



Forschungsverbund
pre agro

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Bodenheterogenität im Landschaftskontext – Erkenntnisgewinn und Nutzenanwendung am Beispiel der **Leitfähigkeitskartierung (EM38)**

Jürgen Kühn¹, Marc Wehrhan¹, Alexander Brenning² & Michael Sommer¹

unter Mitarbeit von Sylvia Koszinski & Lidia Völker

¹ Institut für Bodenlandschaftsforschung, Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V., D-15374 Müncheberg

² University of Waterloo, Department of Geography, Waterloo, ON, Canada N2L 3G1



Problemstellung I

- Precision farming benötigt **Managementzonen**, die **zeitlich stabil oder variabel** sein können
- zeitlich invariable Zonen können durch stabile Standortfaktoren abgegrenzt werden, wie z.B. **Relief, Geologie, Böden** und Bodeneigenschaften
- Standortfaktoren sind räumlich **heterogen**



Bodenheterogenität

Kühn, J., Wehrhan, M., Brenning, M., Sommer, A., Sommer, M., TP 14

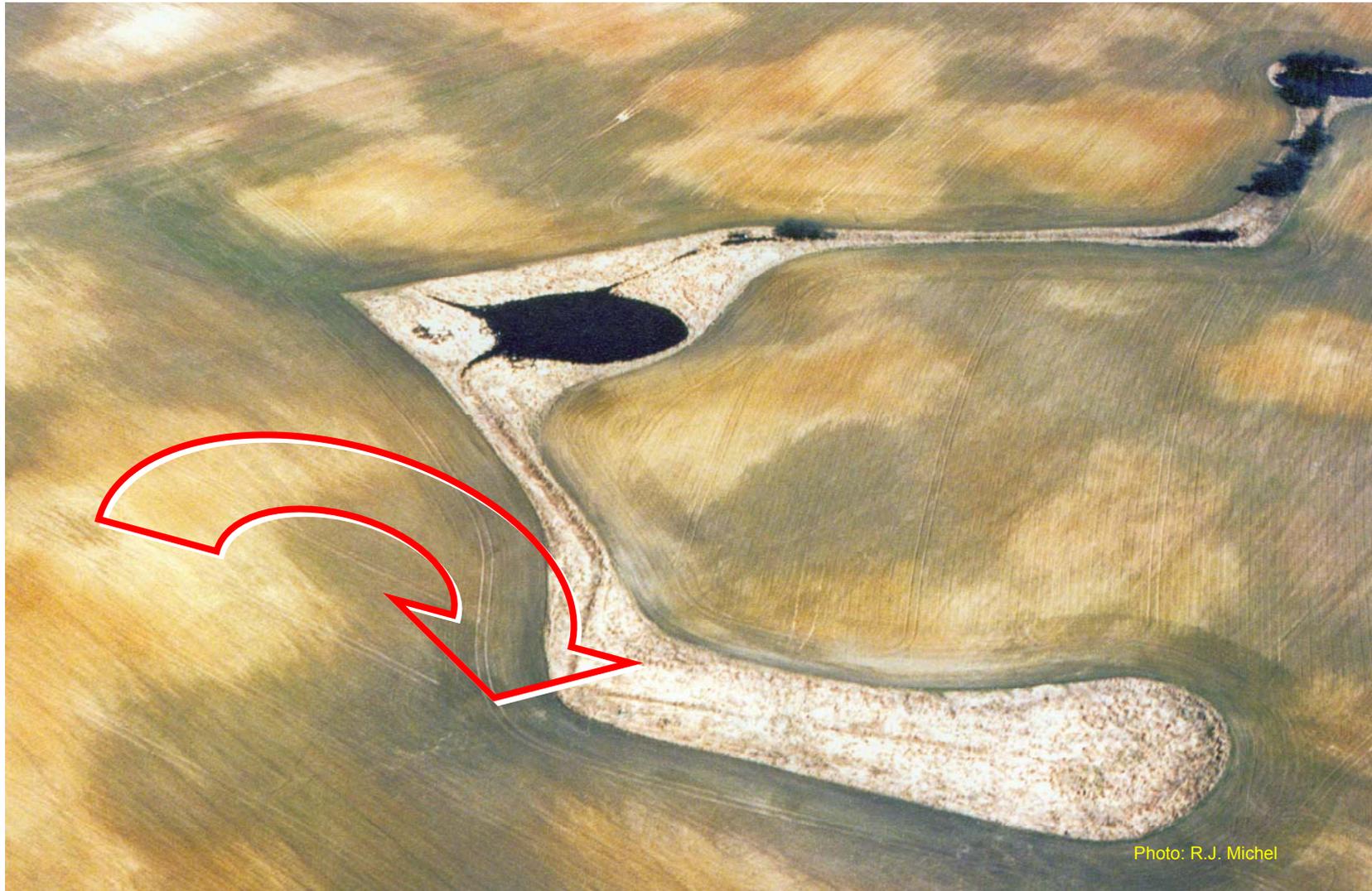


Abb. 1: Beispiel für Bodenheterogenität aus Brandenburg



Problemstellung II

- Erfassung der Heterogenität durch **digitale Bodenkartierung** (Digital Soil Mapping)
- z. B. Reliefanalyse (DHM), Ertragskarten, Blattflächenindex (LAI), multitemporale Fernerkundung (NIRS, Luftbilder), Geophysik (z.B. ECa-Karten; EM38; \Rightarrow EC₂₅) ...
- Fokussierung auf **EC₂₅-Karten**: Kosten-, Zeitsparend
- aus EC₂₅-Karten abgeleitet \rightarrow **Tongehaltskarten**



Hypothese I

- ECa (EC_{25}) hängt ab von Wassergehalt, Temperatur, Textur (Ton, Schluff), Karbonat-, Humusmenge, Grundwassereinfluss, Zusammensetzung der Bodenlösung, Kationenaustauschkapazität (KAK) (u.a.)
- diese Faktoren zeigen in der Landschaft regelhafte Unterschiede, die vom geologischen Ausgangsmaterial und vom Relief gesteuert werden



Landschaft (Wulfen)

