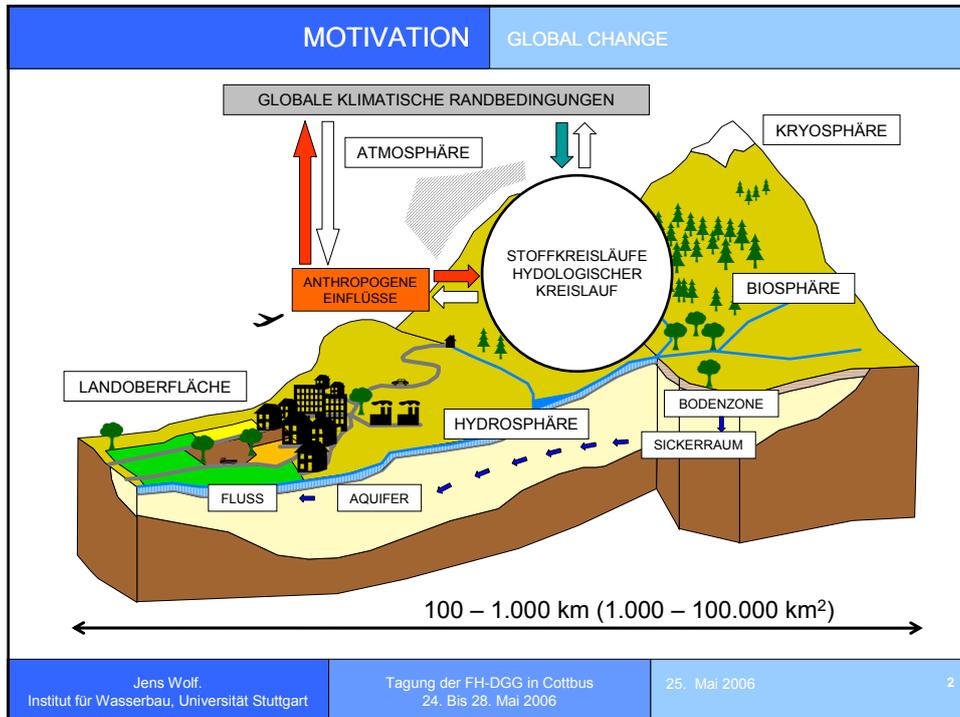
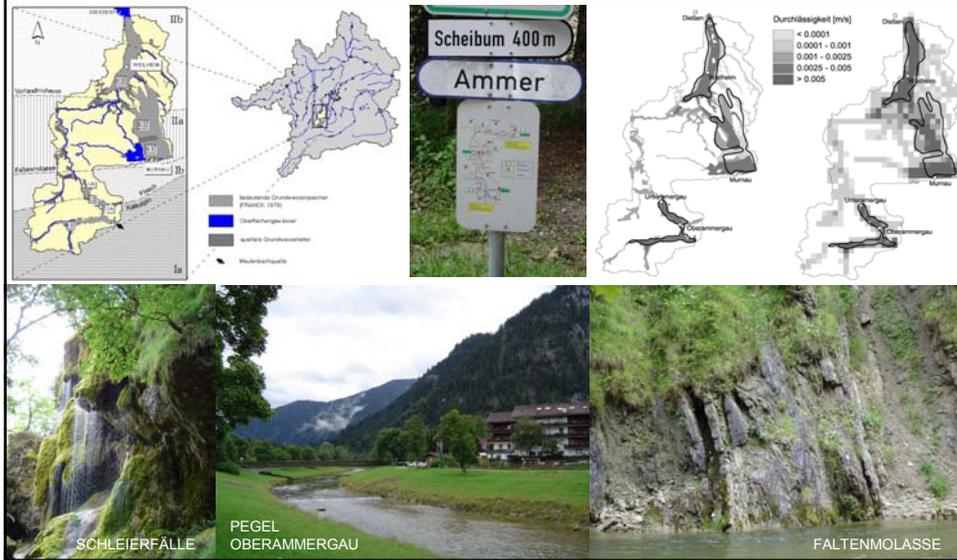


# Grundwassermodellierung im Kontext hydrologischer Modellierung auf unterschiedlichen Skalen

## – Eine Fallstudie im Einzugsgebiet der Ammer.

J. Wolf<sup>1</sup>, V. Rojanski<sup>1</sup>, R. Barthel<sup>1</sup>, J. Braun<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart, jens.wolf@iws.uni-stuttgart.de



Sehr komplexe Strukturen müssen auf der regionalen Skala so abgebildet werden, dass das entstandene Modell prognosefähig, d.h. unter veränderten Bedingungen sinnvolle Ergebnisse liefert.

→ Daher werden physikalisch basierte Modelle benötigt.

