

Abb. E.1.: Klassifikationsergebnis: Bodentypen (Stufe 3)

Bearbeitung: M. Möller, M. Kastler, R. Jahn
 Bearbeitungsstand: 12/2009

Bodenprognosekarte und Prognosekarte der SM-Belastung der Überschwemmungsgebiete der Elbe

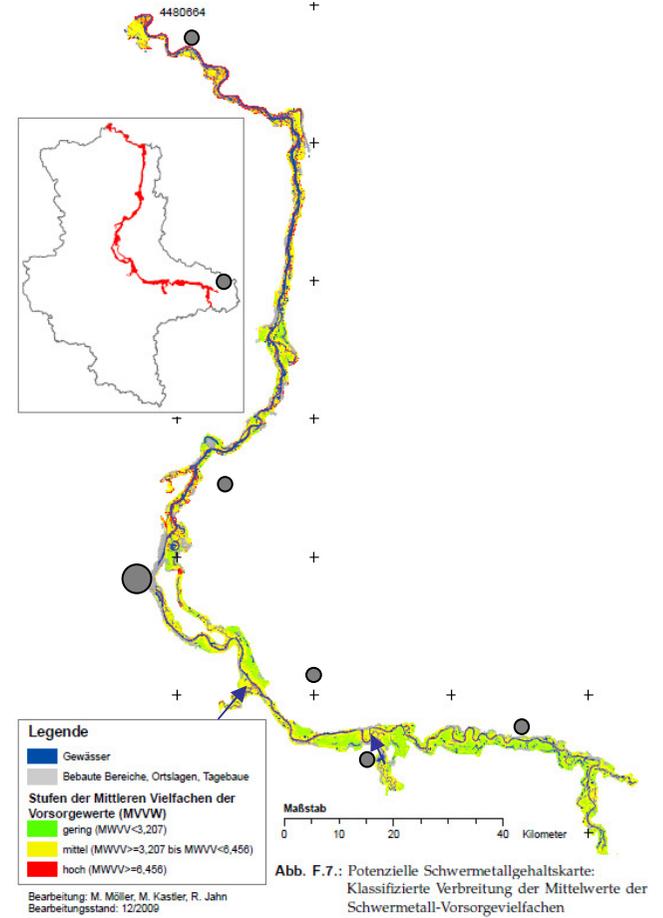
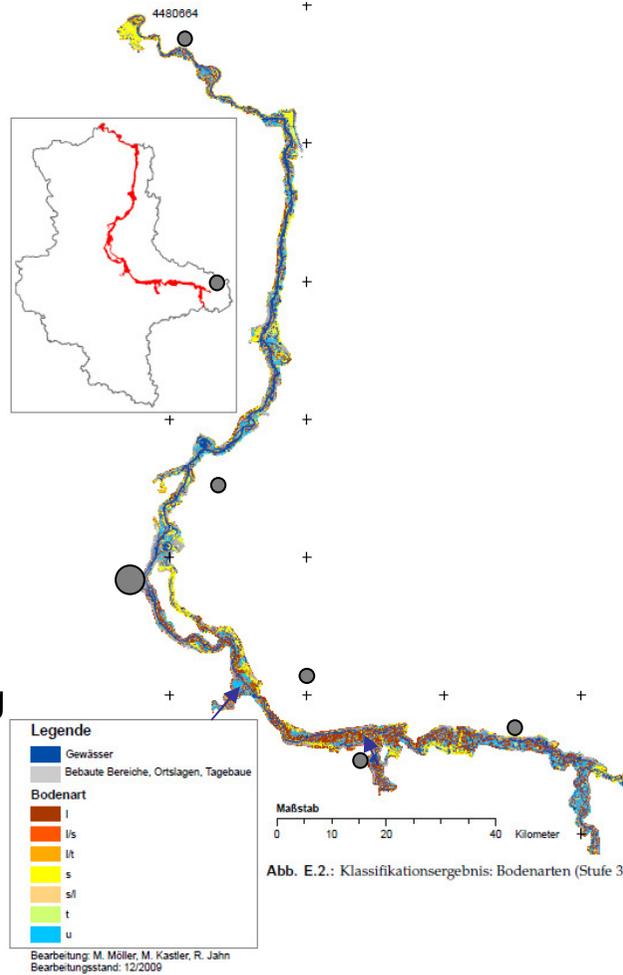
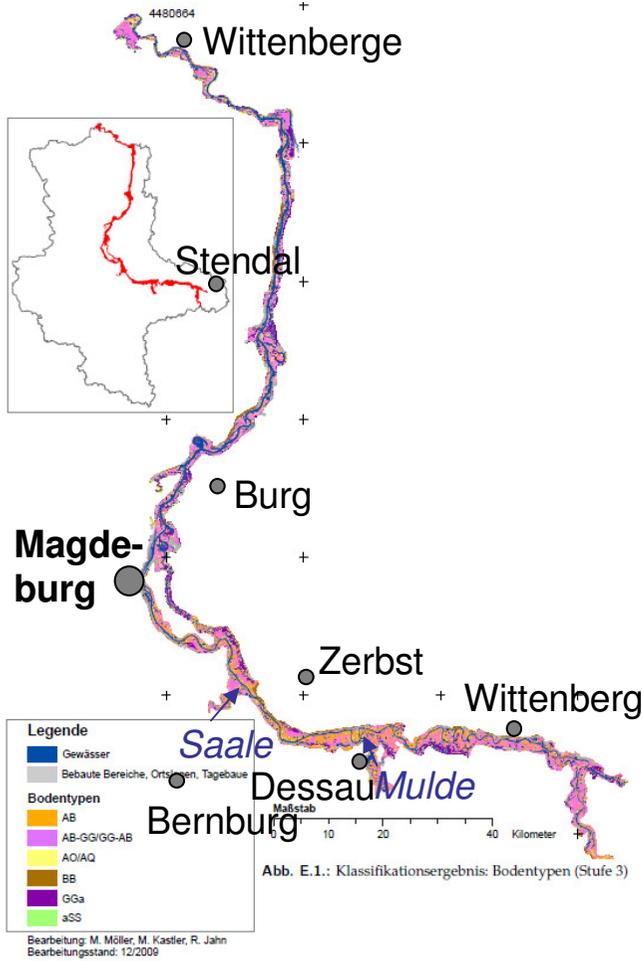
R. Jahn MLU Halle
 M. Möller TerraSys
 M. Kastler Ing.büro boden | umwelt

K.-J. Hartmann LAGB Halle

U. Anacker LAU Halle

Finanzierung LAU Halle (2008/2009)

Ergebnis



Prognosekarte Bodentypen Prognosekarte Substrate

6 Legendeneinheiten

7 Legendeneinheiten

Prognosekarte Mittleres Vielfaches der SM-Vorsorgewerte

3 Legendeneinheiten

Vorgehensweise

Prognosekarte
Bodentypen und Substrate

Prognosekarte
mittleres Vielfaches der
SM-Vorsorgewerte

Erstellung DGM
Ableitung von Reliefparametern

Konsolidierung Datensätze
aus der Bodenschätzung des LAGB

Auswertung SM-Daten des LAU

Korrelation mit Reliefparametern (DGM)

Klassifizierung,
Bildung von Legendeneinheiten

Validierung mit SABO_P-Datensätzen

Validierung mit Stichprobe

Erstellung Karten

Erstellung Karte

Vorarbeiten *Trainingsgebiet Schwarze Elster 2003 (Finanzierung LAGB)*

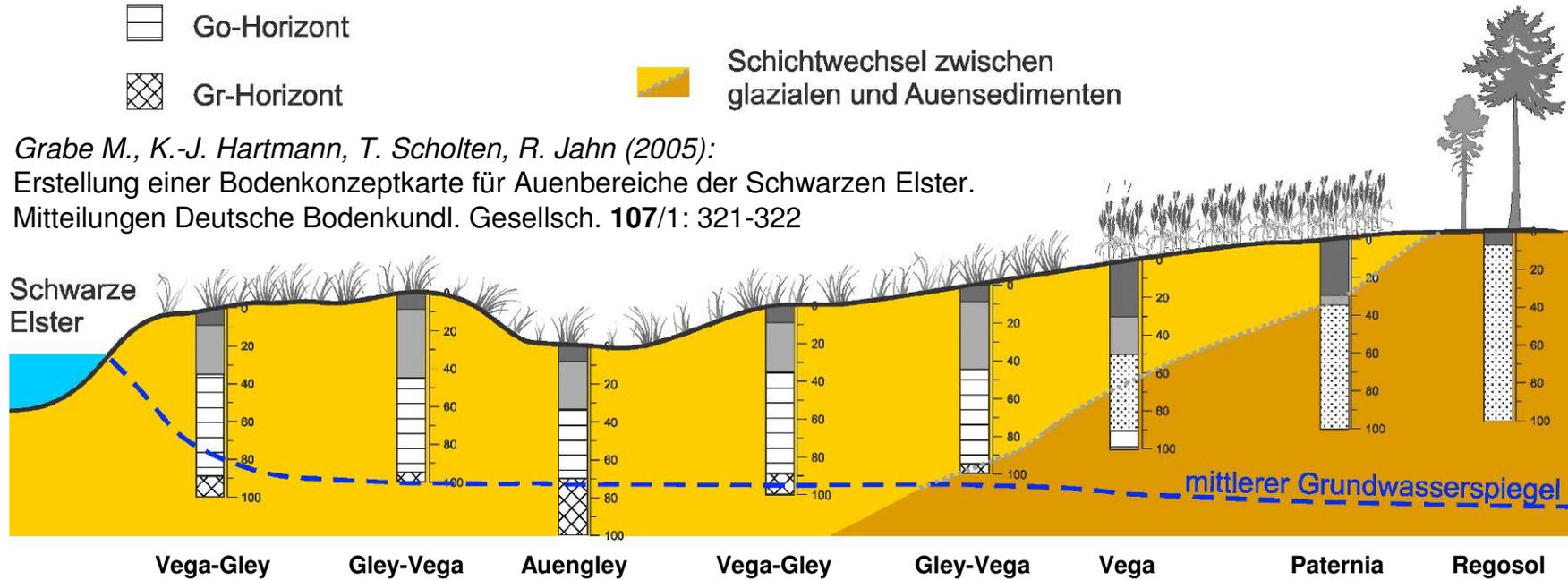
Bodenhorizonte

-  Ah/Ap-Horizont
-  M-Horizont
-  C-Horizont
-  Go-Horizont
-  Gr-Horizont

Landnutzung

-  Wald
-  Grünland
-  Ackerland
-  Schichtwechsel zwischen glazialen und Auensedimenten

Grabe M., K.-J. Hartmann, T. Scholten, R. Jahn (2005):
Erstellung einer Bodenkonzeptkarte für Auenbereiche der Schwarzen Elster.
Mitteilungen Deutsche Bodenkundl. Gesellsch. **107/1**: 321-322



Schematischer Schnitt von der Niederterrasse zum Auenbereich mit Abfolge der Bodentypen in Abhängigkeit von der Höhe über Tiefenlinie.

