

Entwicklung eines Struktur- und Prozessmodells zur integrativen Analyse des Wassereinzugsgebietes

Horst H. Gerke

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) Müncheberg, Inst. f. Bodenlandschaftsforschung

Thomas Maurer¹, Anna Schneider², Rossen Nenov¹, Robert Bartsch¹

¹Forschungszentrum Landschaftsentwicklung und Bergbaulandschaften (FZLB)

²Lehrstuhl für Geopedologie und Landschaftsentwicklung, BTU Cottbus

Teilprojekt C5 „Entwicklung eines Struktur- und Prozessmodells“

Antragsteller: R.F. Hüttl, H. Flühler, H.H. Gerke

Finanzielle Unterstützung: DFG (SFB/TRR 38) & MWFK des Landes Brandenburg

Dank an Vattenfall Europe Mining AG (VEM) (Versuchsflächen und geologische Daten)

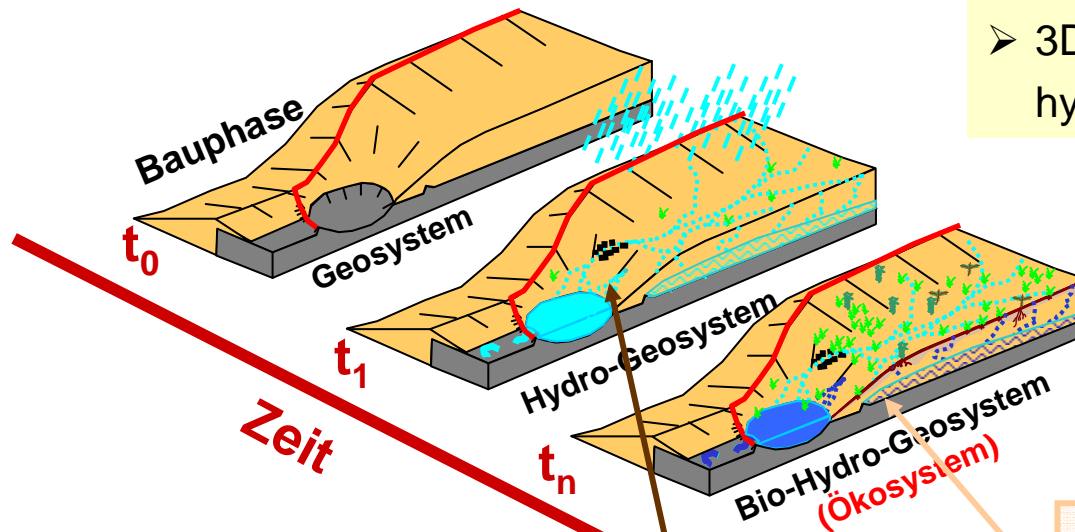
b·tu

Brandenburg
University of Technology
Cottbus



Kernidee und Zielstellung

- Explizite räumliche Abbildung von Strukturen & Prozessen des Einzugsgebiets im Zeitverlauf



- 3D Model auf Basis des hydrologischen Einzugsgebiets

- Werkzeug für die integrative Analyse von Systemen

Entstehende "**Prozessregionen**": ungesättigte & gesättigte Zonen, Fließgewässer, Teich & Wasser, Habitate, Horizonte, Wurzelzonen...

"**Strukturen**": Geometrie der Ränder (Flächen) & räumliche Verteilung von abiotischen und biotischen Komponenten, Sediment, Aggregate, Schichtgrenzen, Krusten...

Strukturmodell – wozu?

- **Viele Prozesse an Strukturen gebunden**
- **Komplexe Wechselwirkungen und Rückkopplungen**

Ansätze in Geo-Hydrologie und Pedologie

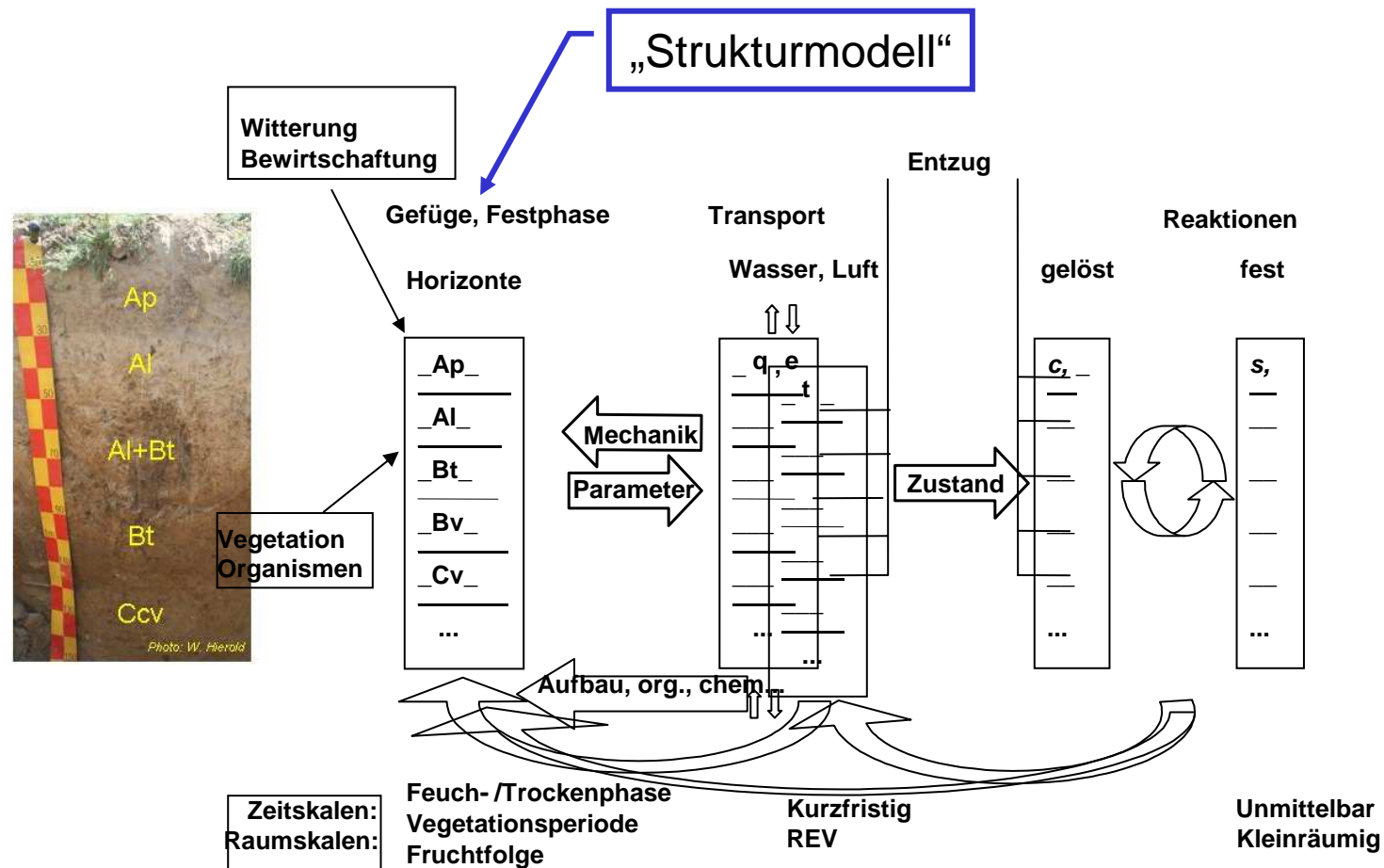
Beispiele:

- „Virtuelle Böden“ (z.B. S. Schlüter, AG H-J Vogel, UFZ Halle, O. Ippisch)
möglichst detaillierte Abbildung pedologischer Strukturen in numerischen
Transportsimulationen)
- Bodenlandschaftsmodellierung (u.a. Minasny et al., Temme
Räumliche pedologische Prozesse, U. Weller et al.)
- Hydropedology (u.a. Lin et al.)
- Explizite Modellierung geologischer Strukturen (Exploration): (u.a. Michael et
al.) Generierung von Realisierungen der Sedimentstrukturen

Besonderheiten während der Initialphase

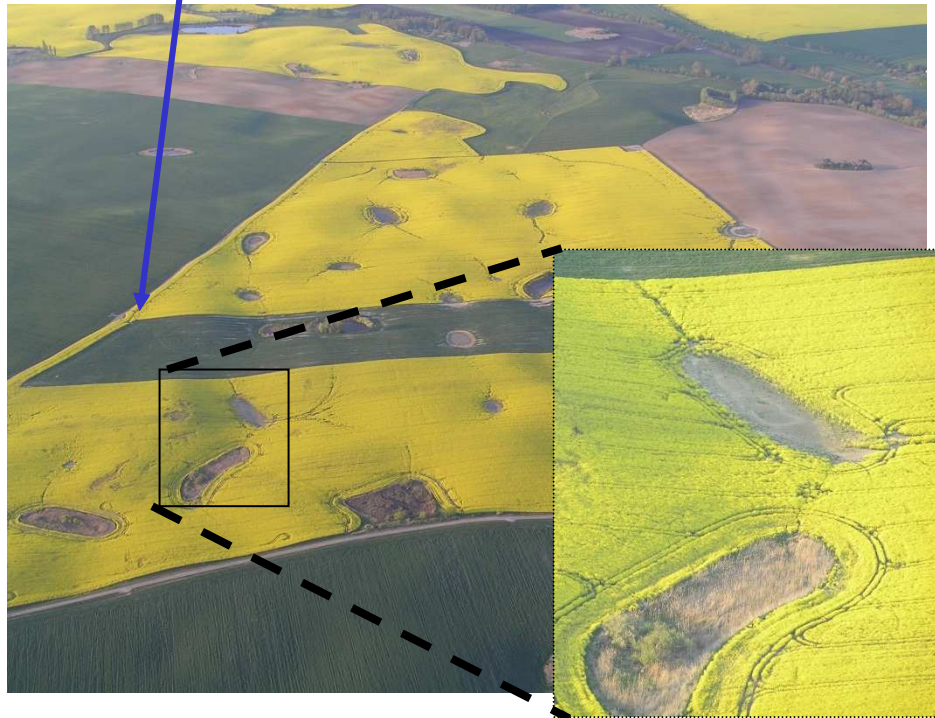
- **Rasche Bildung und Änderungen von Strukturen erwartet**

1D vertikal: Analogie mit Bodensäule



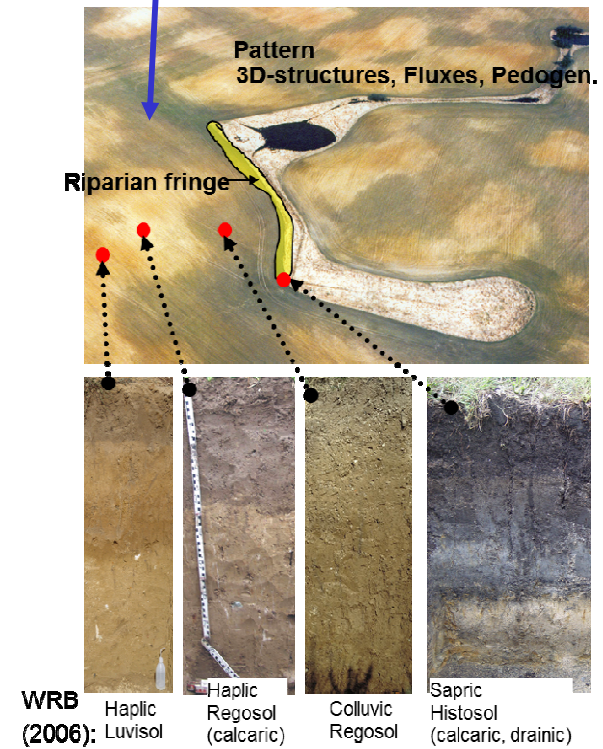
2D Landschaftsmuster

Senken-Kuppen
Post-glaziale Strukturen



3D Bodenlandschaften

Muster einer erodierten
Bodenlandschaft



3D Strukturmodell des Einzugsgebiets

- Modell, das Ergebnisse der Teilprozesse bilanziert

**z.B. Erosion, Geomorphologie, Hydrologie
Pedogenese, Geochemie, C-Umsatz, ...
Biologie, Geobotanik**

➤ **Neuer Ansatz**

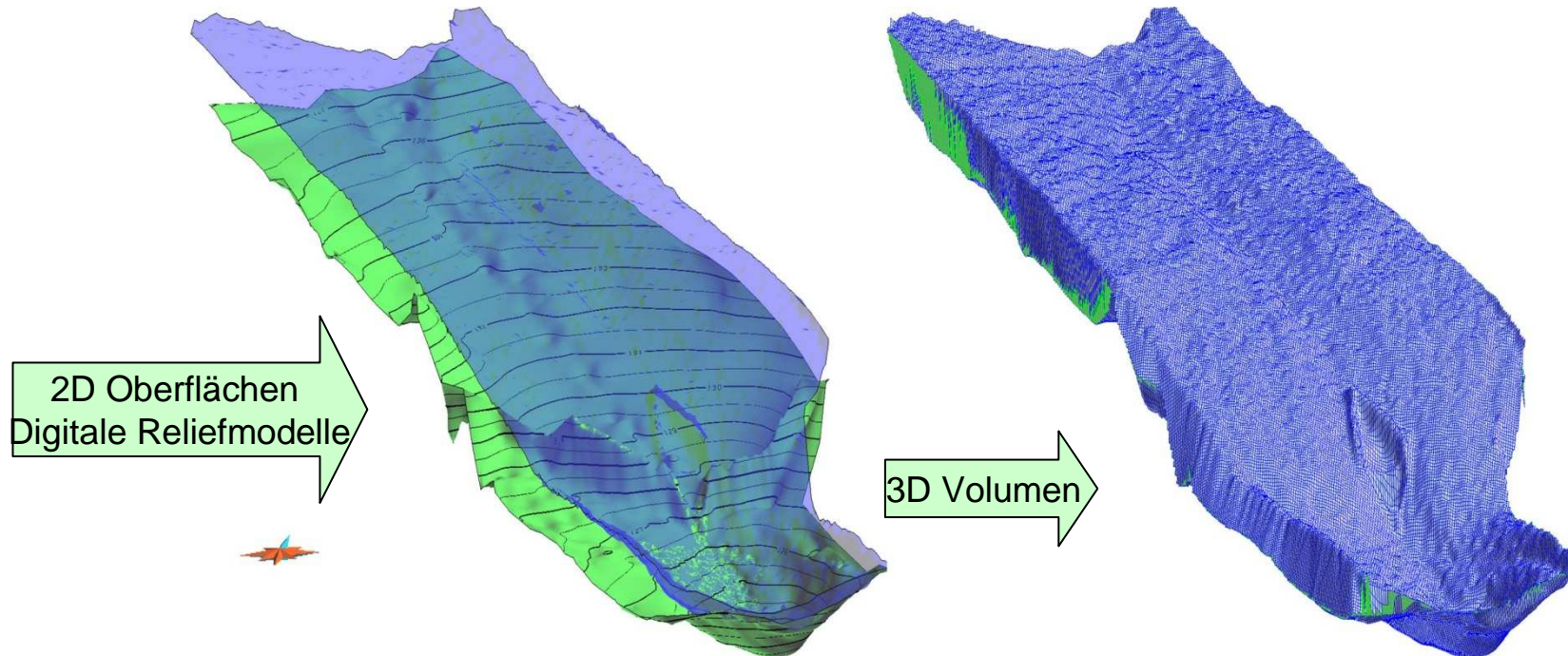
- 3D Bilanz zunächst als Differenz: Zustand (1) – Zustand (2)
- 4D Zeit („Zeitscheiben“)

