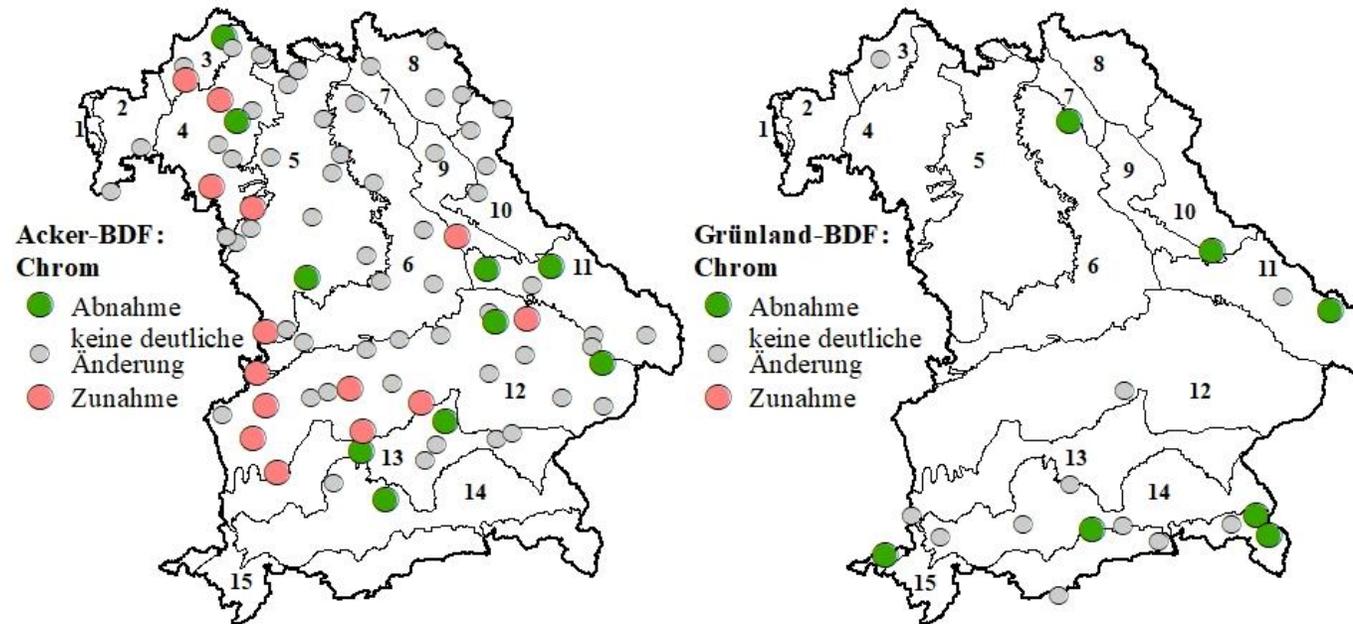


Grünland-BDF



Grafik: Dank an J. Burmeister

Chrom - Ab- und Zunahmen in Oberböden seit 1985

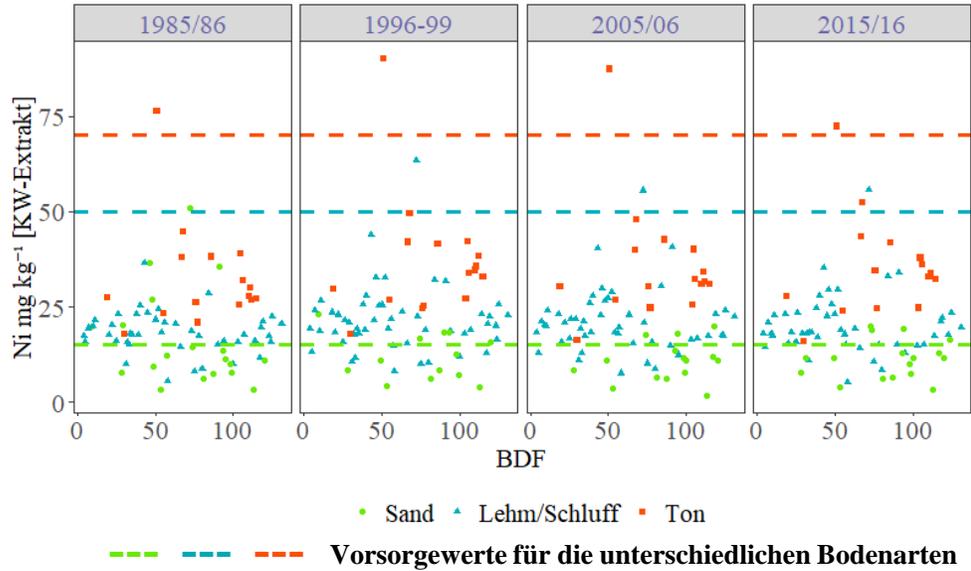


Grafik: Dank an M. Treisch

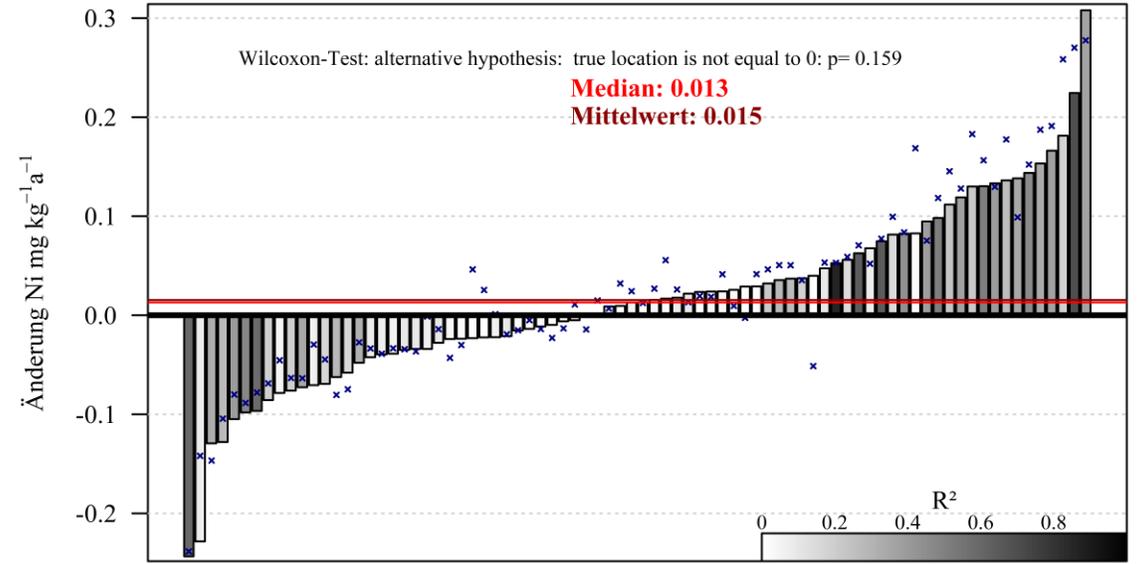
Hauptlandschaftseinheiten (Wittmann, 1991):