(Geländeoberfläche, Grundwasserspiegel und Sedimentwechsel stark überhöht)

Gedanklicher Ansatz:

Verbreitung von Auenböden ist abhängig vom Relief und Tiefe des Grundwasserspiegels

Bodendefinitionen

Rambla, Paternia, Kalkpaternia, Tschernitza, Vega
aG-Horizont ≥ 8 dm beginnend

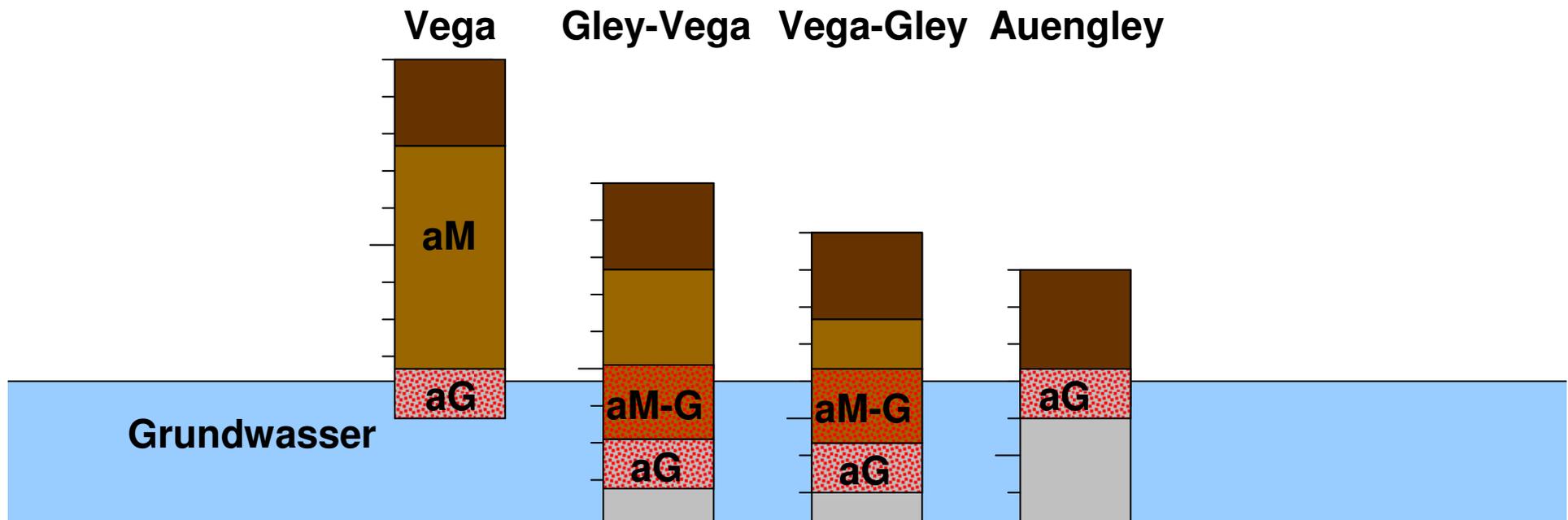
Gley-Vega
aM-Go-Horizont >4 dm beginnend

Auenböden

Vega-Gley
aM-Go-Horizont innerhalb <4 dm beginnend

Gleye

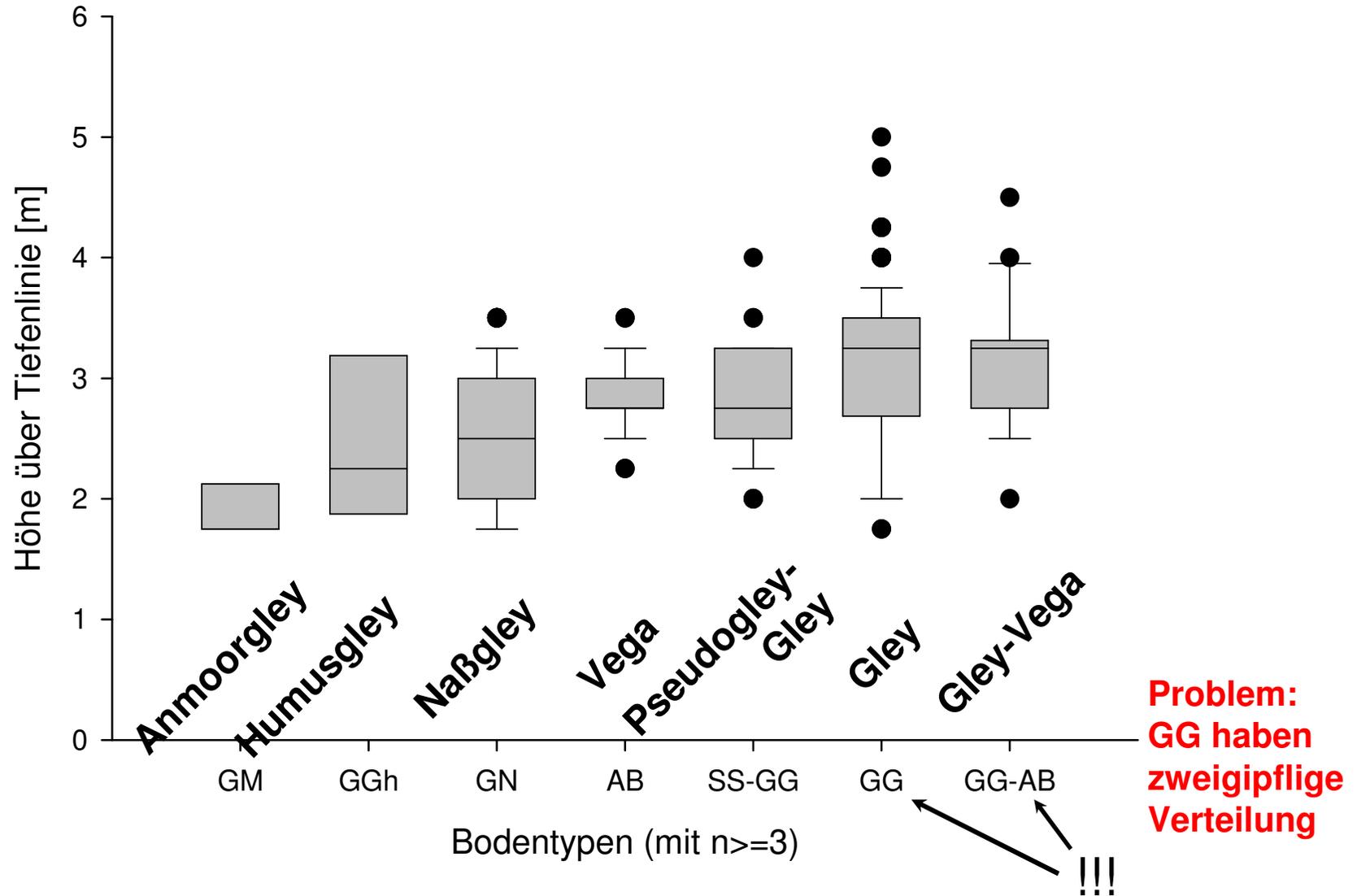
Auengley
aG-Horizont <4 dm beginnend



Vorarbeiten

Auswertung Burg 2004 (Finanzierung LAGB)

(Kastler, Hartmann, Jahn 2005. Analyse des Auftretens bodensystematischer Einheiten in der Elbaue auf der Grundlage rasterorientierter Eingangsdaten. *Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.* **107/1**: 353-354)



Schwermetallverteilung in der Elbaue

Die Zusammenhänge zwischen Böden (-formen) und SM-Gehalten sind jedoch nicht trivial

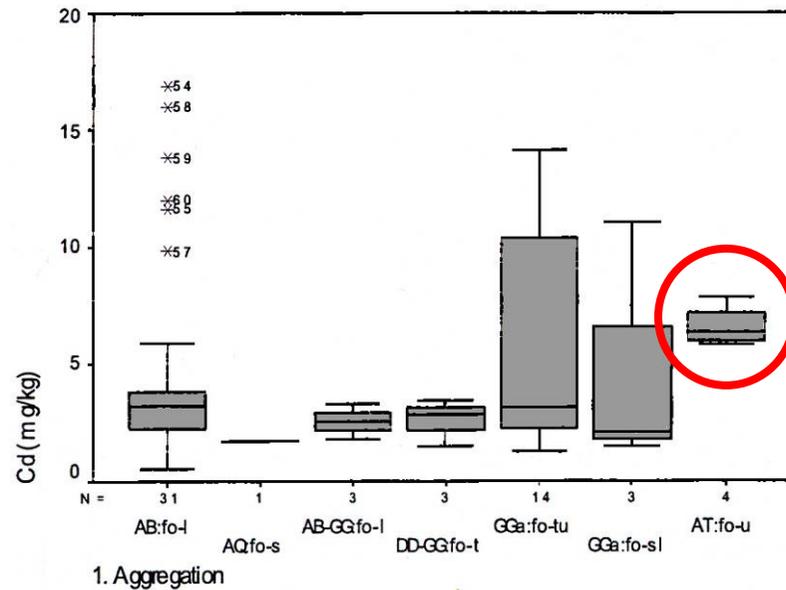
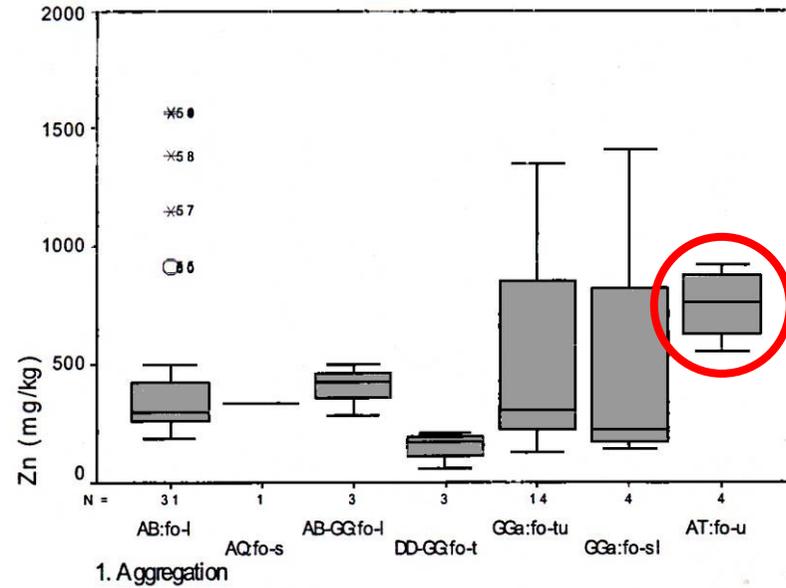
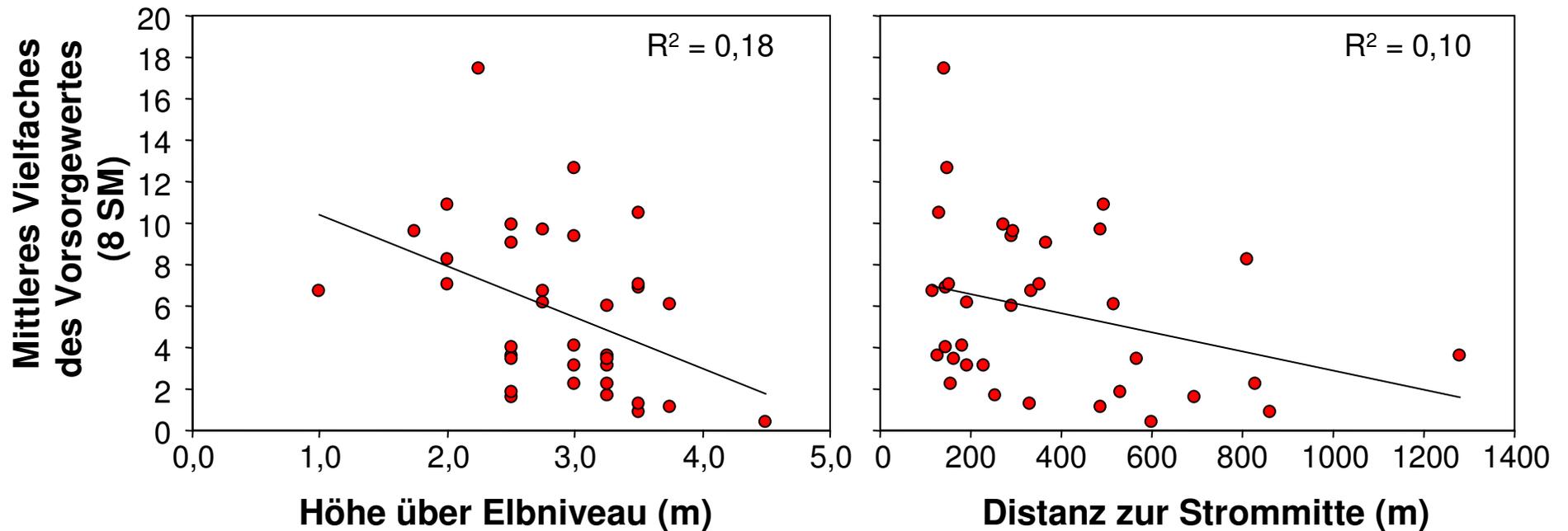


Abb.16: Variabilität der Zink- und Cadmium-Konzentrationen differenziert nach den im ersten Schritt aggregierten Bodenformen der drei Gebie

Kein einfacher Zusammenhang zwischen Schwermetallkonzentration und „Höhe über Elbniveau“ bzw. „Distanz zur Strommitte“