Benötigt:

- **Ausgangszustand und Veränderungen**
- **Alle Komponenten räumlich zugeordnet und differenziert**
- **Verteilungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten**

- **Gesamtbetrachtung möglich**
- **3-4D räumliche Datenbasis für Teilaspekte**

3D Modellierung: Anfangszustand, t=0 (2005)

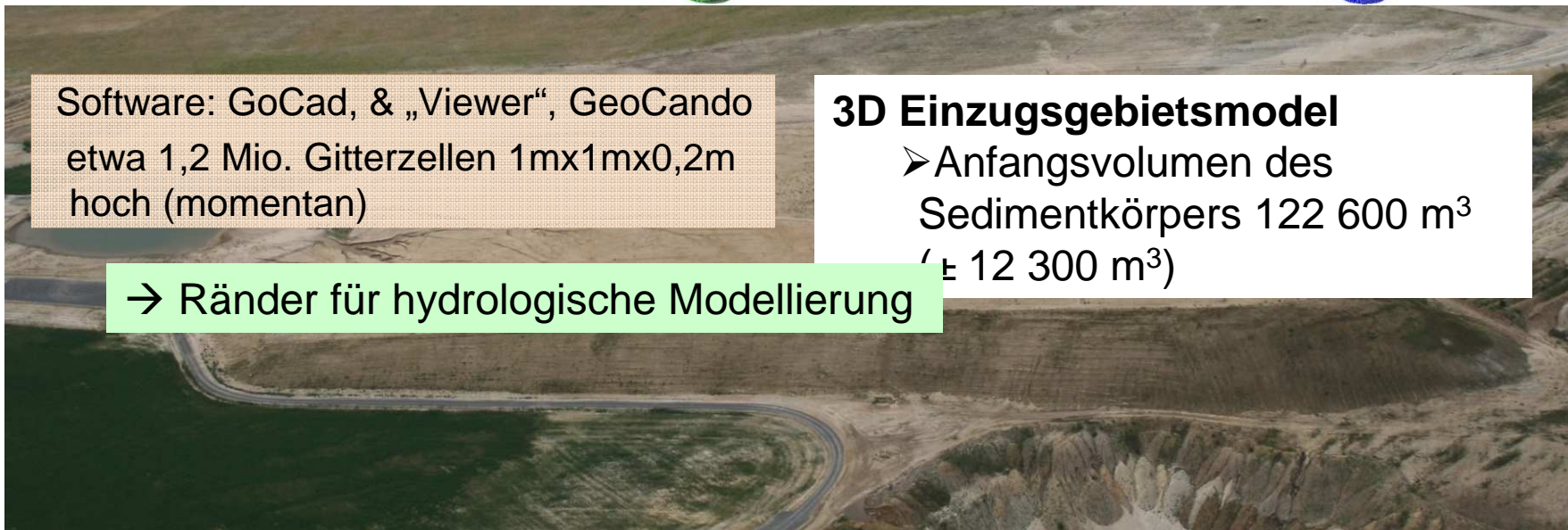


Software: GoCad, & „Viewer“, GeoCando
etwa 1,2 Mio. Gitterzellen 1mx1mx0,2m
hoch (momentan)

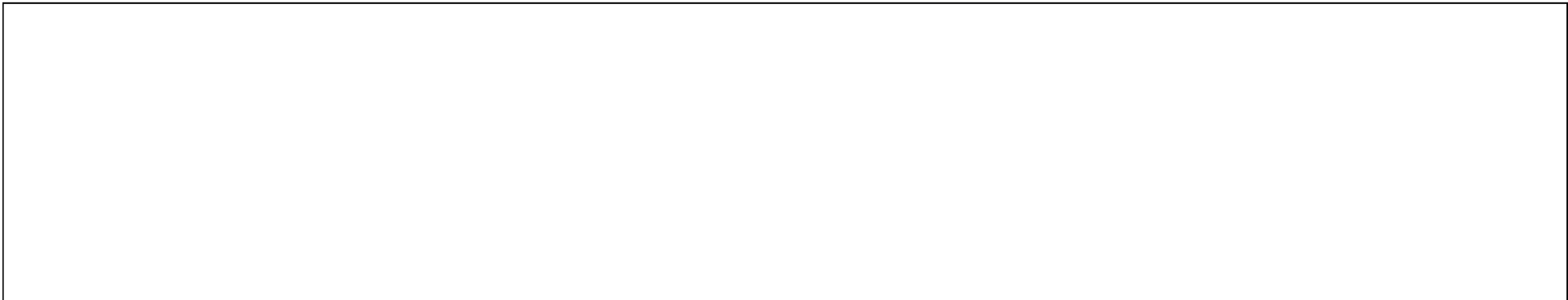
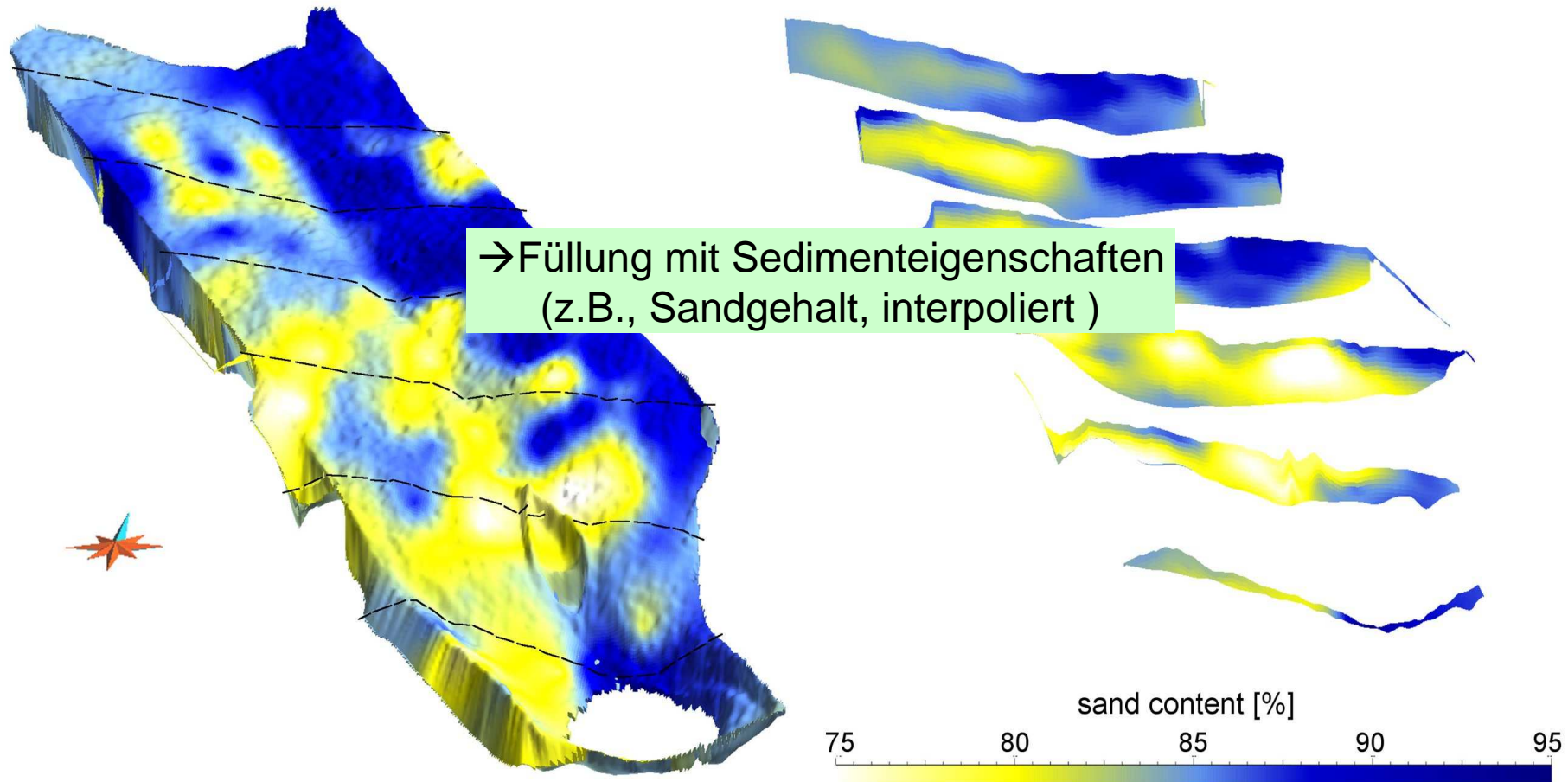
3D Einzugsgebietsmodell

- Anfangsvolumen des Sedimentkörpers 122 600 m³
(± 12 300 m³)

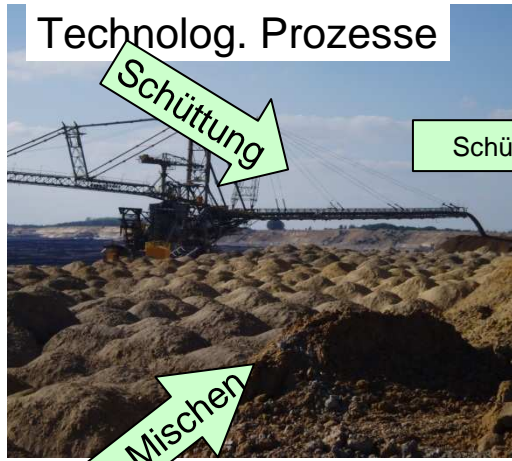
→ Ränder für hydrologische Modellierung



3D Modellierung: Anfangszustand, t=0 (2005)



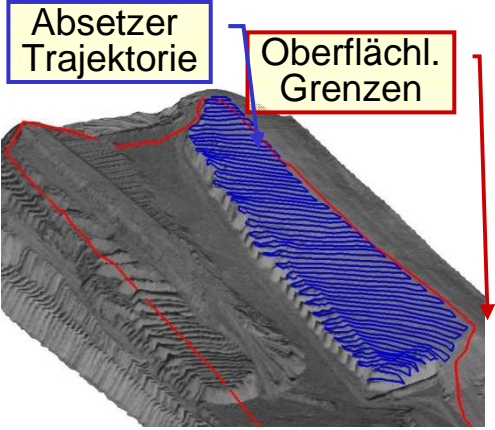
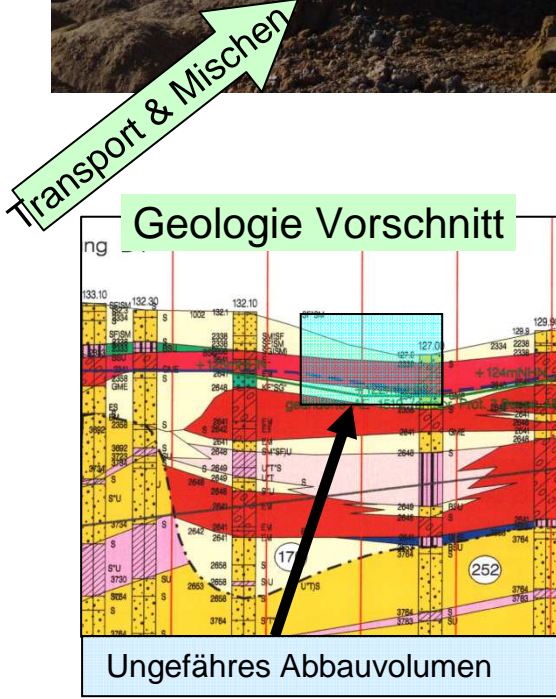
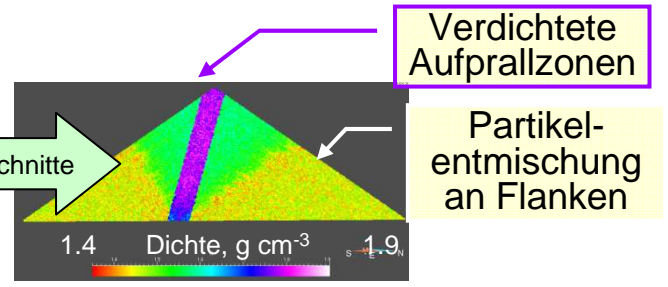
Internstrukturen nachbilden



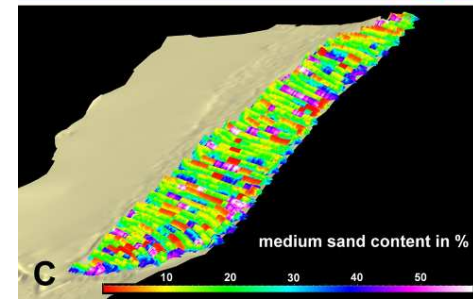
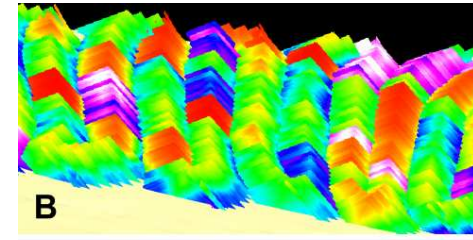
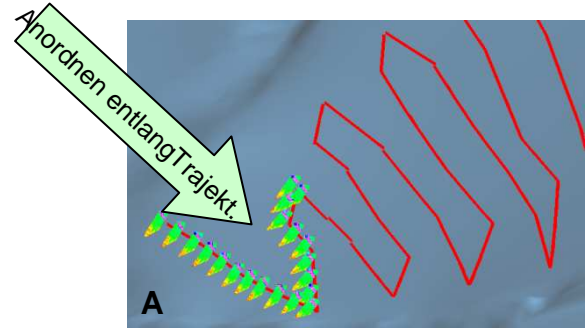
Schüttkörper



2D Querschnitte



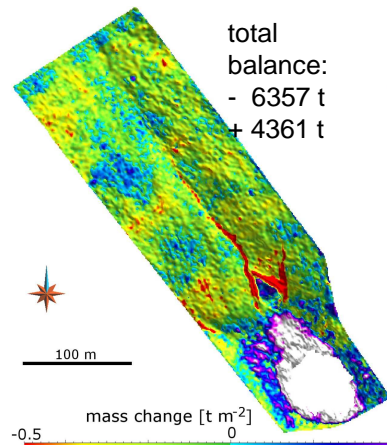
April 2004: Kombination aus digitalem Höhenmodell und Orthophoto



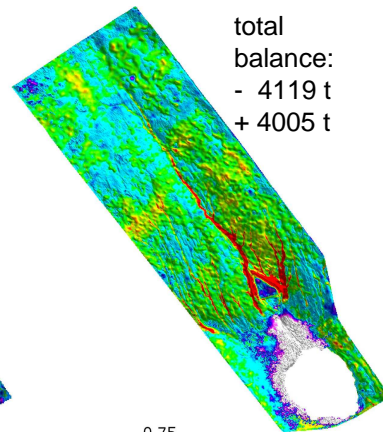
Änderung der Sedimentmasse

Räumliche Verteilung von Volumen-Massenänderungen mit digitalen Höhenmodellen
(Schneider et al., 2012) aus...