- | | | |
|---|---|---|
| 1 Rhein-Main-Niederung | 6 Fränkische und Schwäbische Alb | 12 Tertiärhügelland, Iller-Lechplatte und Donautal |
| 2 Spessart-Odenwald | 7 Oberrhein-Schollenland | 13 Schwäbisch-Bayer. Schotterplatten und Altmoränen |
| 3 Rhön | 8 Frankenwald Fichtelgebirge und Vogtland | 14 Schwäb.-Bayer. Jungmoräne und Molassevorberge |
| 4 Fränkische Platten | 9 Oberpfälzer Becken und Hügelland | 15 Bayerische Alpen |
| 5 Fränkisches und Schwäbisches Keuper-Lias-Land | 10 Oberpfälzer Wald | |
| | 11 Bayerischer Wald | |

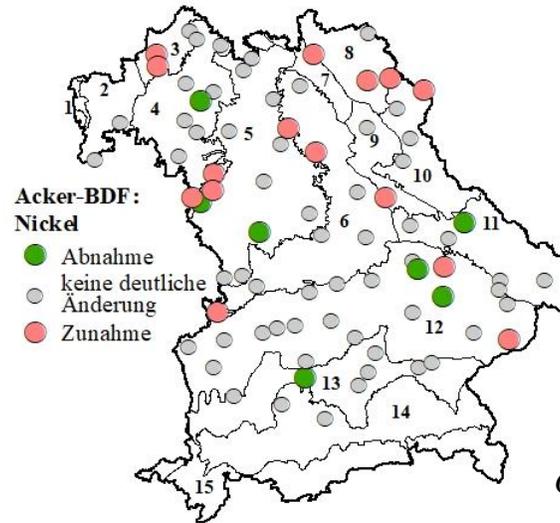
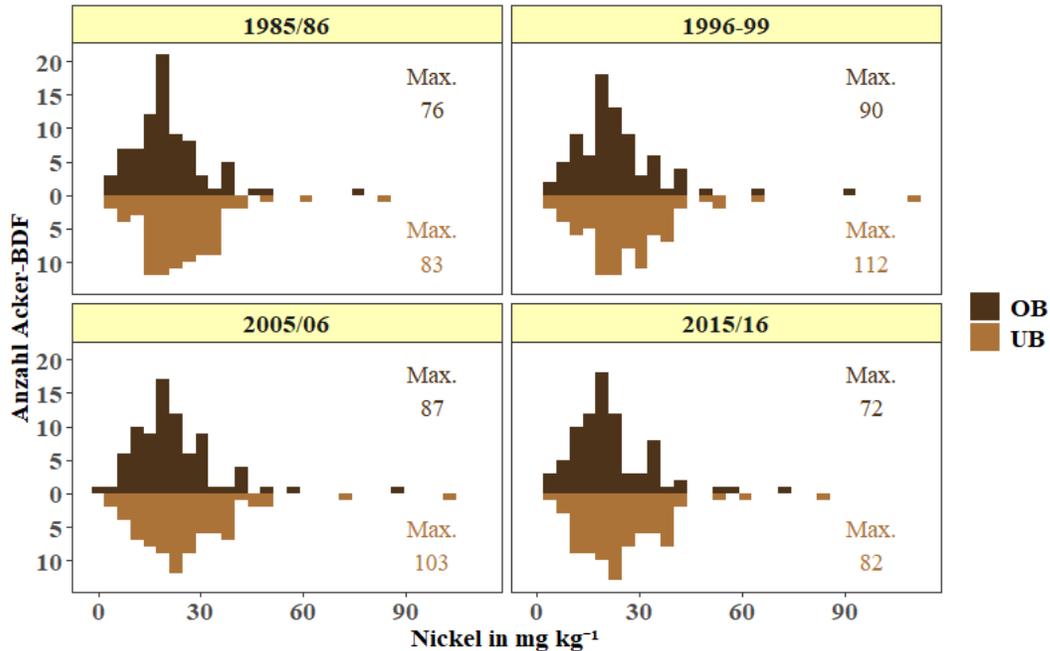
Nickel - Gesamtgehalte im Ober- und Unterboden der Acker-BDF und ihre Entwicklung



Oberboden



Grafik: Dank an J. Burmeister

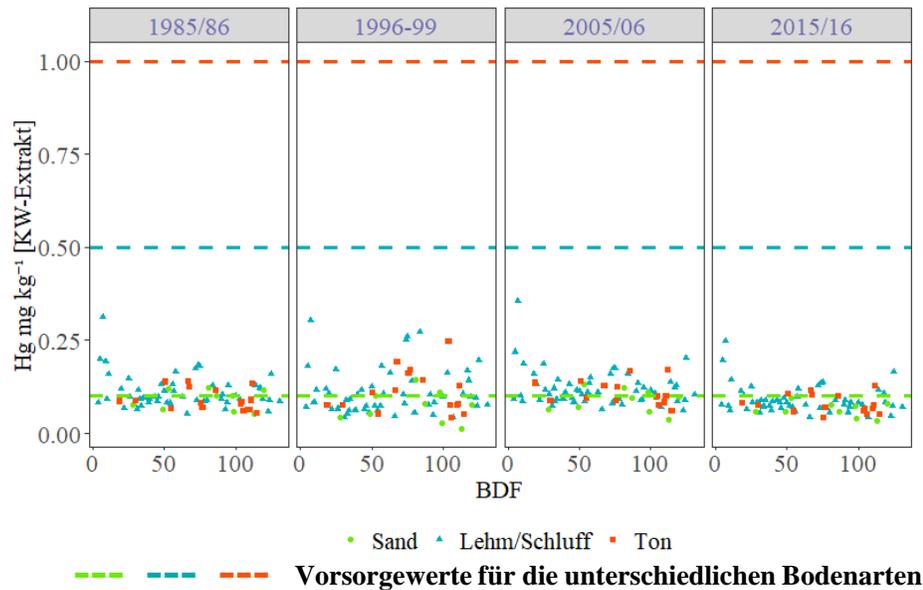


Hauptlandschaftseinheiten (Wittmann, 1991):