Kühn, J., Wehrhan, M., Brenning, A., Sommer, M., TP 14

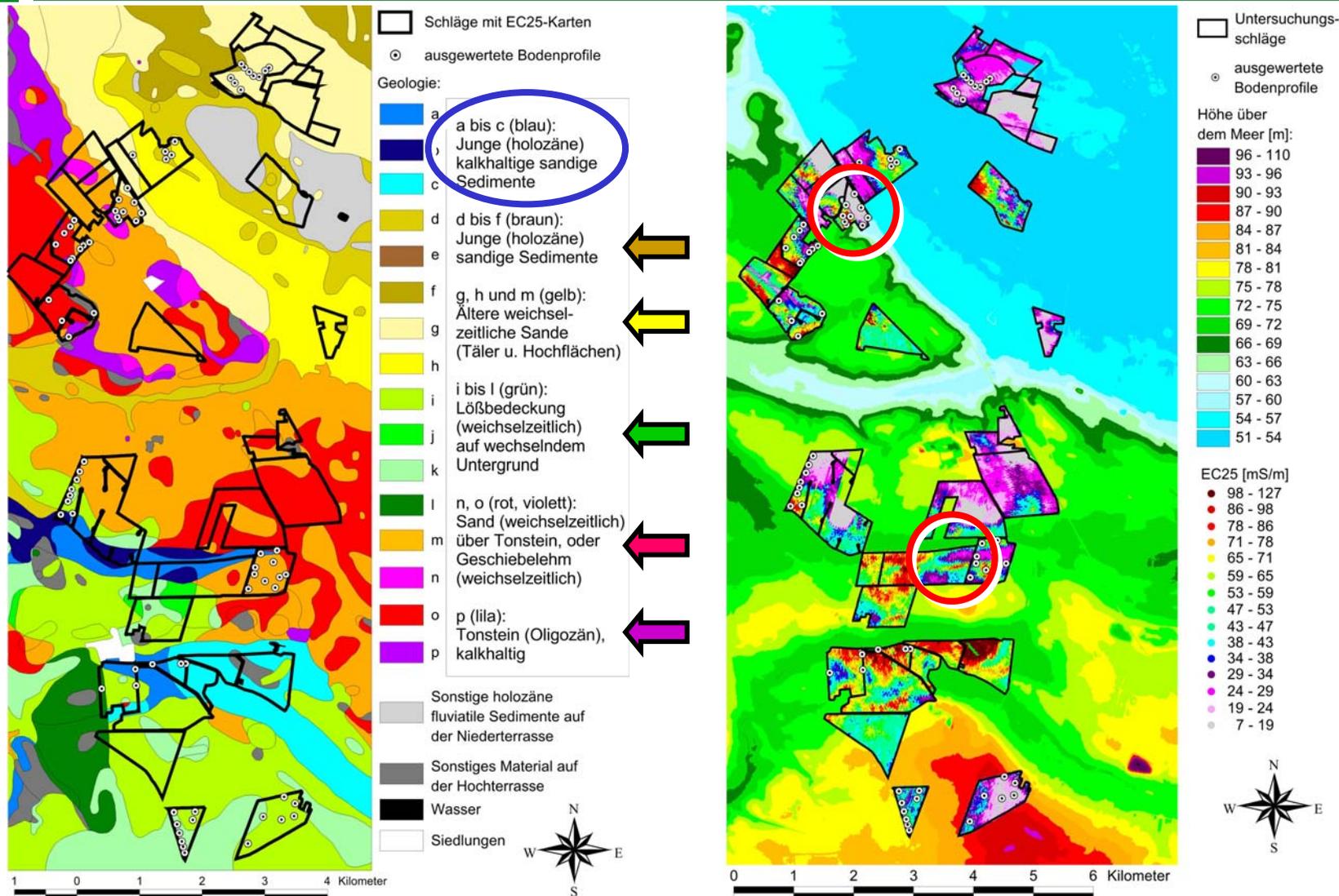


Abb. 2: UG in Wulfen: Geologische Karte (GK) 1:25.000, Blätter 4137 u. 4237 und DHM 2; mit Lage der Schläge mit EC₂₅-Karten und der fertig analysierten Bodenprofile (75 Stück)



Hypothese II

- EC₂₅-Karten werden meist **schlagweise** angefertigt (mit schlagweiser Skala)