#### Definition **physikalisch basiert**

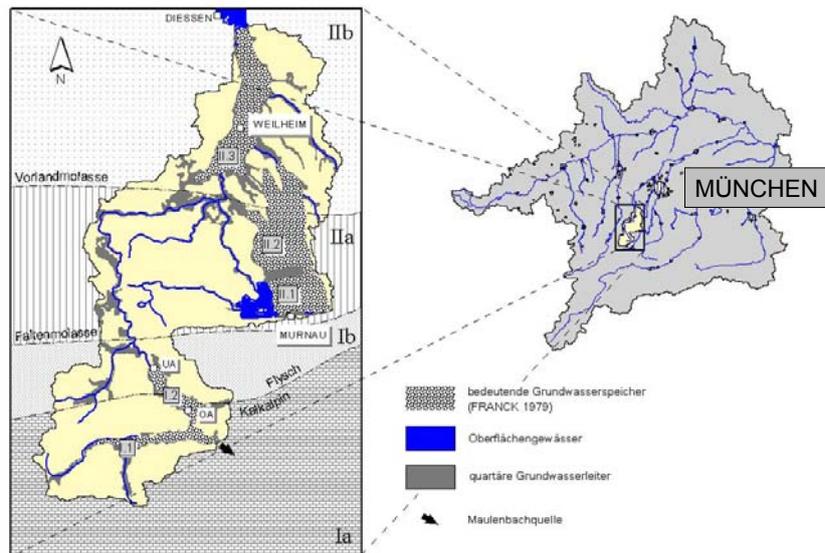
1. Beruhen auf Erhaltungssätzen und physikalischer Prozessfunktion
2. Parameter der Prozessfunktion sind in der Natur messbar

Im ersten Schritt: **Aufbau des Teilmodells**

- lässt sich das Modell auf der benötigten Skala anwenden?  
d.h. für Grundwasser: Upscaling
- Ist das Modell dann noch physikalisch basiert - prognosefähig?
- Wie ist das Modell mit den anderen Teildisziplinen zu koppeln?

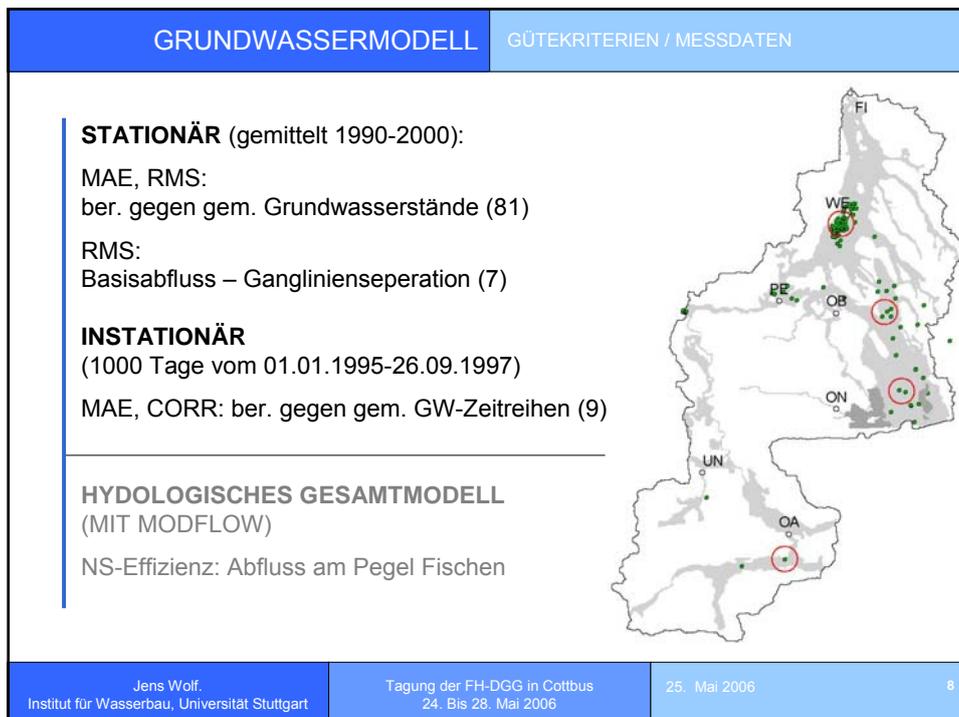
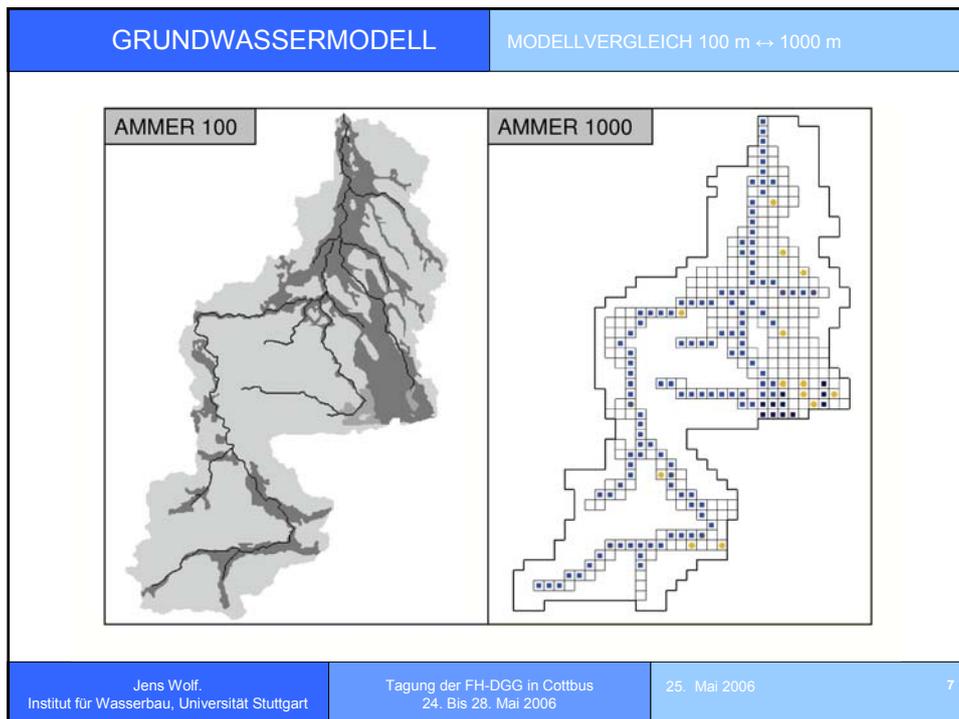
PROBLEM  
MODELLGRÖSSE