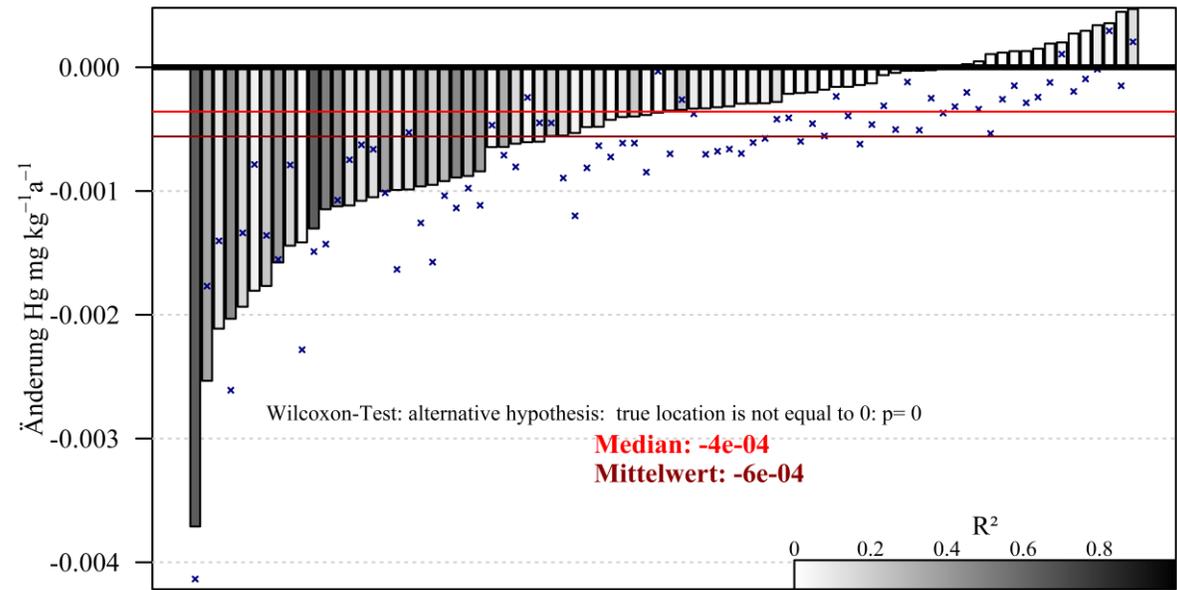
- | | |
|---|---|
| 1 Rhein-Main-Niederung | 6 Fränkische und Schwäbische Alb |
| 2 Spessart-Odenwald | 7 Obermain-Schollenland |
| 3 Rhön | 8 Frankenwald Fichtelgebirge und Vogtland |
| 4 Fränkische Platten | 9 Oberpfälzer Becken und Hügelland |
| 5 Fränkisches und Schwäbisches Keuper-Lias-Land | 10 Oberpfälzer Wald |
| | 11 Bayerischer Wald |
| 12 Tertiärhügelland, Iller-Lechplatte und Donautal | |
| 13 Schwäbisch-Bayer. Schotterplatten und Altmoränen | |
| 14 Schwäb.-Bayer. Jungmoräne und Molassevorberge | |
| 15 Bayerische Alpen | |

Grafik: Dank an M. Treisch

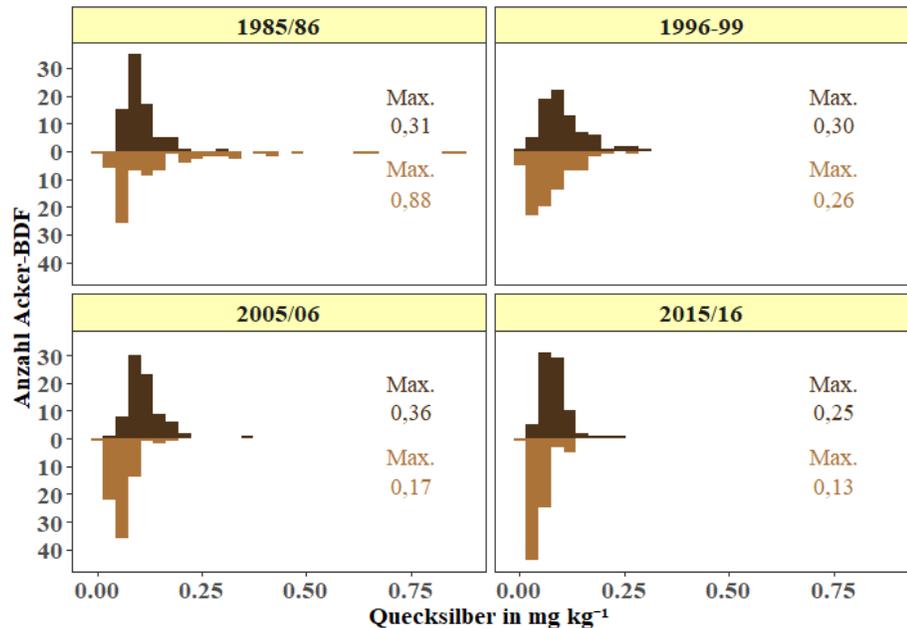
Quecksilber - Gesamtgehalte im Ober- und Unterboden der Acker-BDF und ihre Entwicklung