 - aber: nicht nur schlagspezifische Texturunterschiede sind relevant!
- ⇒ **Betrachtung von Landschaftsfaktoren verbessert das Verständnis des EC₂₅-Messwertes!**



Methodik: Schlagrandeffekte I

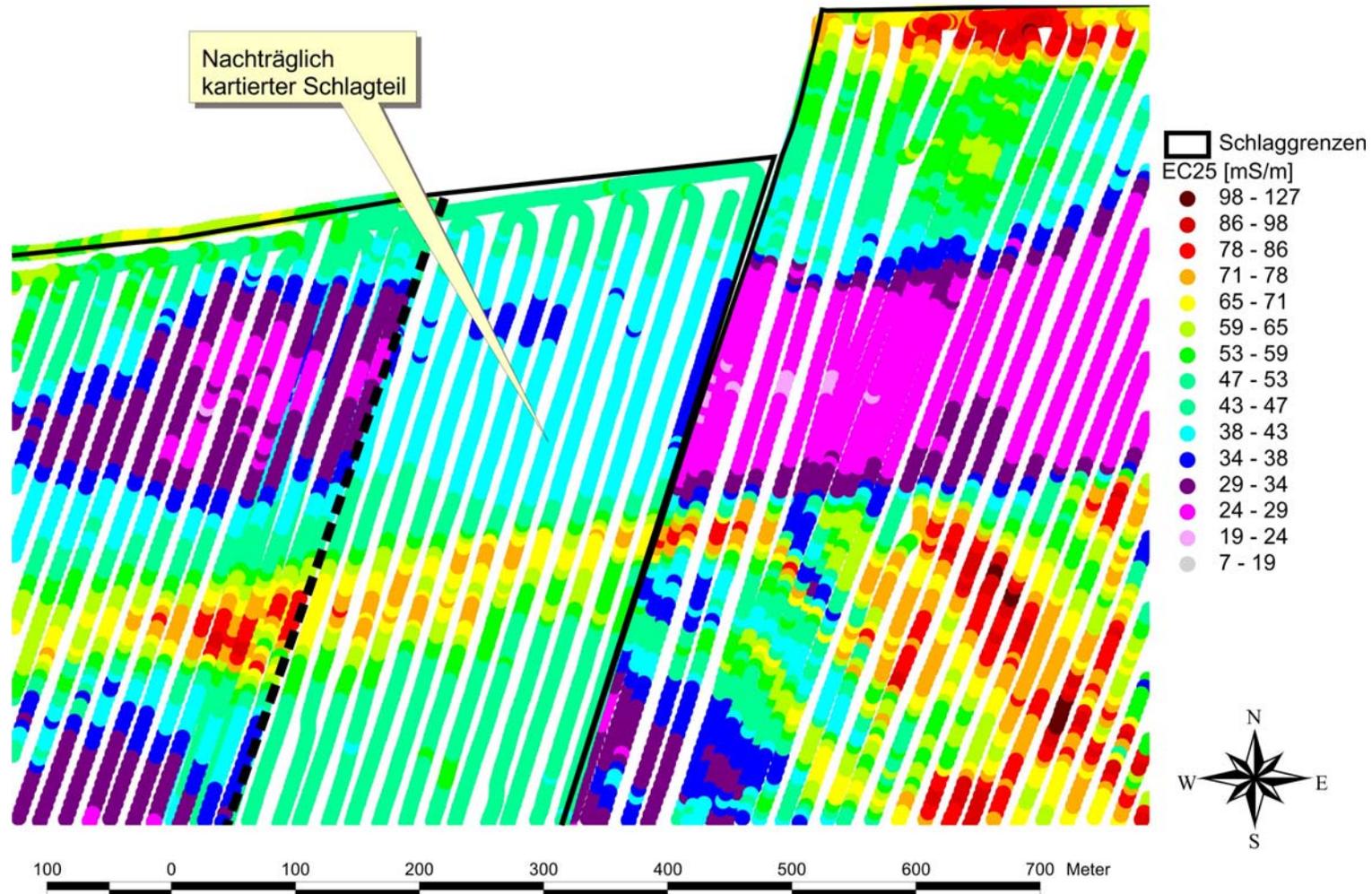


Abb. 3: Beispiel für Schlagrandeffekte (Wul-231 und Wul-141) vor der EC-Korrektur

➤ **Kontinuität** über Schlaggrenzen hinweg (Ton, CaCO_3 , C_{org} ,)!



