

# Hochwassergebundener Sediment- und Schadstoffeintrag in die Auen der Mittelelbe

Ergebnisse aus den Forschungsprojekten RAMWASS und Klimzug-Nord

Februar 2013

Frank Krüger

AG Urban (Weniger, Haensch, Jockheck)



**LEUPHANA**  
UNIVERSITÄT LÜNEBURG

Campus Scharnhorststraße  
[frank.krueger@leuphana.de](mailto:frank.krueger@leuphana.de)

# Inhalt

- Veranlassungen/Konfliktfelder/Nutzungen
- Die Elbe und ihr Einzugsgebiet
- Fakten/Hypothesen zum Prozessverständnis
- Methoden zur Ermittlung der Sedimentation in Auen mit ausgewählten Ergebnissen
- Bedeutung des Sedimenteintrags für Böden und Vegetation
- Aktuelle Oberbodenbelastungen, Hg, PCDD/F
- Zeitliche Belastungsentwicklungen ,Hg, PCDD/F
- Untersuchungsraum untere Mittelelbe
- Indikatoren für Dioxinbelastungen in Oberböden
- Bodenentwicklung durch Sedimentation auf dem Wehninger Werder und Belastungs Hot Spots
- Zusammenfassung und Schlussfolgerung

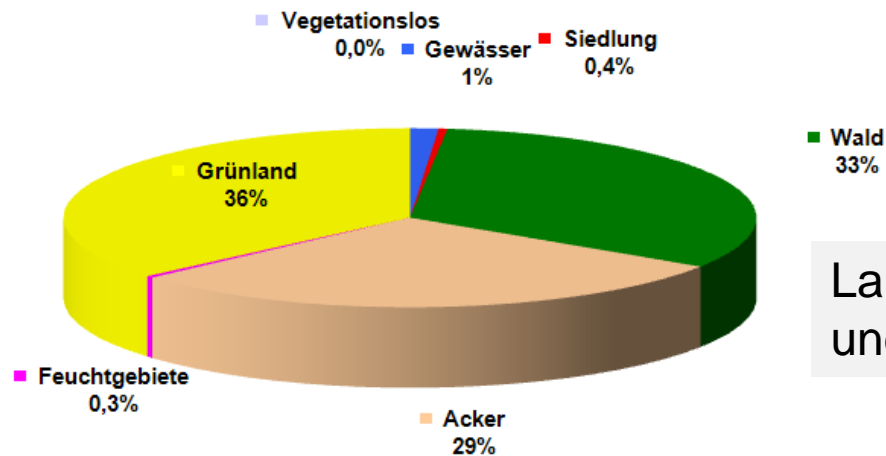
# Veranlassungen/Konfliktfelder



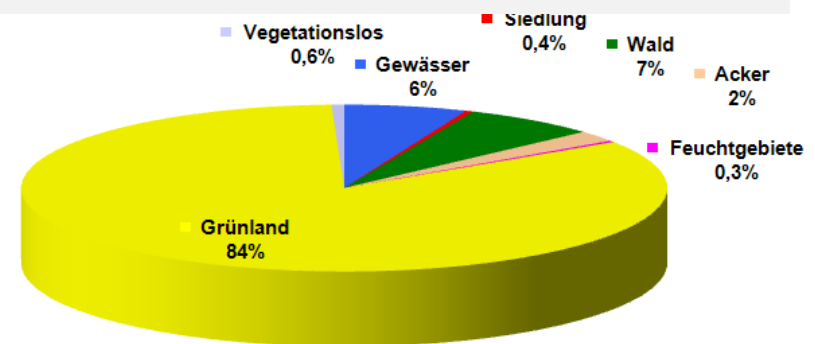
Auenmanagement ist notwendig!

# Landnutzungen ausgewählter Flussabschnitte

## Landnutzungen zwischen Aken und Barby



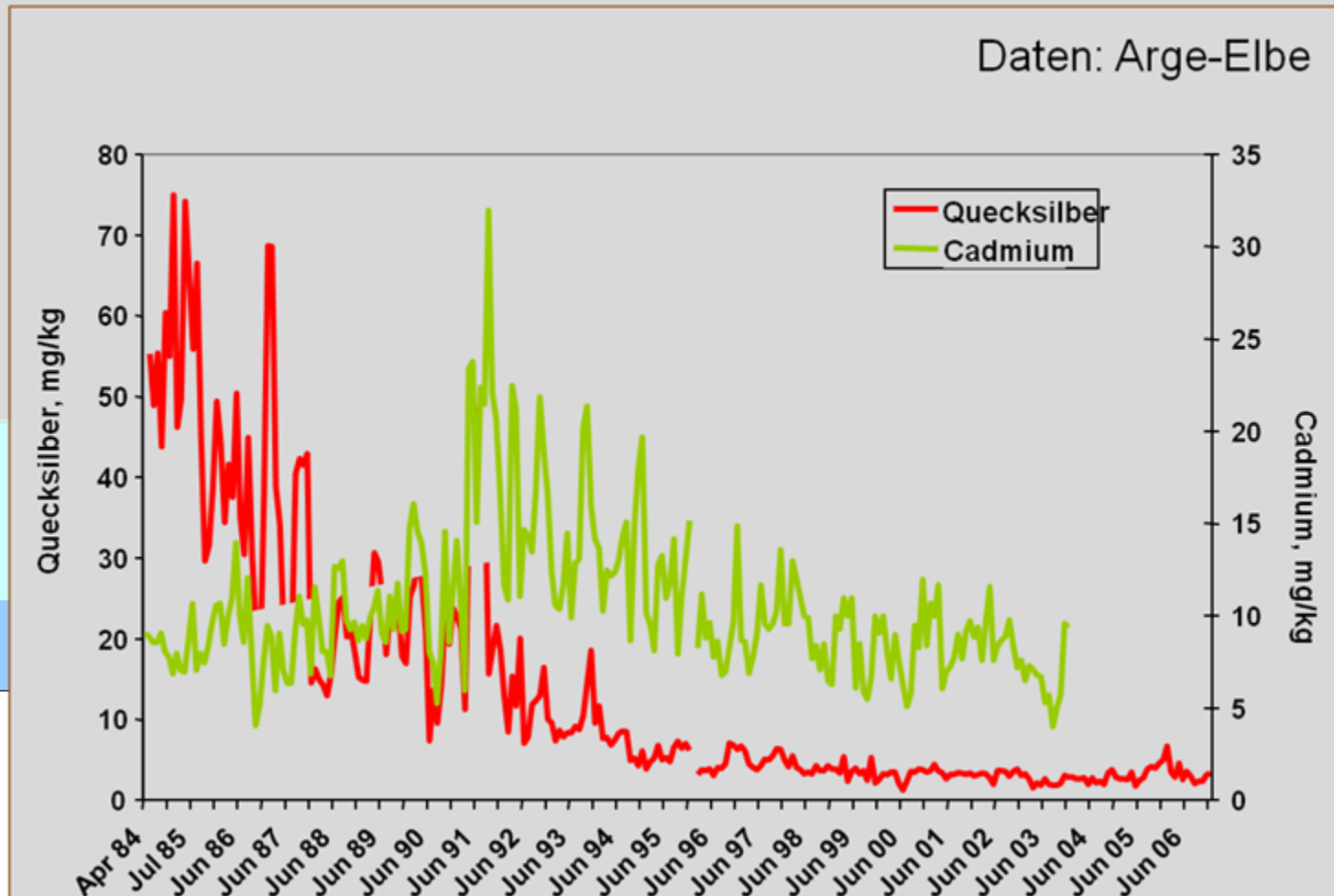
## Landnutzungen zwischen Wittenberge und Hitzacker



# Veranlassungen

- Sedimente beeinträchtigen verschiedene

Die Beeinträchtigung von Schutzgütern durch Sedimente ist zeitlich variabel.



Fluss

stoffliche Beeinträchtigungen: z.B. **Metalle, Dioxine**

**Verschmutzungen** der Vegetation



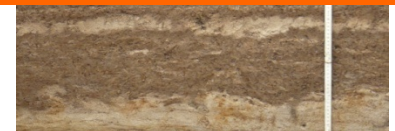
# Fakten/Hypothesen/Fragen

- Hochwässer sind der Motor der Bodenbildung
- Auenböden bestehen aus Sedimenten
- Wie ist der Status Quo der Belastung?
- Gibt es Verteilungsmuster?
- Lassen sich Tracer/Indikatoren für Belastungszustände finden?  
Lassen sich Hot Spots identifizieren, die auch vorsorglich einer alternativen Nutzung zugeführt werden können?
- Wie verändern sich die Böden der Mittelelbe unter räumlich und zeitlich variablem Sediment- und Schadstoffeintrag?
- Wie groß ist der aktuelle Stoffeintrag?
- Welcher Anteil an der Bodenbelastung ist historisch bedingt?
- Welche Bedeutung hat der aktuelle Sediment- und Schadstoffeintrag für die Qualität von Böden und Vegetation?



1. Plateau, ufernah

Weniger, Krüger 2009 & 2010



Abflusslose Senke, uferfern



# Elbe-Einzugsgebiet, Kennzahlen

**EZG, gesamt:** 148.000 km<sup>2</sup>,

CZ: 49.000 km<sup>2</sup>

50 % Tiefland (< 200 m NN)

33 % Hügelland (200-500 m NN)

17 % Mittelgebirge (500-1000 m NN)

(3/4 des CZ-EZG > 400 m NN)

Durchschn. Niederschlag 628 mm

(Spannbreite: 430-850 mm)

Durchschn. Evapotranspiration: 455 mm

60 % des durchschn. Niederschlags fällt im Winter.

**Hochwasser:** Herkunft: CZ-Republik

Winterhalbjahr: Schneeschmelze und Regen

Sommerhalbjahr: starke Regenfälle

**Abflusscharakter: Regen-Schnee-Typ**

**Elbe, Länge** 1100 km

**Niedersächsische Elbe**, km 470-585

Pegel Neu Darchau:

MQ: 700 m<sup>3</sup>/s

MHQ: 2000 m<sup>3</sup>/s

MNQ: 270 m<sup>3</sup>/s

HQ: 3600 m<sup>3</sup>/s



**Überflutungsfläche innerhalb**

**Biosphärenreservates: 6400 ha**

- Der hochwassergebundene Sediment- und Schadstoffeintrag hat verschiedene Dimensionen

räumlich

- standortspezifisch (pro m<sup>2</sup>)
- lokal (Mäanderschleife)
- regional (Flussabschnitt)

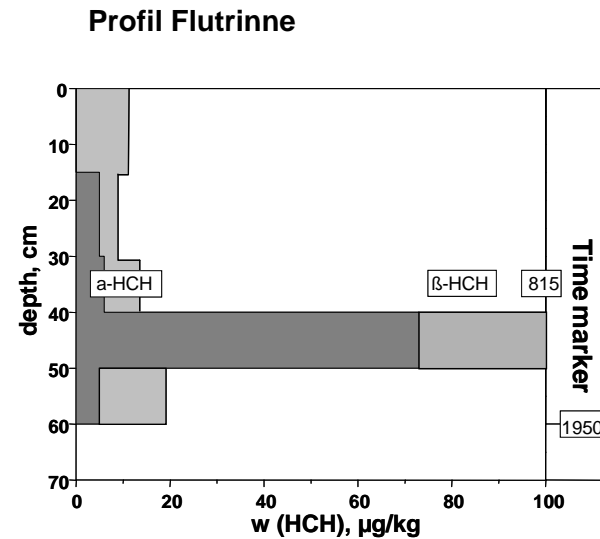
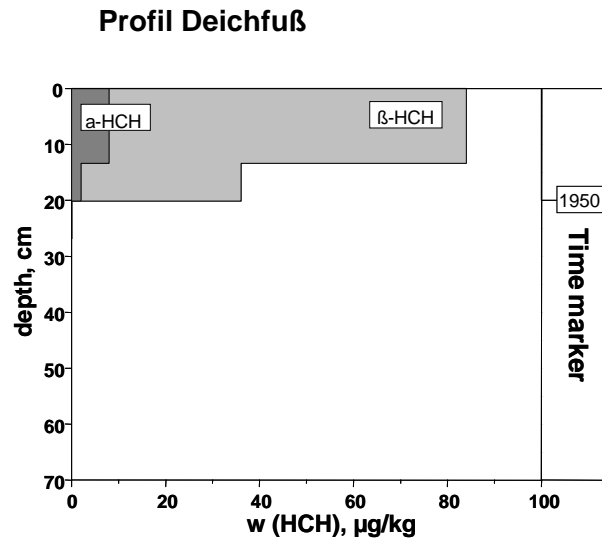
zeitlich