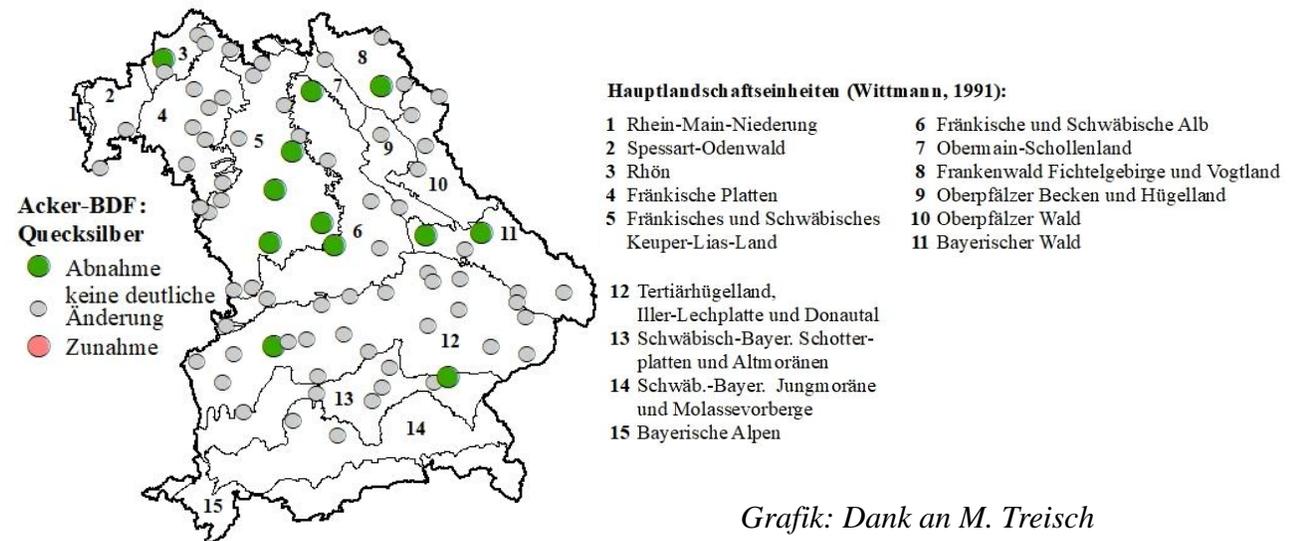
Oberboden



Grafik: Dank an J. Burmeister

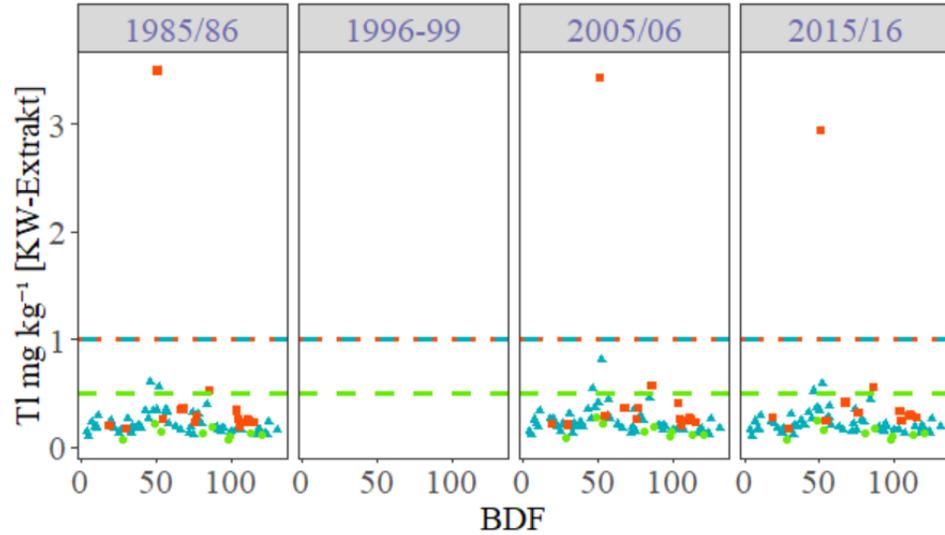


■ OB
■ UB



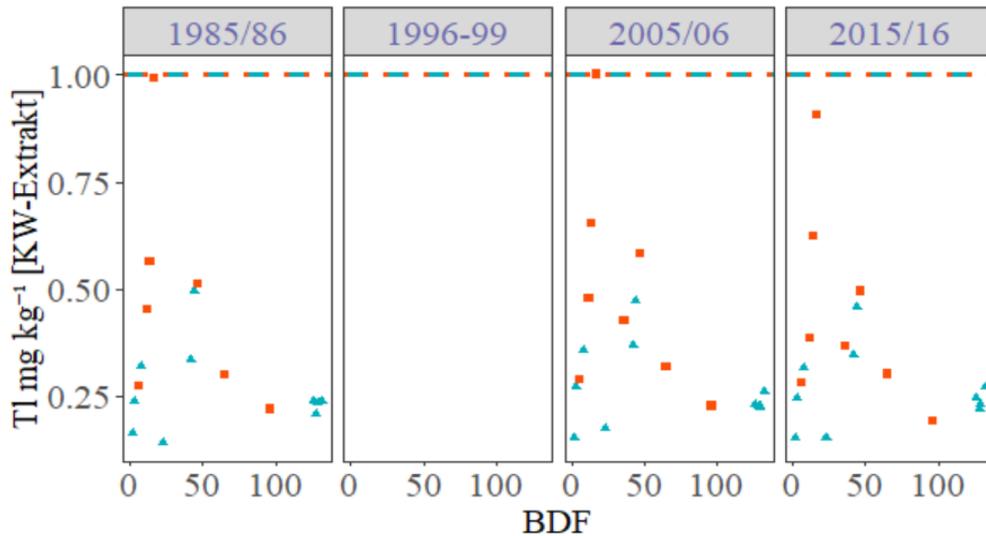
Grafik: Dank an M. Treisch

Thallium - Gesamtgehalte im Oberboden und ihre Entwicklung

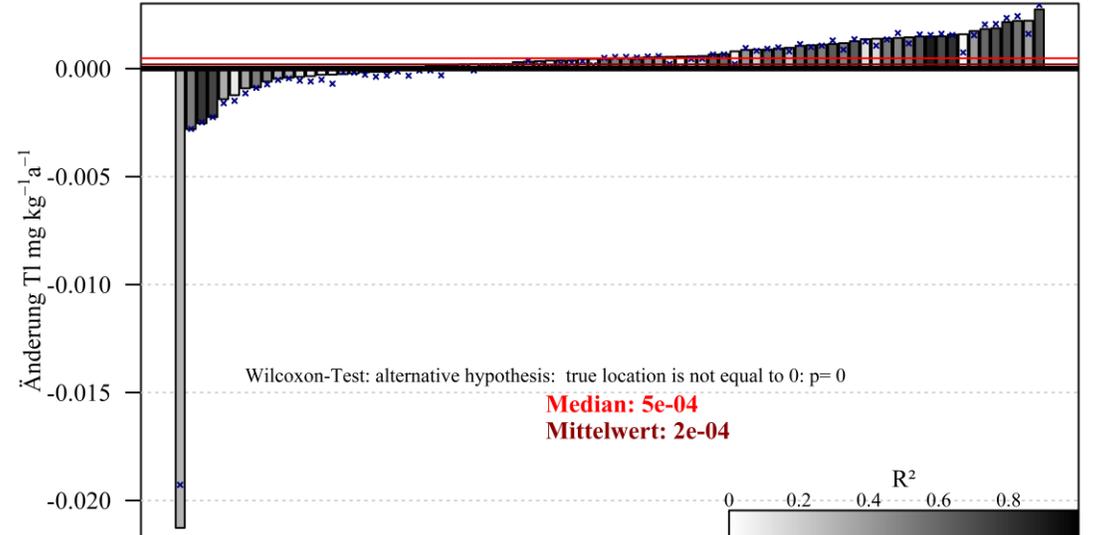


**Acker-
BDF**

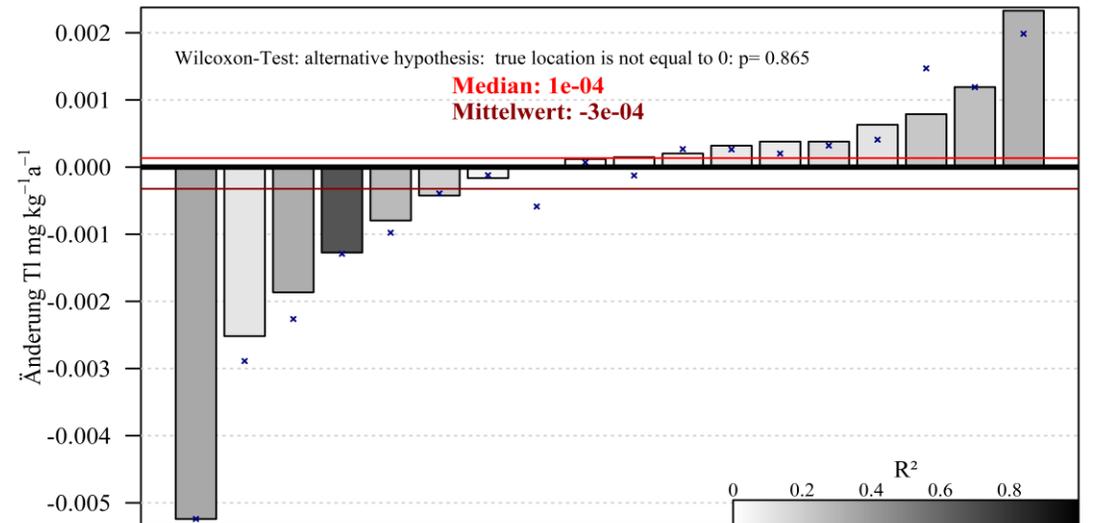
• Sand ▲ Lehm/Schluff ■ Ton
 --- Vorsorgewerte für die unterschiedlichen Bodenarten



