

Modellierung von Karstgrundwasserleitern

Steffen Birk

Institut für Erdwissenschaften
Karl-Franzens-Universität Graz

Tobias Geyer, Martin Sauter

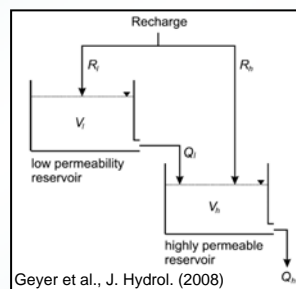
Angewandte Geologie, Universität Göttingen

Globale vs. distributive Modelle

Globale (lumped parameter) Modelle

Keine räumliche Diskretisierung

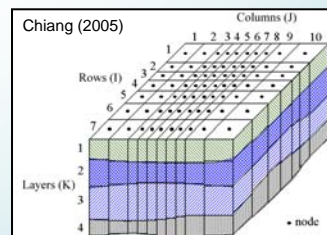
- ⇒ wenige Parameter
- empirisch (Black-Box-Modelle) oder vereinfachte Prozessbeschreibung (Grey-Box-Modelle)



Distributive Modelle

Räumliche Diskretisierung (2D, 3D)

- ⇒ viele Parameter
- (meist) prozessbasiert
- = „Numerische Grundwassermodelle“



Numerische Grundwassermodelle in Karstgebieten

UNI
GRAZ



Available online at www.sciencedirect.com

SCIENCE @ DIRECT®

Journal of Hydrology 276 (2003) 137–158

Journal
of
Hydrology

www.elsevier.com/locate/jhydrol

Can we simulate regional groundwater flow in a karst system using
equivalent porous media models? Case study, Barton Springs
Edwards aquifer, USA

Bridget R. Scanlon^{a,*}, Robert E. Mace^b, Michael E. Barrett^c, Brian Smith^d

^aBureau of Economic Geology, Jackson School of Geosciences, The University of Texas at Austin, Pickle Research Campus,
Building 130, 10100 Burnet Road, Austin, TX 78758, USA

^bTexas Water Development Board, P.O. Box 13231, Capitol Station, 1700 N. Congress Avenue, Austin, TX 78711, USA

^cCenter for Research in Water Resources, The University of Texas at Austin, Pickle Research Campus, 10100 Burnet Road,
Austin, TX 78758, USA

^dBarton Springs Edwards Aquifer Conservation District, 1124 Regal Row, Austin, TX 78748, USA

Received 20 March 2002; accepted 24 January 2003

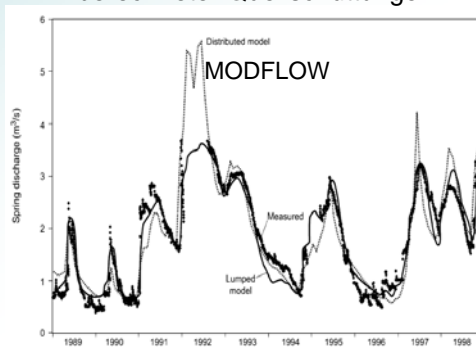
Case Study (Scanlon et al. 2003)

UNI
GRAZ

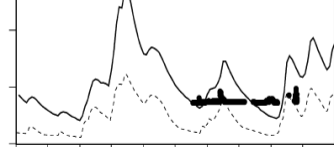
„Can we simulate ...?“

Kommt darauf an ...