- ereignisbezogen
- rezent - Jahrhundert
- mehrere Jahrhunderte



- Rezent-Jahrhundert, standortspezifisch: z.B.  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ , weitere Stoffe als Tracer, an der Elbe z. B. Uran, HCH

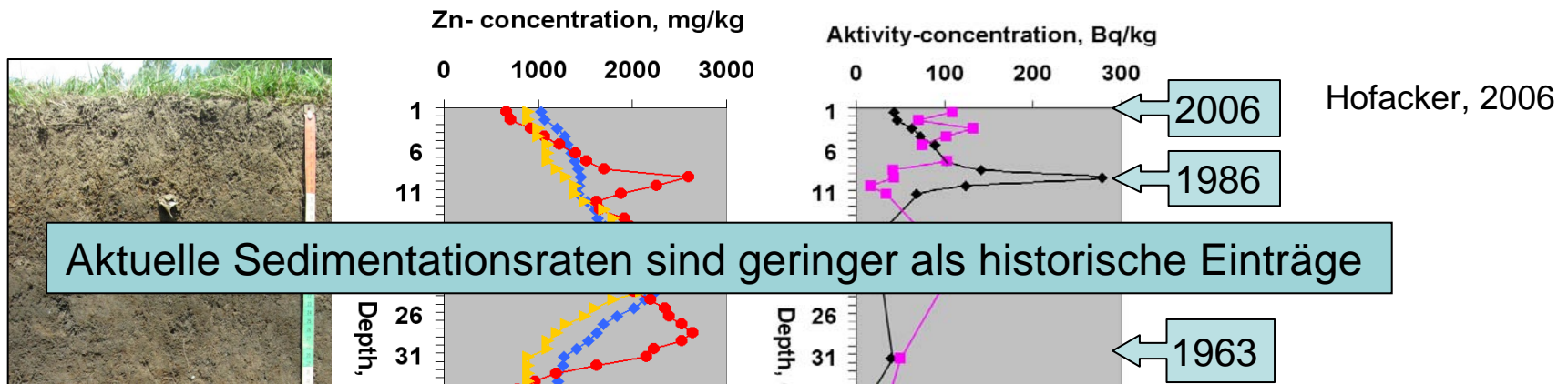
Elbe km 437, linkes Ufer



Witter, 2003

- Rezent-Jahrhundert, standortspezifisch: z.B.  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ , weitere Stoffe als Tracer, an der Elbe z. B. Uran, HCH

Elbe km 437, rechtes Ufer

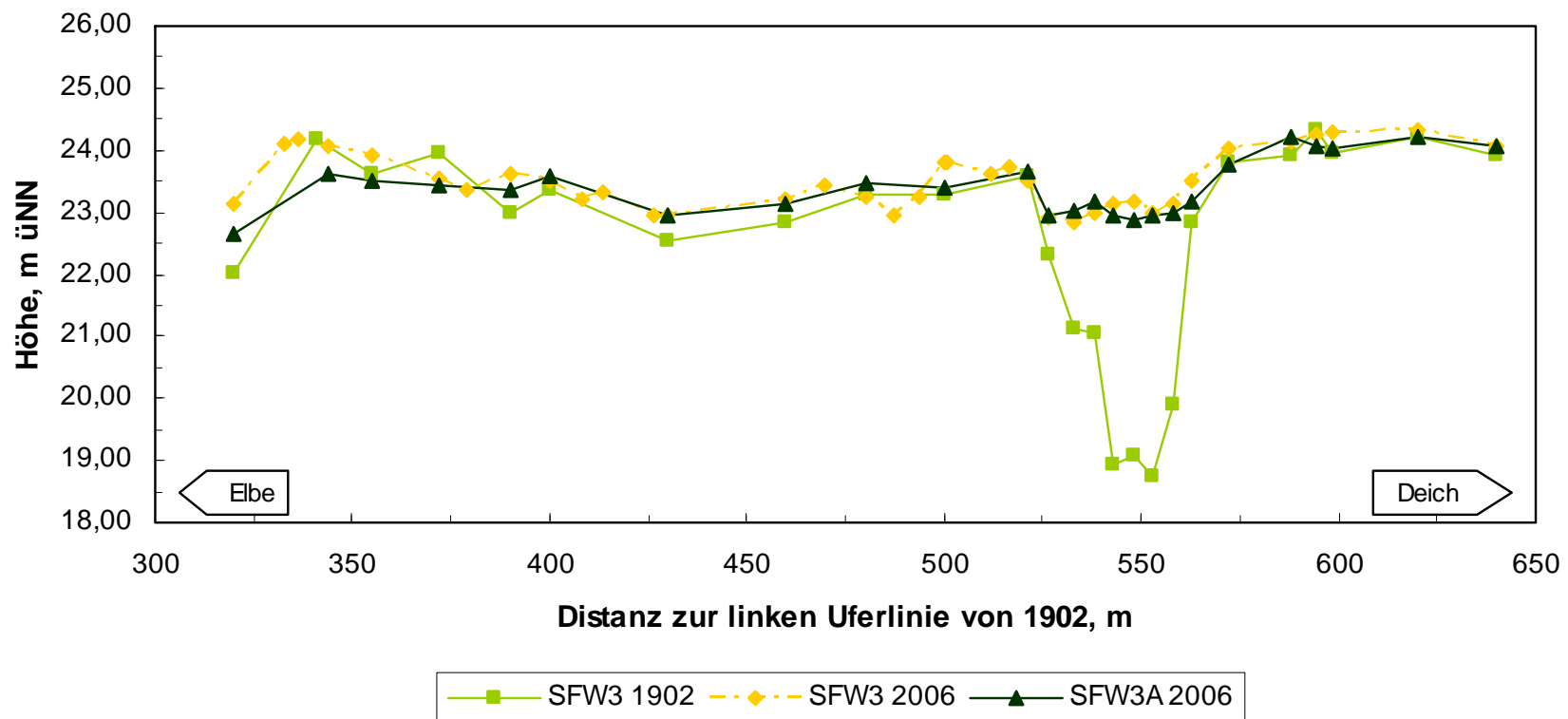


Mögliche Begründungen:

- Andere, stärker kohäsive Eigenschaften der hist. Sedimente, indiziert durch Belastung bei gleichem Sedimentdargebot
- Historsch begründetes, stärkeres Sedimentdargebot durch Landnutzungsunterschiede, z. B. LPG Gesetz 1959, Kollektivierung
- Sedimentrückhalt durch Muldestausee seit 1970er Jahre

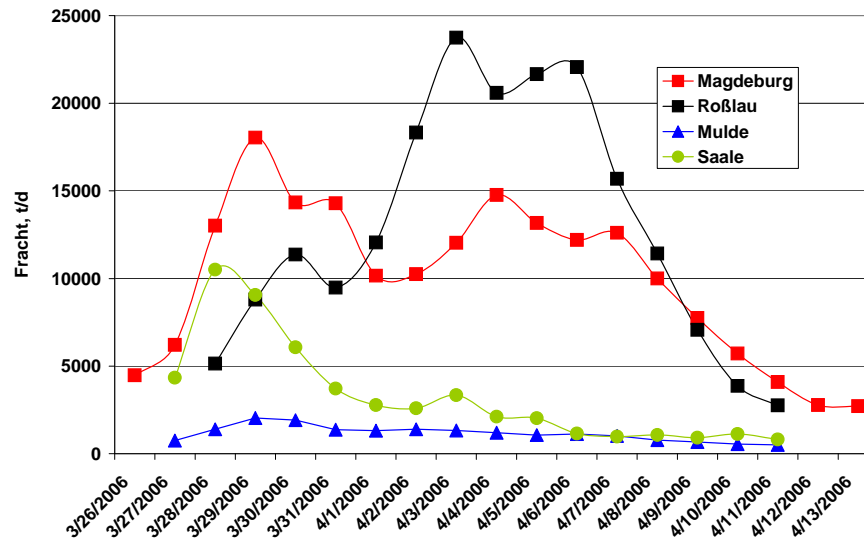
- Rezent-Jahrhundert, lokal: z.B. Querprofilvergleiche

**Geländehöhenvergleich im rechten Vorland, Elbe-km 437,220**



Rommel für die BAW,  
2003&2005 sowie Hofacker  
2006

- Ereignisbezogen, regional: Bilanzierung der Schwebstoffmengen an mehreren Querprofilen



Baborowski, Krüger, Westrich, 2006

Kumulierte Frachten in Roßlau, Mulde, Saale und Magdeburg während des Hochwassers 2006.

Rosslau

Fracht, t

194049

Mulde

18430

Saale

52642

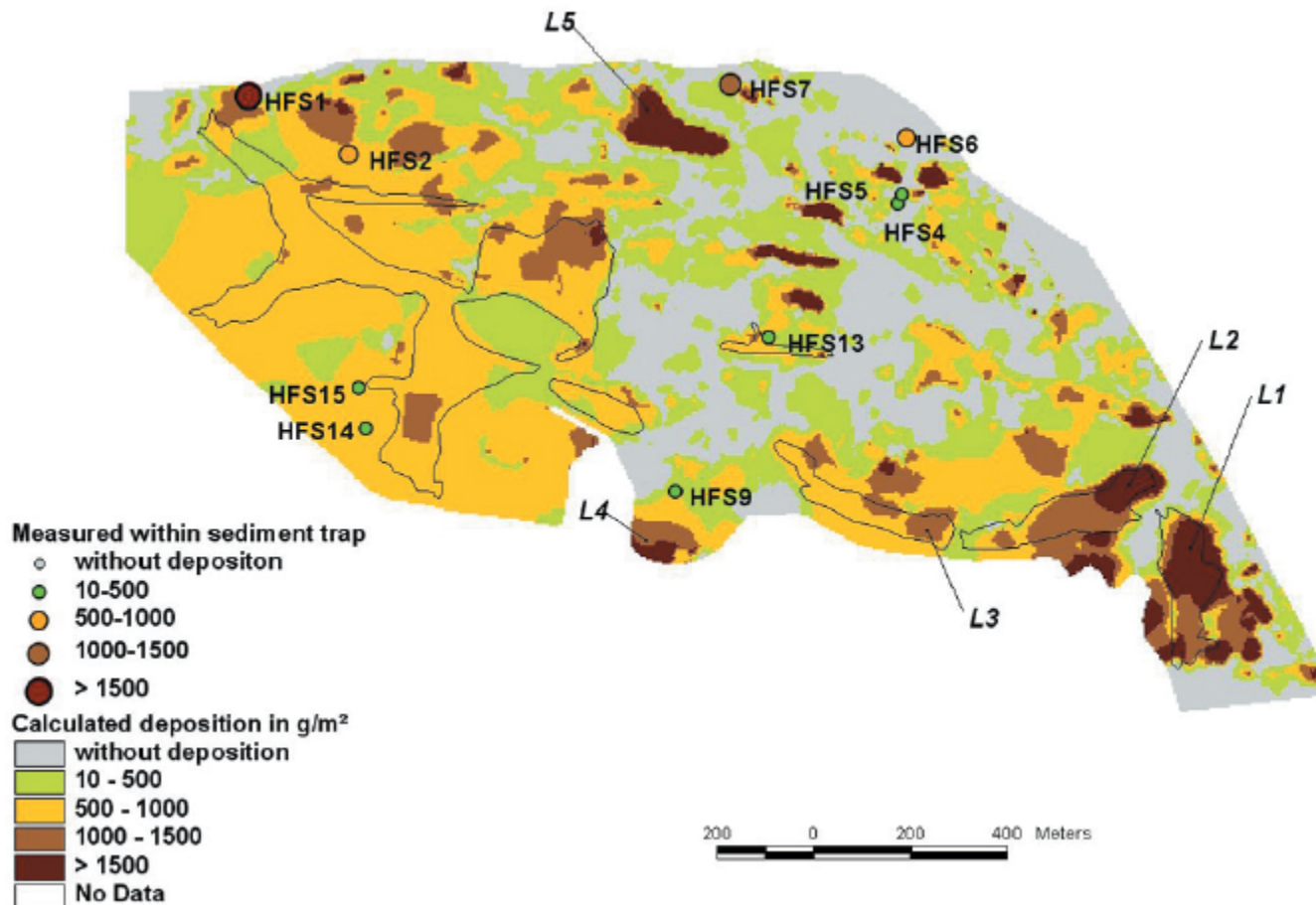
**Summe**

**265120**

**Magdeburg**

**188621**

- Ereignisbezogen, lokal: 2D-Modellierung des Sedimenteintrags  
km 435-440



11/1998  
Q max 2355 m³/s  
14 Tage  
ca. 1000 t/200 ha  
ca. 500 g/m²

Aber 25 % des  
Eintrages  
in Altwässern  
(10 % der Fläche)