**Grünland-
BDF**

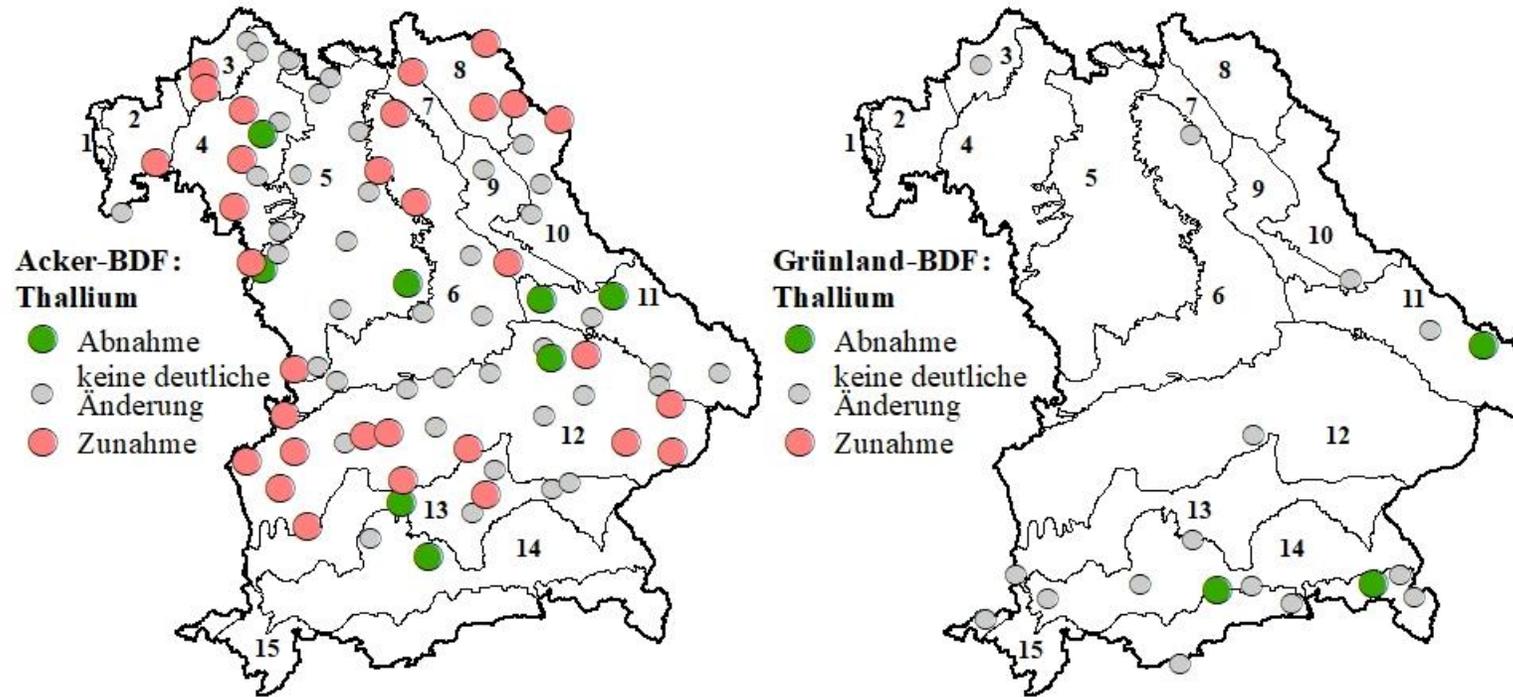


Grafik: Dank an J. Burmeister



Grafik: Dank an J. Burmeister

Thallium - Ab- und Zunahmen in Oberböden seit 1985



Grafik: Dank an M. Treisch

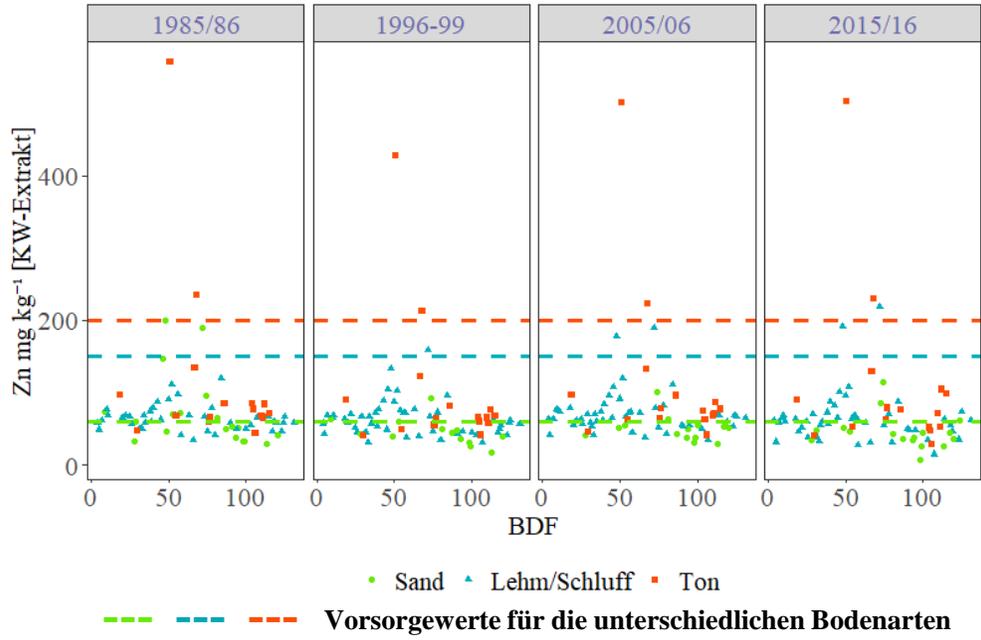
Hauptlandschaftseinheiten (Wittmann, 1991):

- 1 Rhein-Main-Niederung
- 2 Spessart-Odenwald
- 3 Rhön
- 4 Fränkische Platten
- 5 Fränkisches und Schwäbisches Keuper-Lias-Land

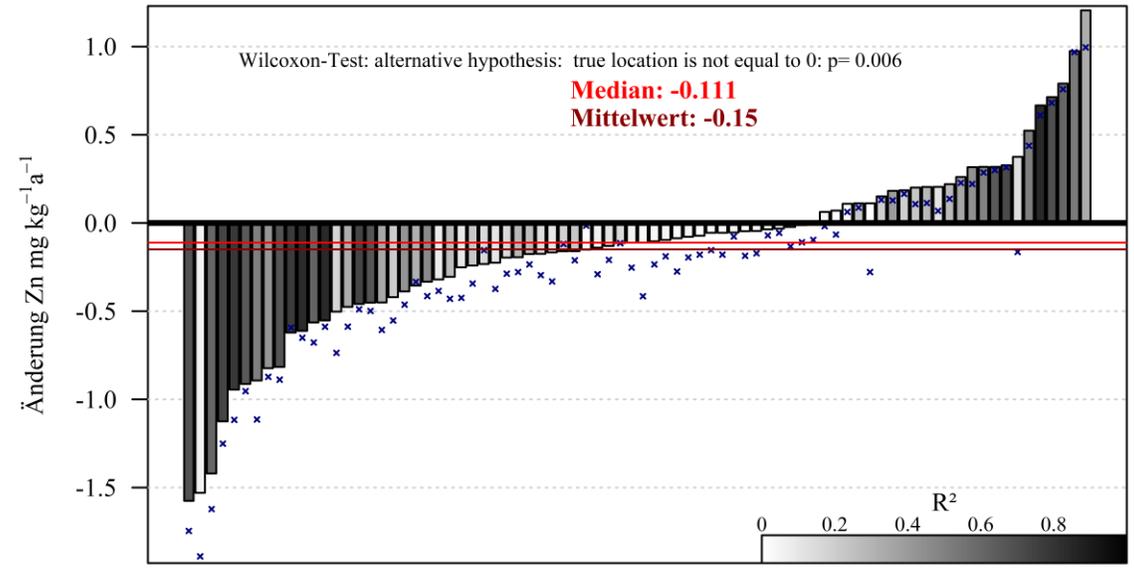
- 6 Fränkische und Schwäbische Alb
- 7 Obermain-Schollenland
- 8 Frankenwald Fichtelgebirge und Vogtland
- 9 Oberpfälzer Becken und Hügelland
- 10 Oberpfälzer Wald
- 11 Bayerischer Wald