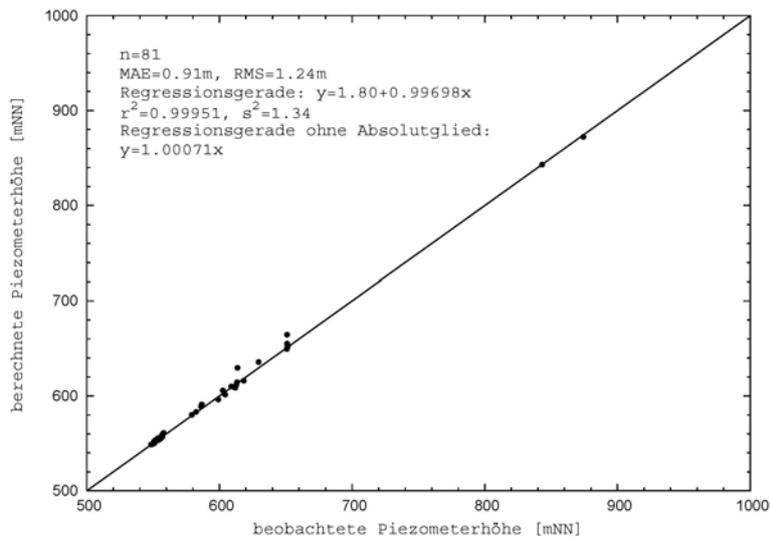
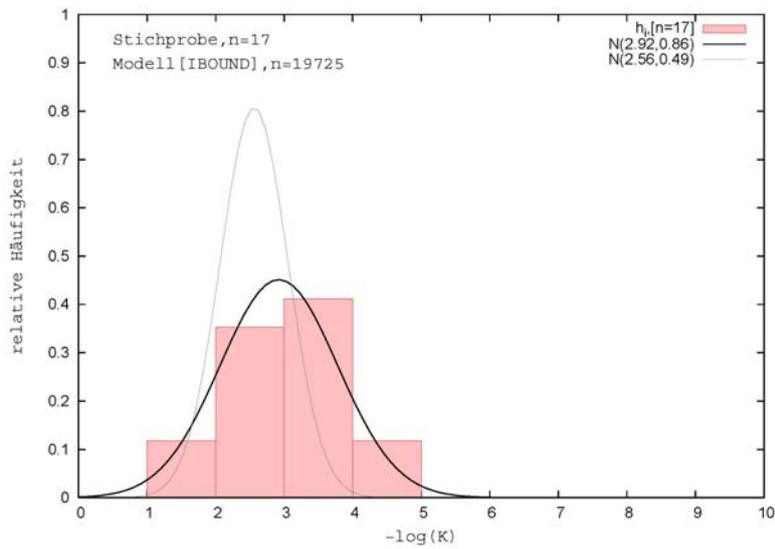
PROBLEM  
INTEGRATION