Verfügbare Daten

Prognosekarte Bodentypen und Substrate

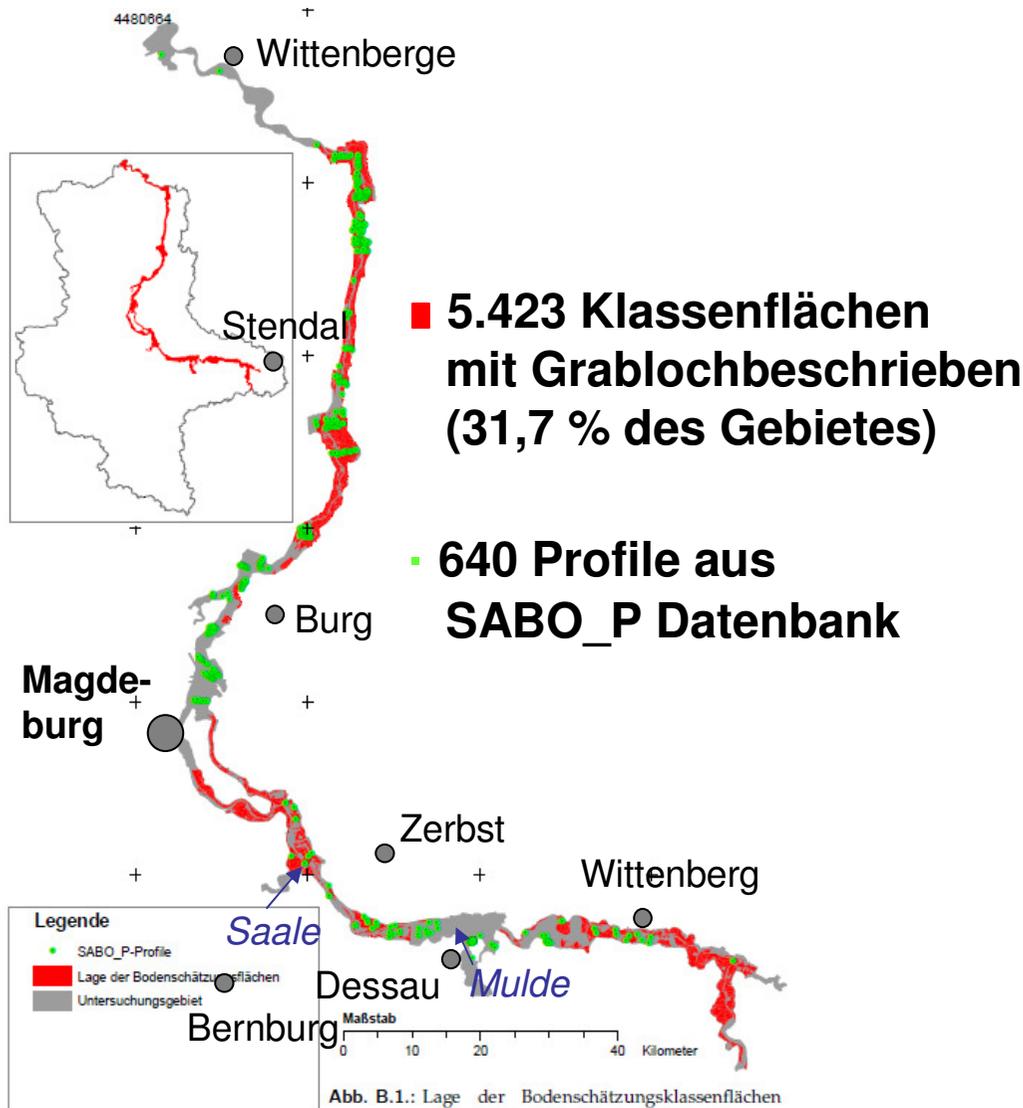


Abb. B.1.: Lage der Bodenschätzungsklassenflächen und SABO_P-Profilen innerhalb des Untersuchungsgebietes

Bearbeitung: M. Möller, M. Kastler, R. Jahn
 Bearbeitungsstand: 12/2009

Prognosekarte Mittleres Vielfaches der SM-Vorsorgewerte

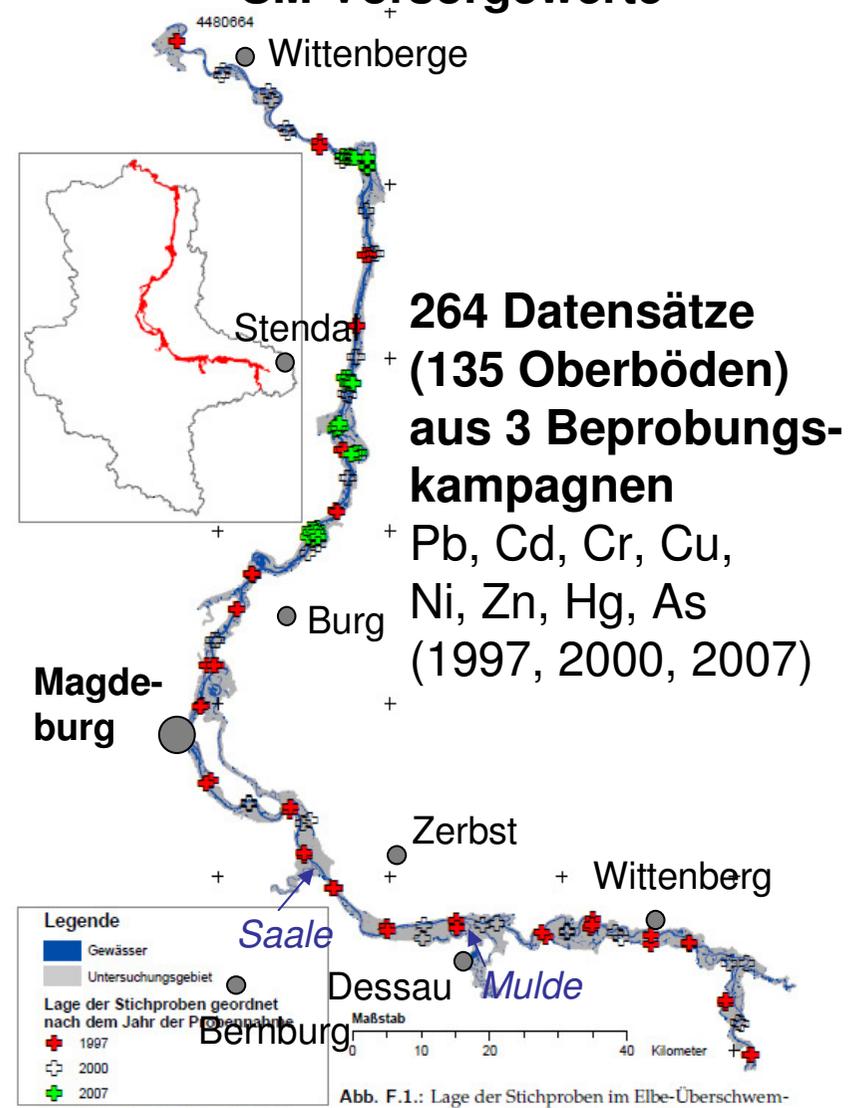


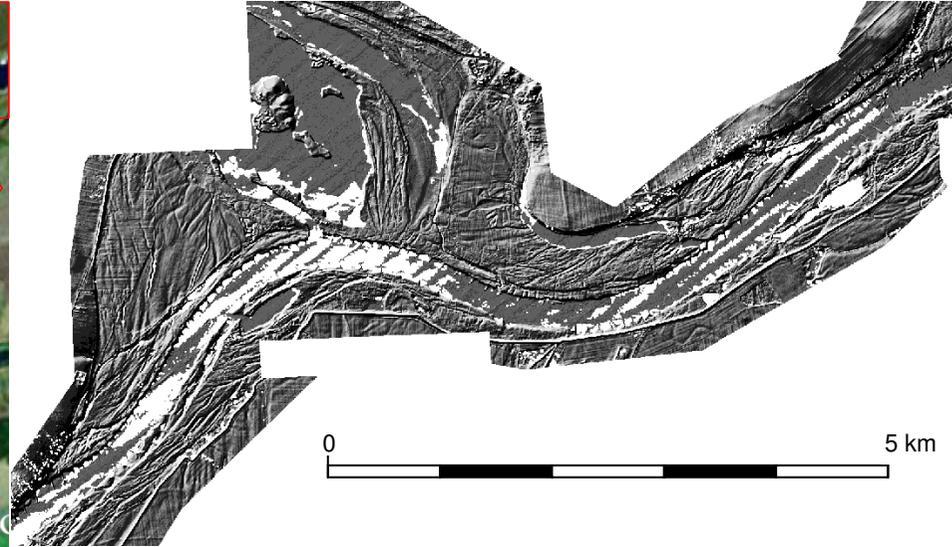
Abb. F.1.: Lage der Stichproben im Elbe-Überschwemmungsgebiet in Sachsen-Anhalt

Bearbeitung: M. Möller, M. Kastler, R. Jahn
 Bearbeitungsstand: 12/2009



**Satellitenaufnahme (Google Earth)
des Elbabschnittes bei Angern/Rogätz**

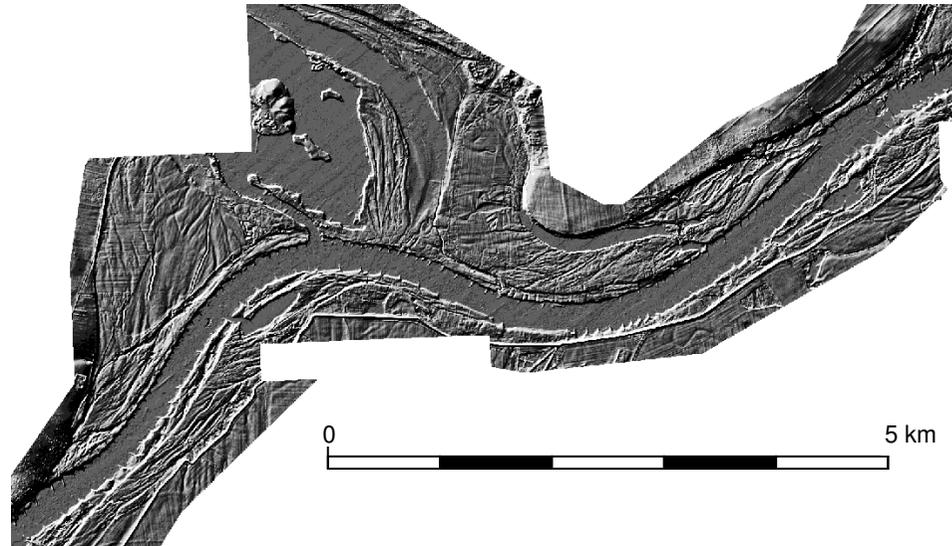
Datengrundlagen - DGM



**Originales DGM auf Basis der Scannerdaten
aus Laserscannerbefliegung**

**Grundlage der Karte ist ein
digitales Geländemodell aus der
Laserscannerbefliegung.**

**Die Scannerdaten weisen verschiedene
Fehler auf, welche korrigiert werden
müssen.**



Korrigiertes DGM mit gefüllten Lücken (interpol.)