- Ereignisbezogen, standortspezifisch: Sedimentfallen





Kunstrasenmatte auf PVC-Platte, 4-5 Parallelen  
Am Boden befestigt mit 20-25 cm Nägeln  
Im Gelände installiert vor dem Hochwasser

Bergung nach dem Hochwasser  
Ausspülen mit Hochdruck in Kunststoffbox

Sedimentation 24 h

Dekantieren des Überstandes

Überführung in Eindampfgefäß

Sedimentation 24 h

Dekantieren des Überstandes

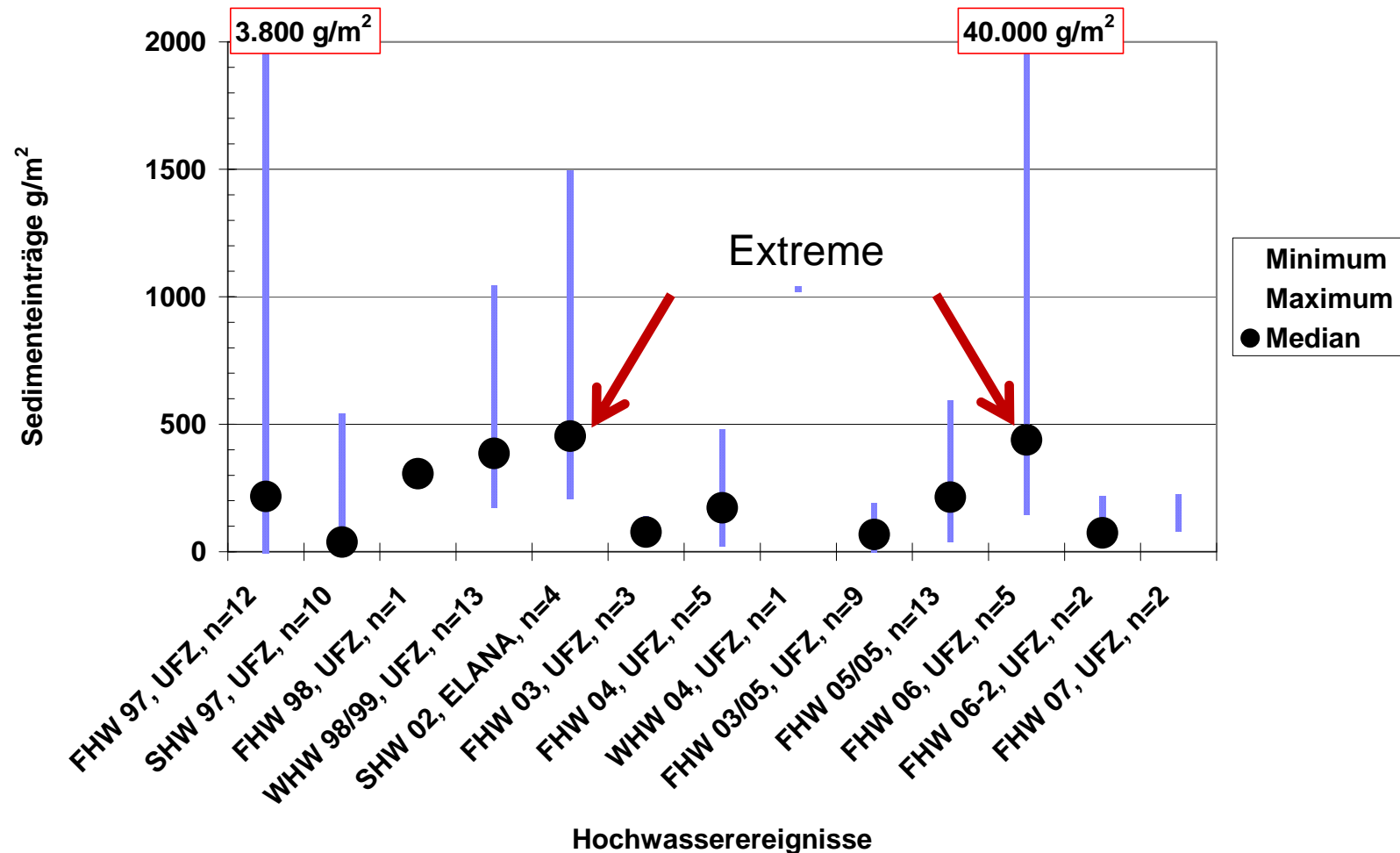
Trocknung





Projekte	Institution	Autoren	Projekte	Orte
	GKSS	MEISSNER et al. <b>1994</b>	-	Mittelelbe bei Tangermünde
	Uni Hamburg	SCHWARTZ et al. 1997	-	Tideelbe, Untere Mittelelbe
	Uni Hamburg	SCHWARTZ 2001	Auenregeneration durch Deichrückverlegung	Untere Mittelelbe, Lenzen/Lütkenwisch
	UFZ	FRIESE et al. 2000	Oka-Elbe	
	UFZ/ELANA	KRÜGER et al. 2005	ADHOC-Hochwasserprojekt	Obere, Mittlere und Untere Mittelelbe
	Uni Lüneburg	URBAN in VON HAAREN et al. 2006	FLAWS	Untere Mittelelbe
	LBEG	KLEEFISCH, 2006	-	Gorleben
	UFZ	VON TÜMLING et al. 2004-2008	AQUATERRA	Mittlere, Untere Mittelelbe, Mulde, Saale
	UFZ	VON TÜMLING, et al. 2005-2009	RIMAX	Mulde
	UFZ	BÜTTNER et al. 2006	-	Untere Mittelelbe, Schönberg Deich
	UFZ	BABOROWSKI et al. 2007a	AQUATERRA	Untere Mittelelbe, Schönberg Deich
	UFZ	Baborowski et al. 2007b	AQUATERRA	Fließstrecke Magdeburg- Wittenberge
	UFZ	SCHOLZ, RUPP 2006-2009	TERRENO	Mittlere Mittelelbe, Roßlauer Oberluch
	UFZ	RUPP, BOLZE , 2007-2010	Phytoremediation	Untere Mittelelbe, Schönberg Deich
	Uni Lüneburg	KRÜGER, URBAN  2007, 2008	RAMWASS	Untere Mittelelbe, Grippel, Wehningen, Radegast
	UFZ	Scholz, Rupp, <b>seit 2009</b>	KLIWAS	Untere und Mittlere Mittelelbe
	Uni Lüneburg	KRÜGER, URBAN, <b>seit 2009</b>	KLIMZUG	Untere Mittelelbe

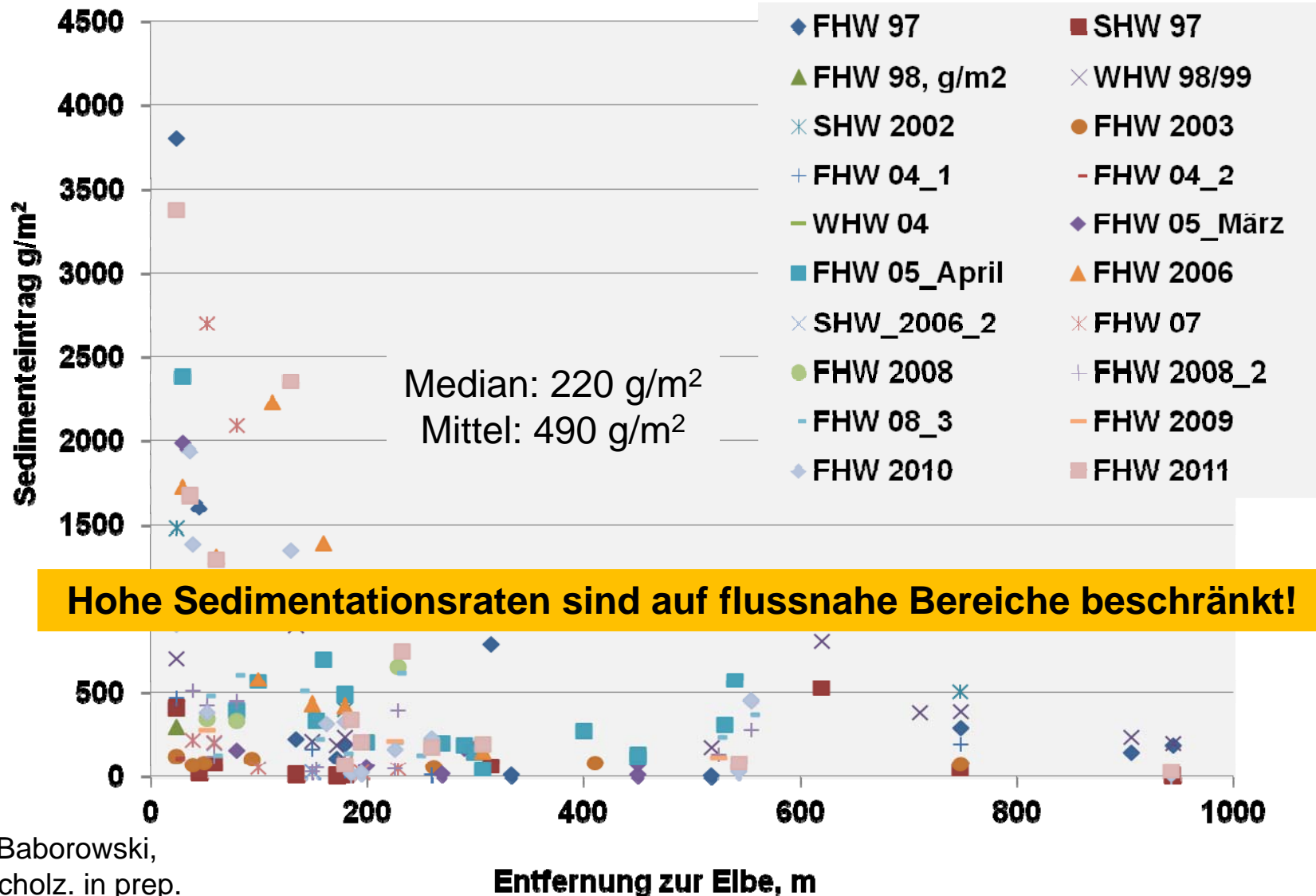
Spannbreite der gemessenen Sedimentationsraten im UG Schönberg Deich, Elbe km 435-440, Daten UFZ, zwischen 1997-2007