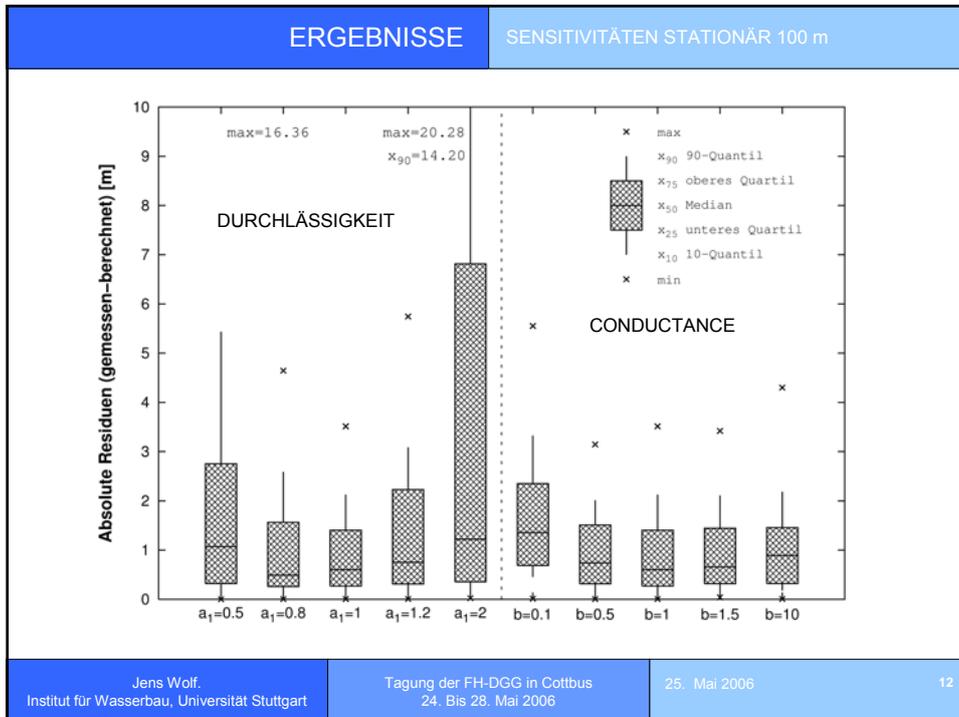
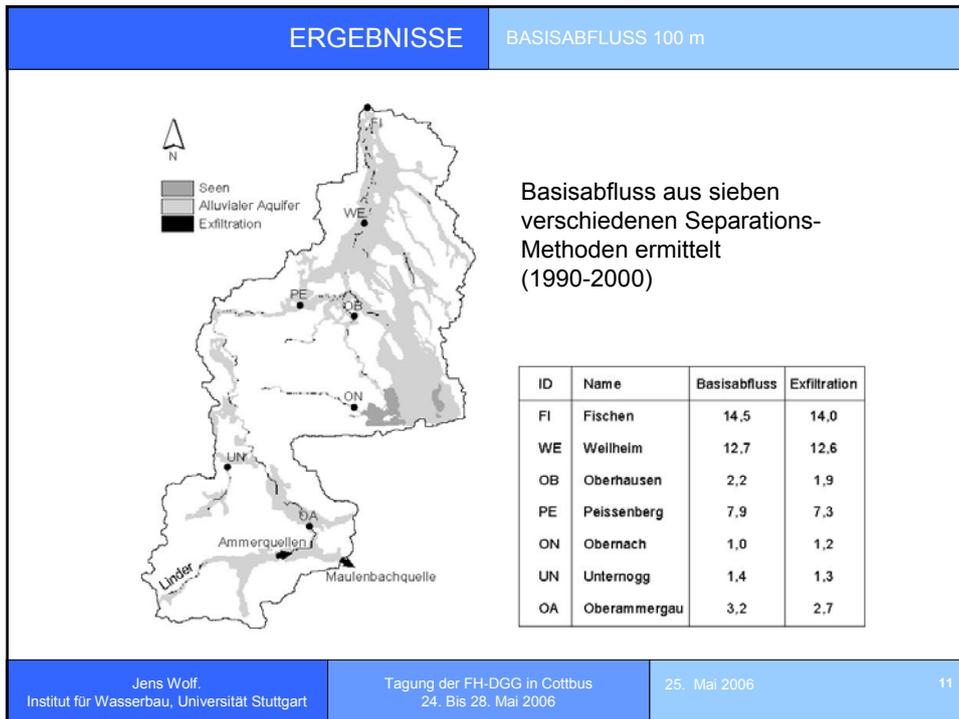