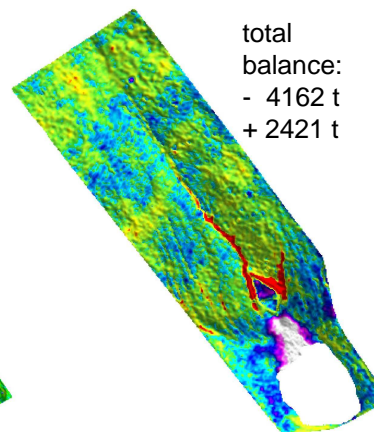
Photogrammetrie



Terrestrial laser scanning, C3

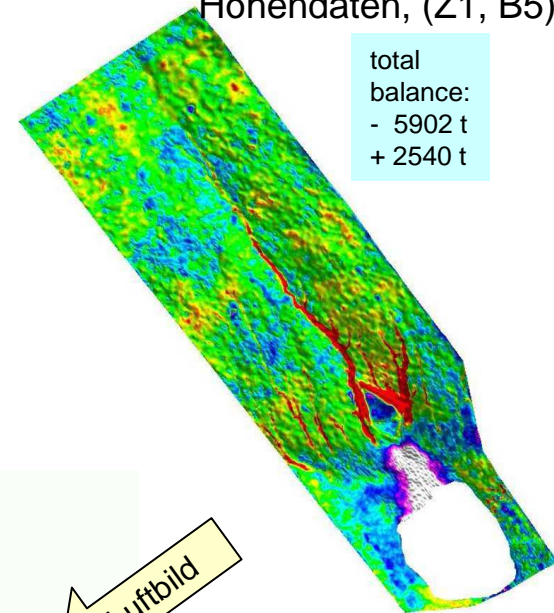


Airborne laser scanning,



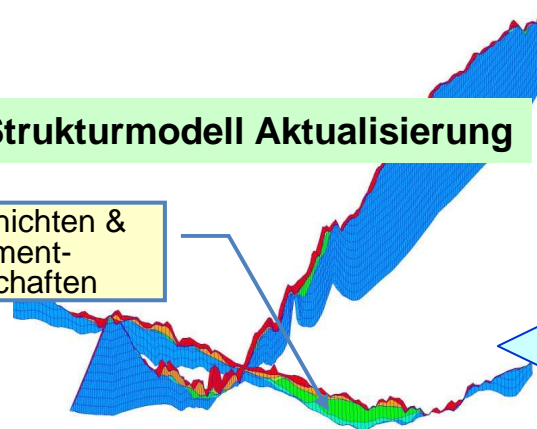
11/2005 – 06/2009

Verbesserung: Multi-source, angepasste Höhendaten, (Z1, B5)



→ Strukturmodell Aktualisierung

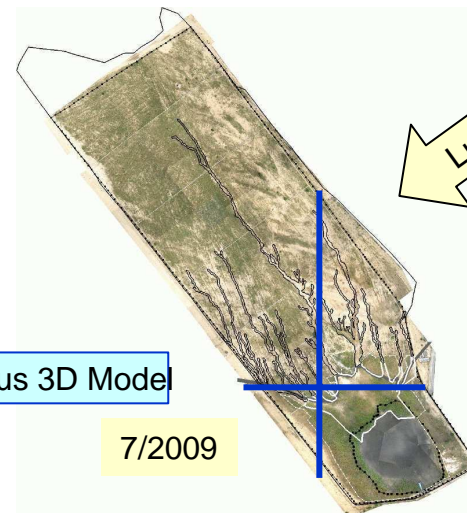
Neue Schichten & Sediment-eigenschaften



Querschnitte aus 3D Model

7/2009

Luftbild

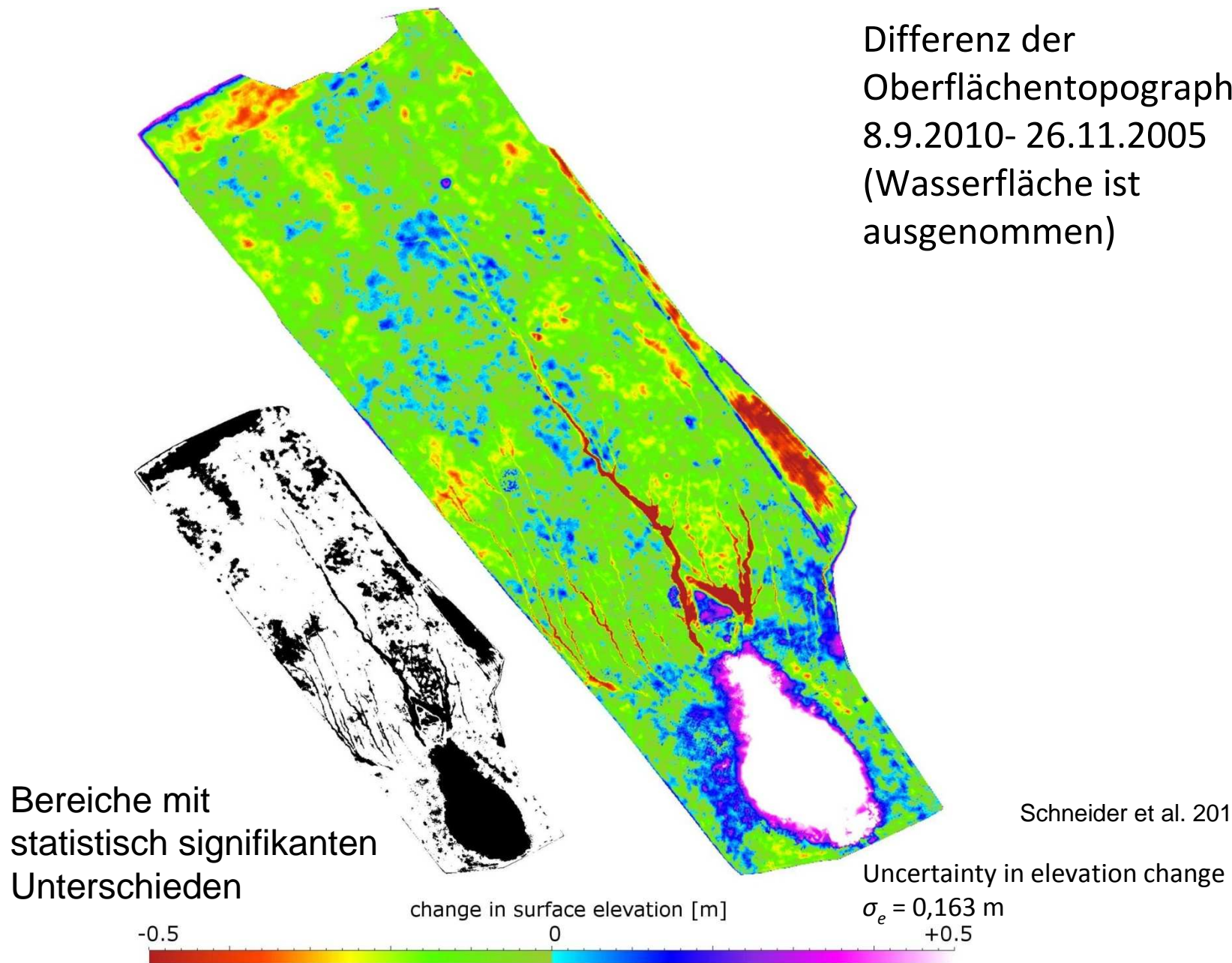


→ Bilanzfehler: Sedimentation in den Teich (?): ca. 2445-3103t (Kleeberg et al. 2010)

→ Verbleibende Differenz: Wind? Sediment export (WEPS Simulationen: einige 100 t)

Änderung der Sedimentmasse

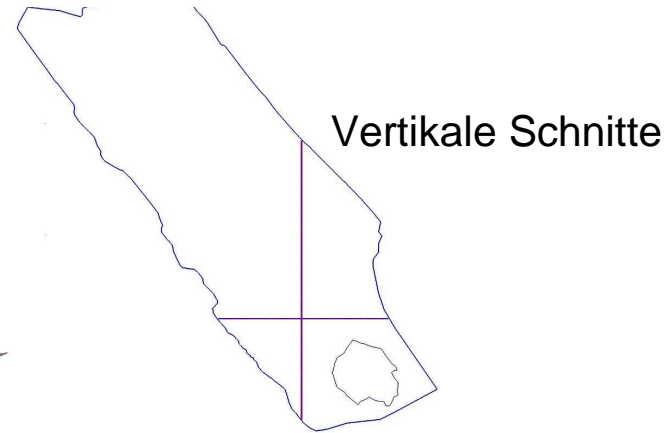
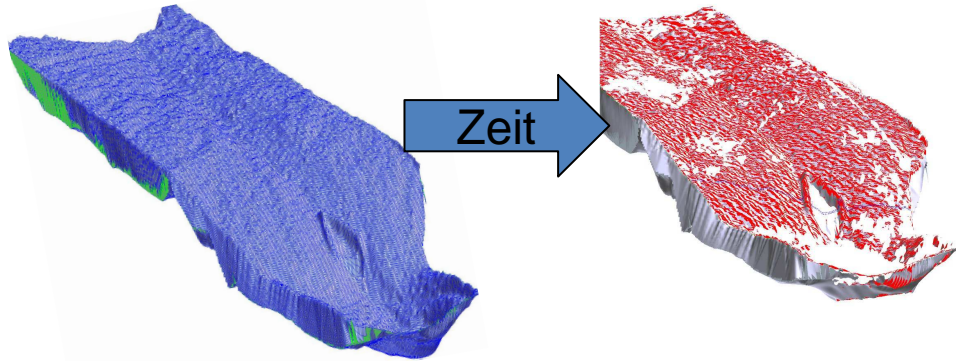
Differenz der
Oberflächentopographie
8.9.2010- 26.11.2005
(Wasserfläche ist
ausgenommen)



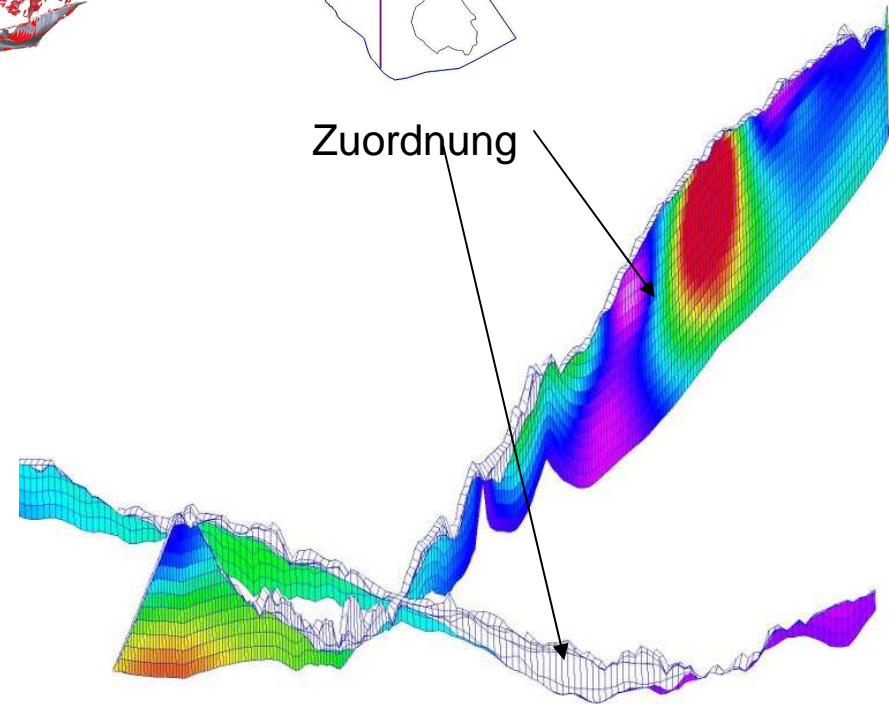
Menge und Zusammensetzung umgelagerter Sedimente

Rekonstruktion aus multitemporalen Höhendaten (Photogrammetrie)