Schlagrandeffekte II: Korrektur

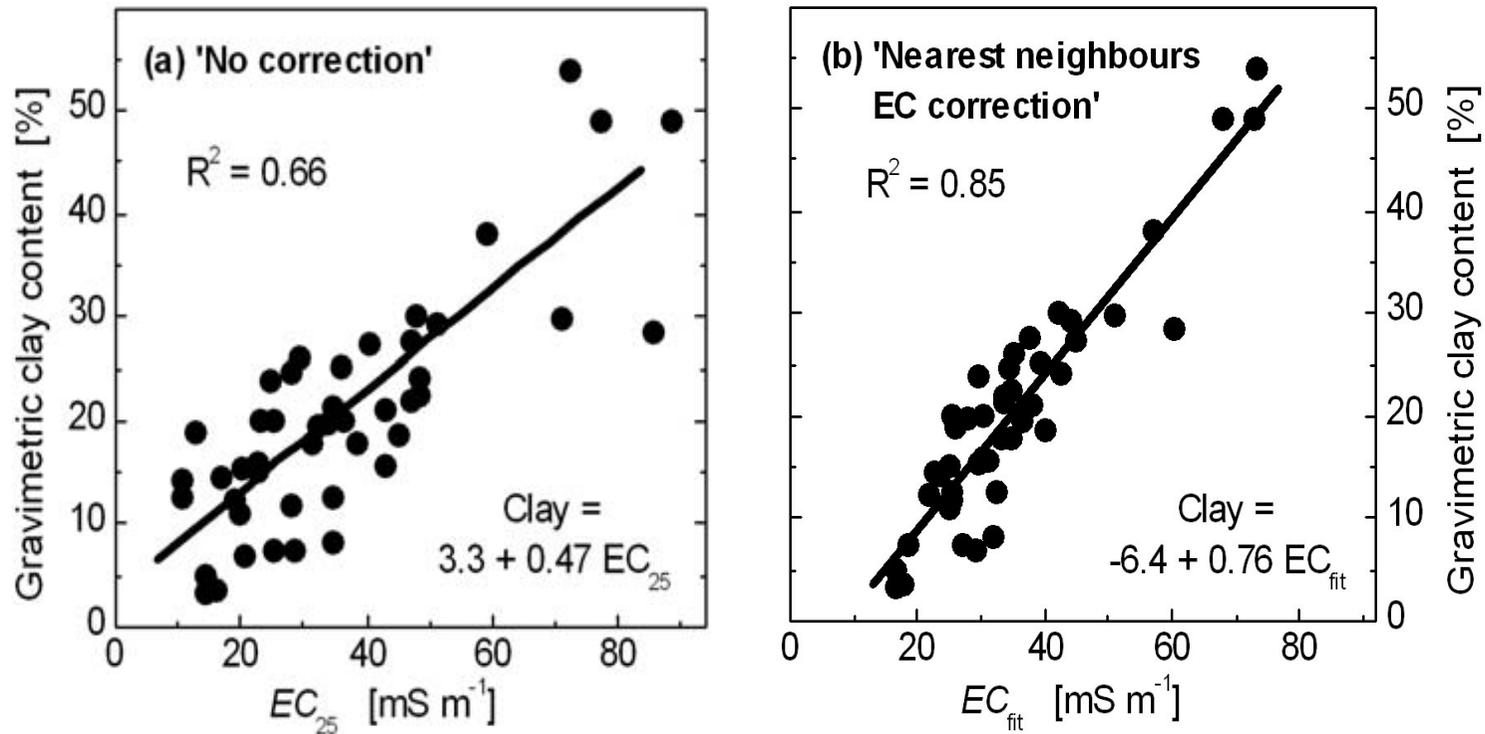


Abb. 4: Effekt der Korrektur* der Schlagrandeffekte der EC_{25} -Karte auf den Tongehalt (mittels Pedotransferfunktion (PTF) errechnet)

- **Grenzüberschreitende Interpolationen** notwendig!