Datengrundlagen - DGM

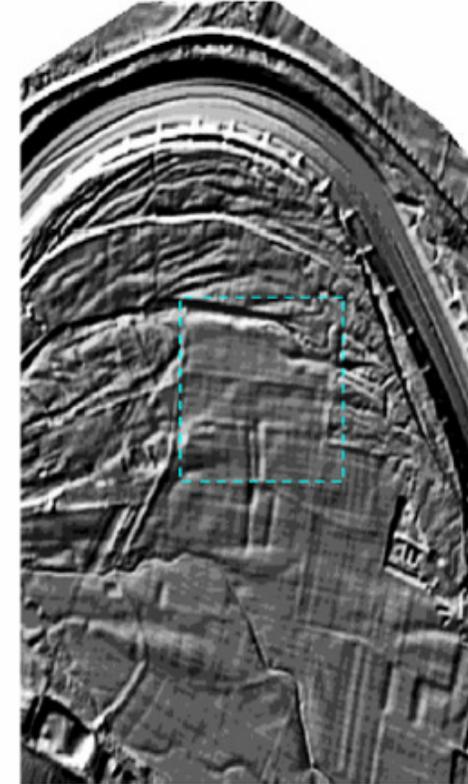
1. Erstellung eines hydrologisch korrekten DGM (Beispiel bei Schönebeck)



(g) Google-Earth Ausschnitt
Beispielgebiet



(h) DGM-Schummerung
ohne Glättung



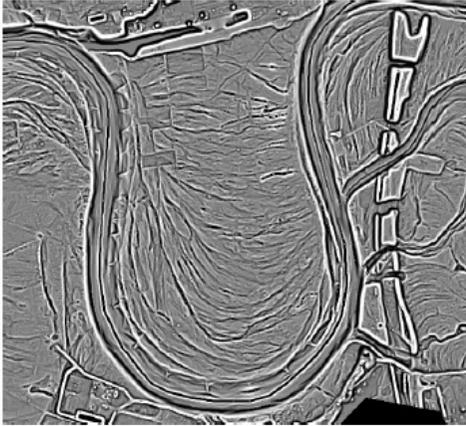
(i) DGM-Schummerung mit
Glättung

- **Reliefschummerung zur Erkennung relativer Höhenunterschiede**
- **Glättung mit Tiefpassfilter zur Beseitigung von Artefakten (z.B. Ackerfurchen)**
- **Reduktion auf ein 5x5 m Raster (Zielmaßstab 1:10.000)**

2. Ableitung von Reliefattributen (Beispiel bei Dessau)



Satelliten-Bild (Quelle: Google Earth)



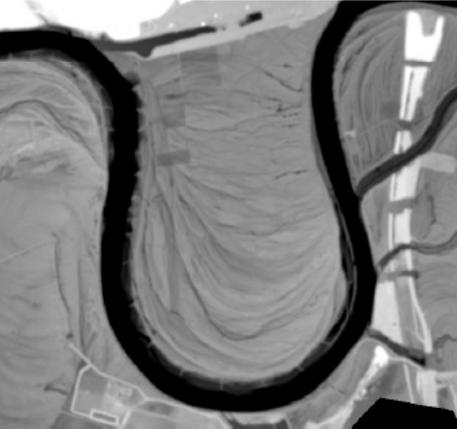
Vertikalkrümmung (VK)



Neigung (N)



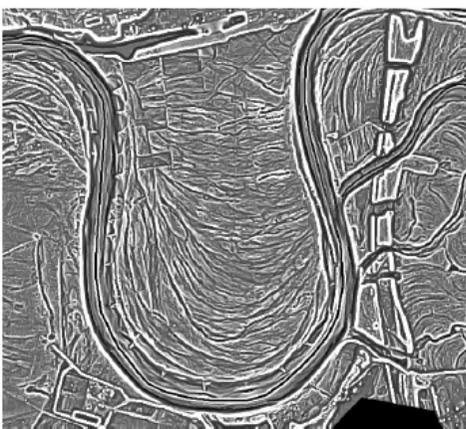
Höhe üb. Tiefenlinie (HUT)



Höhe üb. Elbe (HUE)



Bodenfeuchteindex (BFI)



Massenbilanzindex (MBI)



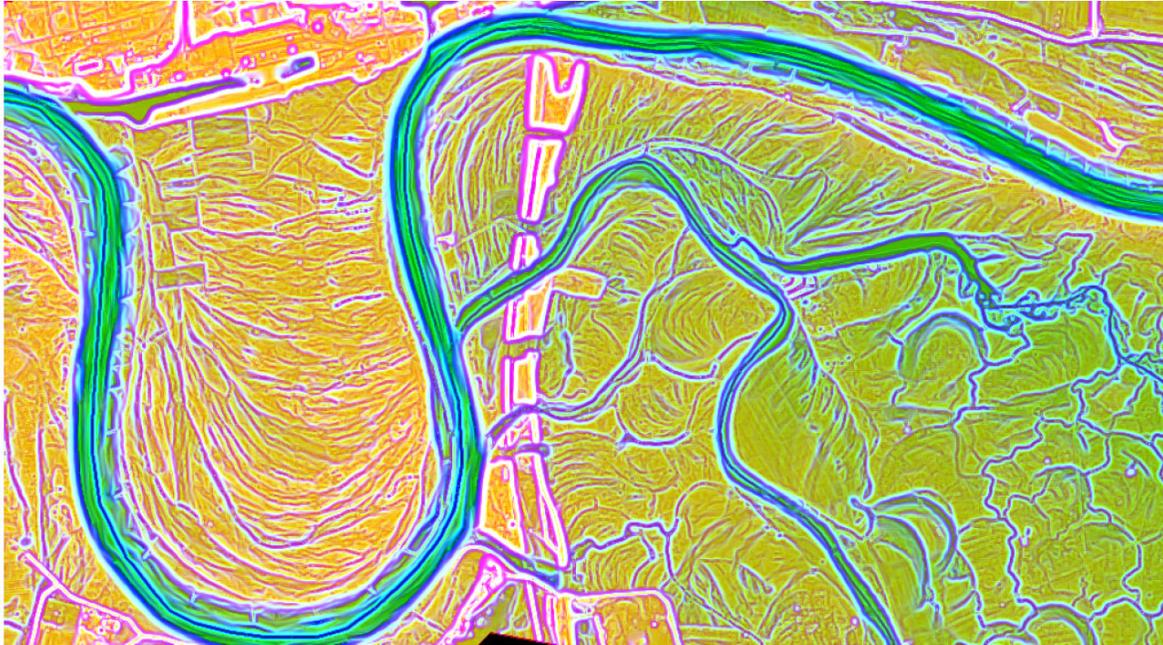
Auenindex (FPI)

hoch

gering

Abb. 3.1.: Reliefattribute für die Bodenprognose des Elbe-Überschwemmungsgebietes

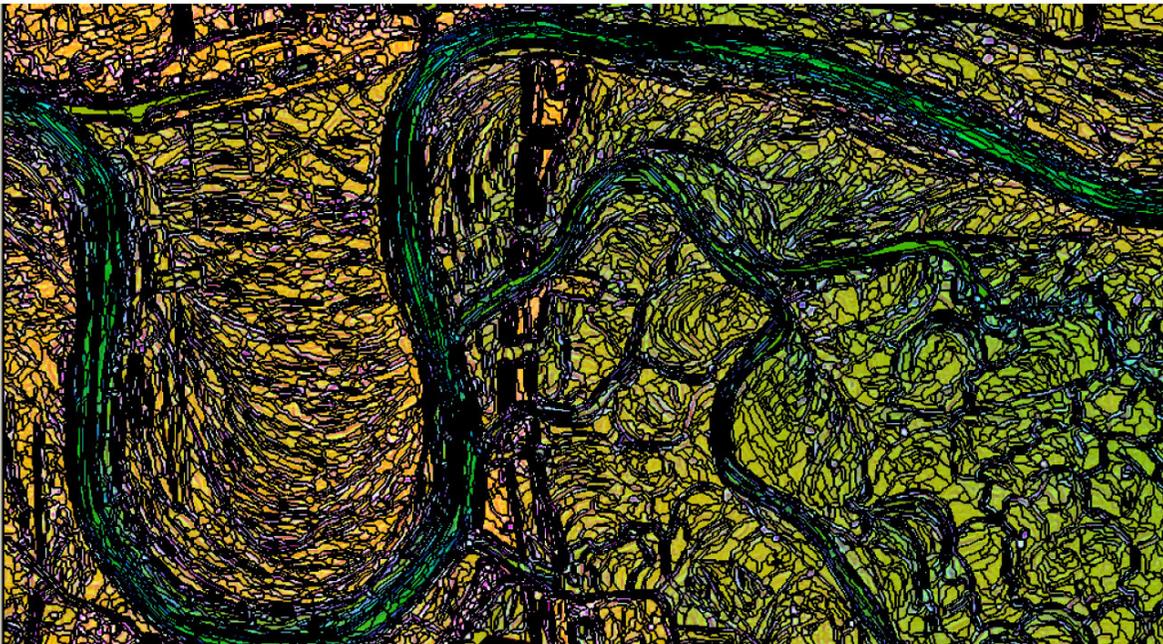
Datenaufbereitung



(a) Kombination der Reliefattribute *HUK*, *HUT*, *N* und *VK* (vgl. Kap. 3.1)

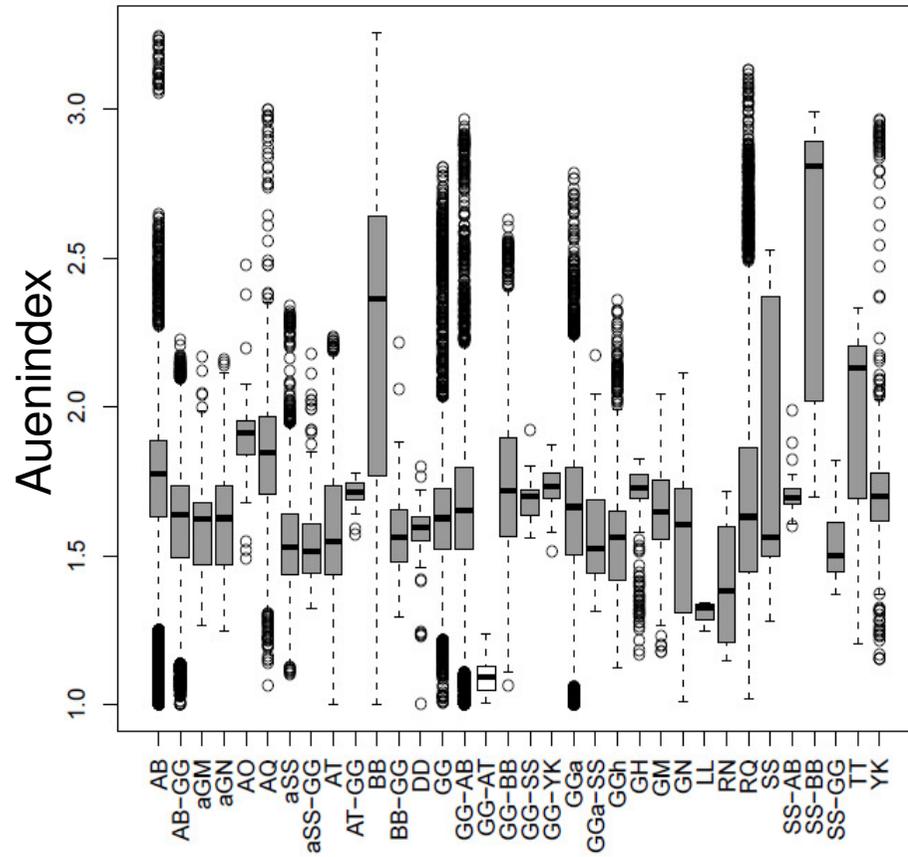
**Kombination der
Reliefattribute**

und

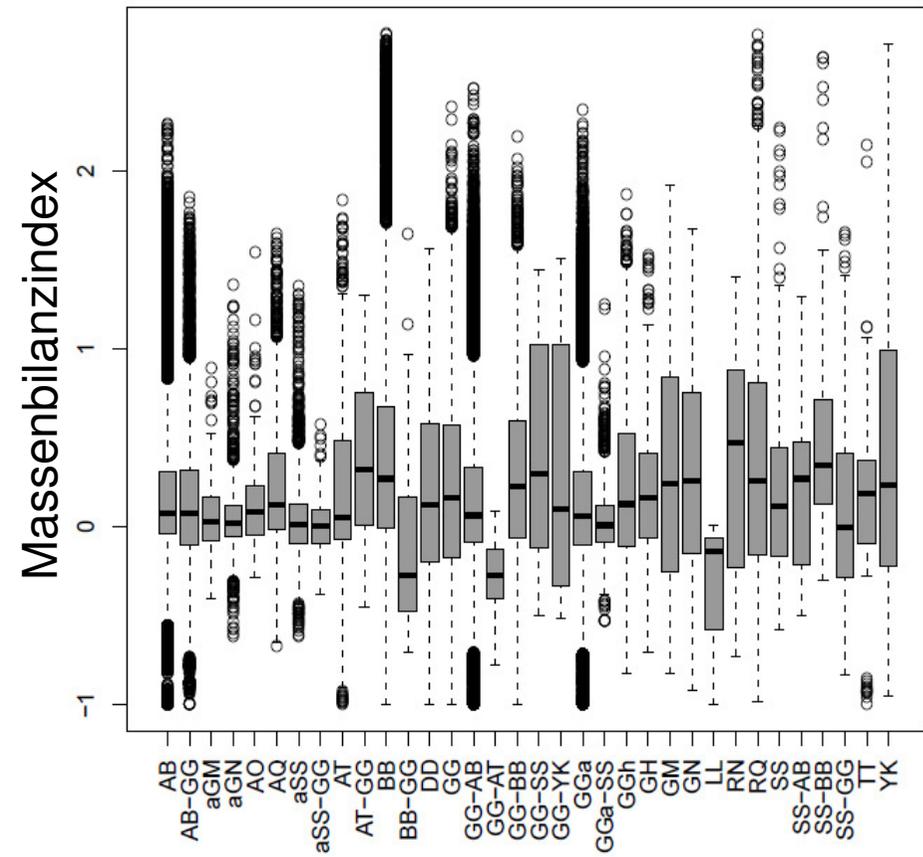


Segmentierung

Korrelation mit Reliefparametern, Klassifizierung



(a)