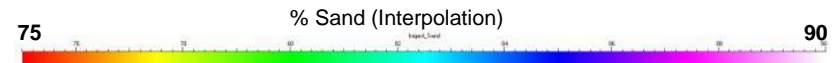
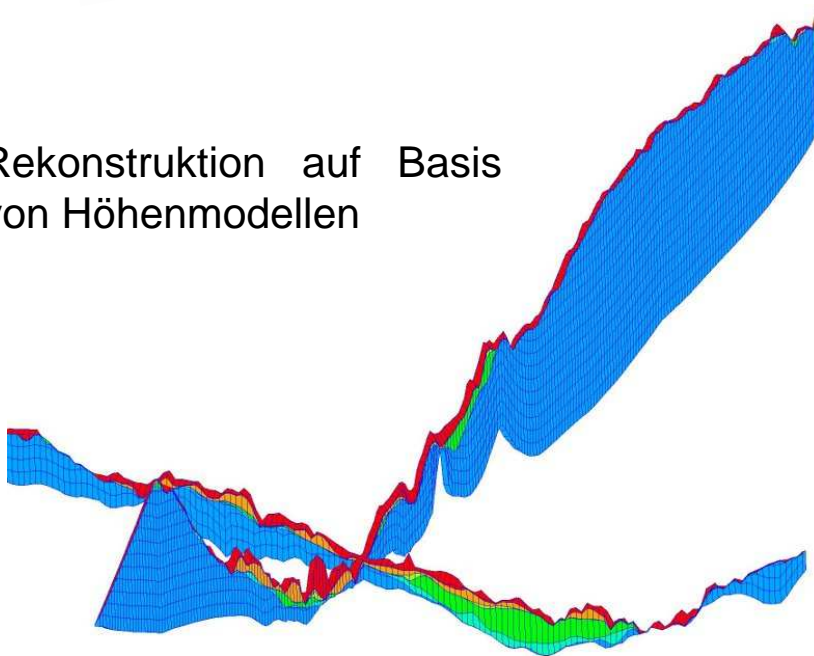
Anfangszustand



Zuordnung

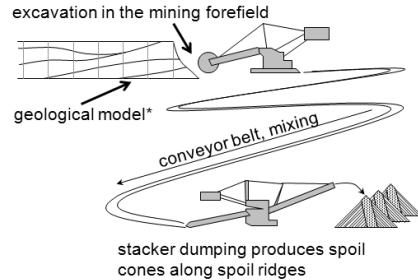


Rekonstruktion auf Basis von Höhenmodellen

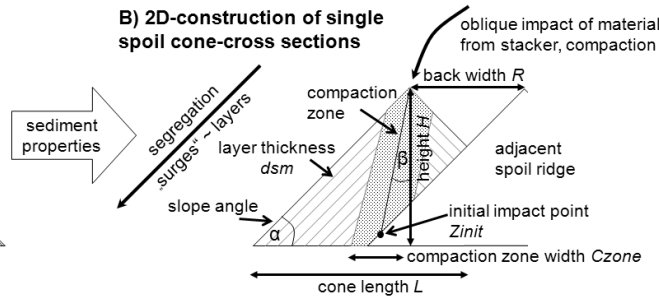


Szenarien unterschiedlicher Internstruktur

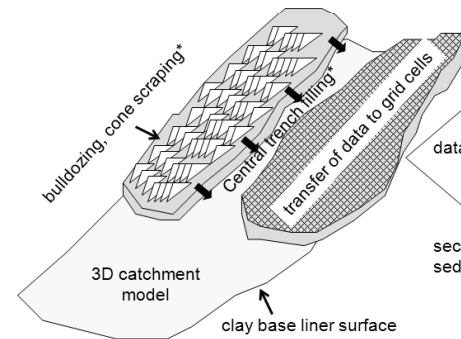
A) Geology, excavation, transport, mixing



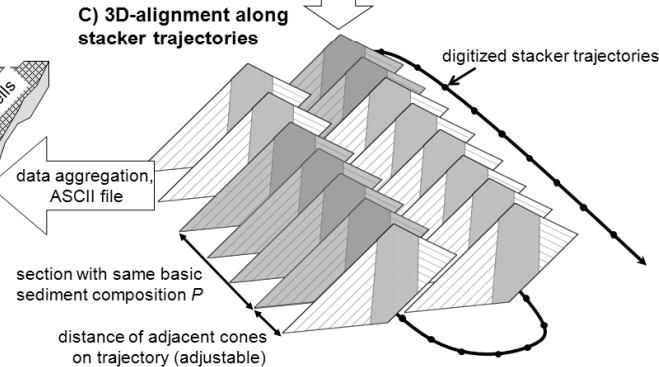
B) 2D-construction of single spoil cone-cross sections



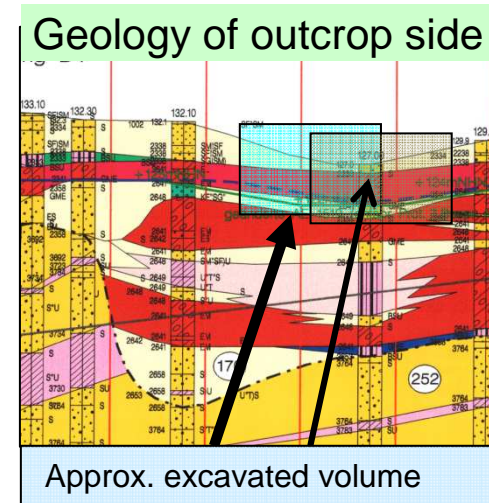
D) Interpolation in GOCAD



C) 3D-alignment along stacker trajectories

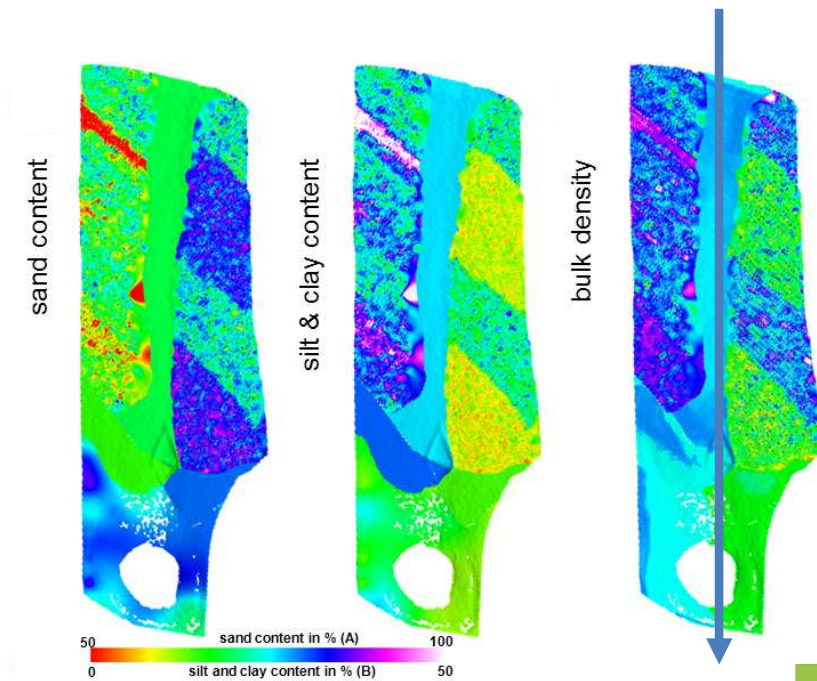


* = considered in future version



Verschiebung der Baggerposition an der Abbauseite
 → verändert Sedimentmischung der Schüttung:
 hier: glazio-fluviatile, glazio-limnische Vor- und Nachschüttsande,
 (Bändersande, Feinsande, Sand-Kies-Mischungen, Schluffe)
 Sowie Moränensedimente (Geschiebemergel)

Initiale Sedimentverteilung (generiert)

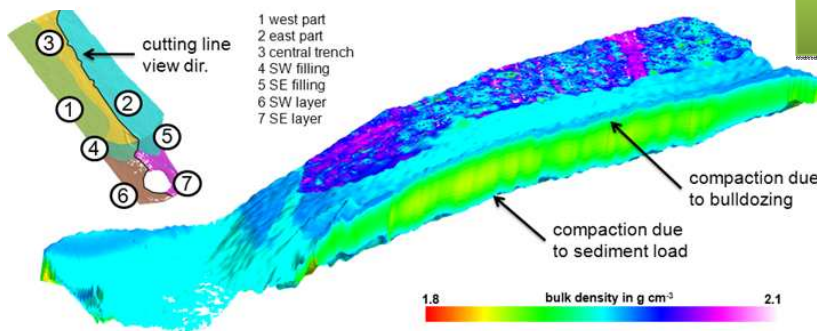


Textur

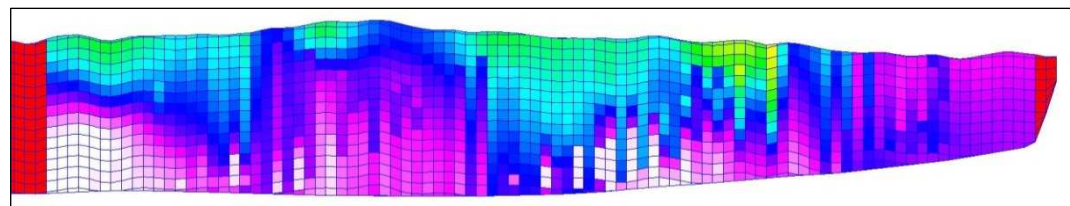
Grundlage:

- Sedimentmerkmale
- Geologie Abbauseite
- Technologie EZG Bau

→ Strukturmodell der Festphase



Lagerungsdichte



Sandverteilung
Im Querschnitt

Ableitung bodenhydraulischer Parameter

„Pedotransferfunktionen“

Wasserretention:

Arya and Paris (1981)

Vereecken et al. (1989)

Hydraulische

Leitfähigkeit

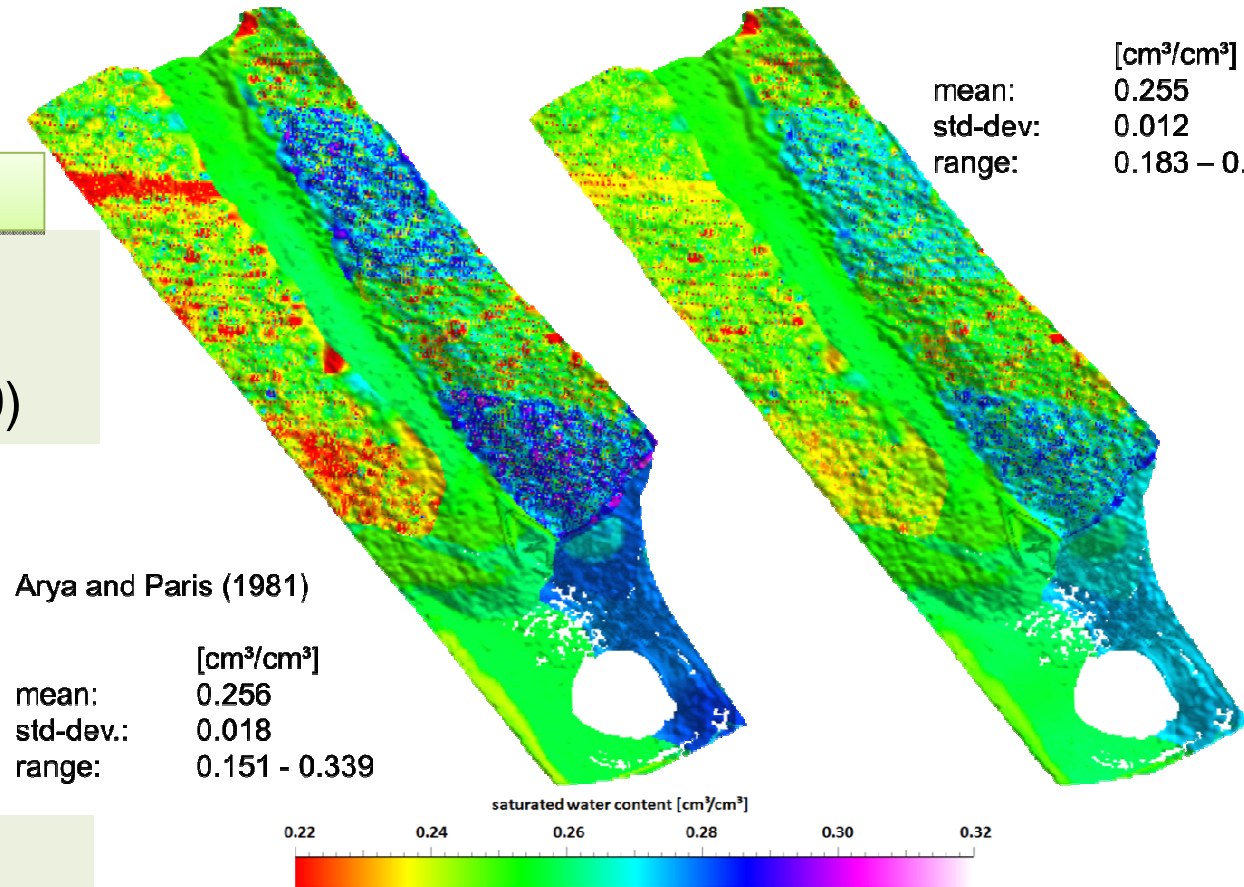
Kozeny-Carman

Vereecken et al. (1989)

nutzbare Feldkapazität

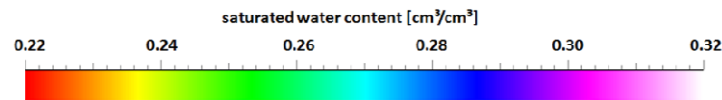
Vereecken et al. (1989)

mean: [cm³/cm³]
 0.255
 std-dev: 0.012
 range: 0.183 – 0.315



Arya and Paris (1981)