Sommer et al., 2008; Brenning et al., Geoderma 2008; Weller et al., SSSAJ 2007*



Erste Ergebnisse: EC₂₅-Karten im Detail

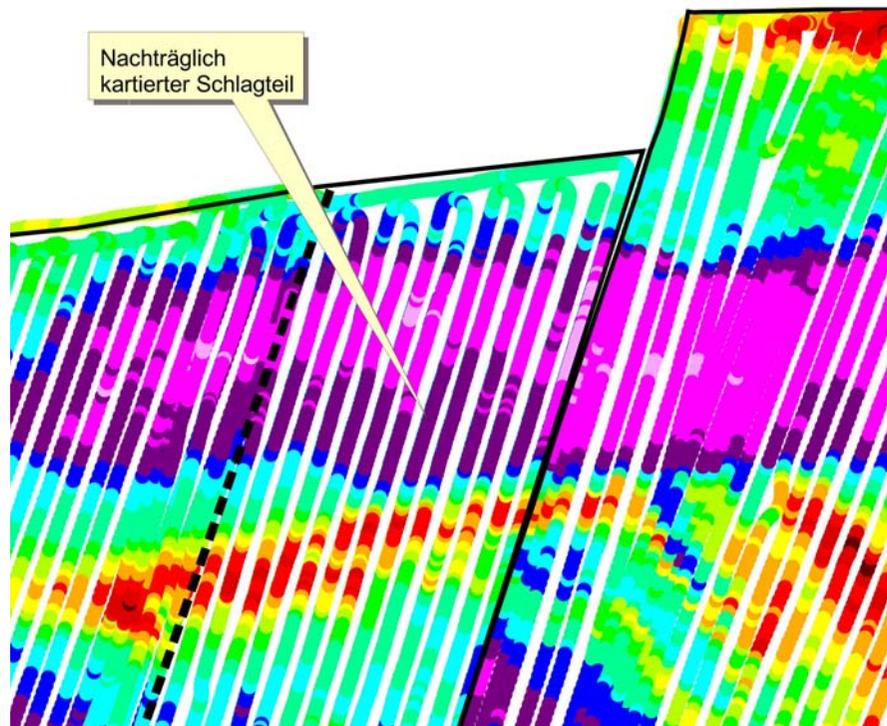


Abb. 5: EC₂₅ nach der Korrektur der Schlagrandeffekte (Wul-231 und Wul-141)

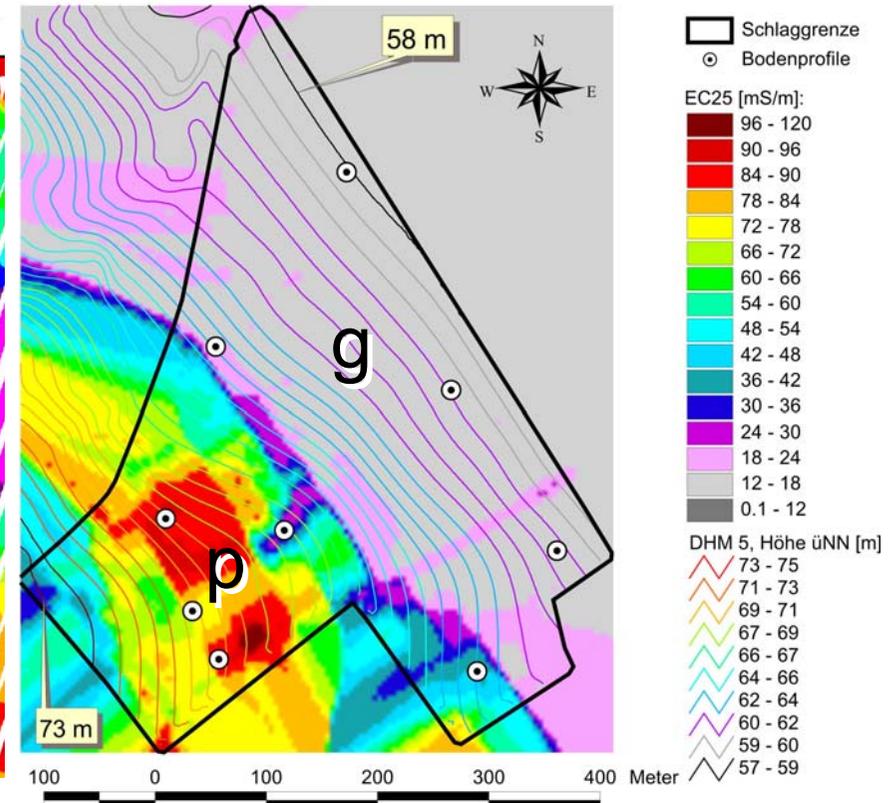


Abb. 6: Schlag Wul-811: EC₂₅-Raster (5 m) und Höhenlinien (DHM 5)