(b)

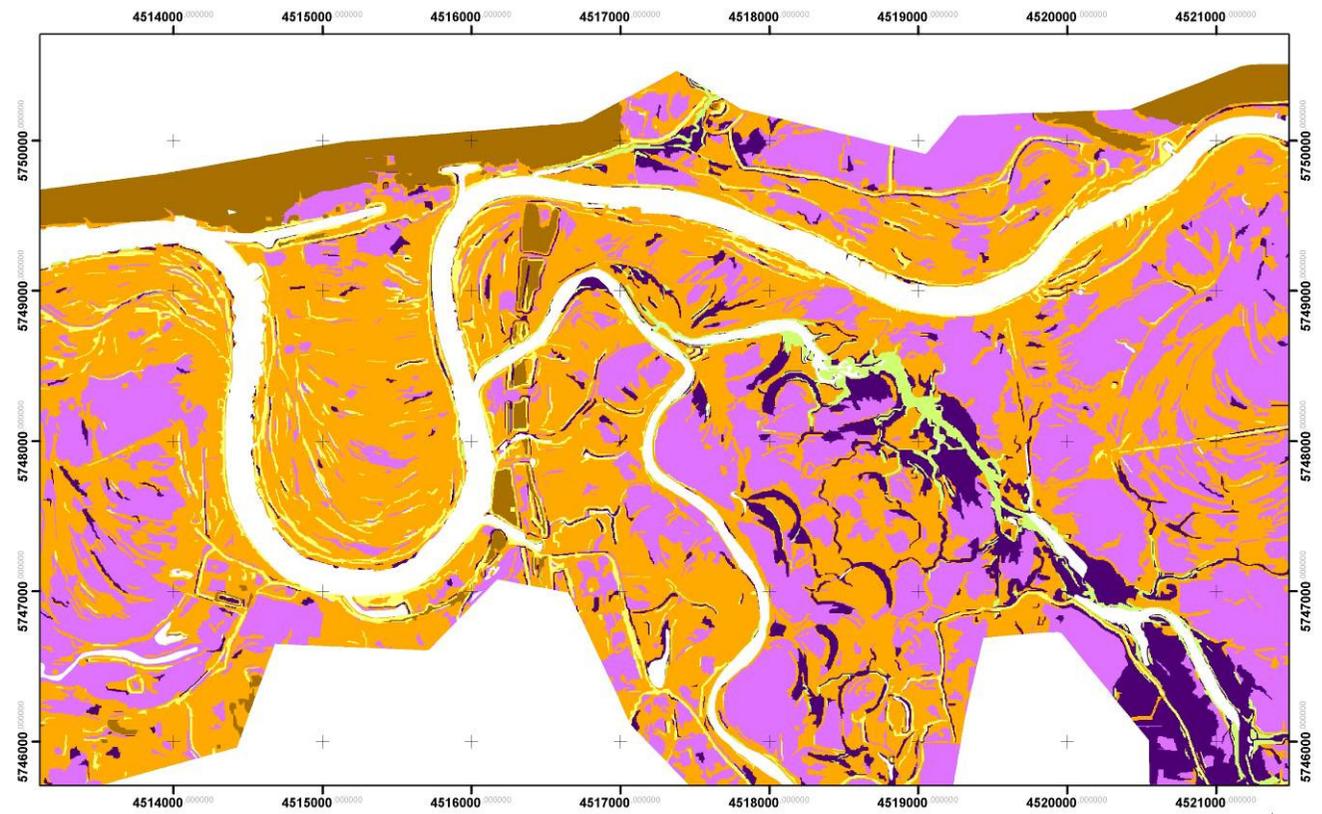
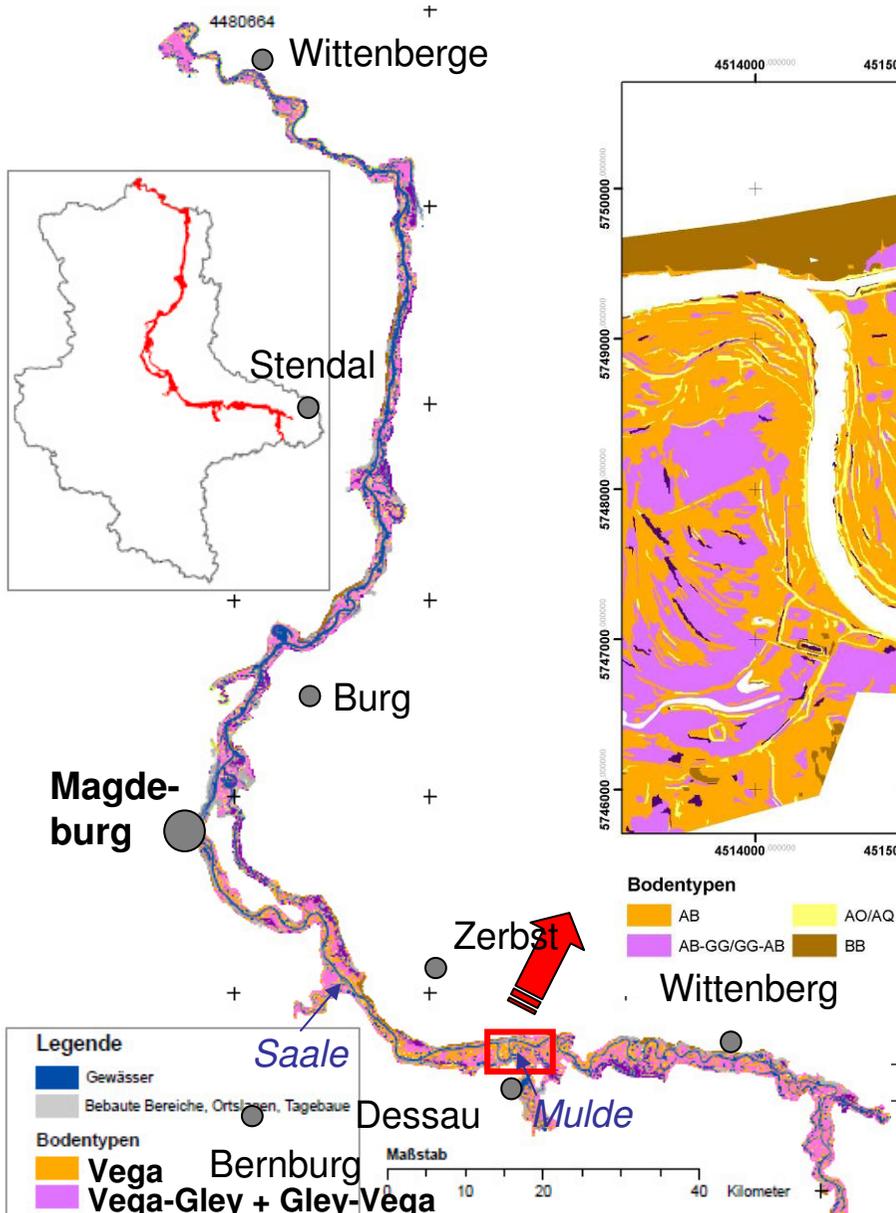
Abb. C.1.: Beziehungen zwischen Bodentypen und den Reliefableitungen *FPI* (a) und *MBI* (b)

Problem:

Weitgehend unscharfe Beziehungen der Bodentypen zu Reliefattributen

→ Vernachlässigung nur wenig vorkommender Böden

→ Clusterung zu wenigen differenzierbaren Zielklassen (=Legendeneinheiten)



Bodentypen

| | | |
|-------------|-------|-----|
| AB | AO/AQ | GGa |
| AB-GG/GG-AB | BB | aSS |

Legende

| | |
|--|---|
| | Gewässer |
| | Bebaute Bereiche, Ortschaften, Tagebaue |
| | Vega |
| | Vega-Gley + Gley-Vega |
| | Rambla + Paternia |
| | Braunerde |
| | Auengley |
| | Pseudogley |

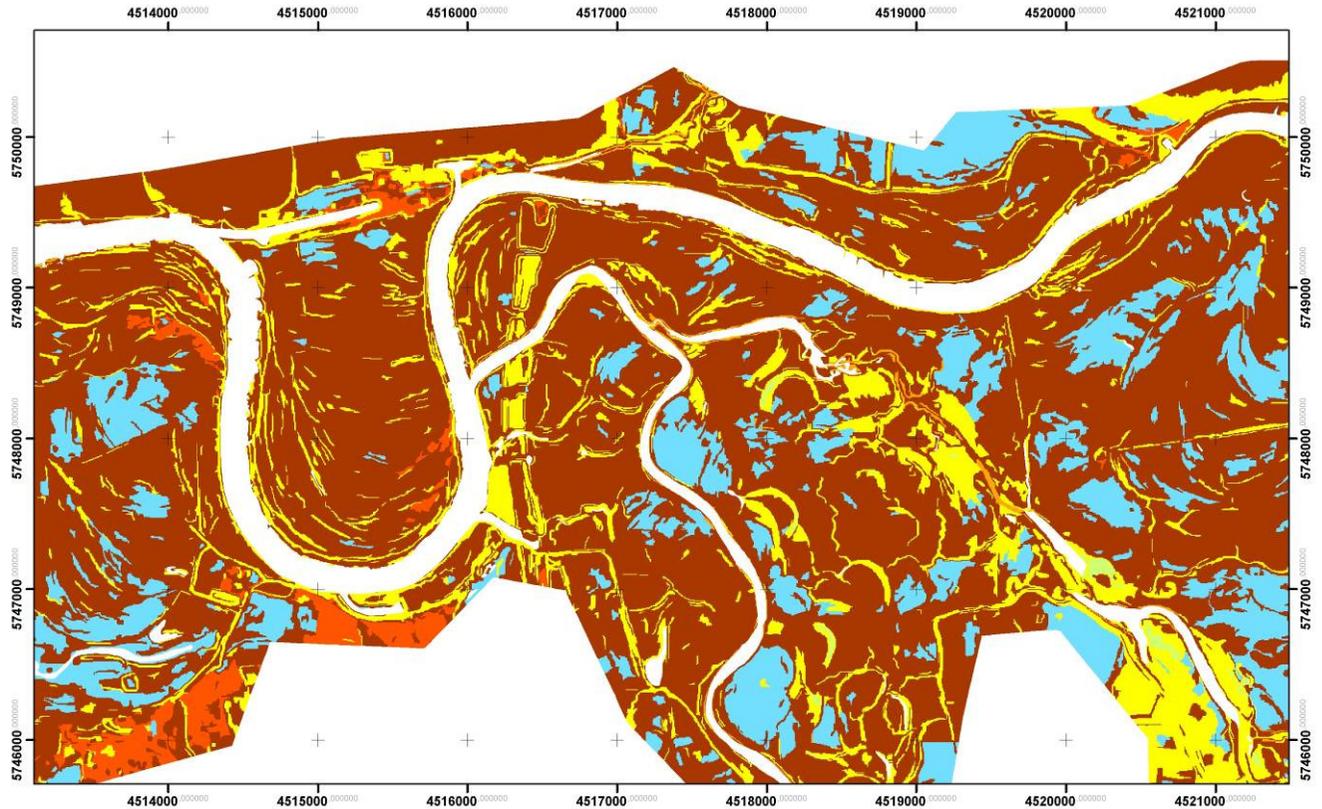
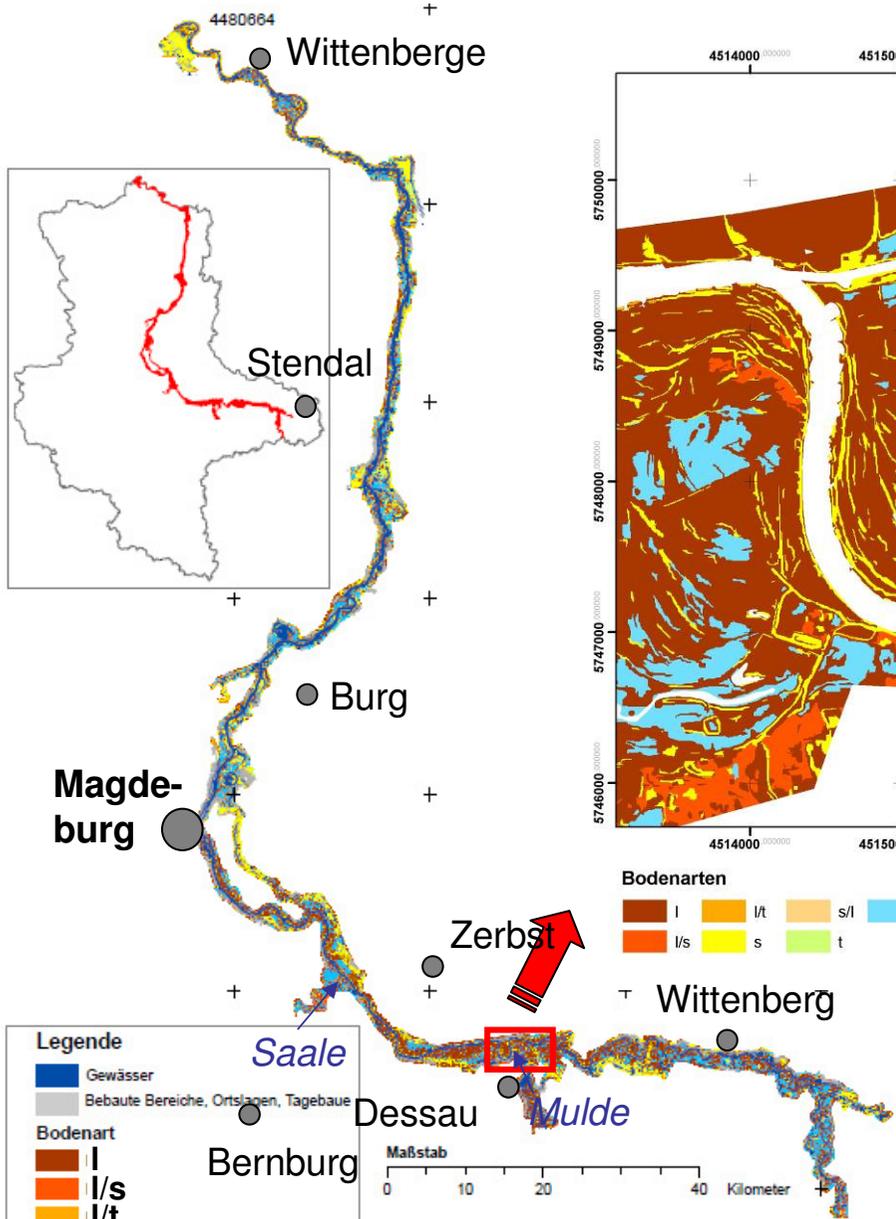
| Bodentyp | HG | NG |
|--------------------------|-------------|------|
| AB | 0,35 | 0,57 |
| AB-GG/GGa | 0,48 | 0,59 |
| BB | 0,25 | 0,25 |
| GG-AB | 0,41 | 0,20 |
| RQ | 0,00 | 0,00 |
| YK | 0,00 | 0,00 |
| Gesamtgenauigkeit | 0,44 | |
| Stichprobenanzahl | 321 | |