mean: [cm³/cm³]
 0.256
 std-dev.: 0.018
 range: 0.151 - 0.339

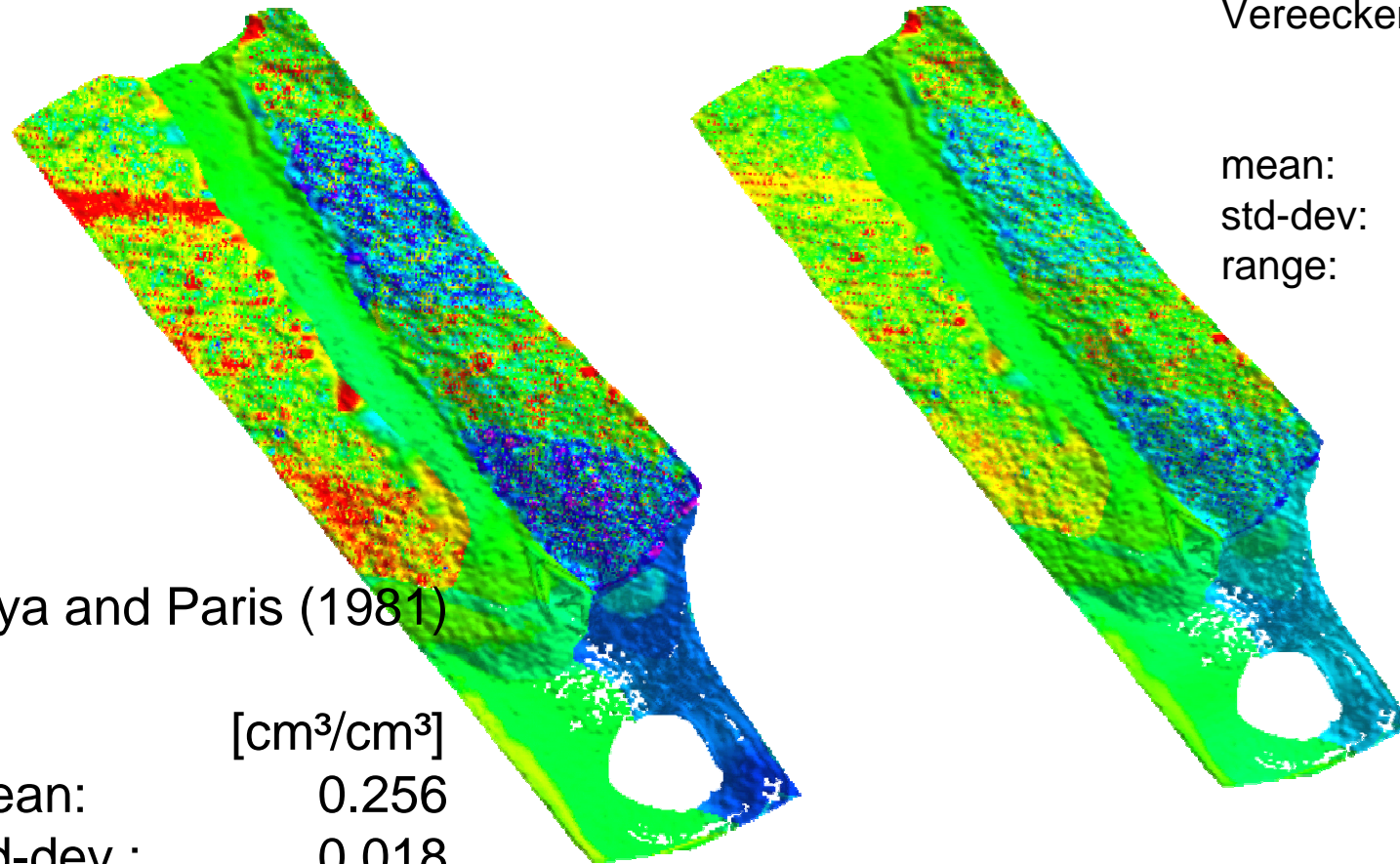


Spezifische
 Permeabilität (m²)

$$k = \frac{d_w^2}{72 \cdot C^2 \cdot \tau} \cdot \frac{(\epsilon')^3}{(1 - \epsilon)^2}$$

Generierte Verteilung des Theta_s-Parameters der Oberflächenschicht

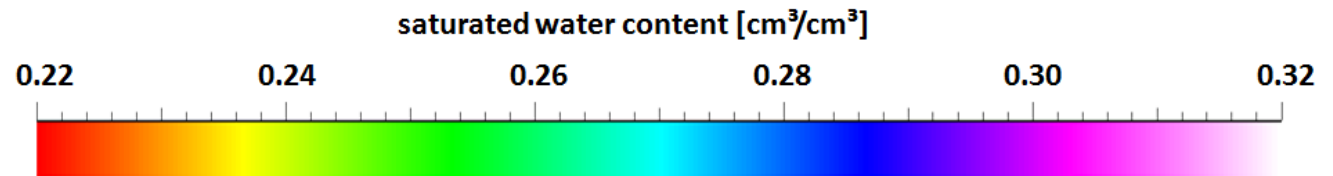
Vereecken et al. (1989)



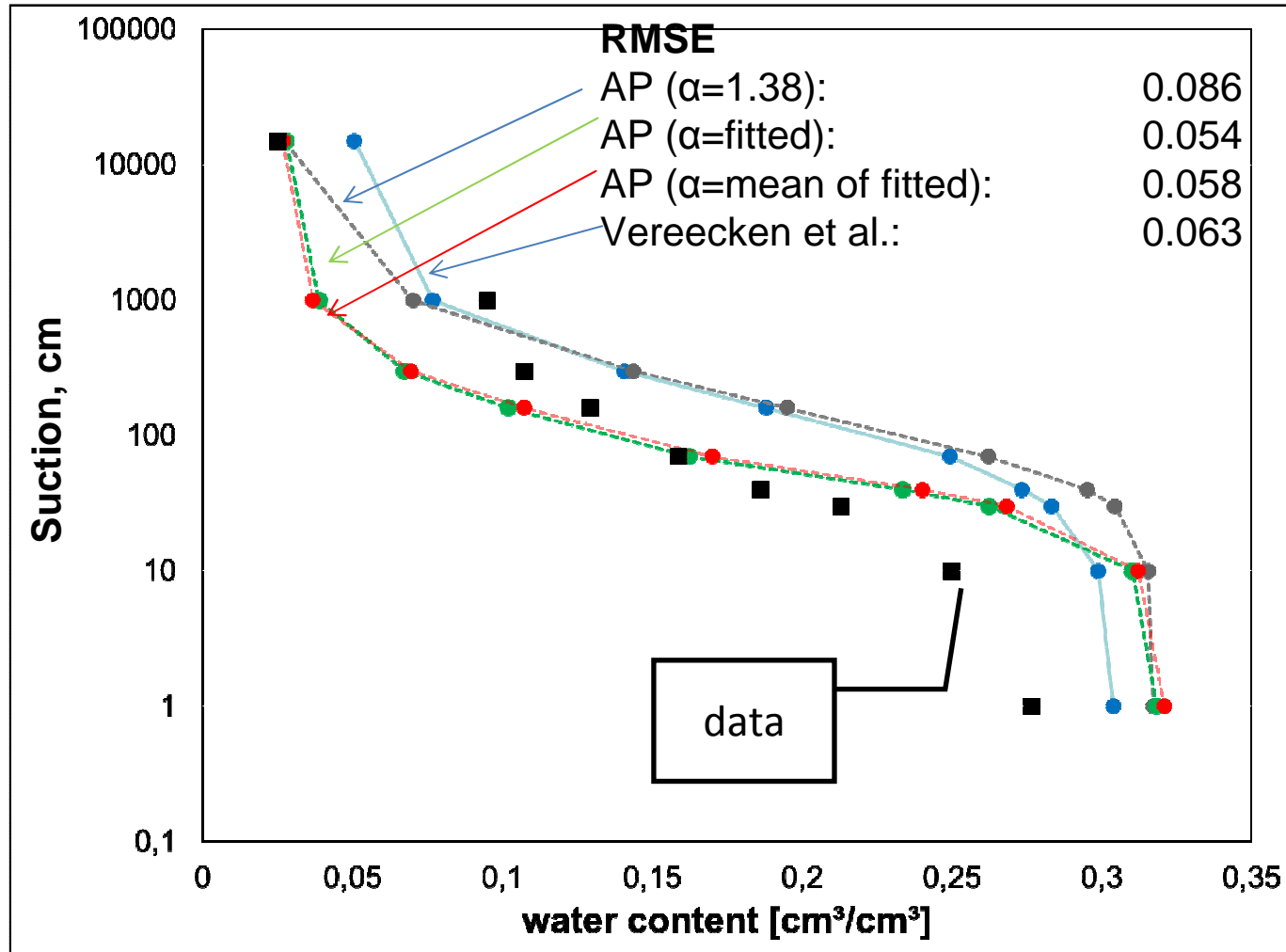
[cm³/cm³]
mean: 0.255
std-dev: 0.012
range: 0.183 – 0.315

Arya and Paris (1981)

[cm³/cm³]
mean: 0.256
std-dev.: 0.018
range: 0.151 - 0.305

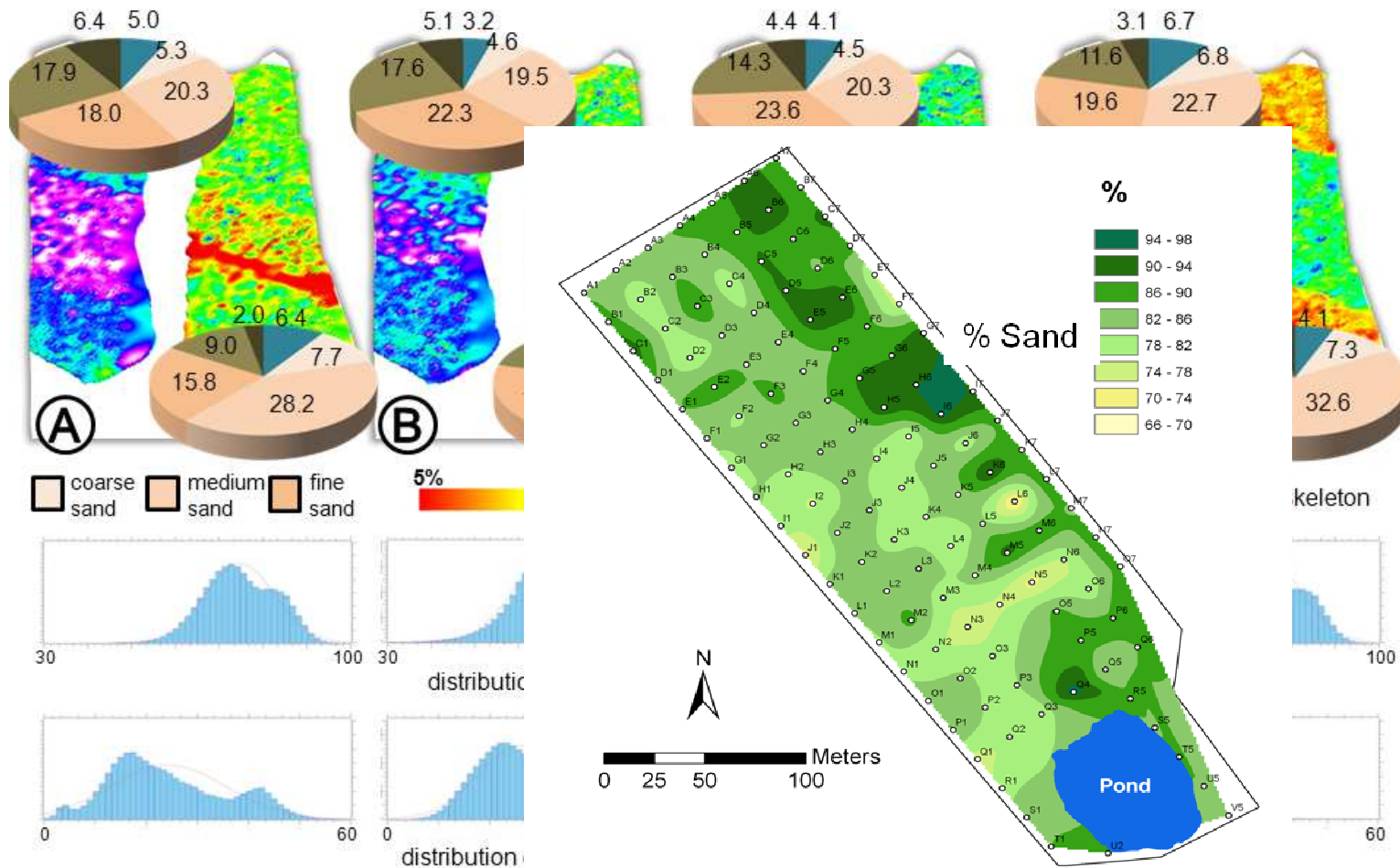


Vergleich mit Messdaten (A. Badorreck)