- Schlagrandeffekte bei EC₂₅ **beseitigt** (Wul-231)
- stark wechselnde EC₂₅-Werte auf einem Schlag mit starker **Reliefierung** und stark wechselnder **Geologie** (g, p) (Wul-811)



Beziehung EC_{25} zu Ton

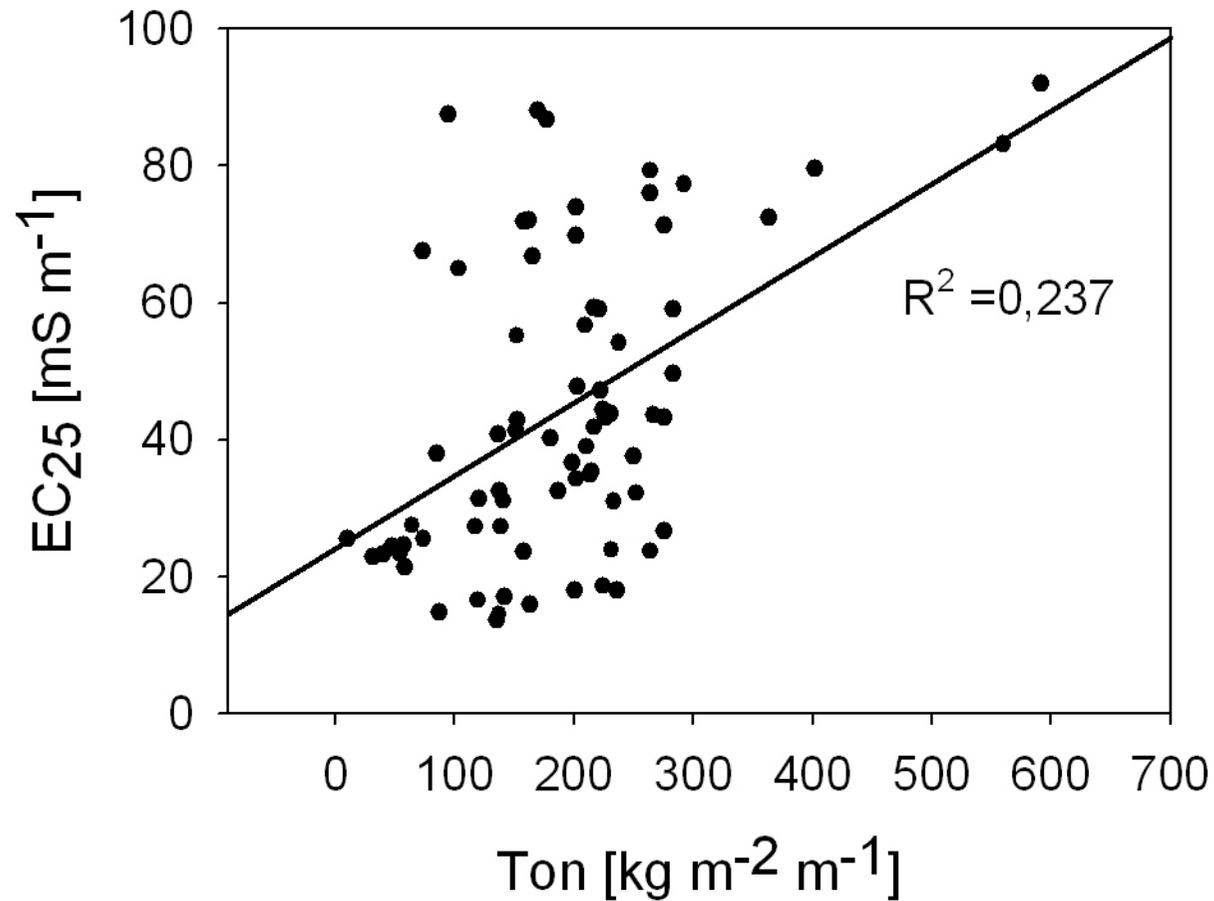


Abb. 7: Scatterplot EC_{25} zu Tonmenge; n = 75 (Wulfen)

➤ sehr schlechte Beziehung!