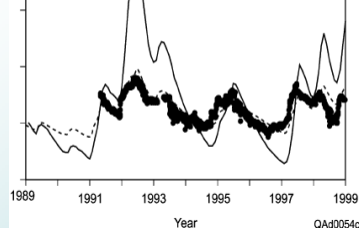
Vergleich gemessener und
berechneter Quellschüttungen



Well 5 Vergleich gemessener
und berechneter
Wasserstände

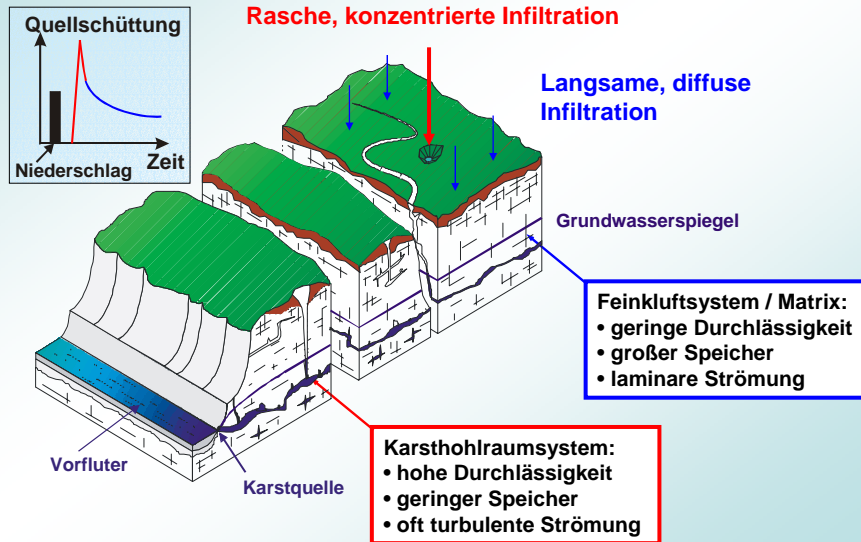


Well 8 MODFLOW

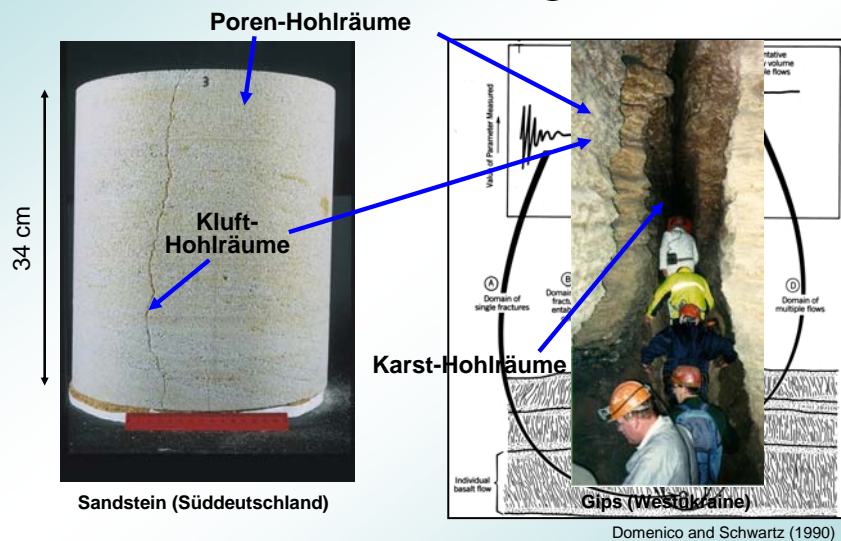


QAd0054c

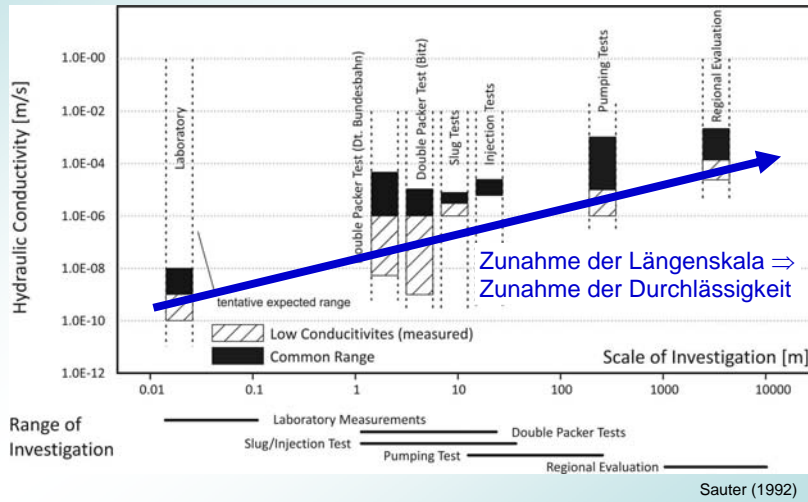
Karstgrundwasserleiter



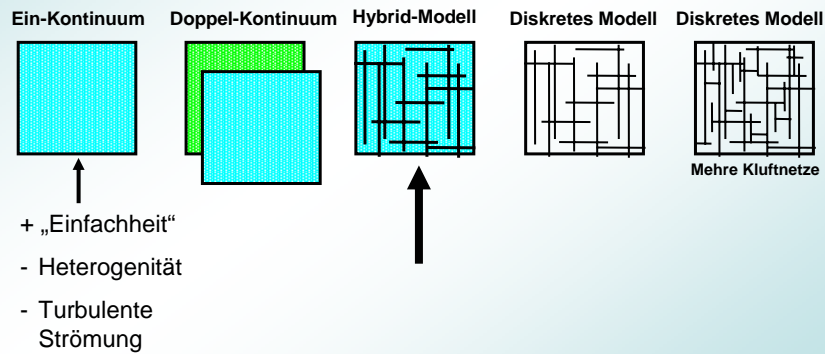
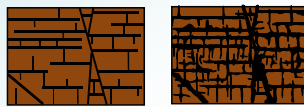