Kalibrierung des Arya-Paris Modells (AP-alpha)
→ begrenzte Datenbasis

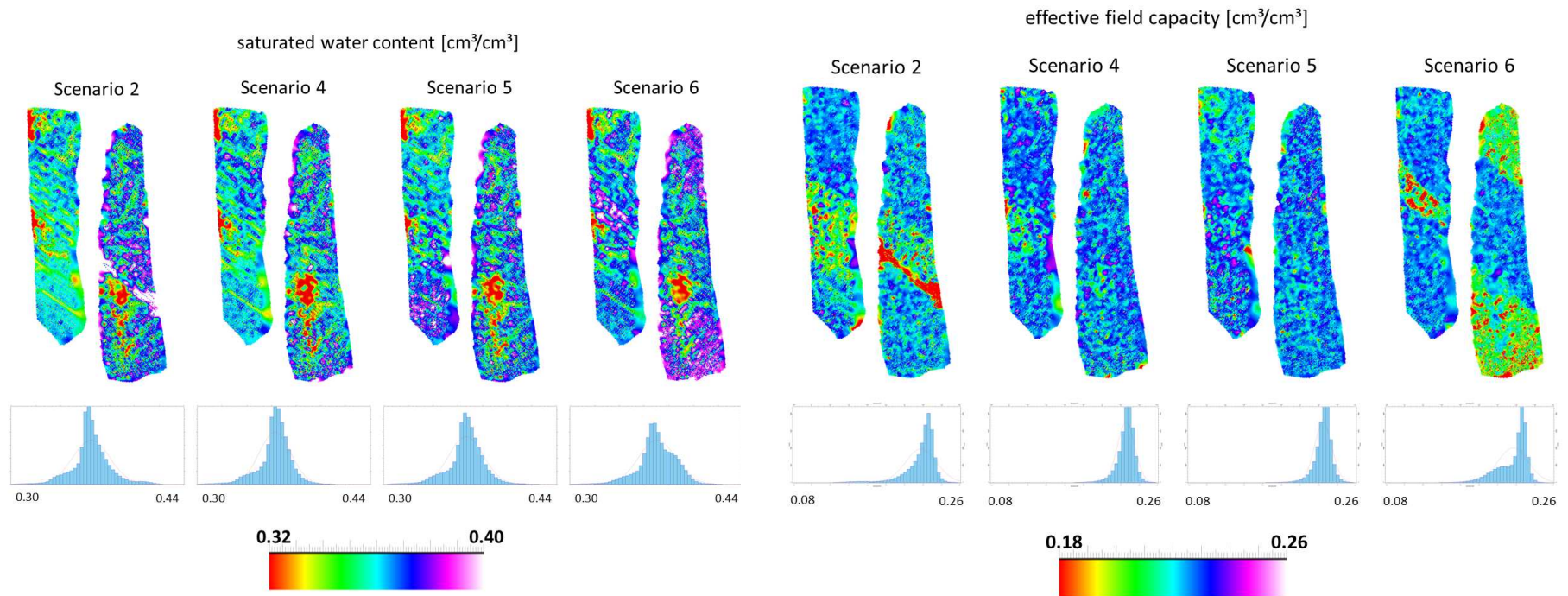
Texturverteilungen der Szenarien



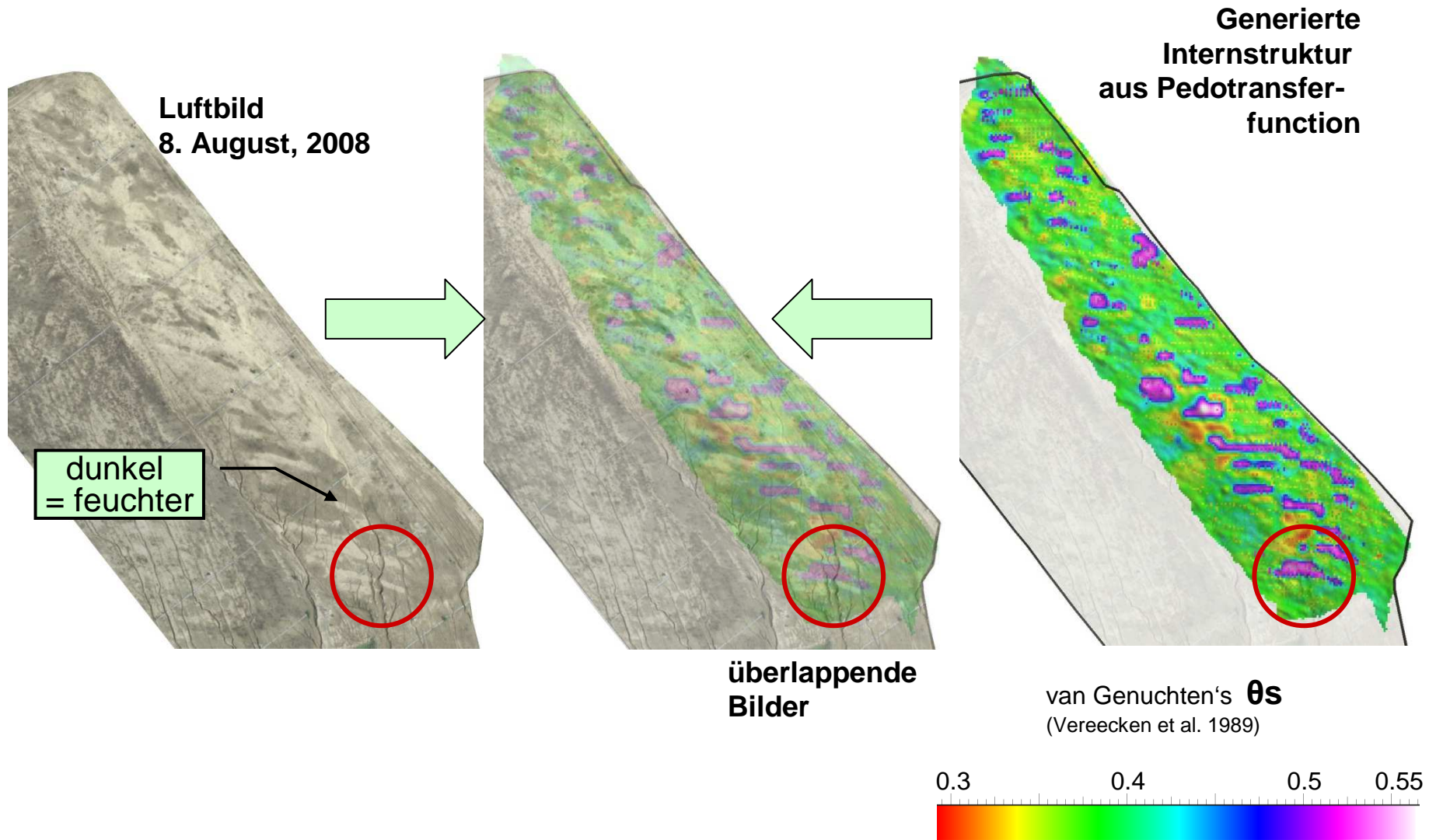
Vergleich: Interpolierte Sandverteilung
Daten des 20 m x 20 m Gitters und Kriging

Verteilungen der hydraulischen Parameter

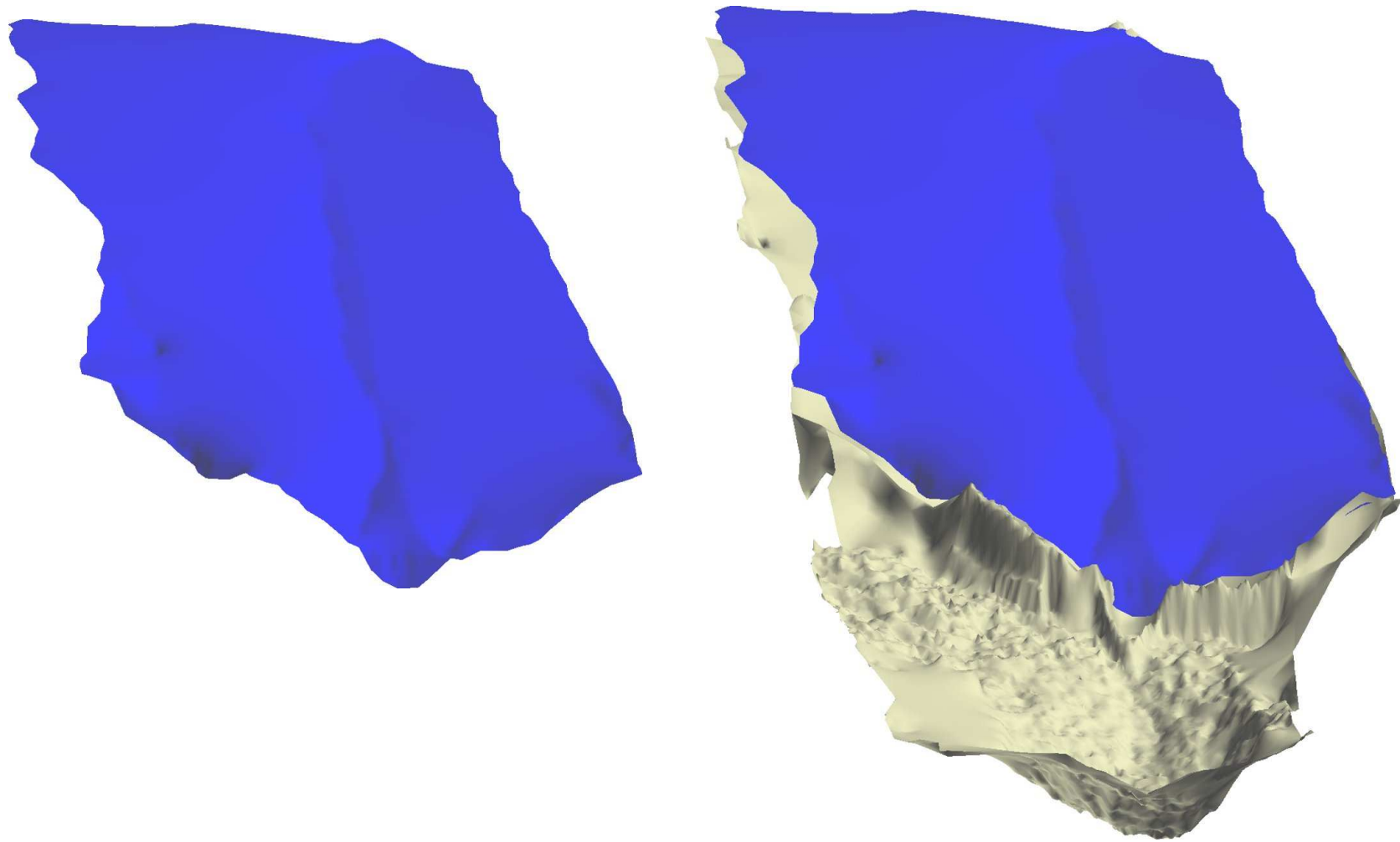
nach Vereecken et al.



Feuchteverteilung und generierte Strukturen

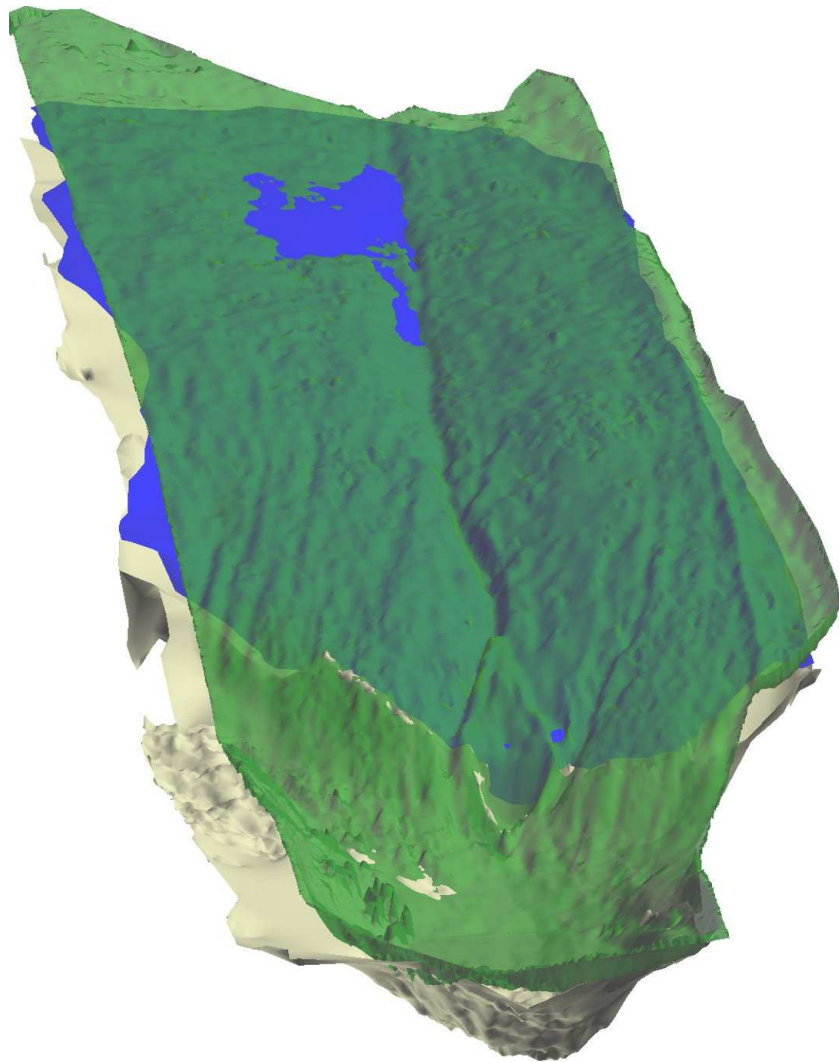


Die Grundwasseroberfläche von Kai Mazur (Modflow), rechts mit der Tonschicht darunter



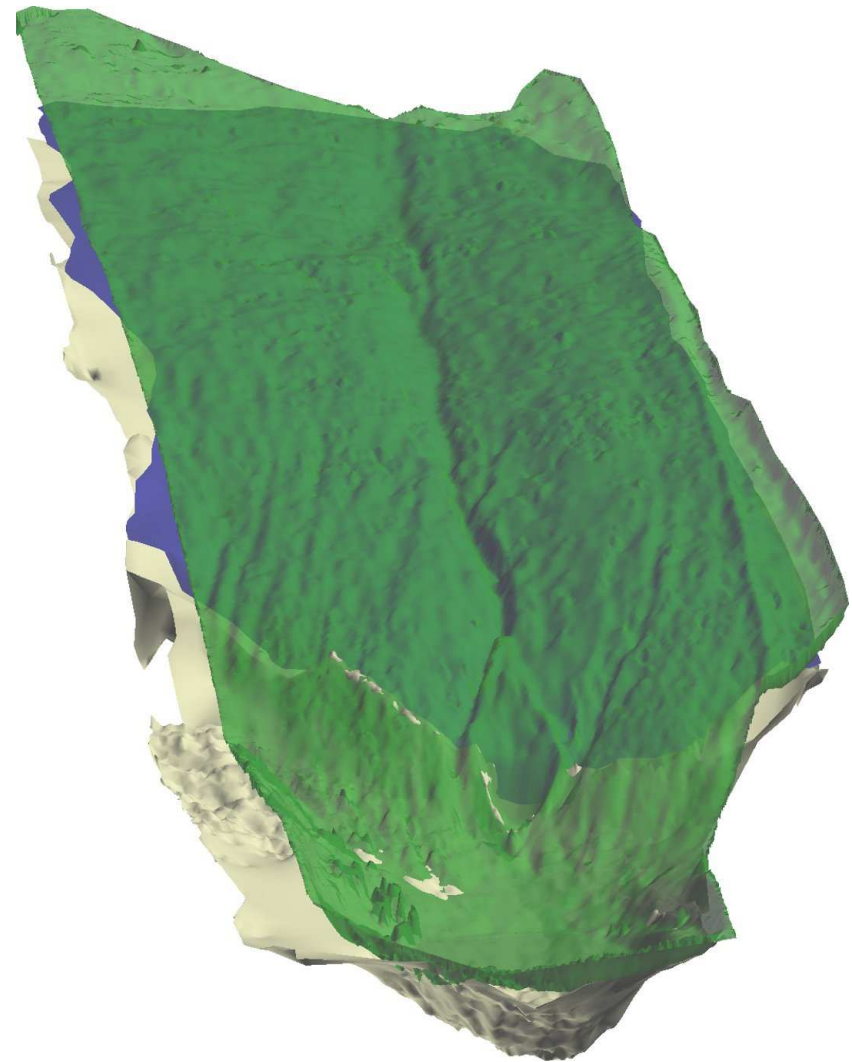
mit der Oberfläche (08.04.2008)