Bodenprofile: gleicher EC_{25} -Wert, Δ bei Ton

Kühn, J., Wehrhan, M., Brenning, A., Sommer, M., TP 14

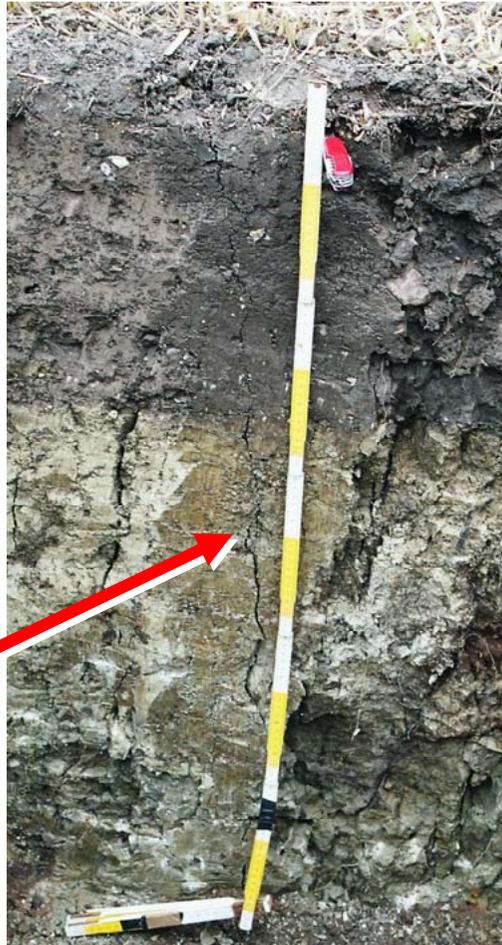


Abb. 8: Profil Wul-811-1: xDD-SS:
 EC_{25} 83 mS m⁻¹, Ton 560 kg m⁻² m⁻¹,
 $CaCO_3$ 145 kg m⁻² m⁻¹, Humus 21,3 kg m⁻²
 m⁻¹, Schluff 399 kg m⁻² m⁻¹, Geologische
 Einheit p; weiße Farbe: Grabungsspuren!

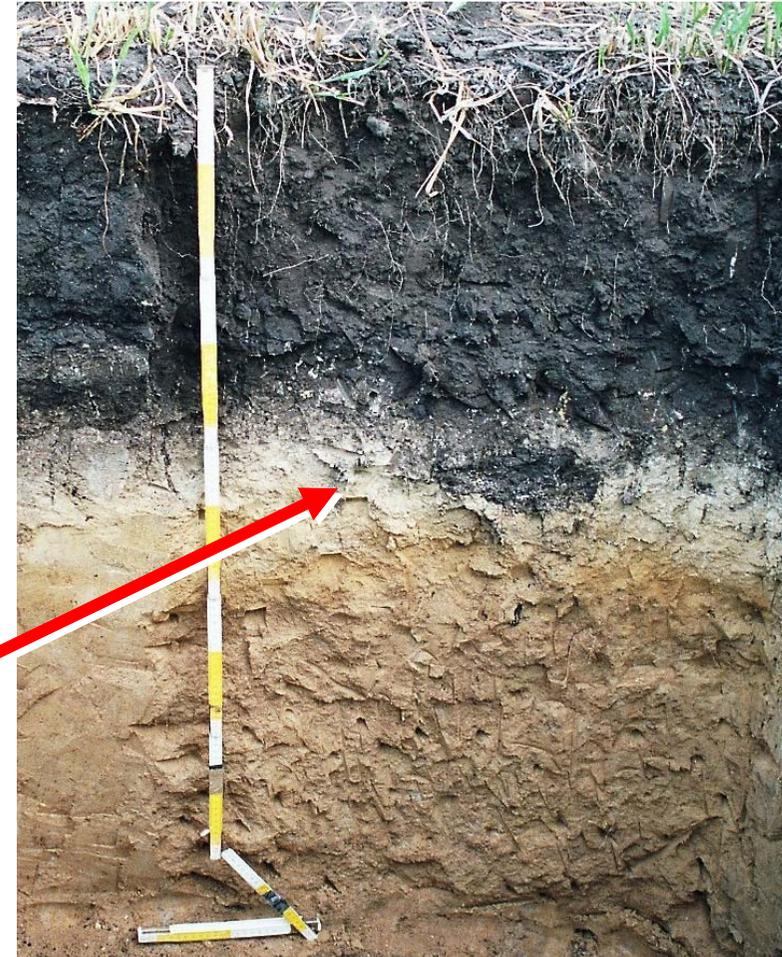


Abb. 9: Profil Wul-541-8: cGG-TT:
 EC_{25} 87 mS m⁻¹, Ton 177 kg m⁻² m⁻¹,
 $CaCO_3$ 159 kg m⁻² m⁻¹, Humus 23,3 kg m⁻²
 m⁻¹, Schluff 898 kg m⁻² m⁻¹, Geologische
 Einheit b; weiße Farbe: Sekundärkalk!