- 12 Tertiärhügelland, Iller-Lechplatte und Donautal
- 13 Schwäbisch-Bayer. Schotterplatten und Altmoränen
- 14 Schwäb.-Bayer. Jungmoräne und Molassevorberge
- 15 Bayerische Alpen

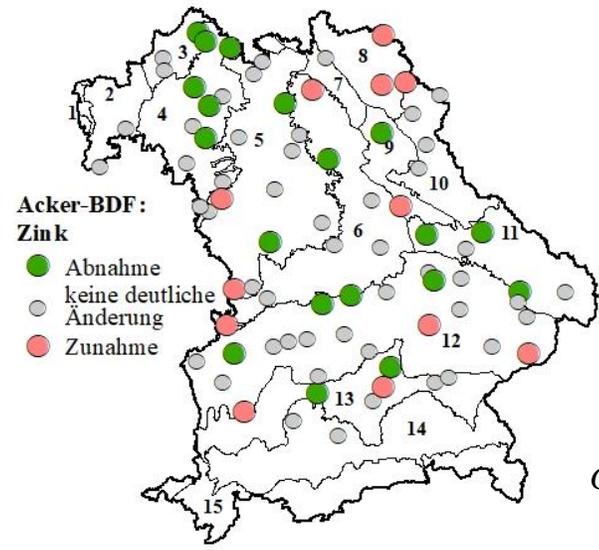
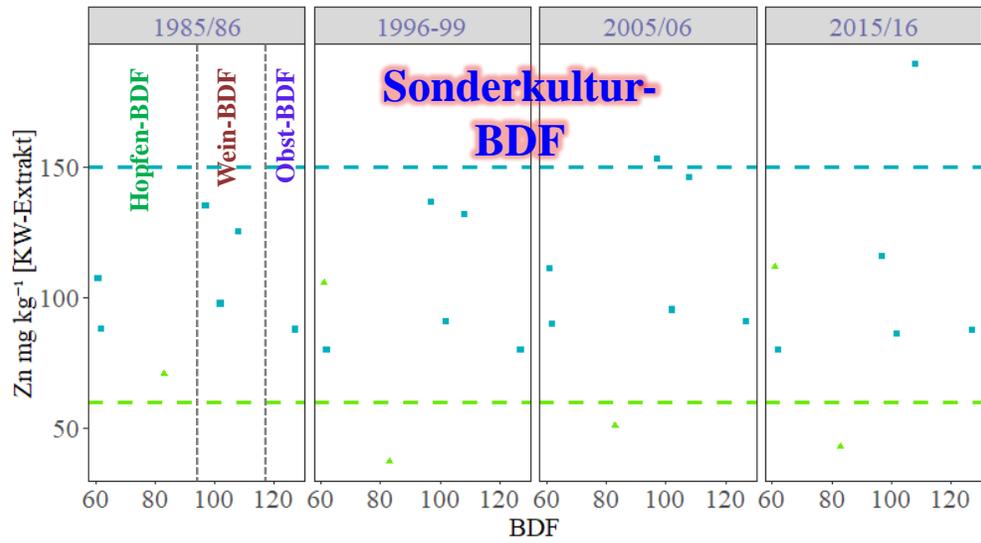
Zink - Gesamtgehalte im Oberboden und ihre Entwicklung