- GW z.T. höher



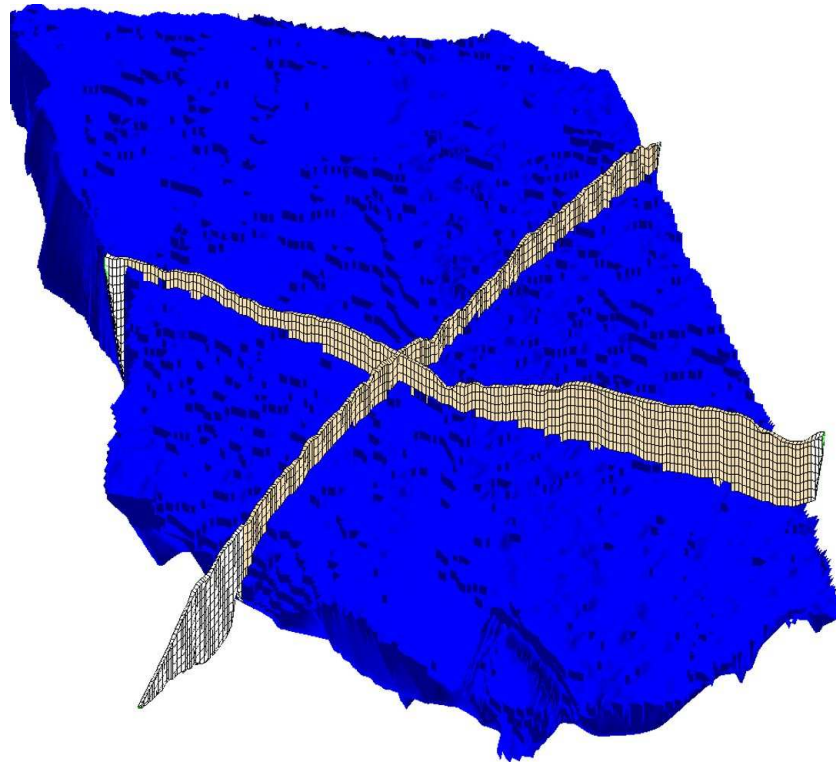
In GOCAD modifiziert: GW-Oberfläche
unter die Geländeoberfläche „gedrückt“

(„remove crossovers“)



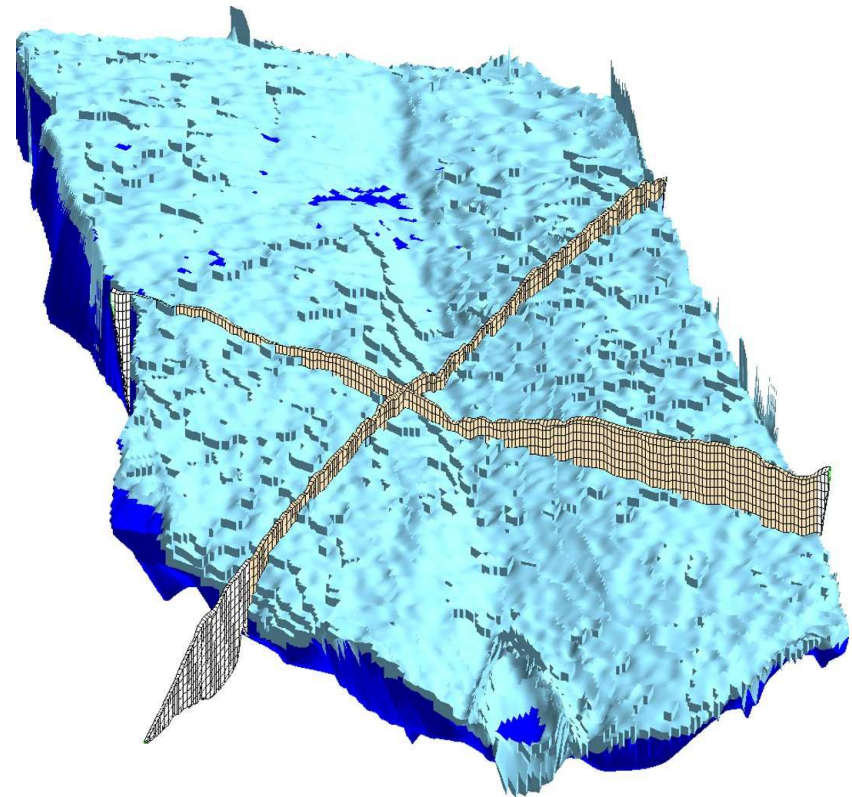
Die Region/Zellen unter der GW-Oberfläche

- Volumen der Region 77204 m³



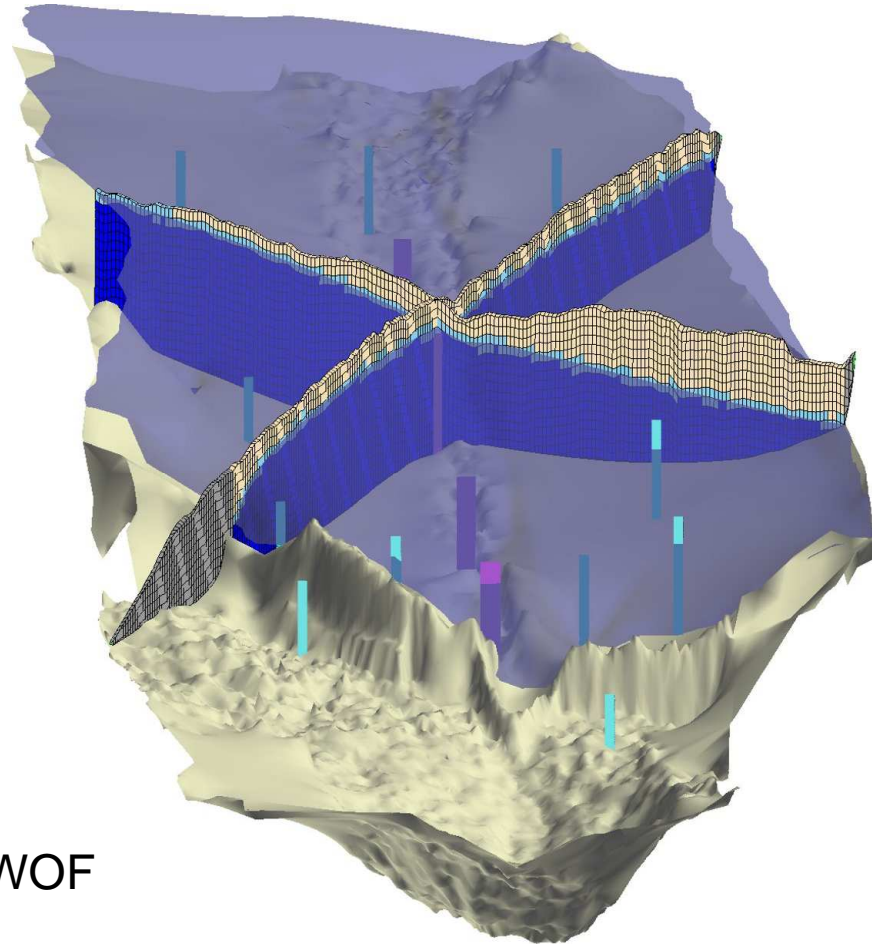
Zusätzlich eine Region aus den Zellen die von der GW-Oberfläche durchschnitten werden

- Volumen der Region 10025 m³



EZG mit Oberfläche von 08.04.08 – Gesamtvolumen 119725 m³ (ohne See)

Verschneidung mit Pegelmessungen



Grau – 0 – keine Information

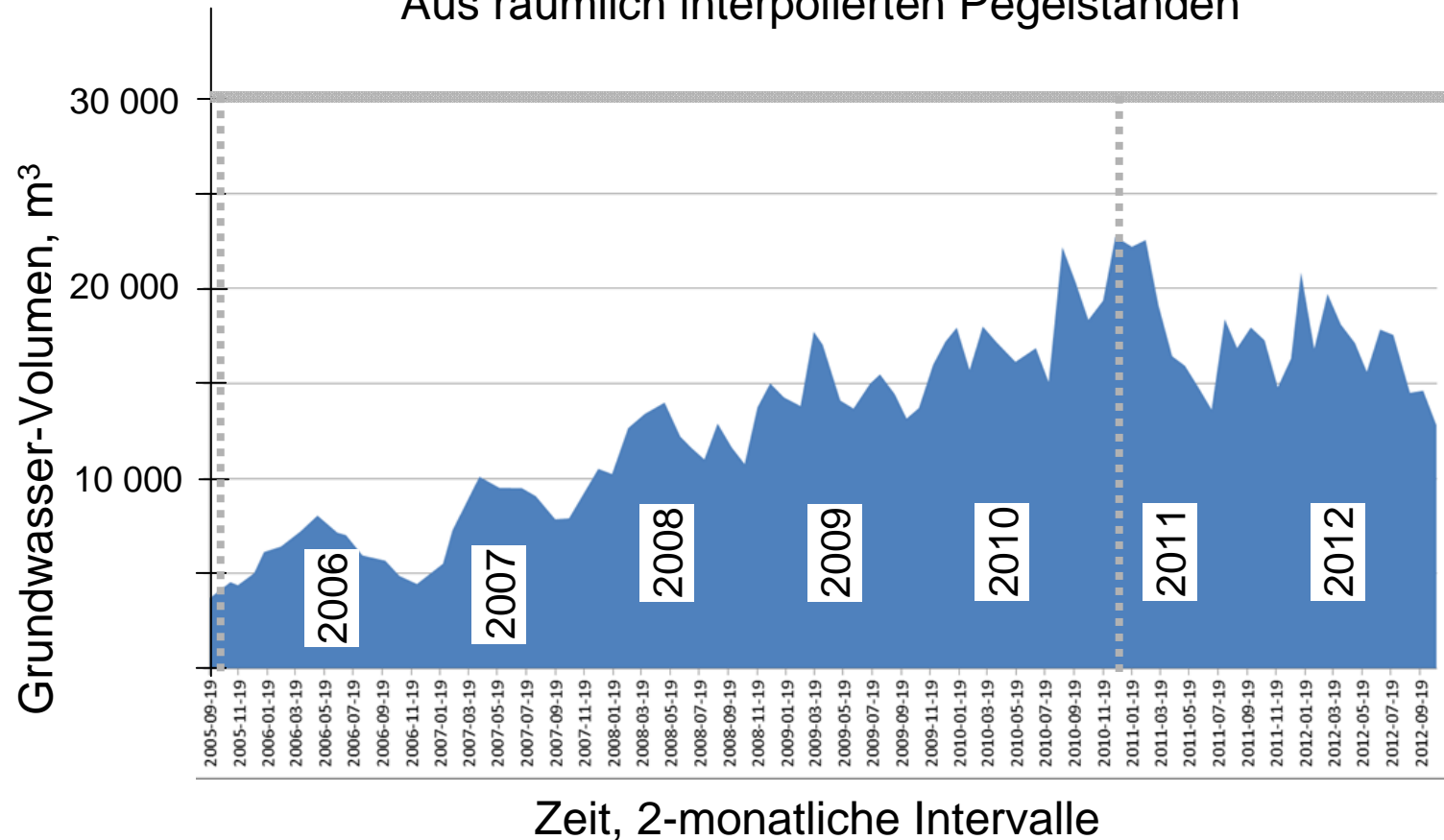
Dunkelblau – 1 – unter der GWOF

Hellblau – 2 – von der GWOF
durchschnitten

Braun – 3 – über der GWOF

Wasservolumen im gesättigten Porenraum

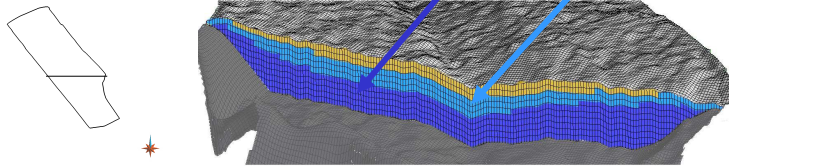
Aus räumlich interpolierten Pegelständen



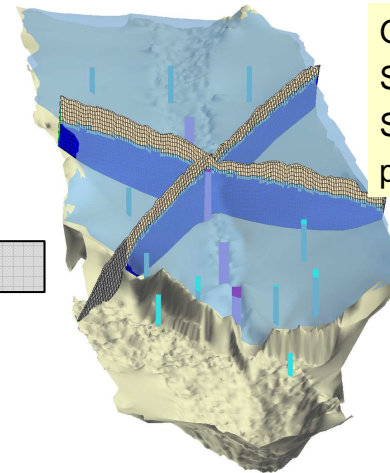
Porenvolumen nördlich des Tonwalls,
generierte initiale Internstruktur 2005
PV = 30345 m³ (28% Porosität)
Min. GW-Sättigung Sept. 2005 (12 %)
Max. GW-Sättigung Dez. 2010 (75 %)

Integration & Visualisierung

Grundwasserstand
3D-GoCad, Z1, C1

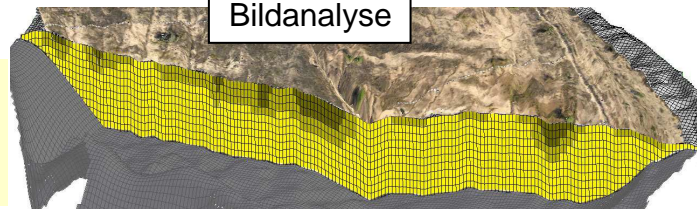


Grundwasser
Simuliert: 8. April, 2008
Surface: 24. April, 2008
pegel: März–April 2008



Luftbilder &
Bildanalyse

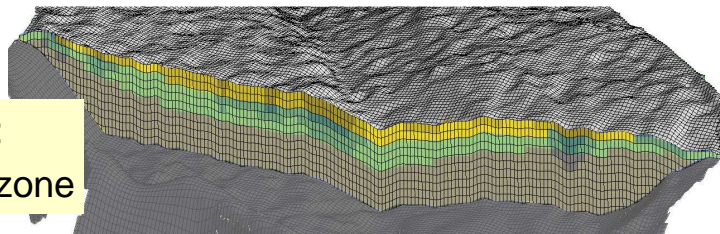
Vegetation
Photos, Z1, terr. laser, C3,
Wurzelentwicklung, B1