# Ergebnisse

## Zusammenfassung aller Sedimenteinträge 1997-2011;

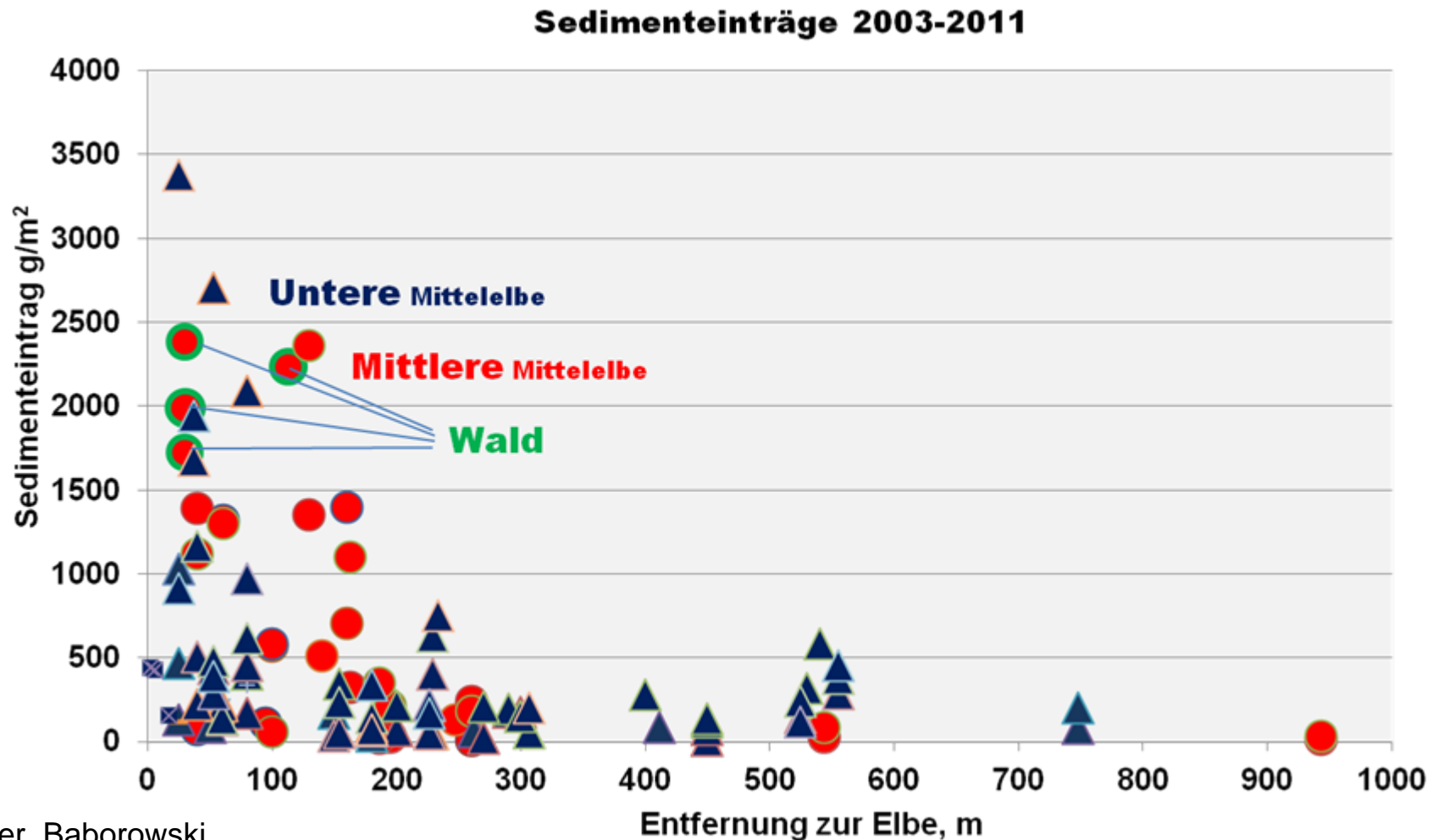
Mittelelbe, n =157





# Ergebnisse

## Zusammenfassung aller Sedimenteinträge 2003-2011; Mittelelbe, n = 117



Krüger, Baborowski,  
Rupp, Scholz. in prep.

**To do: Gliederung hinsichtlich Fracht, Nutzung, Morphologie**

# Bedeutung für Böden und Futtermittel



Neukirchen  
Untere Mittel Elbe, 2005



Foto: R. Schwartz:  
Alt-Hirschstein, Obere Elbe, 2002

Jährliche schleierartige Einträge vs. vereinzelte zentimeterdicke Sedimentauflagen

# Bedeutung für Futtermittel

	Quecksilber n=21 mg/kg	Cadmium n=12 mg/kg	Arsen n=13 mg/kg
Min	2,9	3,7	39
Max	11,4	6,4	55
Med	5,9	5,3	48
Q-Futtermittel***	0,5	5	10

\*\*\*nach Heise et al. 2008, 20%ige  
Verschmutzung bei Hochwasser

Die Qualitätskriterien für Sedimente bezüglich der partikulären Futtermittelbeeinträchtigung verdeutlichen,

a) dass der Zeitpunkt des Hochwasser mit Bezug zum Erntezeitpunkt relevant ist,

b) dass die Futtermittelqualität nur bei sehr sauberer Erntetechnik, ohne hochwasserbürtige Verschmutzungen eingehalten werden kann,

c) dass die Qualitätskriterien z.T. im Bereich der Hintergrundwerte für Sedimente liegen müssen, falls Verschmutzung geduldet würde (200 g/m<sup>2</sup> Pflanzenertrag je Schnitt).

# Bedeutung für die Böden

n: 21; Grippel: 4; Wehningen: 10; Radegast: 7

	Quecksilber	Cadmium	Arsen
	n=21	n=12	n=13
	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Min	2,9	3,7	39
Max	11,4	6,4	55
<b>Med</b>	<b>5,9</b>	<b>5,3</b>	<b>48</b>
 *Bundes-Bodenschutzverordnung	 2*	 2**	 50*



Standardisierte Bezugs-/Beprobungstiefe: **10 cm!!!**

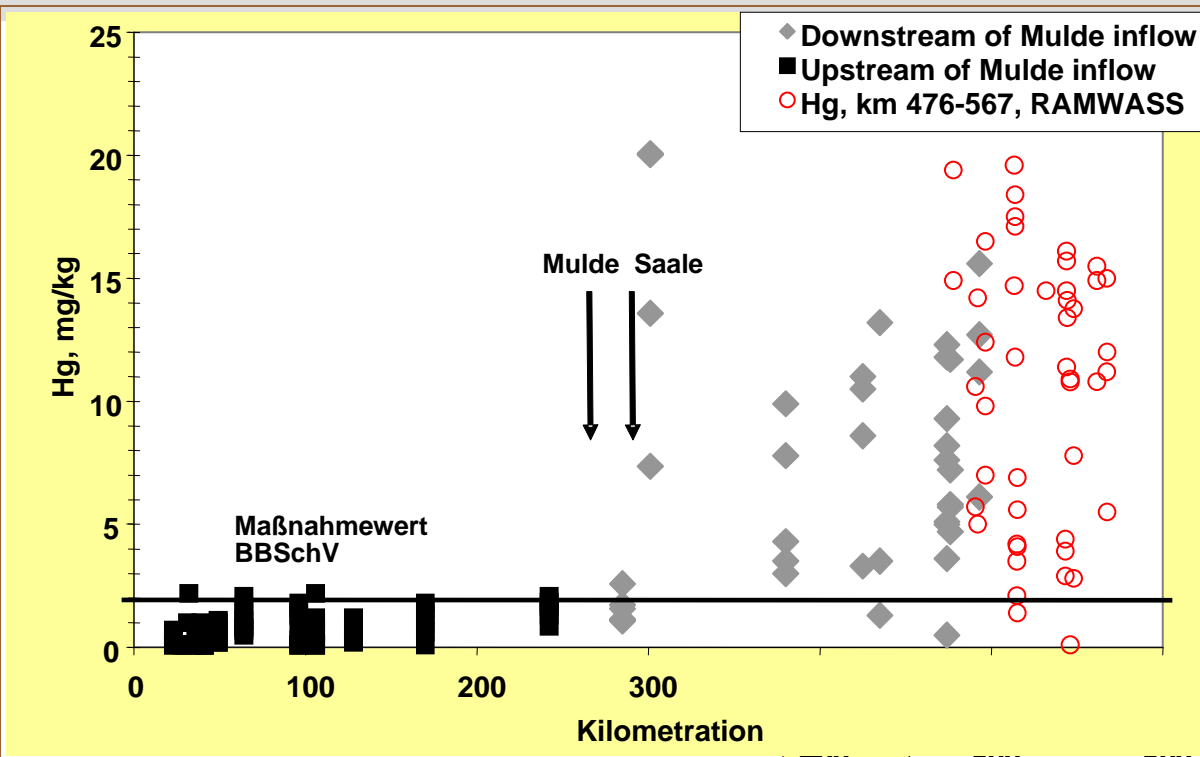
Bei einer Dichte von ca. **1 g/cm<sup>3</sup>** wäre ein Sedimenteintrag von **10.000 g/m<sup>2</sup>** notwendig, um eine Aufsedimentation von **1 cm** zu verursachen.

Daraus folgt: Der derzeitige hochwassergebundene Sedimenteintrag (200-500 g/m<sup>2</sup>) an der Mittelelbe ist für die Bodenqualität (ausgenommen Uferbereiche) von untergeordneter Bedeutung!!!





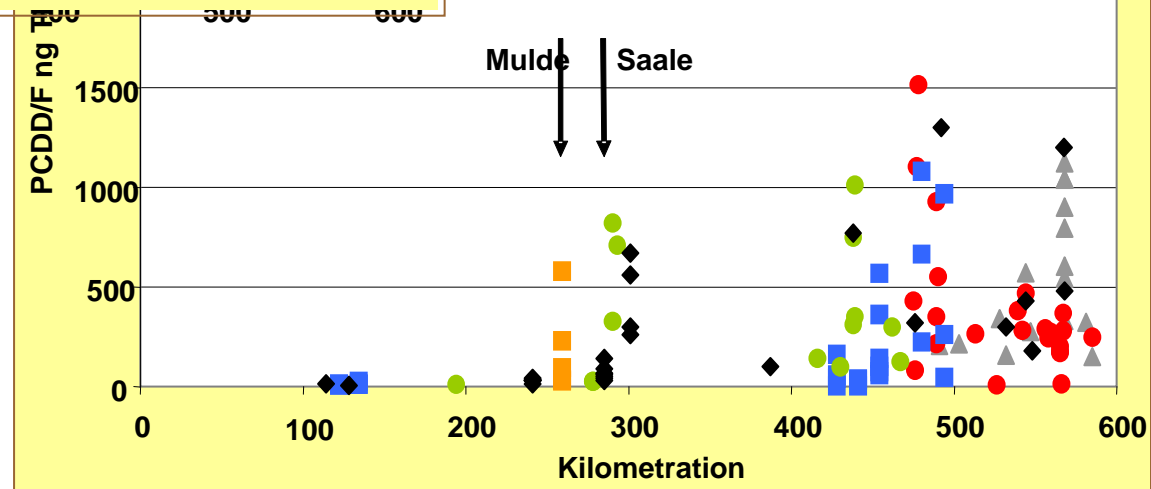
# Status Quo der Oberbodenbelastung



Dioxine in Böden entlang der Elbe.

2003, 0-10 cm, WHO  
2003, 0-5 cm, NATO  
2003, 0-10 cm, NATO  
2003, 0-10 cm, NATO  
2003, 0-10 cm, NATO  
2003, 0-10 cm, WHO

Quecksilber in Böden entlang der Elbe.