Acker-BDF



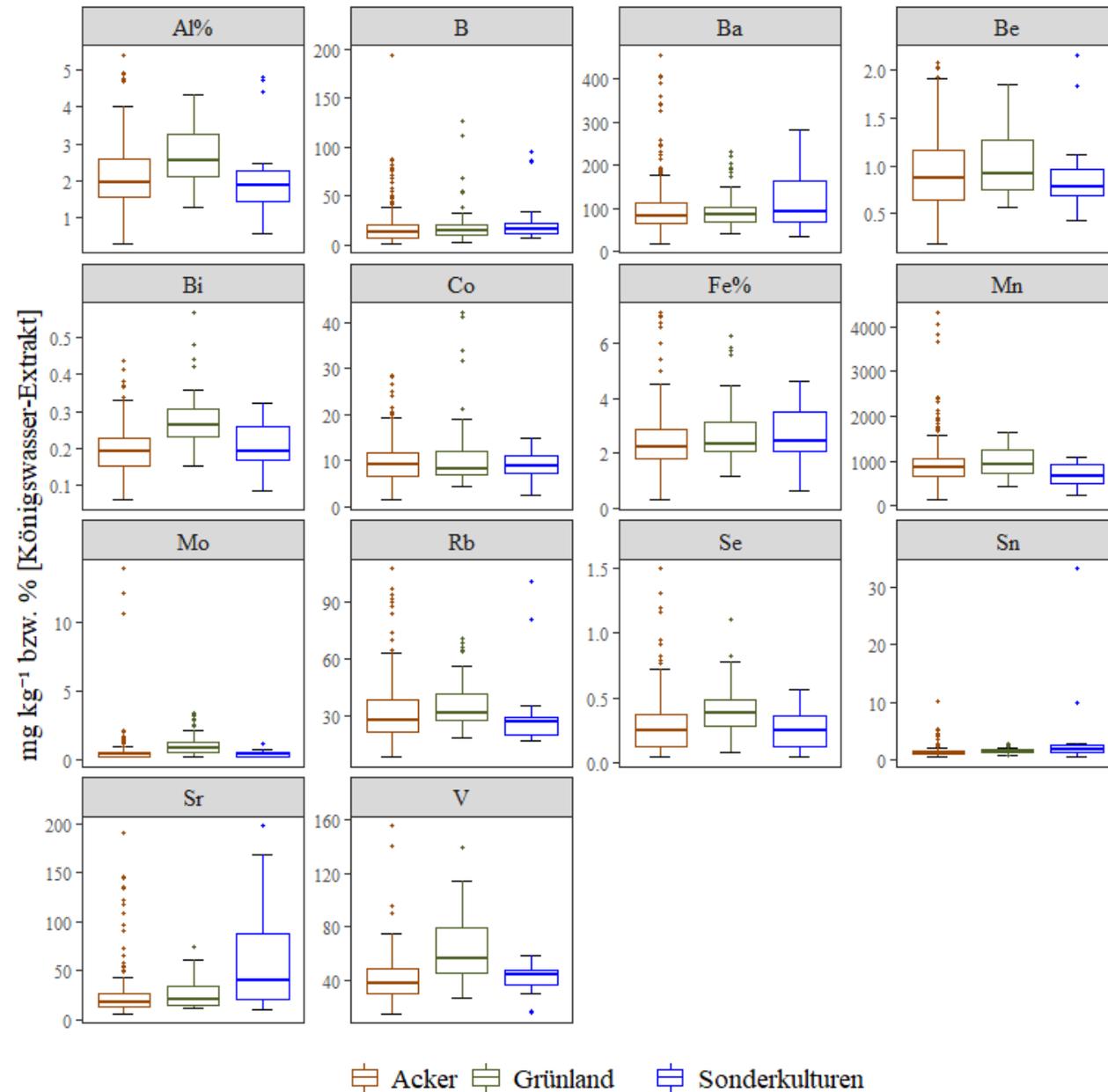
Grafik: Dank an J. Burmeister



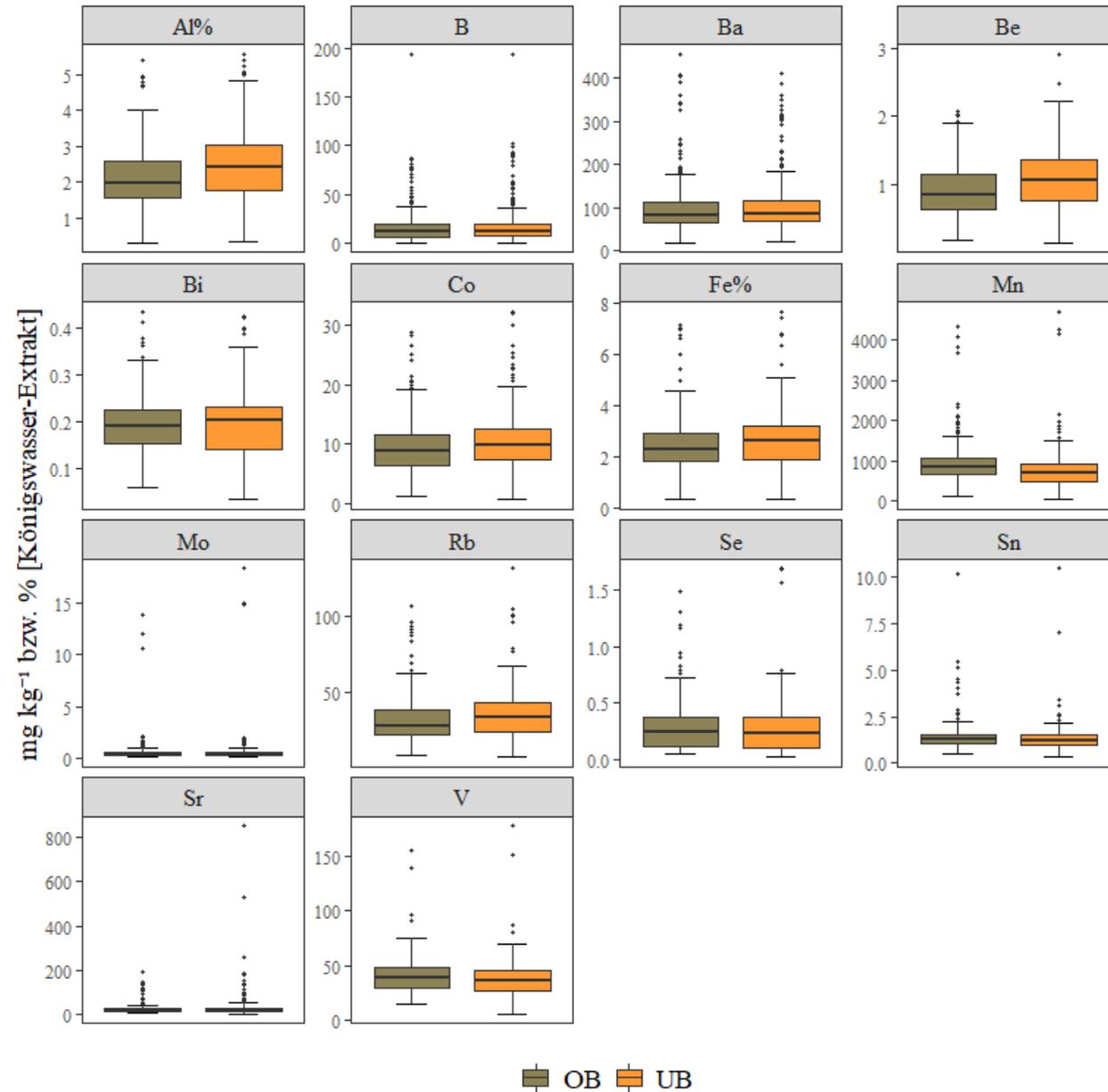
- Hauptlandschaftseinheiten (Wittmann, 1991):**
- | | |
|---|---|
| 1 Rhein-Main-Niederung | 6 Fränkische und Schwäbische Alb |
| 2 Spessart-Odenwald | 7 Oberrhein-Schollenland |
| 3 Rhön | 8 Frankenwald Fichtelgebirge und Vogtland |
| 4 Fränkische Platten | 9 Oberpfälzer Becken und Hügelland |
| 5 Fränkisches und Schwäbisches Keuper-Lias-Land | 10 Oberpfälzer Wald |
| | 11 Bayerischer Wald |
| 12 Tertiärhügelland, Iller-Lechplatte und Donautal | |
| 13 Schwäbisch-Bayer. Schotterplatten und Altmoränen | |
| 14 Schwäb.-Bayer. Jungmoräne und Molassevorberge | |
| 15 Bayerische Alpen | |