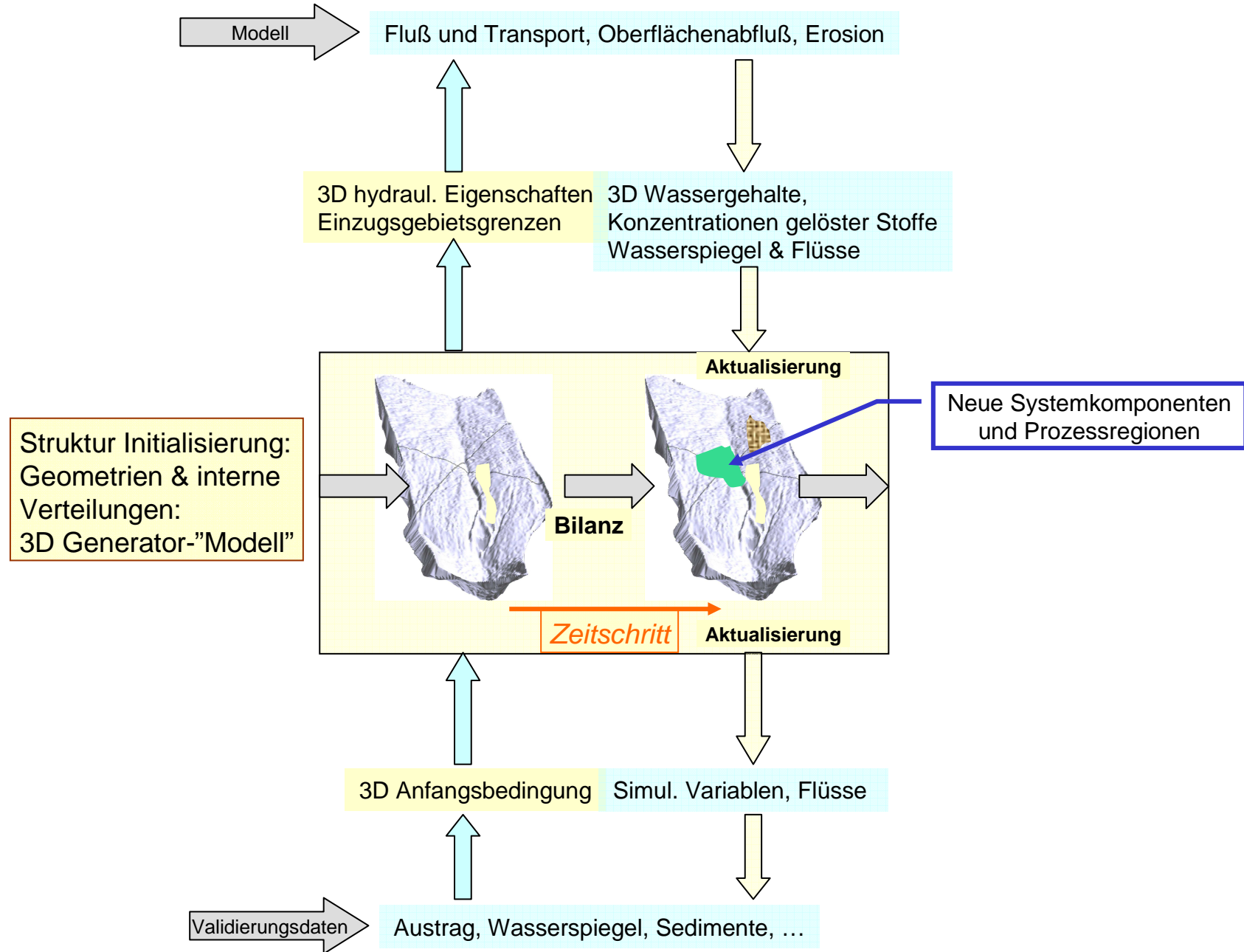
Example: root zone & surface vegetation

Weitere räumliche Daten (e.g.):
➤ Bodeneigenschaften (A-groups)
➤ community structures (B-groups)
➤ Flüsse, Veg., Rückkopplungen (C-)

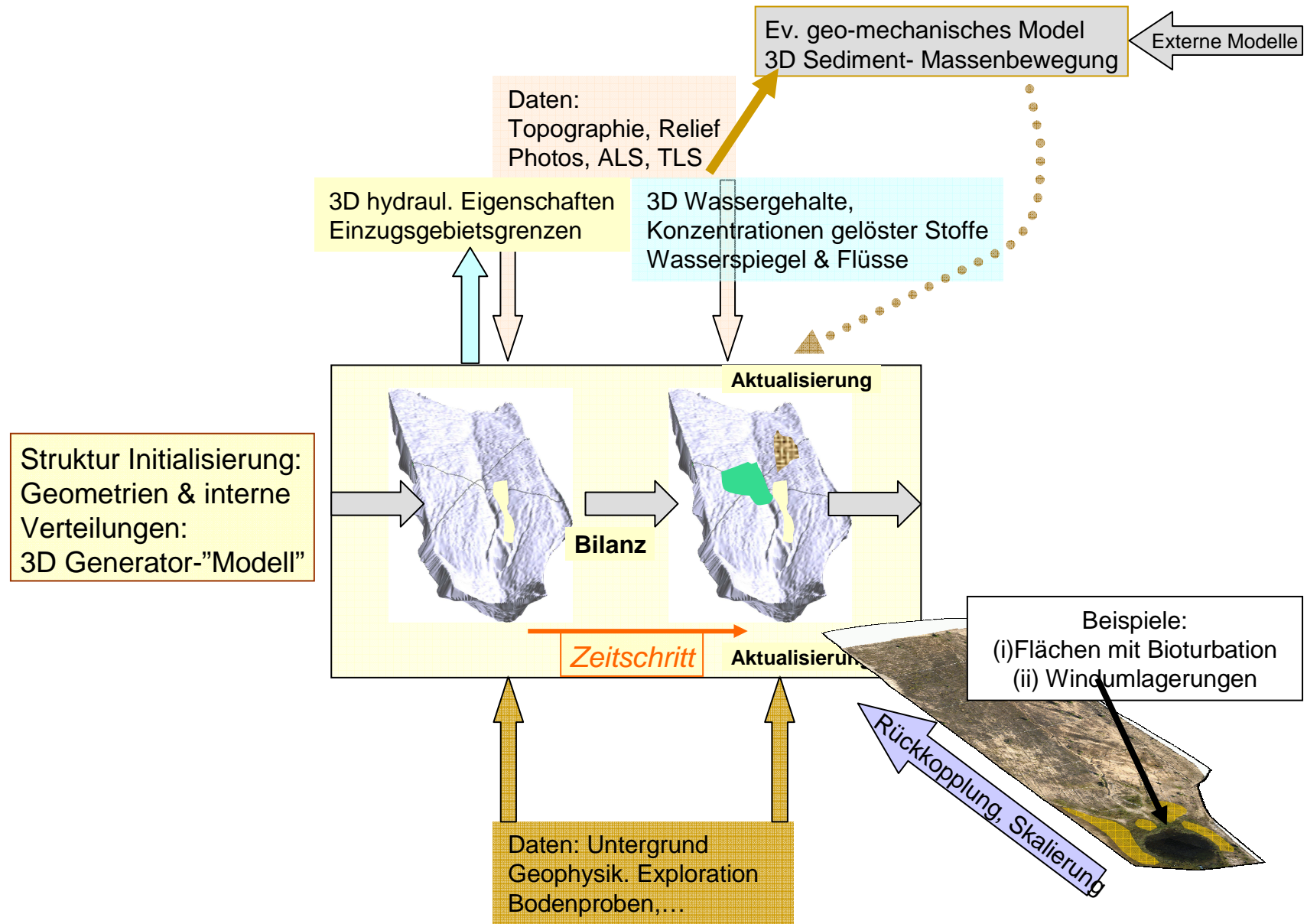
Kombination (Bsp):
Wasserstand & Wurzelzone



Konzept zur Integration von Modellen & Daten



Konzept zur Integration von Modellen & Daten



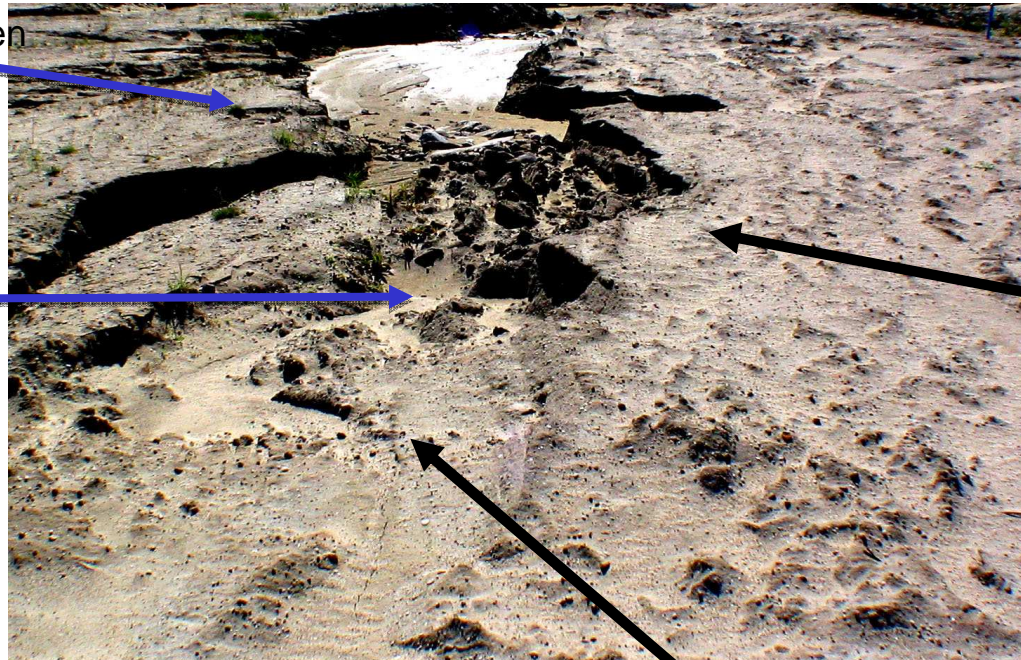
Sedimentumlagerung durch Wind, Texturveränderung



Durch Wind veränderte Oberflächenstrukturen im April 2007

Deflations-Flächen

Gullies mit
äolischen
Sedimenten



Abrasion von Bodenklumpen

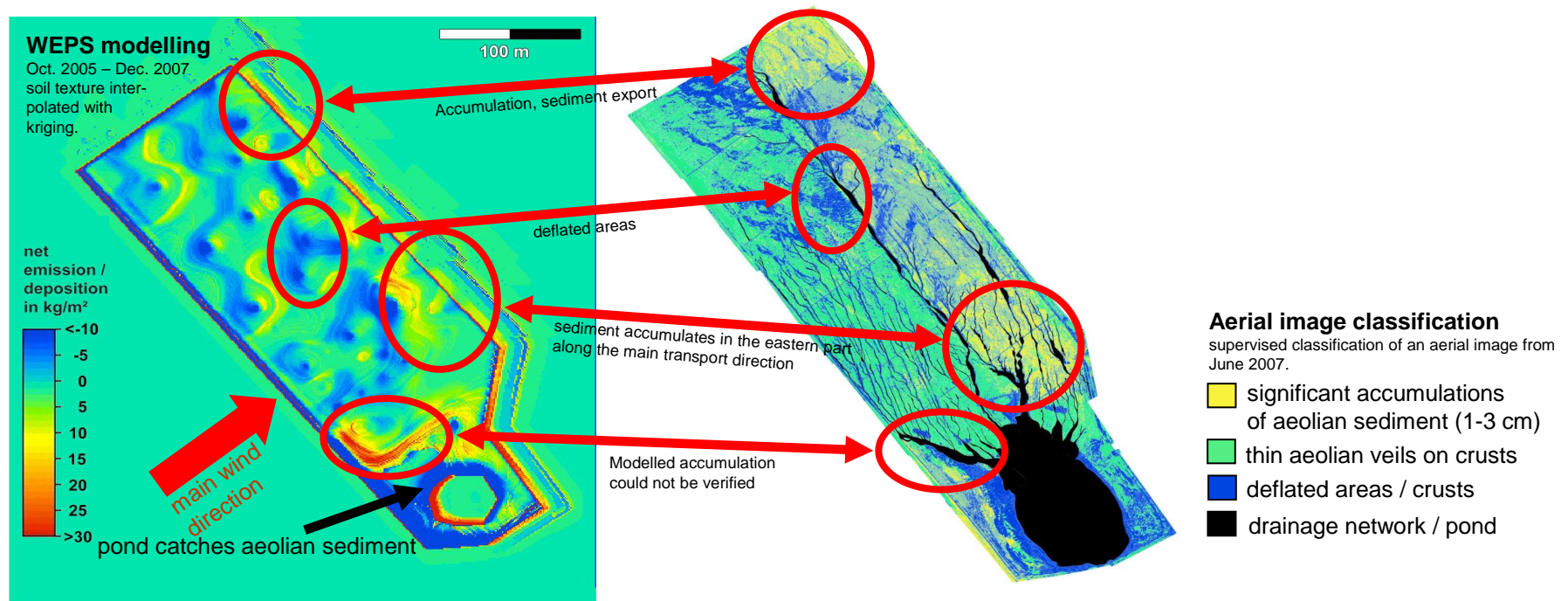
Windrippen

Sedimentumlagerung durch Wind, Abschätzung

Modellierung mit dem Wind Erosion Prediction System (WEPS)

Export aus dem Gebiet (Okt. 2005 – Dez. 2007) im Mittel etwa 100 t (ca 9 t ha⁻¹ y⁻¹).

Eintrag unbekannt.



Zusammenfassung und Ausblick

Strukturmodell eines hydrologisches Einzugsgebiet – initiale Phasen

- Abbildung der sich ändernden räumlichen Strukturen, Sedimente, Komponenten, Ränder, Prozessregionen
- Generierung von „Wiederholungen“ d.h. statistisch möglichen ähnlichen EZG – Übertragbarkeit auf andere EZG mit anderer Genese
- Gleiche generierte Anfangsbedingungen unter anderen Klimabedingungen?
- Bilanz der Festphase als Klammer zwischen Monitoring, Erkundung und Prozessanalysen erlaubt: Ableitung von Anfangsbedingungen, Modellparametern, Validierungsmöglichkeiten (Testgebiet Hühnerwasser)
- Zahlreiche offene Fragen: Skalenfrage-Ableitung effektiver Eigenschaften aus kleinskaligen Verteilungen, Bilanzierung, Entstehung, Aufbau und Abbau der Pools von mineralischen, organischen, biotischen Komponenten
- Neu: Kombination und Verschneidung, Generierung integrierter Daten



Vielen Dank für ihre
Aufmerksamkeit!