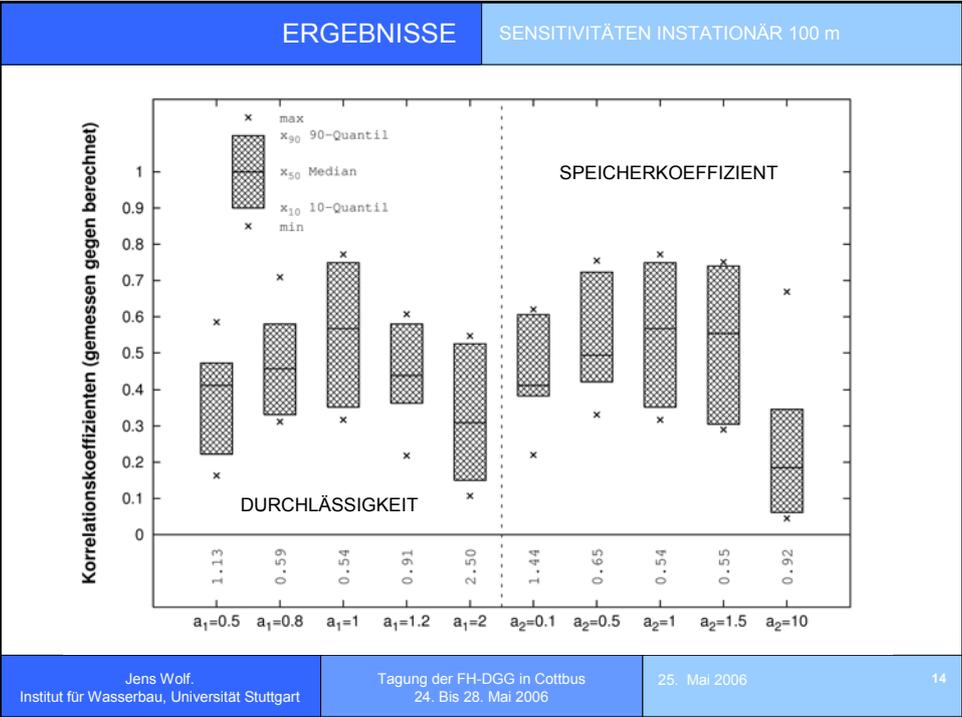
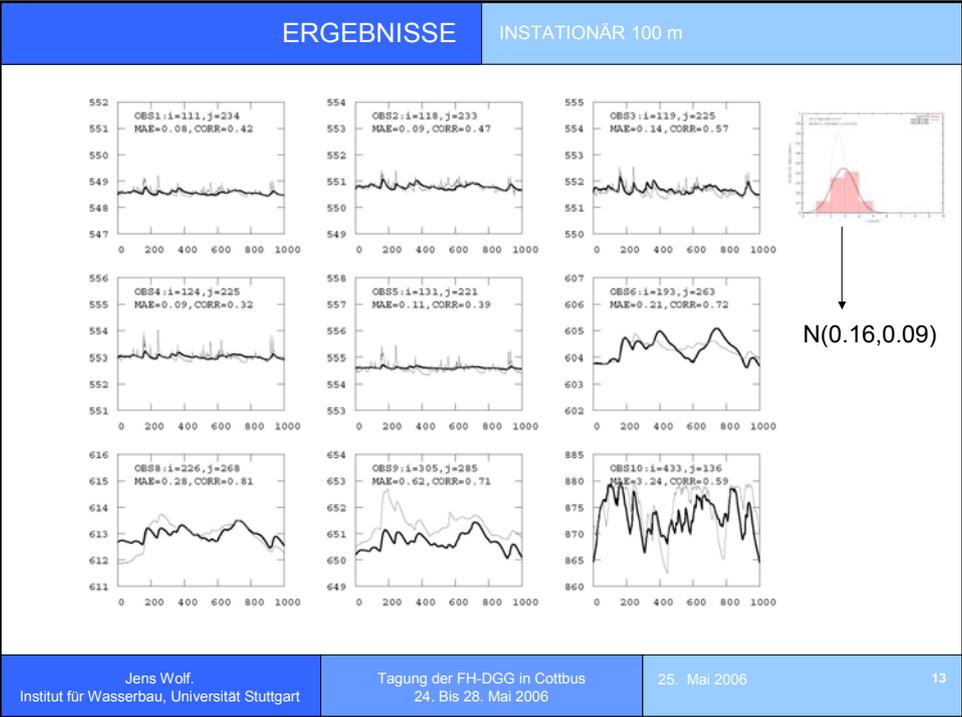
GRUNDWASSERMODELL		VORGEHENSWEISE
<p>MODFLOW-2000 (USGS), Finite Differenzen Eine Schicht (alluvialer Aquifer)</p> <p><b>1. Schritt: Aufbau eines Referenzmodells:</b></p> <p>Diskretisierung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- räumlich: 100 m [im ersten Schritt stationär (1990-2000) → K]</li> <li>- zeitlich 1 d (Zeitraum 1000 Tage vom 01.01.1995-26.09.1997) [stationäre Lösung als Anfangsbedingung → S]</li> </ul> <p><b>2. Schritt: Upscaling (Aggregation)</b></p> <p>S,K (100 m) → S, K (1000 m) Test von sieben Aggregationsmethoden für K (vier für S + Test von konstanten Werten, z.B. nach MAROTZ)</p>		
Jens Wolf. Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart	Tagung der FH-DGG in Cottbus 24. Bis 28. Mai 2006	25. Mai 2006 5