Abb. E.1.: Klassifikationsergebnis: Bodentypen (Stufe 3)

M 1:50.000

Bodenprognosekarte

Bearbeitung: M. Möller, M. Kastler, R. Jahn
 Bearbeitungsstand: 12/2009



Bodenarten

| | | | |
|-----|-----|-----|---|
| l | l/t | s/l | u |
| l/s | s | t | |

| Bodenart | HG | NG |
|--------------------------|-------------------|-------------------|
| l | 0,07 | 0,08 |
| l/s | 0,12 | 0,04 |
| l/t | 0,08 | 0,05 |
| l/u | 0,00 | 0,00 |
| s | 0,21 | 0,27 |
| s/l | 0,56 | 0,14 |
| s/t | 0,00 | 0,00 |
| s/u | 0,00 | 0,00 |
| t | 0,05 | 0,05 |
| t/l | 0,00 | 0,00 |
| t/s | 0,00 | NULL ¹ |
| t/u | NULL ² | 0,00 |
| u | 0,03 | 0,08 |
| u/l | 0,00 | 0,00 |
| u/s | 0,02 | 1,00 |
| u/t | 0,00 | 0,00 |
| Gesamtgenauigkeit | 0,08 | |
| Stichprobenzahl | 417 | |

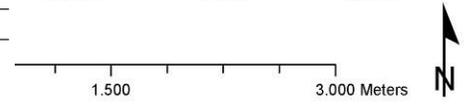
Legende

- Gewässer
- Bebaute Bereiche, Ortschaften, Tagebaue

Bodenart

- l
- l/s
- l/t
- s
- s/l
- t
- u

Abb. E.2.: Klassifikationsergebnis: Bodenarten (Stufe 3)



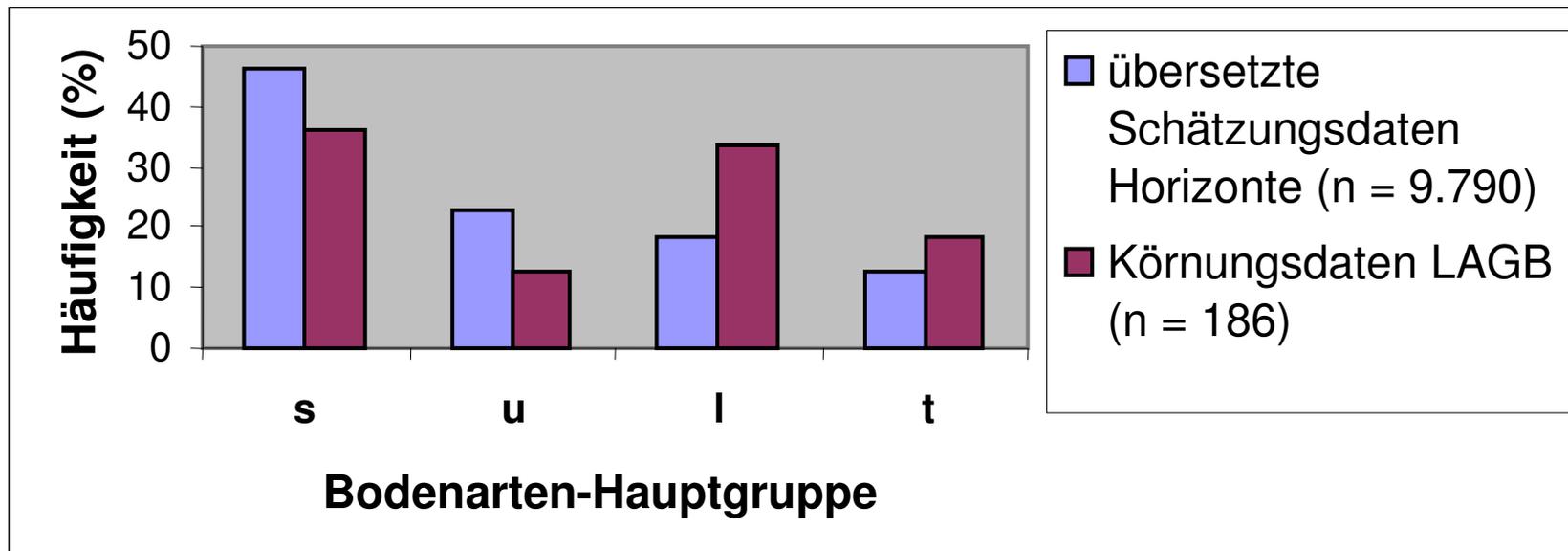
M 1:50.000

**Prognosekarte
der Substrate**

Bearbeitung: M. Möller, M. Kastler, R. Jahn
Bearbeitungsstand: 12/2009

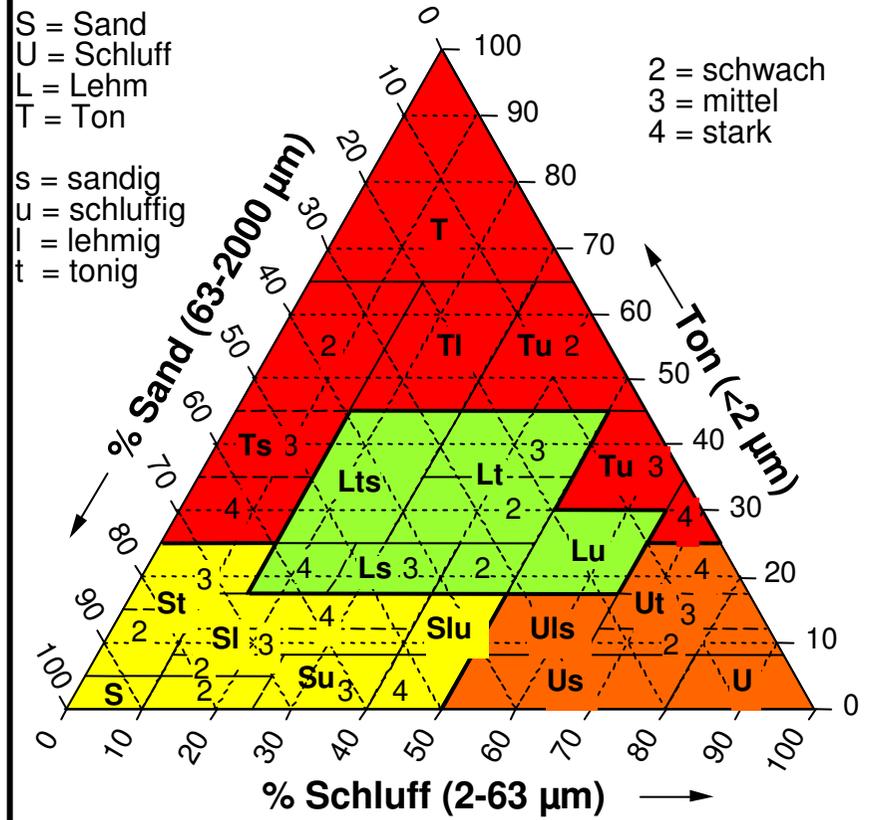
Probleme der Datengrundlagen

Fast 90 % der Datengrundlagen (Böden) sind übersetzte Daten der Bodenschätzung



Achtung!
Die Bodenart der Reichsbodenschätzung
(1934) ist bei Verwendung gleicher
Begriffe deutlich anders definiert
als heute üblich.

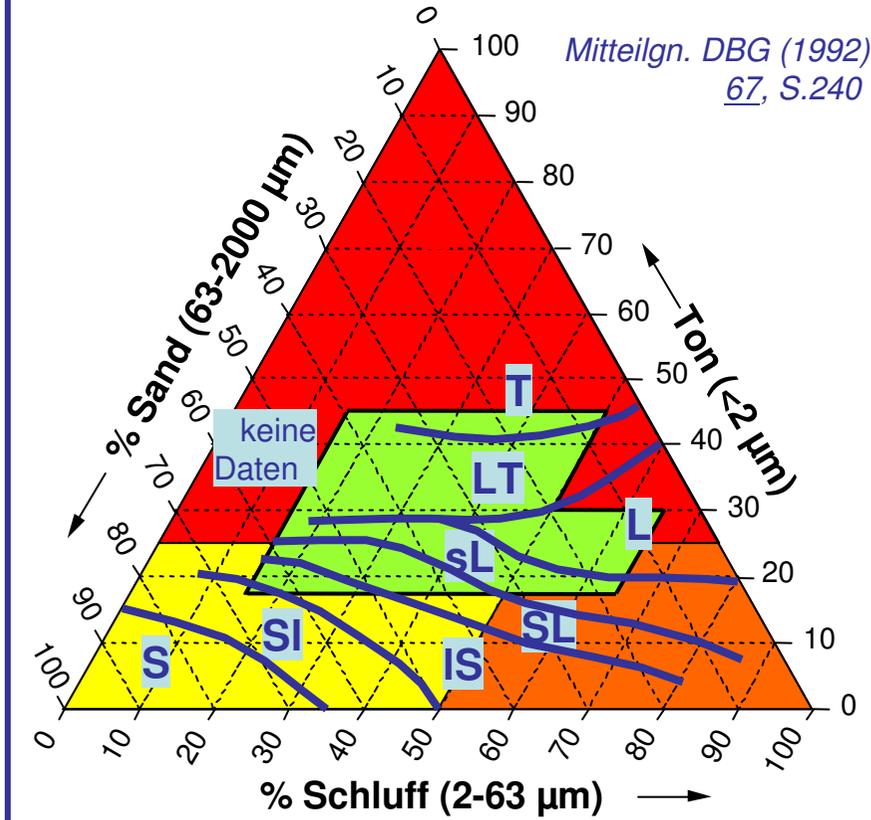
Bodenarten (Korngrößengemische)
 des Feinbodens
 nach DIN 4220 und KA4/KA5
 im Dreieckskoordinatensystem