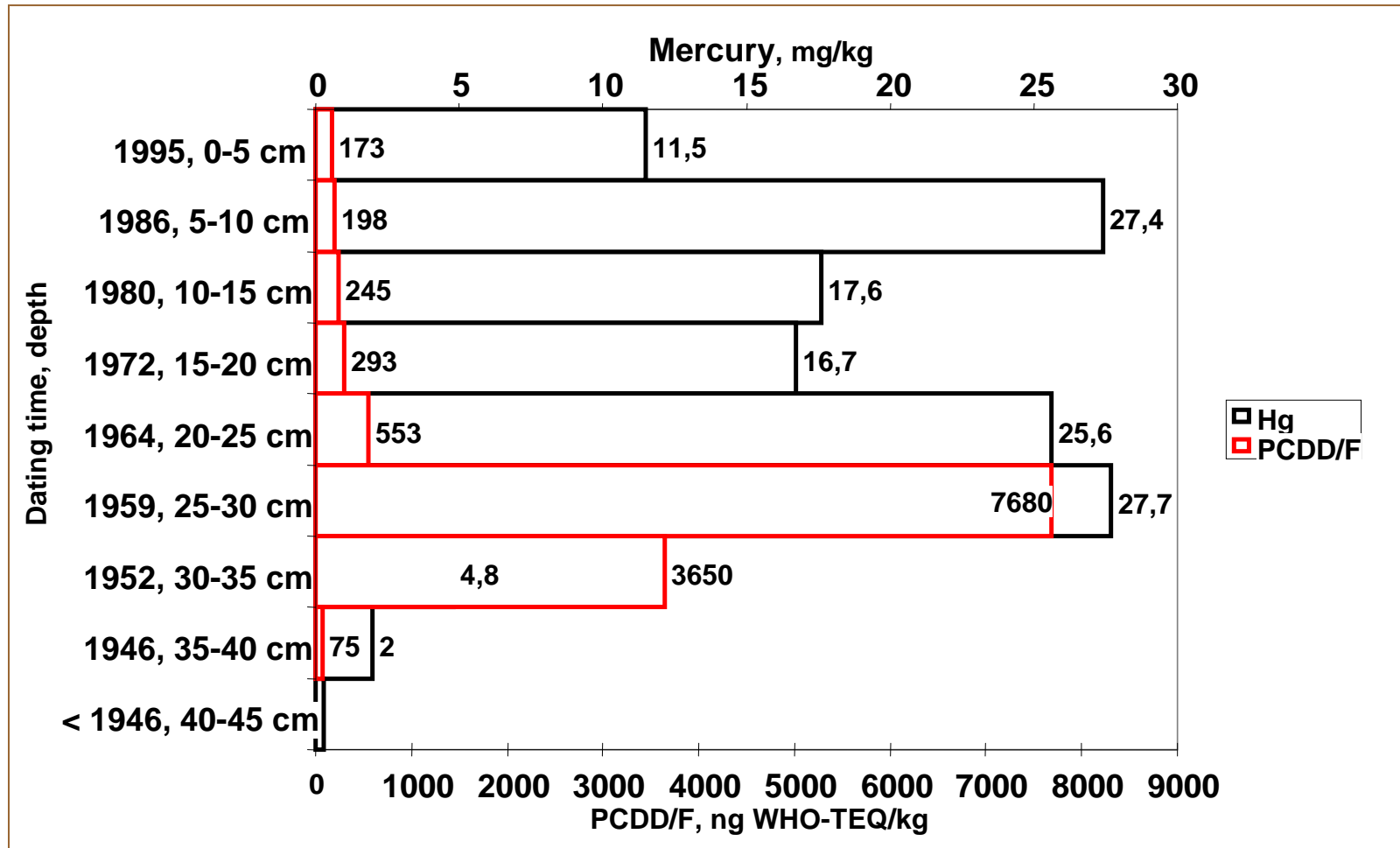




# Zeitliche Belastungsentwicklung

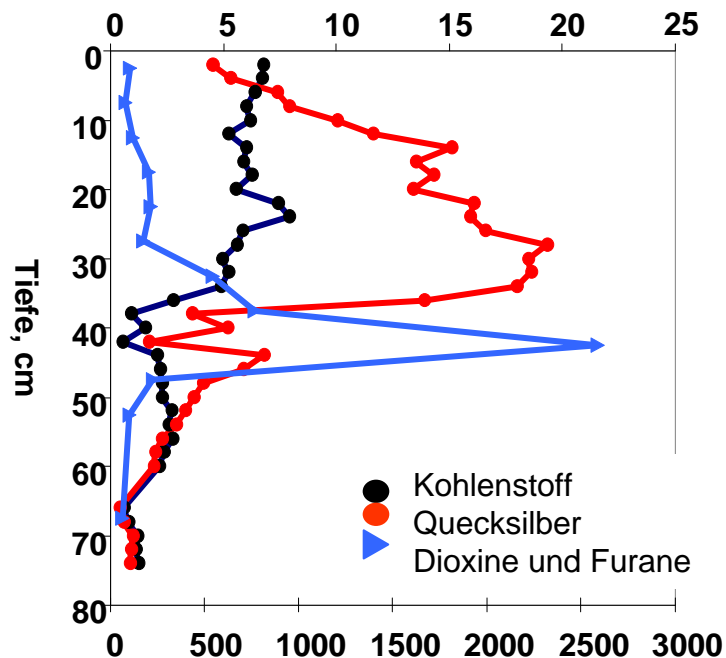
Götz et al. 2006: Dioxine im Tiefenprofil „Auengley Pevestorf“

Krüger, Morgenstern et al. unveröffentlichte Daten: Schwermetalle und Arsen im Tiefenprofil „Auengley Pevestorf“

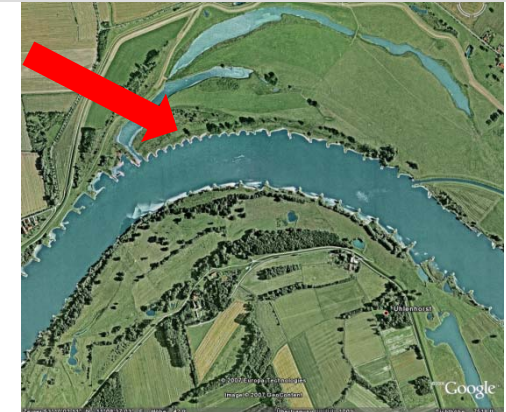
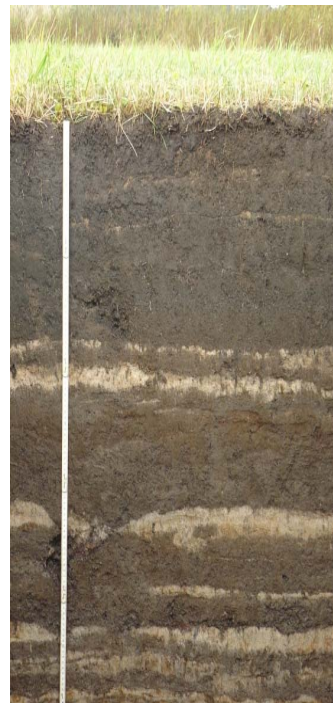


# Zeitliche Belastungsentwicklung am Standort Wehninger Werder

G 4/8, Tiefenprofile von Kohlenstoff,  
Quecksilber und Dioxinen  
Hg, mg/kg & C org., %



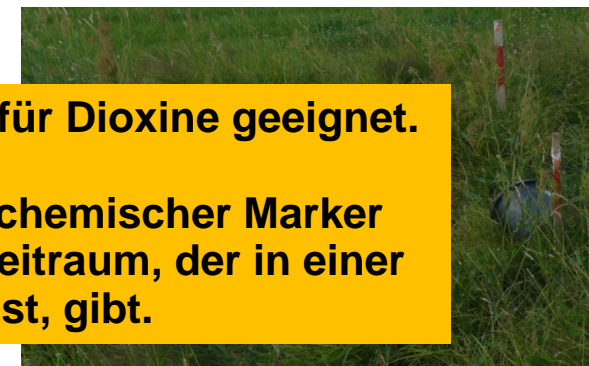
Ufernahes Plateau



M. Haensch

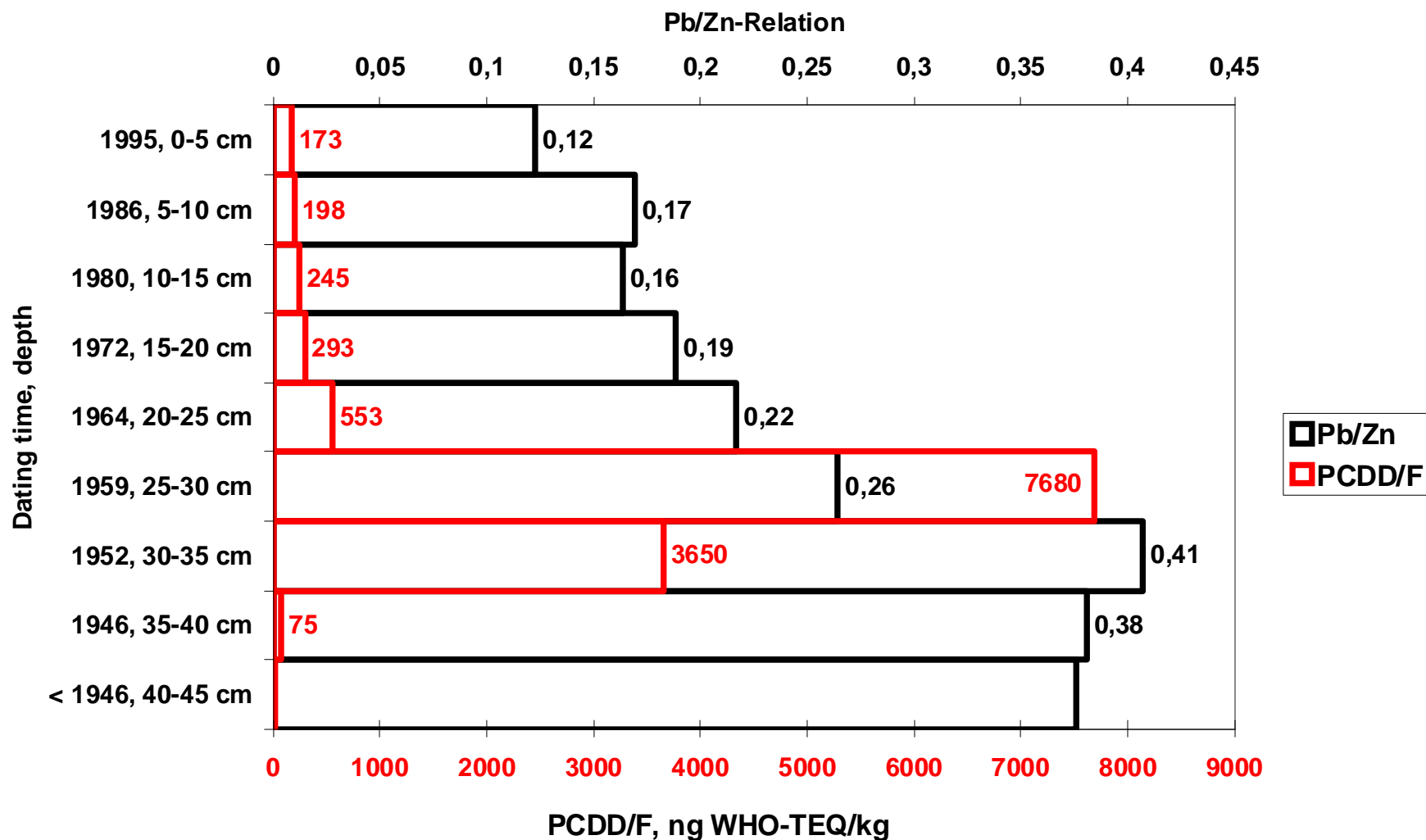
**Schwermetallkonzentrationen sind nicht als Tracer für Dioxine geeignet.**

**Zur Identifizierung von Dioxin-Hot Spots ist ein geochemischer Marker notwendig, der Auskunft über den Sedimentationszeitraum, der in einer standardisierten 10 cm Oberbodenprobe enthalten ist, gibt.**