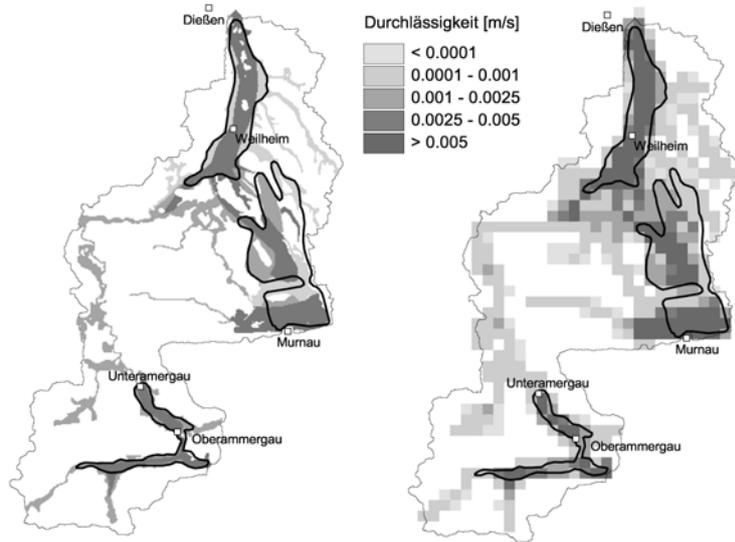
GRUNDWASSERMODELL		RANDBEDINGUNGEN
<p><b>Flussnetz / EZG:</b> TOPAZ: Topographische Analyse zur Parametrisierung von Einzugsgebieten DGM100: EZG: 729 km<sup>2</sup>    Flusslänge: 151 km DGM1000: EZG: 751 km<sup>2</sup>    Flusslänge: 121 km</p> <p><b>Aquifergeometrie:</b> GALA (vorgestellt auf FH-DGG-Tagung, Darmstadt 2004) IBOUND100: 199 km<sup>2</sup> IBOUND1000: 317 km<sup>2</sup></p> <p></p> <p><b>Grundwasserneubildung:</b> SVAT-Modell PROMET (zur Verfügung gestellt von Prof. Dr. R. Ludwig, Kiel) für beide Modelle identisch</p> <p></p>		
Jens Wolf. Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart	Tagung der FH-DGG in Cottbus 24. Bis 28. Mai 2006	25. Mai 2006 6





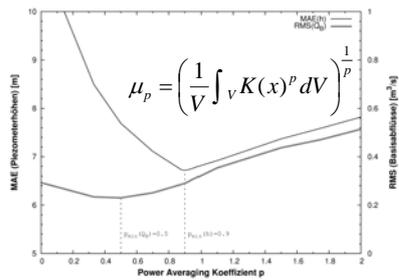






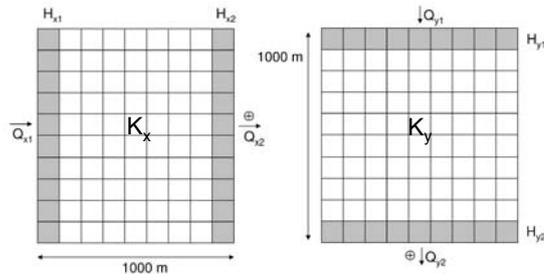
**Äquivalente Parameter:**

- $\mu_a$  arithmetisches Mittel
- $\mu_h$  harmonisches Mittel
- $\mu_g$  geometrisches Mittel
- $\mu_{0.5}$  Median
- $\mu_p$  Power Averaging mit dem Faktor p
- $\mu_{sr}$  vereinfachte Renormalisierung