Grafik: Dank an M. Treisch

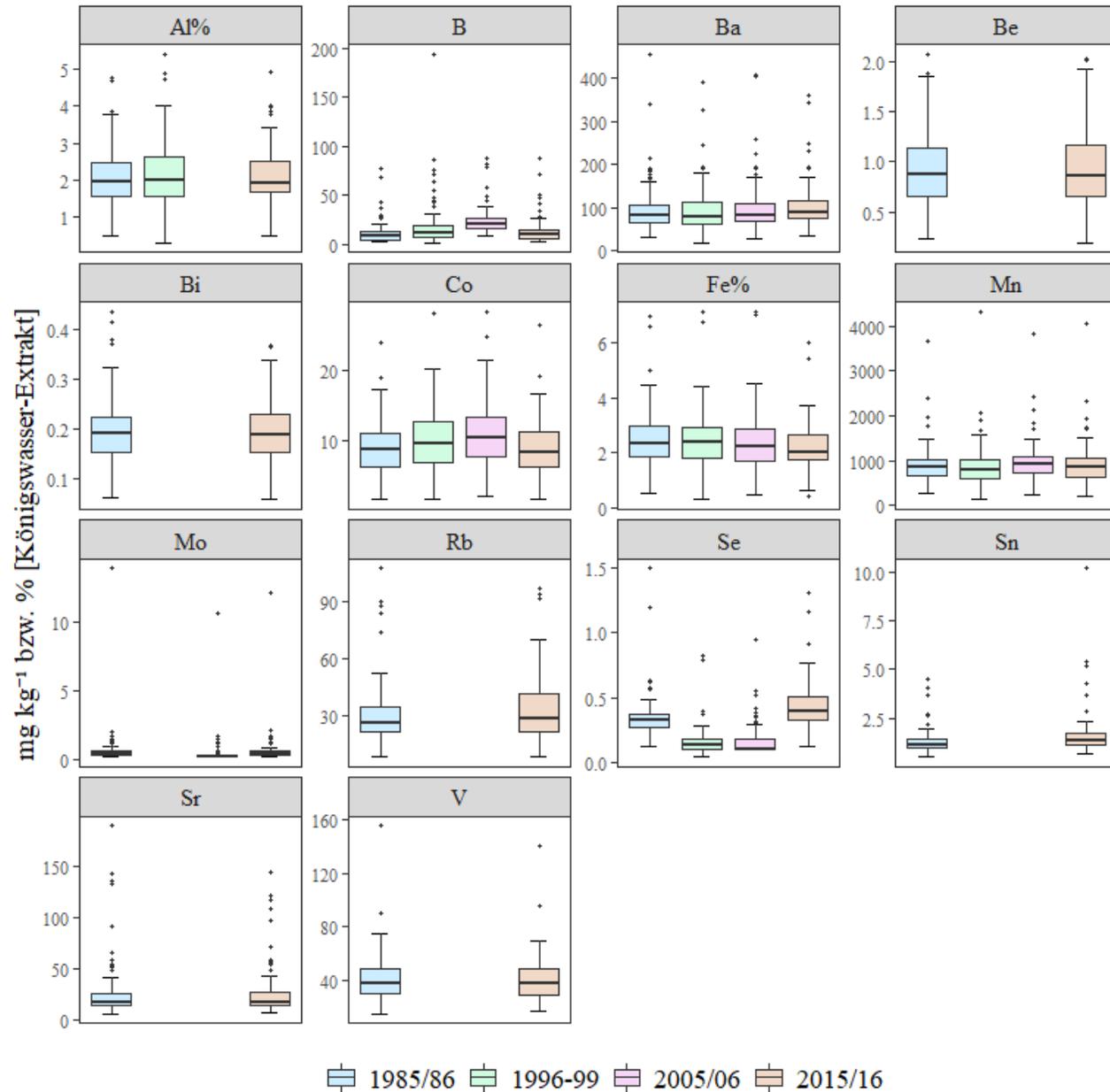
Verteilung der Gesamtgehalte ausgewählter Elemente in BDF-Oberböden für verschiedene Nutzungen (gesamter Beobachtungszeitraum)



Gesamtgehalte ausgewählter Elemente in Ober- und Unterböden der Acker-BDF (gesamter Beobachtungszeitraum)



Gesamtgehalte ausgewählter Elemente im Oberboden der Acker-BDF seit 1985



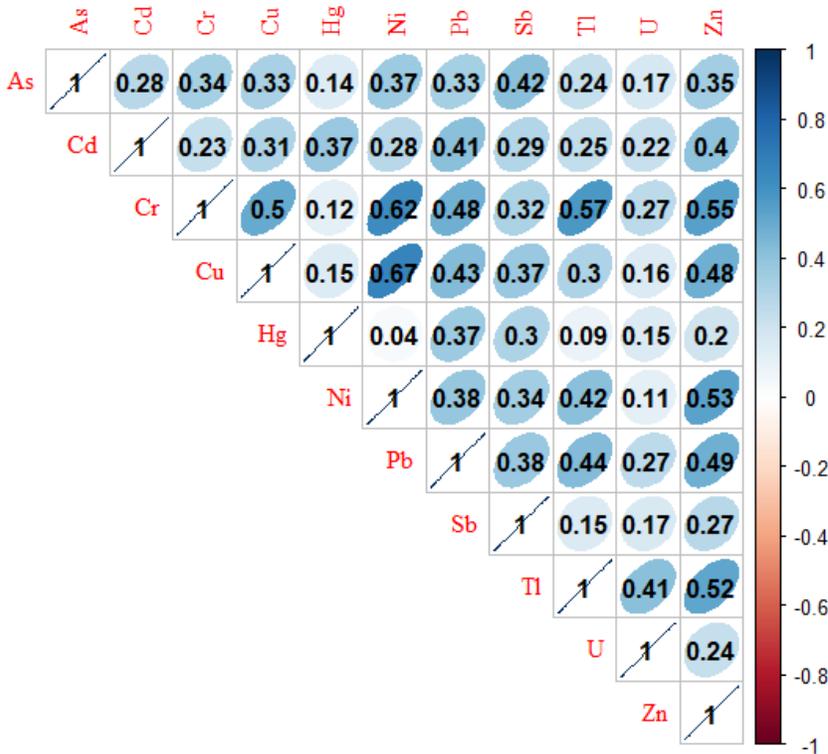
Bulksammler zur Depositionsmessung nach dem Bergerhoff-Verfahren



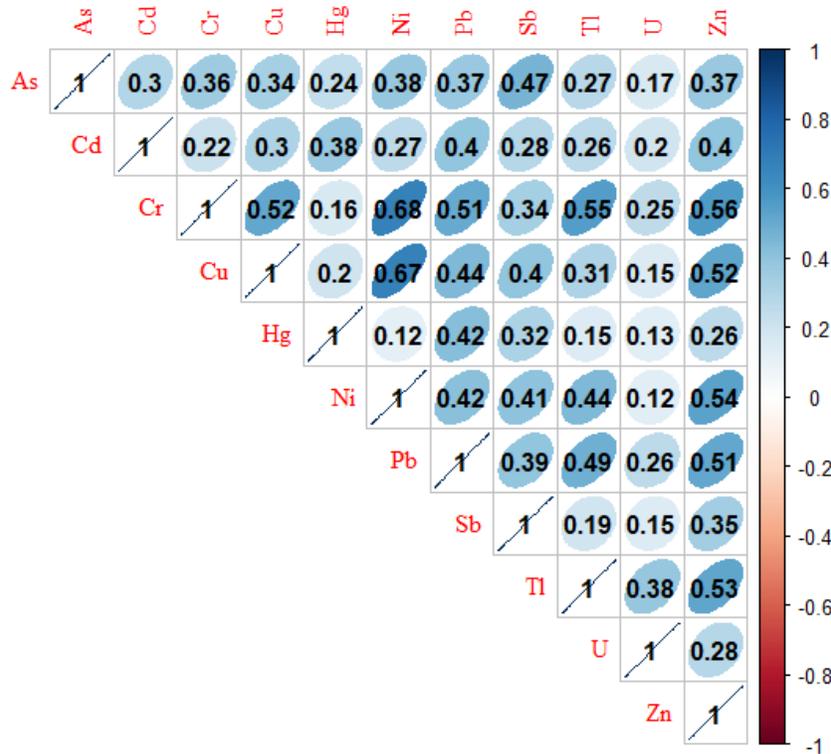
Korrelationsmatrix Gesamtgehalte Acker-BDF-Oberböden (Rangkorrelationskoeffizient n. Kendall's Tau)

Interkorrelation 11 ausgewählter Elemente (Gesamtgehalte im Königswasserextrakt)

Initialwerte (1986-88)



Mittelwerte (gesamter Beobachtungszeitraum)



Lineare Trends (zeitliche Entwicklung)