Bodenarten (Korngrößengemische)
 nach Reichsbodenschätzung

Abschlämbbares
<0,01 mm (%)

| | | |
|-----------|-----------------------|-------|
| S | = Sand | <10 |
| SI | = anlehmiger Sand | 10-13 |
| IS | = lehmiger Sand | 14-18 |
| SL | = stark sandiger Lehm | 19-23 |
| sL | = sandiger Lehm | 24-29 |
| L | = Lehm | 30-44 |
| LT | = toniger Lehm | 45-60 |
| T | = Ton | >60 |



LAU SM-Daten (KW) 0-10 bzw. 0-20 cm Tiefe

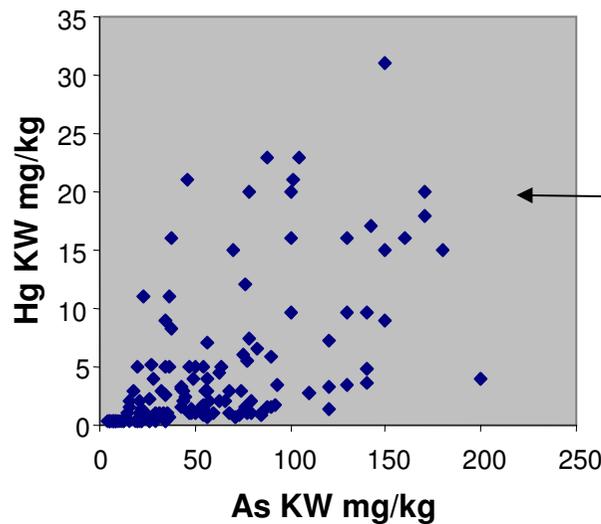
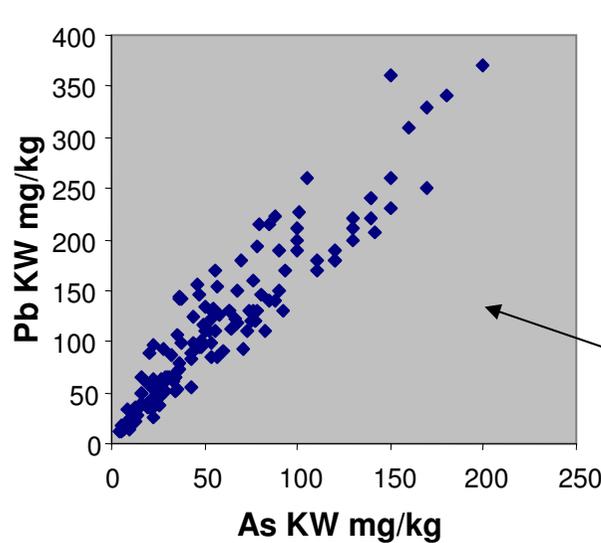
Tab. 6.2.: As- und Schwermetallgehalte im Überschwemmungsgebiet der Elbaue zwischen Flusskilometer 181 bis 467 in 0 – 10 bzw. 0 – 20 cm Bodentiefe (KW-Gehalte nach LAU), Vorsorgewerte und Vielfaches der Vorsorgewerte

| Absolutgehalte | Pb | Cd | Cr | Cu | Ni | Zn | As | Hg | |
|---|------|------|-----|------|------|------|------|------|----------|
| Mittelwert (mg kg ⁻¹) | 149 | 5,3 | 108 | 121 | 44 | 637 | 59 | 10 | |
| Maximalwert (mg kg ⁻¹) | 370 | 20,0 | 350 | 540 | 140 | 2300 | 200 | 408 | |
| Standardabweichung | 73 | 3,6 | 56 | 79 | 18 | 419 | 45 | 35 | |
| Anzahl | 135 | 130 | 135 | 135 | 135 | 135 | 122 | 132 | |
| Vorsorgewerte ¹ (mg kg ⁻¹) | | | | | | | | | |
| für Tone | 100 | 1,5 | 100 | 60 | 70 | 200 | 20 | 1,0 | |
| für Lehme/Schluffe | 70 | 1,0 | 60 | 40 | 50 | 150 | 15 | 0,5 | |
| für Sande | 40 | 0,4 | 30 | 20 | 15 | 60 | 10 | 0,1 | |
| Vielfaches des Vorsorgewertes | | | | | | | | | Mittelw. |
| Mittelwert | 2,3 | 6,0 | 1,9 | 3,3 | 1,1 | 4,9 | 4,2 | 24,2 | 5,9 |
| Maximalwert | 6,0 | 20,0 | 5,8 | 13,5 | 3,4 | 16,2 | 14,0 | 816 | 104 |
| Standardabweichung | 1,1 | 4,2 | 1,0 | 2,1 | 0,7 | 3,4 | 3,3 | 72,4 | 9,5 |
| Anzahl Überschreitungen | 114 | 119 | 113 | 123 | 54 | 127 | 111 | 128 | 128 |
| % | 84 | 92 | 84 | 91 | 40 | 94 | 91 | 97 | 95 |
| Maßnahmewerte Grünland (mg kg ⁻¹) | | | | | | | | | |
| | 1200 | 20 | – | 1300 | 1900 | – | 50 | 2 | |
| Vielfaches des Maßnahmewertes ² | | | | | | | | | |
| Mittelwert | 0,12 | 0,26 | – | 0,09 | 0,02 | – | 1,2 | 4,8 | |
| Maximalwert | 0,31 | 1,00 | – | 0,42 | 0,07 | – | 4 | 204 | |
| Standardabw | 0,06 | 0,18 | – | 0,06 | 0,01 | – | 0,9 | 18 | |
| Anz. Überschreitungen | 0 | 0 | – | 0 | 0 | – | 54 | 98 | |
| % | 0 | 0 | – | 0 | 0 | – | 44 | 74 | |

¹ Vorsorgewerte nach BBodSchV Anh. 2, für As nach LAGA (1995)

² Maßnahmewerte (Grünland) nach BBodSchV Anh. 2

LAU SM-Daten (KW)
alle Daten (n = 143 bis 190)

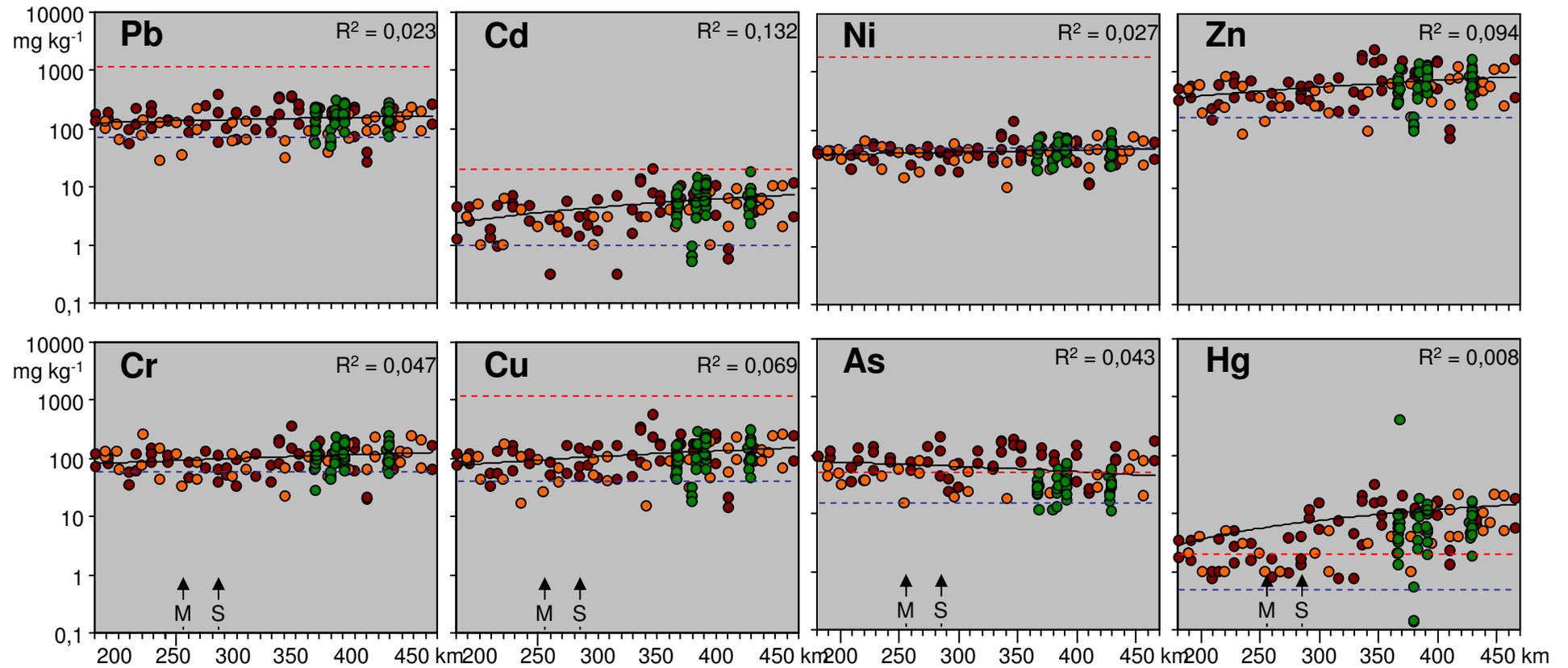


| | Cu | Zn | Cd | Ni | Cr | Pb | Hg | As | Fluß km |
|----|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Cu | | ,96** 170 | ,98** 161 | ,94** 170 | ,93** 170 | ,86** 170 | ,92** 163 | ,72** 143 | ,25** 170 |
| Zn | ,96** 170 | | ,96** 161 | ,90** 170 | ,87** 170 | ,83** 170 | ,90** 163 | ,73** 143 | ,28** 170 |
| Cd | ,98** 161 | ,96** 161 | | ,90** 161 | ,91** 161 | ,80** 161 | ,92** 159 | ,68** 138 | ,32** 161 |
| Ni | ,94** 170 | ,90** 170 | ,90** 161 | | ,95** 170 | ,82** 170 | ,80** 163 | ,68** 143 | ,10 170 |
| Cr | ,93** 170 | ,87** 170 | ,91** 161 | ,95** 170 | | ,78** 170 | ,81** 163 | ,61** 143 | ,15 170 |
| Pb | ,86** 170 | ,83** 170 | ,80** 161 | ,82** 170 | ,78** 170 | | ,71** 163 | ,94** 143 | ,10 170 |
| Hg | ,92** 163 | ,90** 163 | ,92** 159 | ,80** 163 | ,81** 163 | ,71** 163 | | ,58** 140 | ,45** 163 |
| As | ,72** 143 | ,73** 143 | ,68** 138 | ,68** 143 | ,61** 143 | ,94** 143 | ,58** 140 | | ,07 143 |
| Ø | ,90 | ,88 | ,88 | ,86 | ,84 | ,82 | ,81 | ,71 | ,27 |

Pearson Correlation, ** = significant at 0.01 level (2-tailed)

LAU SM-Daten (KW)
0-10 bzw. 0-20 cm Tiefe

Datengrundlagen - SM



Beprobung

- 1997
- 2000
- 2007

----- Maßnahmenwert BBSchV

----- Vorsorgewert BBSchV

As: LAGA, 1995)

(Lehme, Schluffe)

**Regressionsbeziehungen zwischen
Mittelwerten des Vielfachen der Vorsorgewerte
mit Reliefattributen**

| Reliefattribut | R^2 | p^1 |
|----------------|-------|-------|
| <i>MBI</i> | 0,31 | *** |
| <i>BFI</i> | 0,14 | ** |
| <i>DGM</i> | 0,30 | *** |
| <i>HUT</i> | 0,09 | * |
| <i>HUF</i> | 0,20 | ** |
| <i>DIST_E</i> | 0,09 | * |

¹ p -Kode: *** 0,001 | ** 0,01 | * 0,05

$$MW_{VV} = (1,9168 \times MBI) - (1,0685 \times BFI) - 1,6111 \times HUE) + 25,6152$$

$$R^2 = 0,54 | p < 0,001$$

Clusterung und Ableitung von Klassen mit Schwellenwerten für Mittelwerte des Vielfachen der Vorsorgewerte