← Methodik: Regressionsmodelle

Tab. 1: Regressionsmodelle: verwendete Variablen

Abhängige Variable y	Vorhersagevariablen $x_1 - x_{13}$	
	Geo- und Bodenfaktoren	Reliefparameter (DHM 5)
EC_{25} [mS m ⁻¹]	Legendeneinheit GK 1:25.000	Höhe üNN [m]
	CaCO ₃ [kg m ⁻² m ⁻¹]	Hangneigung [°]
	Humus [kg m ⁻² m ⁻¹]	Water_index [#]
	Ton [kg m ⁻² m ⁻¹]	Profile_curvature (Radius [m ⁻¹])
	Schluff [kg m ⁻² m ⁻¹]	Plan_curvature (Radius [m ⁻¹])
		Curvature (Radius [m ⁻¹])
		Range3 [#]
		Flow_accumulation [#]

"Regressionsmodelle" = schrittweise multiple lineare Regressionsmodelle

= dimensionslos



Weiterführende Ergebnisse: Regressionsmodelle

Tab. 2: Bestes Regressionsmodell: alle aufgenommenen x-Variablen; (y-Variable: EC₂₅)

Korrigiertes R ²	Vorhersage-Variablen (x) #	K	SF _K	P
0,629	Geologie	18,190	3,335	0,000***
	Humus	0,884	0,168	0,000***
	CaCO₃	0,067	0,024	0,007**

= nach R (Korrelationskoeffizient nach Pearson) sortiert

n = 75 (Wulfen); K = Regressions-Koeffizient; SF_K = Standardfehler des Koeffizienten

P = Signifikanz (P < 0,05*, P < 0,01**, P < 0,001***)



Diskussion: Erkenntnisgewinn

- Ist die **Einheit der Geologischen Karte** im Modell enthalten, ist i.) diese Variable die wichtigste Variable und sind ii.) Textur- und Relieffaktoren ohne Relevanz
- **Humus- und Kalkmenge** sind i.) gleich entscheidend für EC_{25} und ii.) nach der Geologie die wichtigsten Variablen
- $KAK \Rightarrow EC_{25}$; **Humusgehalt** ist neben Ton entscheidend für die KAK!
- Ionenkonzentration in der Bodenlösung $\Rightarrow EC_{25}$; **gelöste Karbonate** erhöhen die Ionenkonzentration!
- **Güte** des Zusammenhanges ist relativ hoch (63% der Varianz erklärt), wenngleich zusätzliche Einflüsse möglich sind!



Weitere Einflussfaktoren?

- in Profil "Wul-811-1" wurde ein maximaler **Salzgehalt** von $EC_{\max} = 0,038 \text{ S m}^{-1}$ gefunden
- in Profil "Wul-541-8": $EC_{\max} = 0,154 \text{ S m}^{-1}$
- **Grenzwerte** für salzhaltige Böden bzw. Bodenhorizonte:
 - z. B. in Australien: $0,4 \text{ S m}^{-1}$
 - nach Deutscher Bodensystematik (KA 5): $0,075 \text{ S m}^{-1}$
 - nach DIN 11277: $0,04 \text{ S m}^{-1}$
- Salzgehalt könnte eine Ursache für relativ hohe EC_{25} -Werte an manchen Standorten sein \Rightarrow ist zu **prüfen!**
- Messung der 31 ECa-Karten über **mehrere Jahre** hinweg! gleicher Zeitpunkt realisierbar???



Nutzanwendung I

- EC₂₅-Karten sind bestens geeignet zur **Abgrenzung** von Zonen unterschiedlicher Bodeneigenschaften
- aber: **Messung** aller relevanten Einflussfaktoren durch Bodenbeprobung an ausgewählten Standorten bleibt **unerlässlich**; ansonsten bleibt unklar, welcher Faktor das räumliche Muster der EC₂₅-Karte tatsächlich verursacht
- die Ableitung von Tongehaltskarten (mittels PTF) ist nur sinnvoll, wenn **alle anderen potentiellen Einflussfaktoren** durch Messung als relativ unwichtig erkannt wurden
- in Regionen mit potentieller Sommertrockenheit (Magdeburger Börde und angrenzende Regionen) sollte auch der **Salzgehalt** der Böden bestimmt werden



Nutzanwendung II

- ~~EC₂₅ → Textur (via PTF) → FK → Managementzonen~~
- ECa ist und bleibt ein **Mischsignal**
- die **Einheit der Geologischen Karte** subsummiert wichtige Einflussfaktoren wie Textur, Kalkgehalt, Humusgehalt, Relief und Wasserhaushalt
- Interpretation von **Landschaftsfaktoren** (Geologie, Geomorphologie, *Klima*) erlaubt erste Abschätzungen möglicher Einflussgrößen auf ECa
- benachbarte schlagweise EC₂₅-Karten müssen ggf. bei **Schlagrandeffekten** korrigiert werden
- DHM und abgeleitete **Reliefparameter** liefern keinen Beitrag zur Erklärung von EC₂₅



Schlussfolgerung

Interpretation von EC_{25} -Karten für precision farming ist nur im Kontext der jeweiligen **Landschaft** möglich!



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!



Wenn es Fragen gibt ... bitte sehr ...