Hohlräume in Festgesteinen



Skalenabhängigkeit der hydraulischen Durchlässigkeit (Gallusquelle)



Modellansätze für Kluft- und Karstgrundwasserleiter



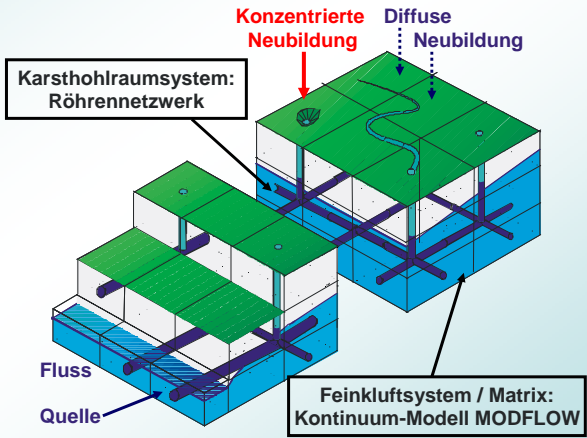
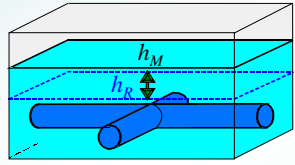
Nach Teutsch and Sauter (1991, 1998)

Hybrid-Modell CAVE

MODFLOW gekoppelt mit Röhrennetzwerk

Wasserfluss von MODFLOW in Röhren bzw. umgekehrt:

$$Q = \alpha(h_M - h_R)$$

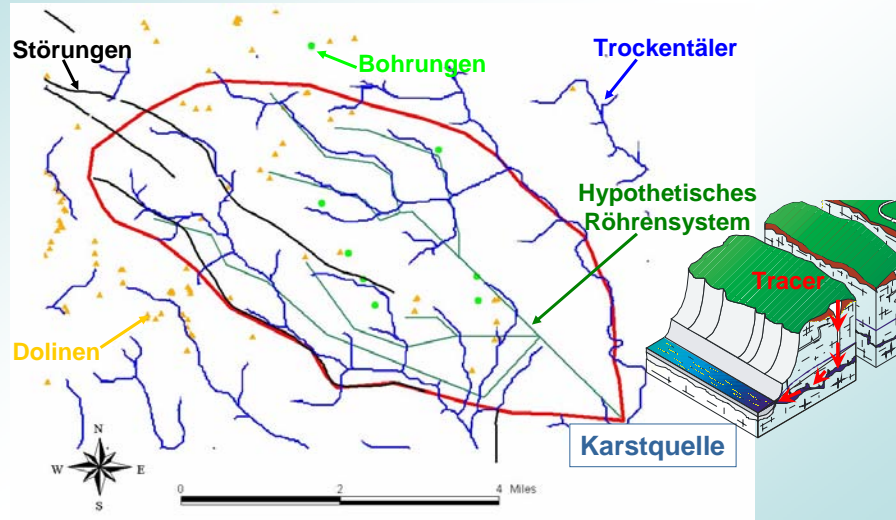


Nach Bauer et al. (2005)

CFP: Röhrennetzwerk gekoppelt an MODFLOW-2005

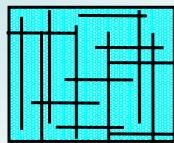
- Conduit Flow Process CFP für U.S. Geological Survey Strömungsmodell MODFLOW-2005:
 - Hybrid-Modell: „CAVE+“
 - Ein-Kontinuum: MODFLOW + turbulente Strömung
- Dokumentation, Programm inkl. Quellcode: <http://water.usgs.gov/ogw/cfp/cfp.htm>

Geometrie des Röhrensystems ?



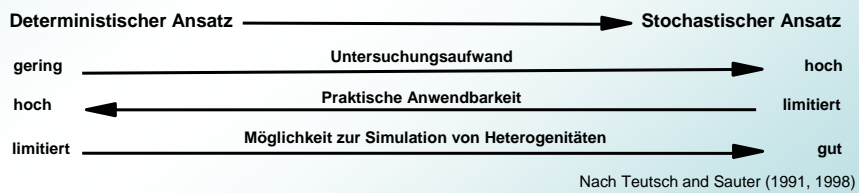
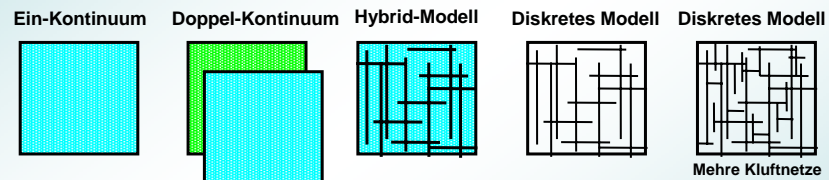
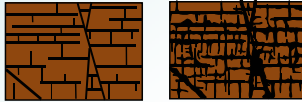
„Can we simulate ...?“

Hybrid-Modell



- + Heterogenitäten
 - + Turbulente Strömung
 - Kenntnis zahlreicher Parameter erforderlich, z.B.
 - Geometrie des Röhrensystems
 - Zeitliche und räumliche Verteilung der konzentrierten und diffusen Neubildung
- ⇒ Hoher Erkundungsaufwand
 ⇒ Mehrdeutigkeit bei Kalibrierung
 ⇒ Hohe Unsicherheit von Prognosen

Modellansätze für Kluft- und Karstgrundwasserleiter



„Can we simulate ...?“

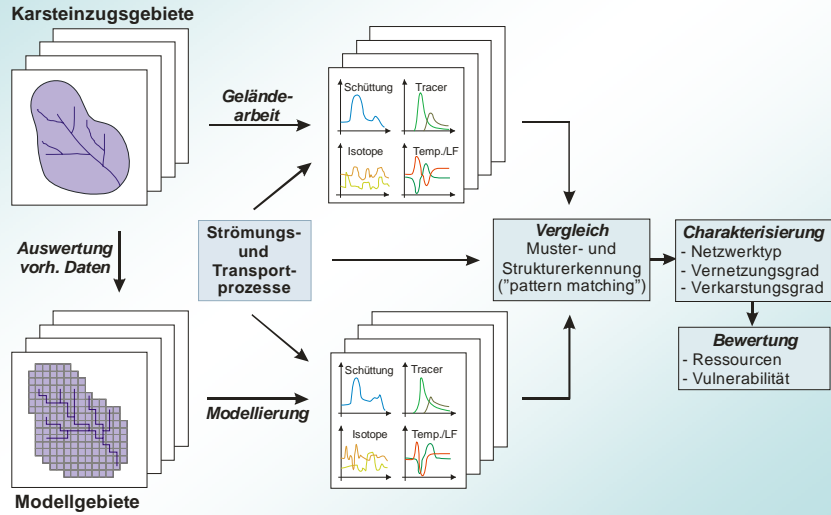
Grundsätzlich ja, aber zweckmäßig?