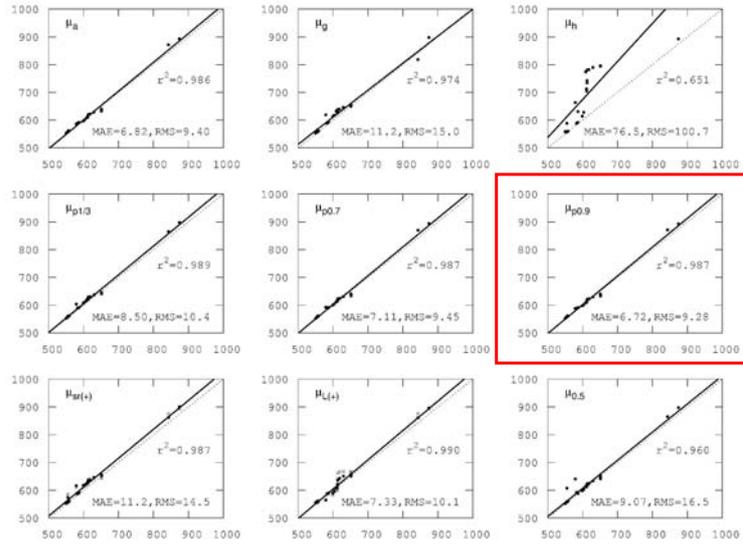
**Effektive Parameter:**

- $\mu_L$  Laplace-Ansatz



UPSCALING 100 m → 1000 m

ERGEBNISSE STATIONÄR 1000 m



Jens Wolf.  
Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart

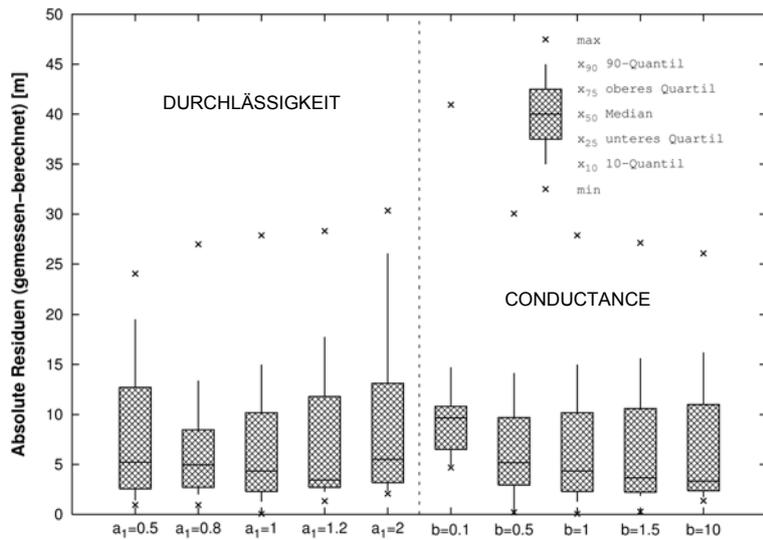
Tagung der FH-DGG in Cottbus  
24. Bis 28. Mai 2006

25. Mai 2006

17

ERGEBNISSE

SENSITIVITÄTEN STATIONÄR 1000 m



Jens Wolf.  
Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart

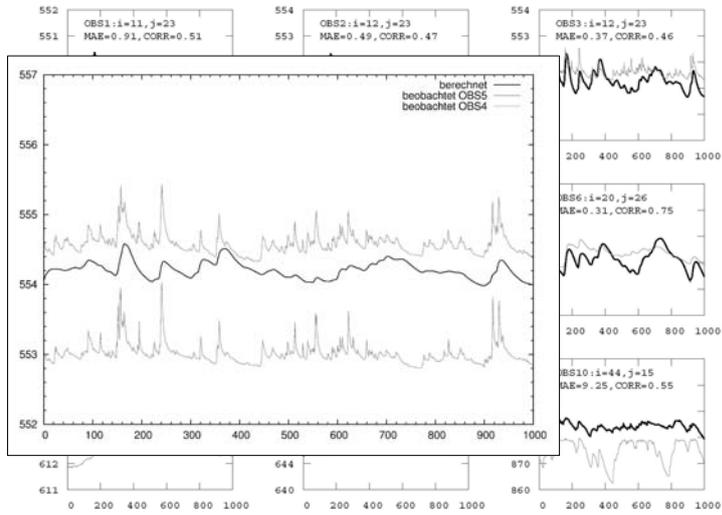
Tagung der FH-DGG in Cottbus  
24. Bis 28. Mai 2006