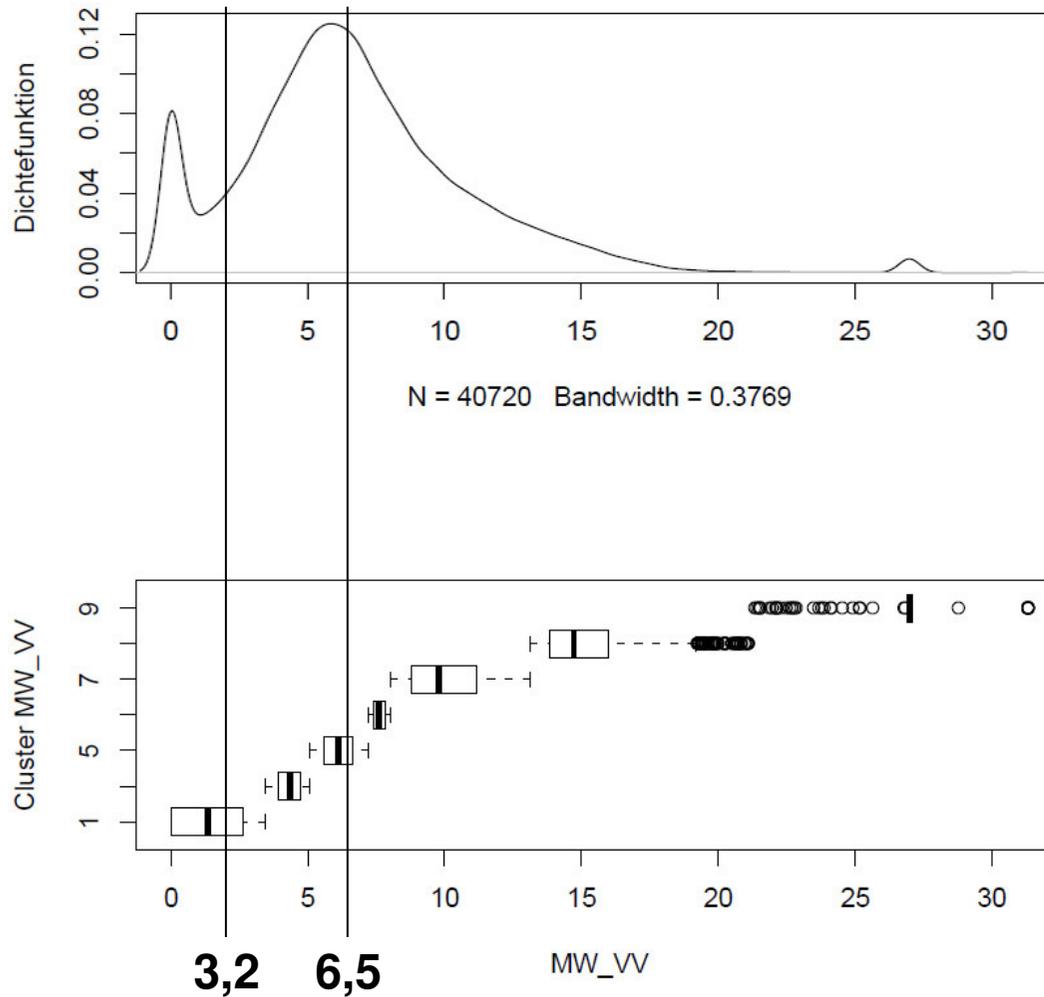


Abb. 6.2.: Clusterergebnisse der extrapolierten MW_VV-Werte

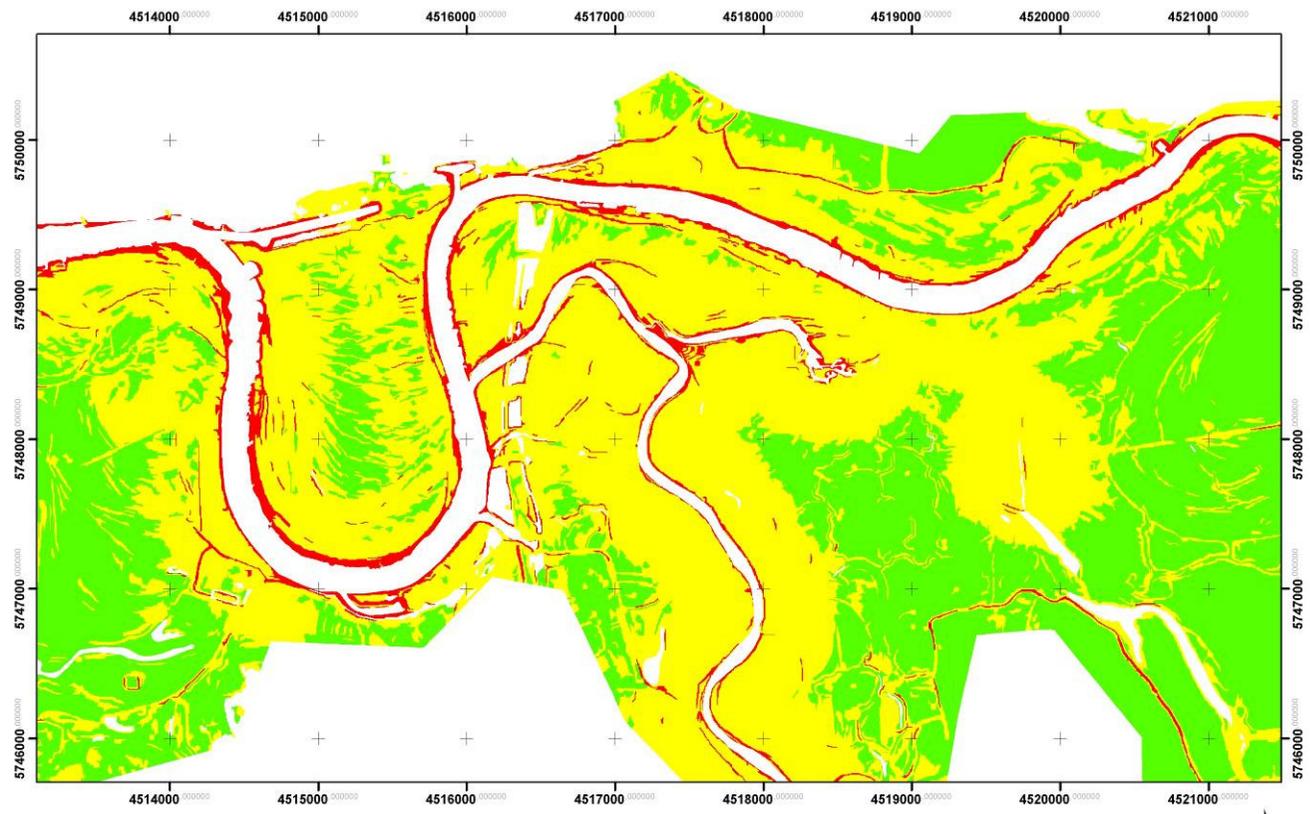
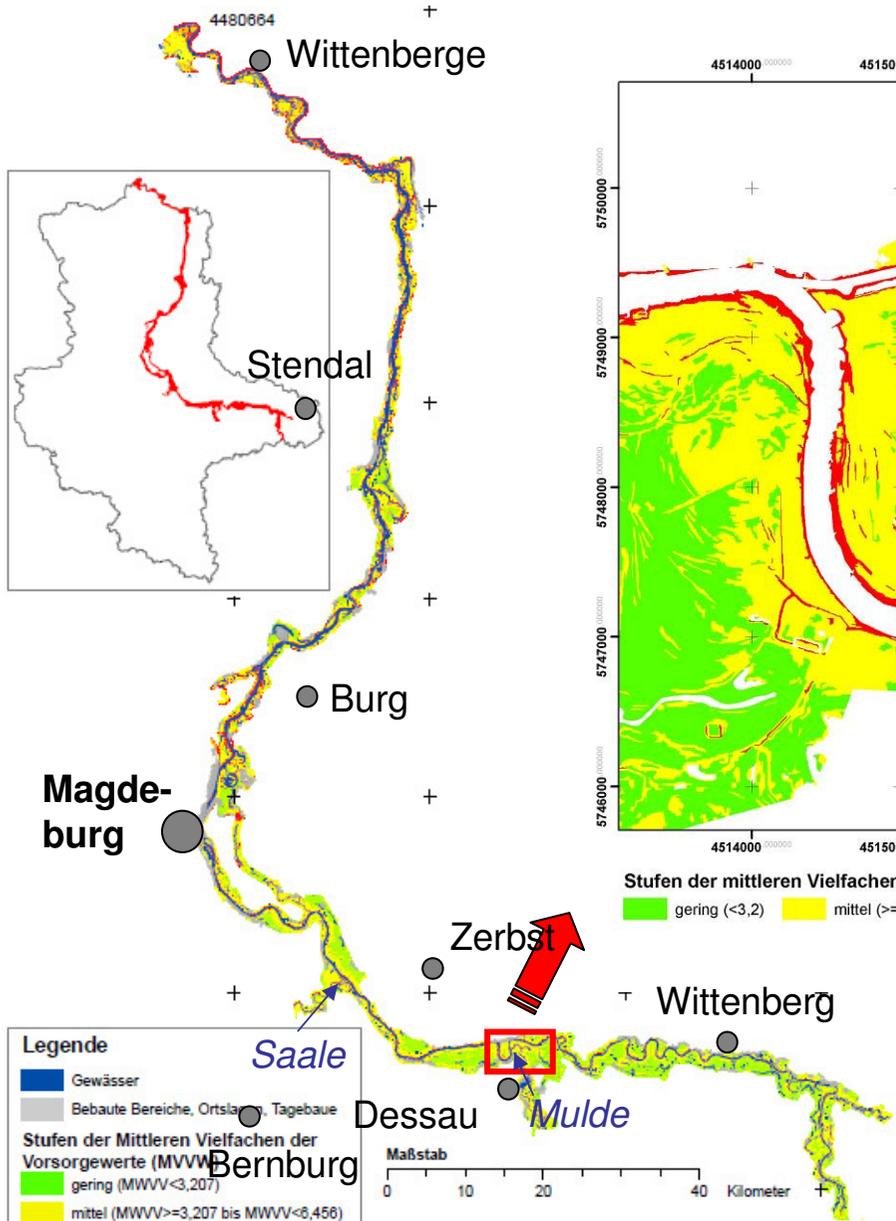
gering **mi.** **hoch**

Legendeneinheit 1; Keine oder geringe As- und Schwermetallbelastung
($\leq 3,207$ -fache des Vorsorgewertes)
(As und Hg fast immer unter Maßnahmewert*)

Legendeneinheit 2; As und Schwermetallbelastung zu befürchten
($> 3,207$ bis $\leq 6,456$ -fache des Vorsorgewertes)
(As und Hg häufig über Maßnahmewert*)

Legendeneinheit 3; As und SM-Belastung wahrscheinlich
($> 6,456$ -fache des Vorsorgewertes)
(As und Hg meist über Maßnahmewert*)

*Maßnahmewerte nach BBodSchV (Anh. 2) für Grünland



Stufen der mittleren Vielfachen der Vorsorgewerte

gering (<3,2) mittel (>=3,2 bis <6,5) hoch (>=6,5)

gering = <3,2
 mittel = >3,2 - <6,5
 hoch = >6,5

M 1:50.000

Legende

Gewässer

Bebaute Bereiche, Ortslagen, Tagebaue

Stufen der Mittleren Vielfachen der Vorsorgewerte (MWWV)

gering (MWWV<3,207)

mittel (MWWV>=3,207 bis MWWV<6,456)

hoch (MWWV>=6,456)

Abb. F.7.: Potenzielle Schwermetallgehaltskarte:
 Klassifizierte Verbreitung der Mittelwerte der
 Schwermetall-Vorsorgevielfachen

**Prognosekarte der mittleren
 Vielfachen der Vorsorgewerte**

Bearbeitung: M. Möller, M. Kastler, R. Jahn
 Bearbeitungsstand: 12/2009

Schlussfolgerungen

- Die Verbreitung von Boden-(Sub)typen lässt sich mit guter Genauigkeit prognostizieren.
- Die Güte der Prognose der Bodenarten bzw. Substrate ist nur bei dominant verbreiteten Bodenarten bzw. Substraten zufriedenstellend.
- Hinsichtlich der Bodenarten nach KA4/KA5 bestehen erhebliche Unsicherheiten aus der Übersetzung von Bodenschätzungsdaten.
- Die Prognose von Schwermetallgehalten nach Reliefattributen ist besser als nach Boden-(Sub)typen.
- Eine Prognose der Schwermetallgehalte nach Bodenparametern wie Bodenart und Humusgehalt ist mit der derzeit vorhandenen Datenbasis nicht möglich.
- Zusätzliche Informationen wie Überflutungshäufigkeit und Grundwasserdynamik (derzeit nicht flächendeckend vorhanden) könnten wahrscheinlich das Prognoseergebnis verbessern.