- Unzureichende Daten \Rightarrow nicht prognosefähig ?
- Karstsystem vollständig charakterisiert \Rightarrow Modellierung nötig ?

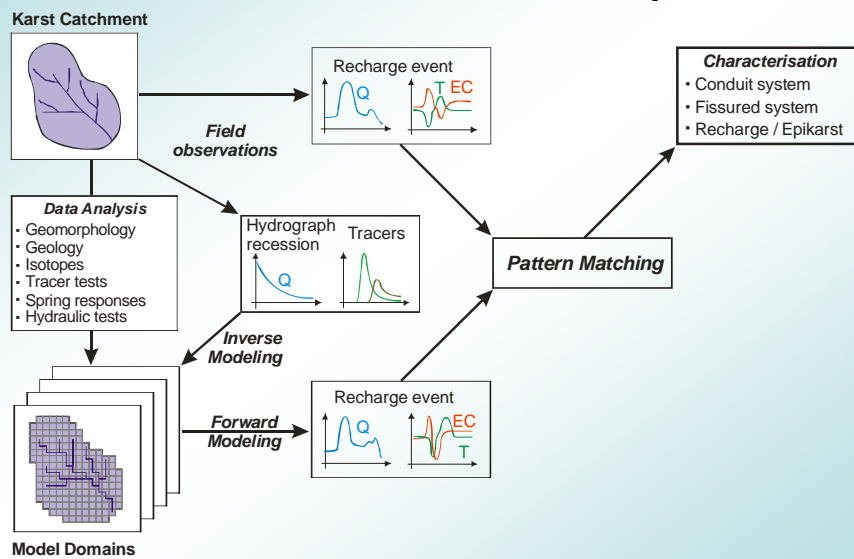
Why simulate ... ?

- Prognose?
 - ✓ Regional Fragestellungen, Wasserressourcen
 - ? Lokale Phänomene, Schadstofftransport
- Charakterisierung von Karstsystemen:
 - ✓ Prozessverständnis (Strömung, Transport, Karstgenese)
 - ✓ Hilfsmittel zur Interpretation von Daten

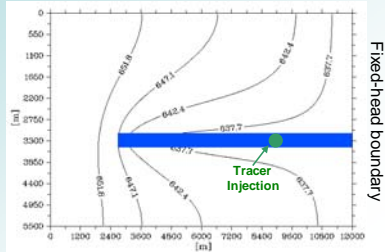
Charakterisierung = Geländearbeit + Modellierung



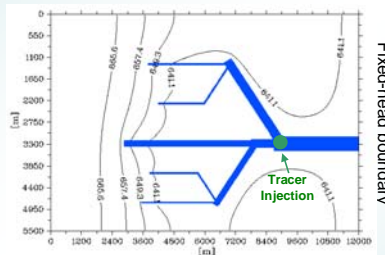
Modifiziertes Konzept



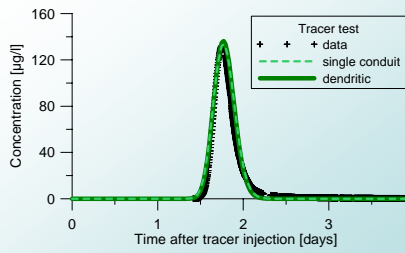
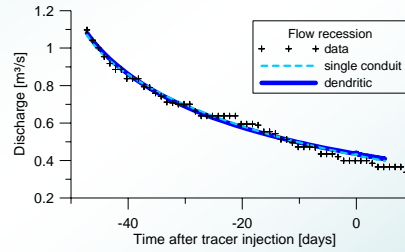
Beispiel: Gallusquelle (S-Dtld.)