25. Mai 2006

18

ERGEBNISSE

INSTATIONÄR 1000 m



Jens Wolf.  
Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart

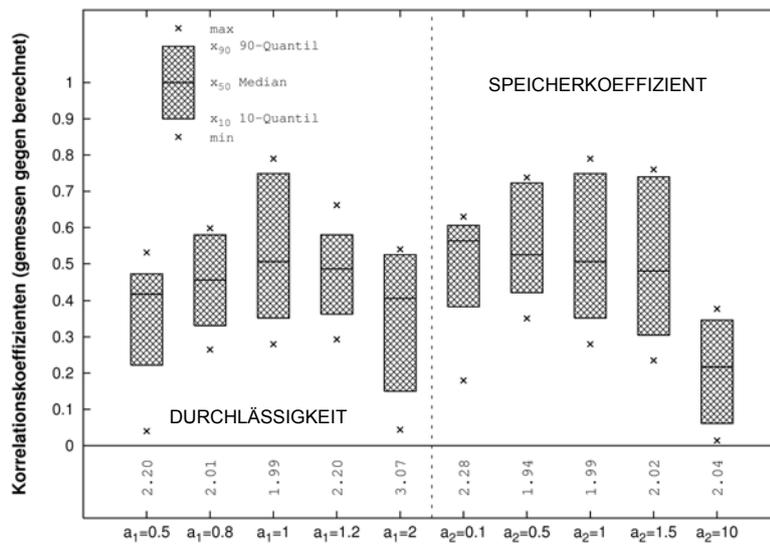
Tagung der FH-DGG in Cottbus  
24. Bis 28. Mai 2006

25. Mai 2006

19

ERGEBNISSE

SENSITIVITÄTEN INSTATIONÄR 1000 m

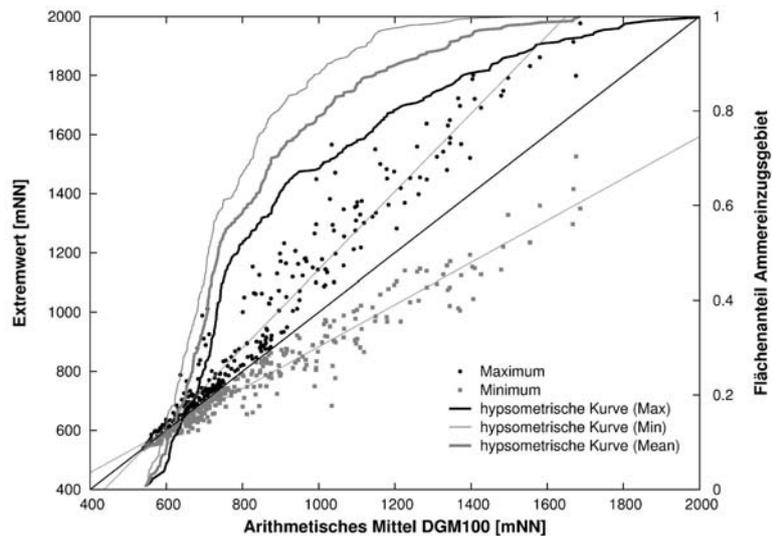


Jens Wolf.  
Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart

Tagung der FH-DGG in Cottbus  
24. Bis 28. Mai 2006

25. Mai 2006

20



- Physikalisch basierte Einschichtmodelle (alluviale Aquifere) können verwendet werden, um die Grundwasserströmung – auch in gebirgigen Regionen auf der regionalen Skala – nachzubilden.
- Für größere EZG (> 10.000 km<sup>2</sup>) ist ein Übergang auf eine grobe Skala (Upscaling) erforderlich. Die Randbedingungen werden dadurch entscheidend verändert.
- Der Fehler wächst in den aggregierten Modellen auf  $\varepsilon > 1$  m an. Die besten Ergebnisse erzielt man dabei mit der Methode des Power Averaging und einer Kalibrierung des Parameters  $p$ .
- Für den Fall eines Drainageaquifers (alluviale Aquifere) in undurchlässigem Untergrund ist  $p$  nahe dem arithmetischen Mittel ( $p = 0.9$ ).
- Auf Grund der groben Diskretisierung ist eine Validierung der aggregierten Modelle mit Daten, die einen Höhenbezug haben, nur sehr eingeschränkt möglich.

- Dennoch lassen sich Modelle erstellen, die auf physikalisch basierten Grundgleichungen beruhen. Ihre Parameter sind nicht messbar, sondern können (sollten) mit Messungen auf der kleineren Skala in Verbindung gebracht werden.  
→ i. e. Sinne nicht physikalisch basierte Modelle. Sie sind aber **zu Prognosezwecken ein Fortschritt gegenüber konzeptionellen Modellen.**
- Die aggregierten Modelle lassen auch für größere Einzugsgebiete eine Modellierung basierend auf physikalisch basierten Grundgleichungen zu, ihre Parameter liegen dabei in einem sinnvollen (auf Messwerten beruhenden) Rahmen. Sie lassen sich sehr gut für Fragestellungen im Themenbereich IWRM einsetzen. **Für kleinskalige Problemstellungen sind sie aber nicht geeignet.**