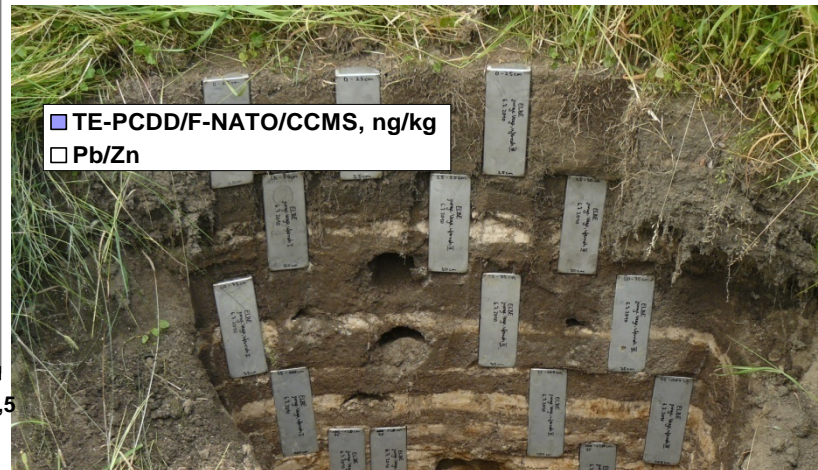
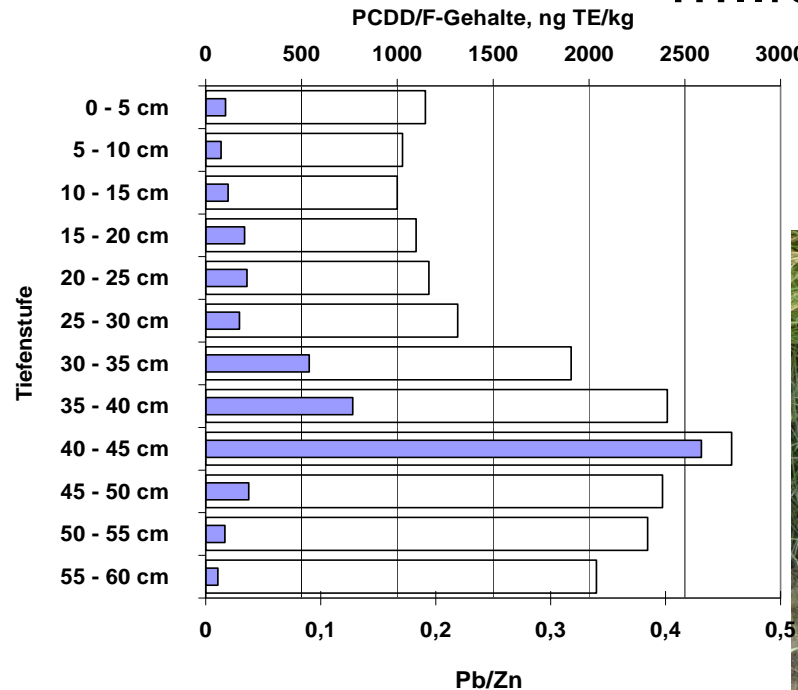


# Spezifische Metallmuster?



# Pb/Zn als Tracer....

.....für Dioxin Hot Spots



## Weitere Hypothesen:

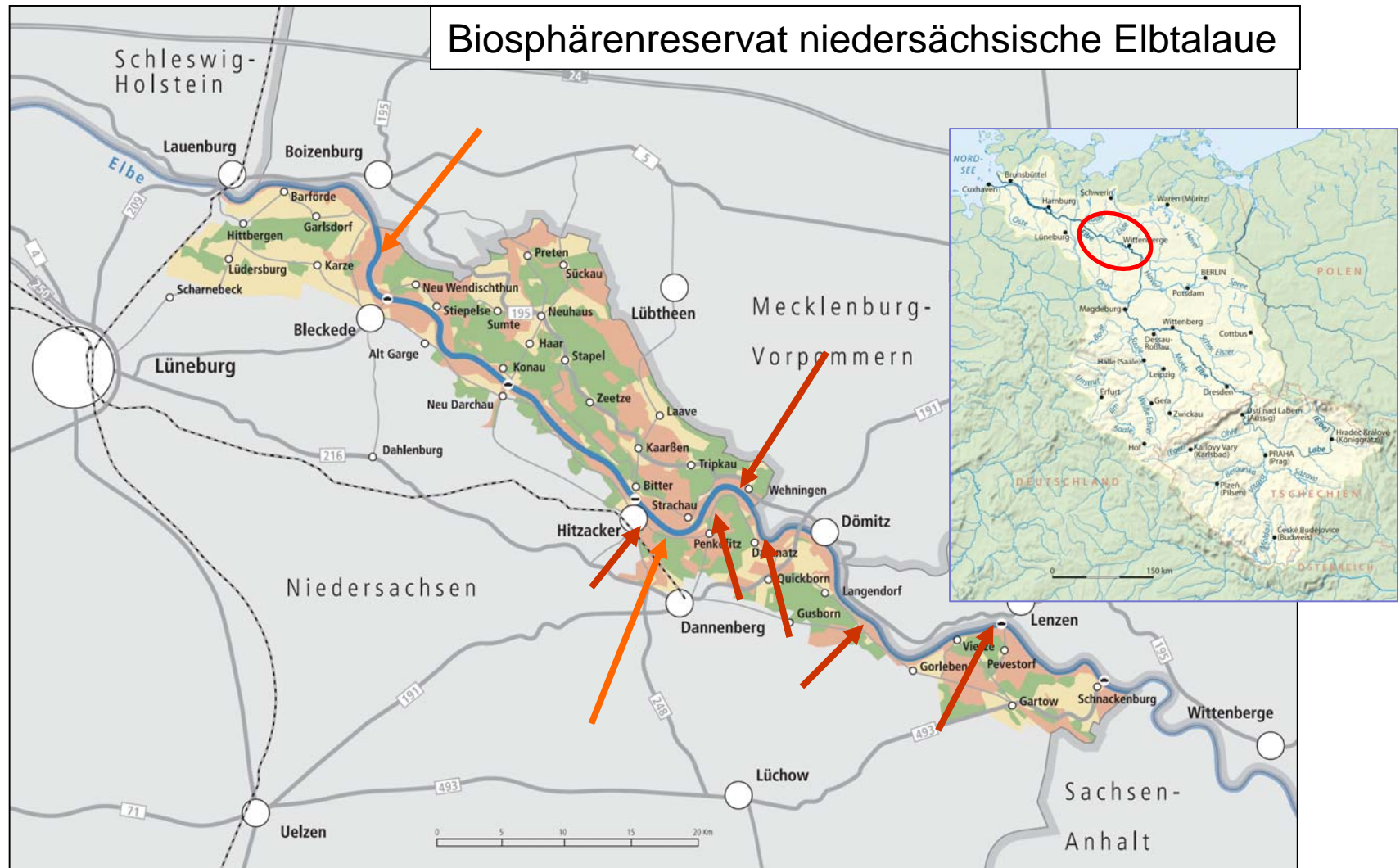
- a) Metallmuster können helfen, Dioxin-Hot Spots zu identifizieren
- b) Junge Böden sind im Oberboden geringer belastet
- c) Bei unterbrochener/behinderter Sedimentation können Metallkonzentrationen als Tracer dienen





# Untersuchungsraum, Pb/Zn-Tracer

....nutzbar für Oberböden?



Untersuchung der Dioxin- und Schwermetallgehalte sowie Pb/Zn-Verhältnisse;  
n=22, 5x Mahnkenwerder, 5x Penkefitz und 12x Elbevorland



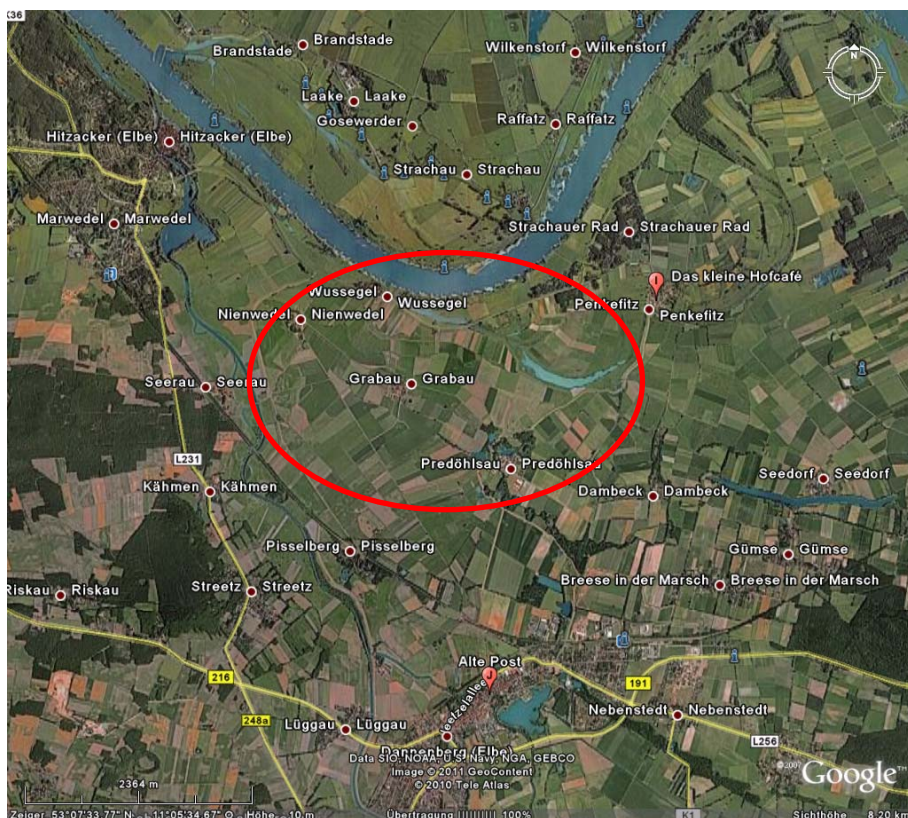
# Untersuchungsgebiete.....

**Polder**..... seit 36 bzw. 29 Jahren vor Hochwasser und Sedimenteintrag geschützt!

Metallgehalte als Indikatoren in ausgedeichten Gebieten???

**Penkefitz**....letzte Abdeichung: 1975

**Mahnkenwerder**....1972/77, 1982/83







## Mischproben

- **0-10 cm Tiefe bei Grünland**  
**Qualitätsprüfung**

-10 Einstiche auf 100 m<sup>2</sup>

-Angepasst an die morphologische  
Exposition:

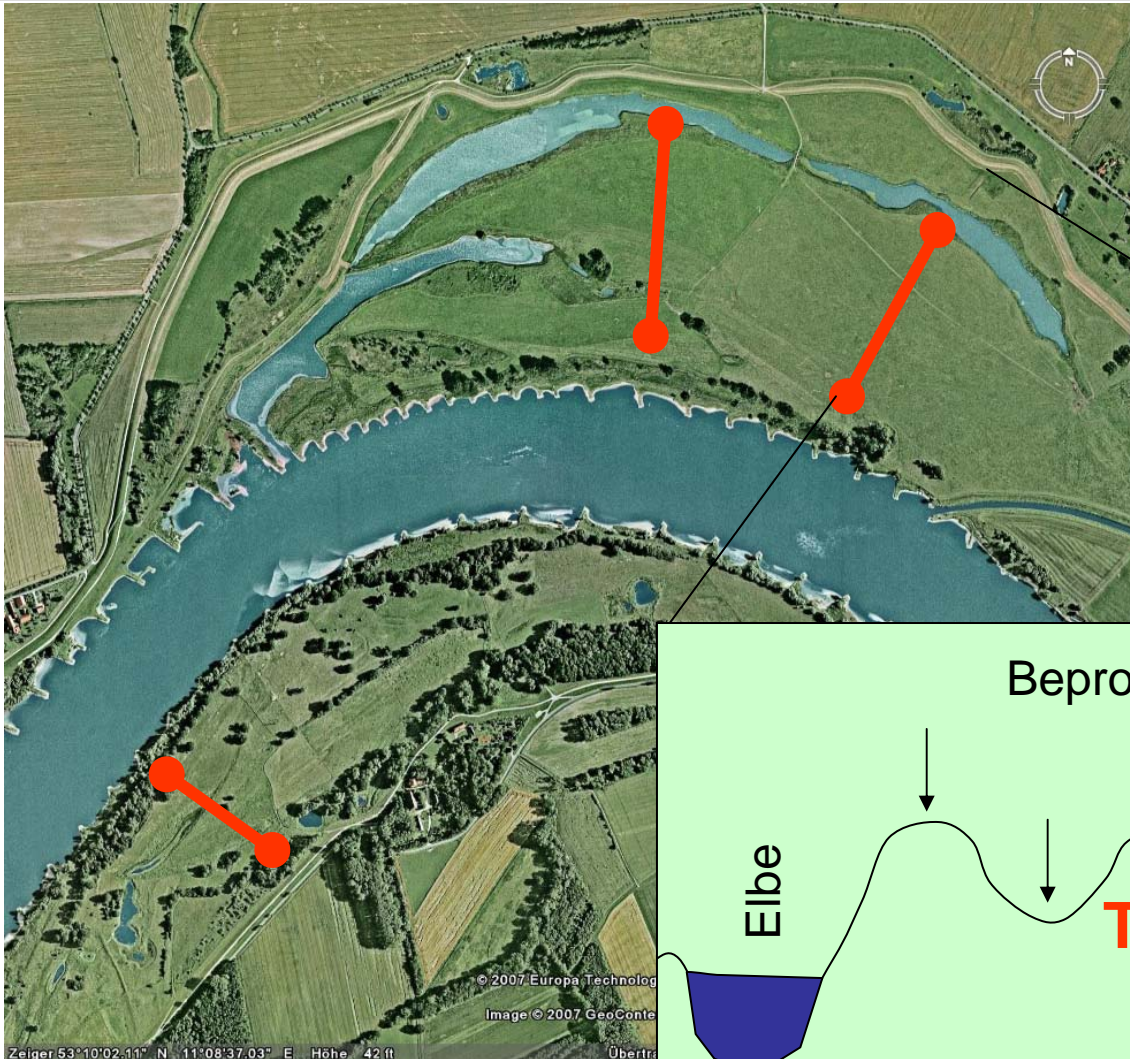
Plateau: 10 x 10 m

Flutrinne: 10 x 10 m – 5 x 20 m

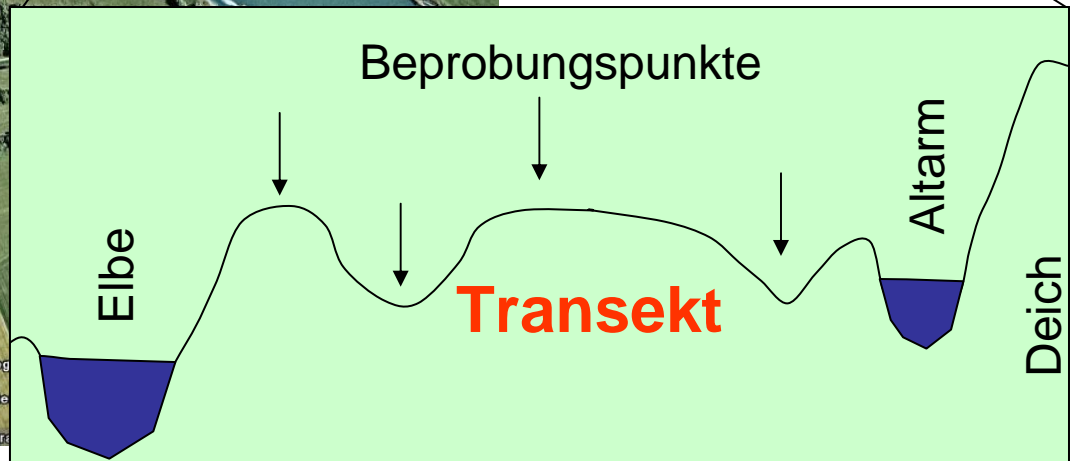




# Beprobungsstrategie für Böden...



....zur systematischen  
Erfassung der  
Oberbodenbelastung

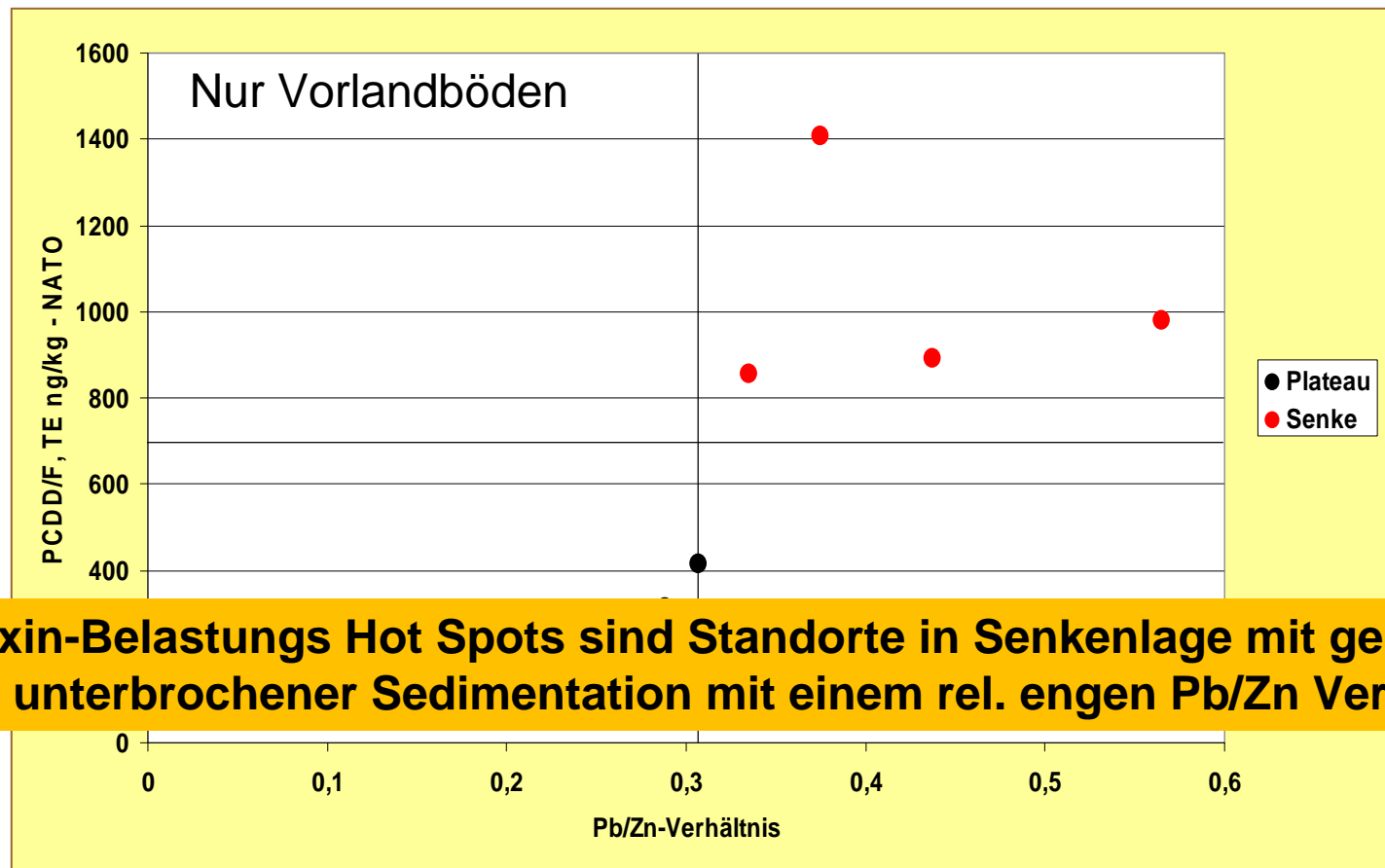


**Probenanzahl 24**

# Pb/Zn-Verhältnis....

als Indikator für Dioxine in Elbauen-Vorlandböden???

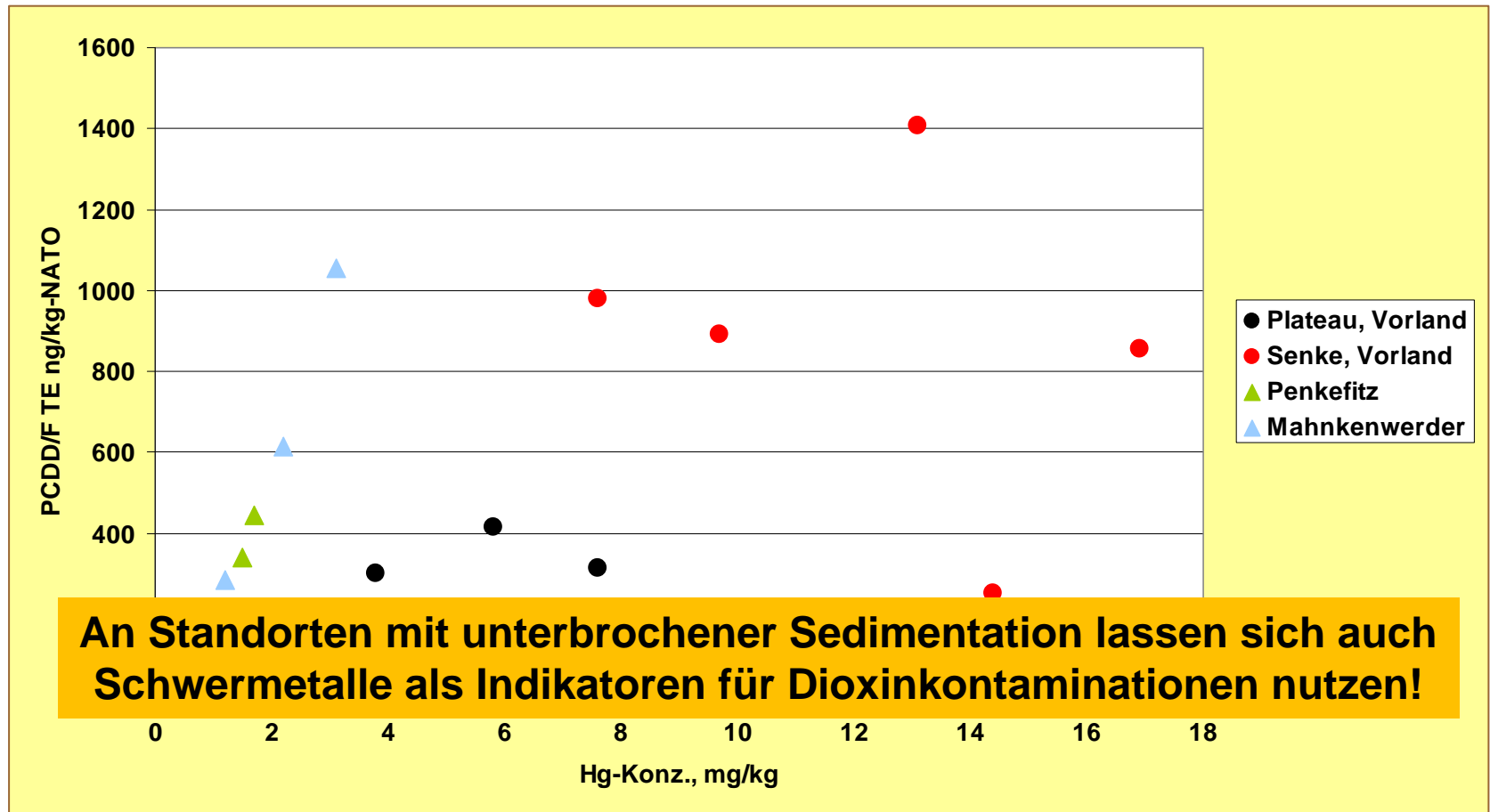
>> Im Elbevorland von Wulfsahl, Jasebeck, Wehningen, Grippel, Pevestorf