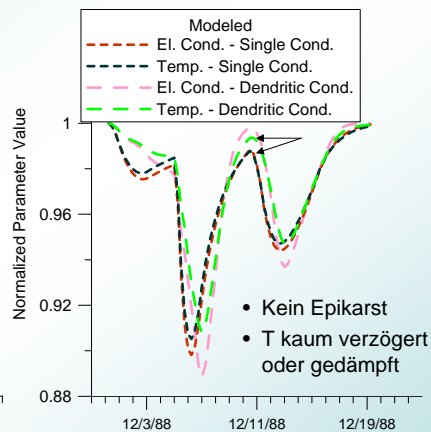
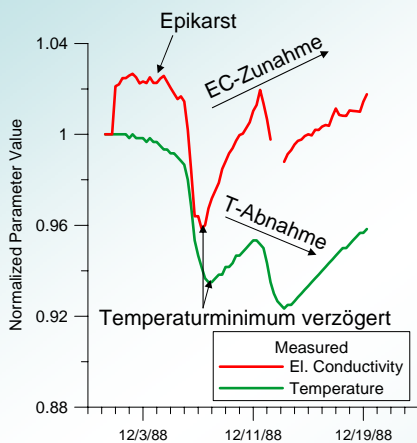
Fixed-head boundary



Fixed-head boundary

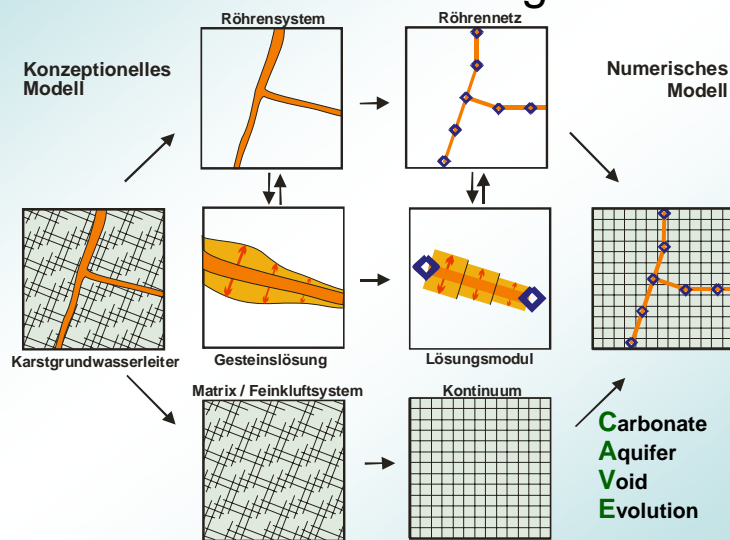


Stoff- und Wärmetransport



⇒ Mehr Kontaktfläche Gestein-Wasser erforderlich
 ⇒ Stärker verzweigtes Röhrensystem

Geometrie des Röhrensystems: Simulation der Karstgenese



Zusammenfassung

- Kontinuum-Ansatz vs. Hybrid-Modelle
 - Fragestellung:
 - Regional oder lokal?
 - Wassermengen oder Transport?
 - Zweck: Prognose oder Charakterisierung (Dateninterpretation)
 - Verfügbarkeit von Daten, Erkundungsaufwand
- Hybrid-Modelle als Hilfsmittel zur Dateninterpretation
 - Vergleich von Modell-Karstsystemen mit Daten: Schüttungsganglinien, Temperatur, el. Leitfähigkeit, etc.
 - Karstgenesemodellierung: Geometrie des Karsthohlraumsystems in Abhängigkeit von geologischen und hydrologischen Faktoren