# Metallgehalte....

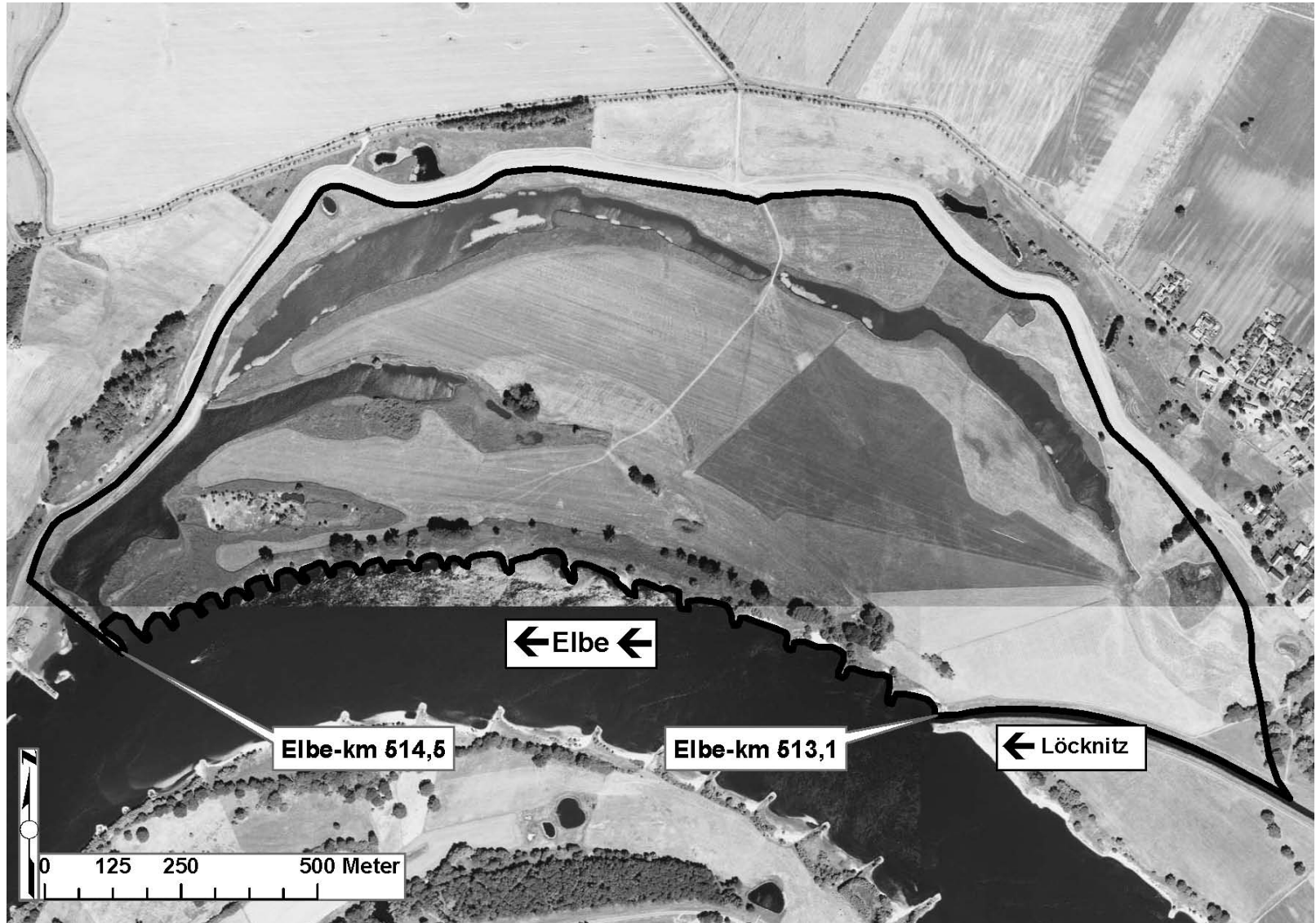
.....als Indikatoren für Dioxine in ausgedeichten Gebieten???

>> Mahnkenwerder, Penkefitz und Elbevorland im Vergleich



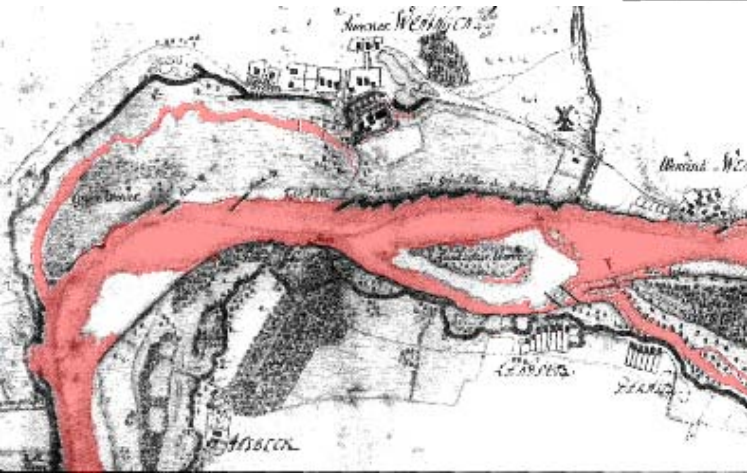
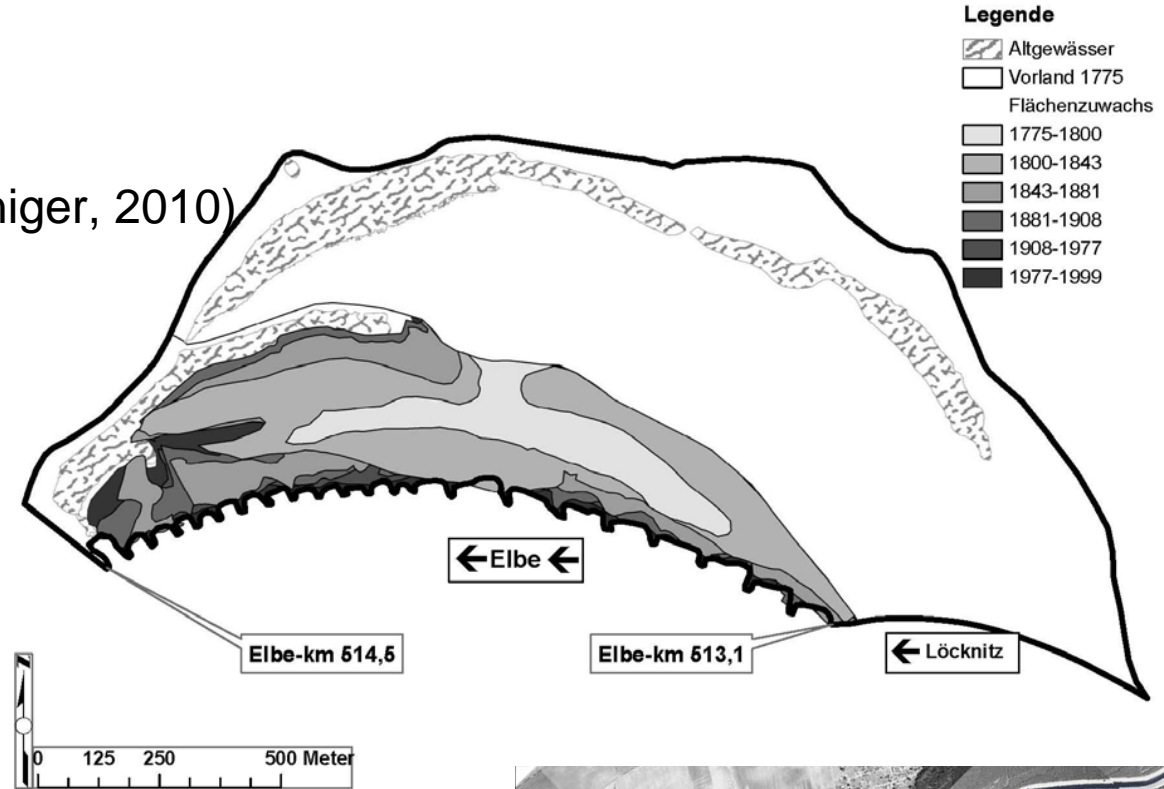


# Untersuchungsgebiet Wehninger Werder



# Bodenentwicklung....

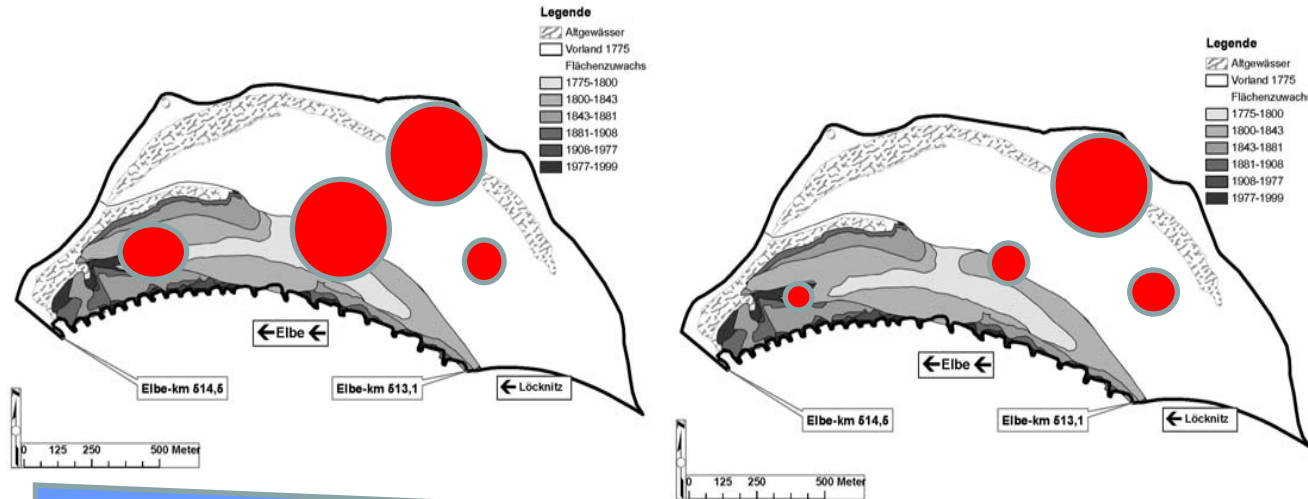
....durch Sedimentation  
auf dem  
Wehninger Werder, (Weniger, 2010)



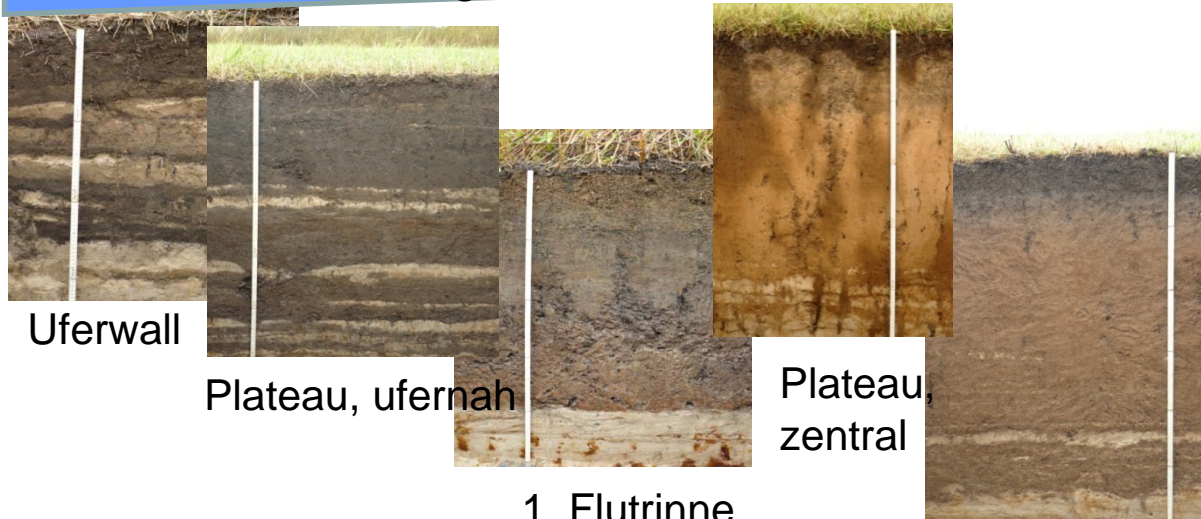


## Hg, PCDD/F auf dem Wehninger Werder

Bodenentwicklung  
und **Quecksilber**kontamination  
des Wehninger Werders



### Sedimenteintrag



Abflusslose Senke, uferfern

Weniger, Krüger, 2009/2010

Bodenentwicklung  
und **Dioxin**kontamination  
des Wehninger Werders

# Zusammenfassung und Schlussfolgerung

- Aktuelle Sedimenteinträge sind in Ufernähe am stärksten
- **Aktuelle Sedimenteinträge können die Vegetation beeinträchtigen**
- Aktuelle Sedimenteinträge haben eine rel. geringe Bedeutung für die Bodenbelastung
- **Aktuelle Sedimenteinträge sind kleiner als historische**
- Böden sind hochgradig belastet
- **Senkenstandorte sind nicht bzgl. jeden Schadstoffs Hot Spots**
- Dioxin-Hot Spots sind Standorte in Senkenlage mit geringem und/oder unterbrochenem Sedimenteintrag (meist flussfern)
- **Metallmuster (ggf. auch andere Parameter, wie pH, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) können helfen, PCDD/F Hot Spots zu identifizieren**
- Identifizierte Hot Spots sollten bevorzugte Räume für Landnutzungsänderungen darstellen
- **Die Förderung von Sedimentation in Auen könnte helfen, weitere Hot Spots zu mindern**



# Auenmanagement ist notwendig!

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

