

# Modellierung von Karstgrundwasserleitern

**Steffen Birk**

Institut für Erdwissenschaften  
Karl-Franzens-Universität Graz

**Tobias Geyer, Martin Sauter**

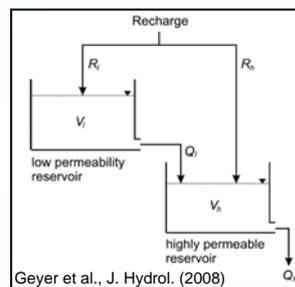
Angewandte Geologie, Universität Göttingen

## Globale vs. distributive Modelle

### Globale (lumped parameter) Modelle

Keine räumliche Diskretisierung

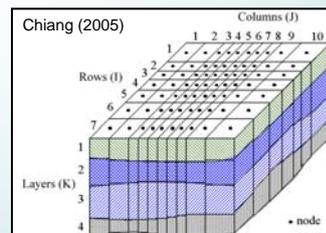
- ⇒ wenige Parameter
- empirisch (Black-Box-Modelle) oder vereinfachte Prozessbeschreibung (Grey-Box-Modelle)



### Distributive Modelle

Räumliche Diskretisierung (2D, 3D)

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



# Numerische Grundwassermodelle in Karstgebieten

UNI  
GRAZ



Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

SCIENCE @ DIRECT®

Journal of Hydrology 276 (2003) 137–158

Journal  
of  
**Hydrology**

[www.elsevier.com/locate/jhydrol](http://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<sup>a,\*</sup>, Robert E. Mace<sup>b</sup>, Michael E. Barrett<sup>c</sup>, Brian Smith<sup>d</sup>

<sup>a</sup>Bureau 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

<sup>b</sup>Texas Water Development Board, P.O. Box 13231, Capitol Station, 1700 N. Congress Avenue, Austin, TX 78711, USA

<sup>c</sup>Center for Research in Water Resources, The University of Texas at Austin, Pickle Research Campus, 10100 Burnet Road,  
Austin, TX 78758, USA

<sup>d</sup>Barton Springs Edwards Aquifer Conservation District, 1124 Regal Row, Austin, TX 78748, USA

Received 20 March 2002; accepted 24 January 2003

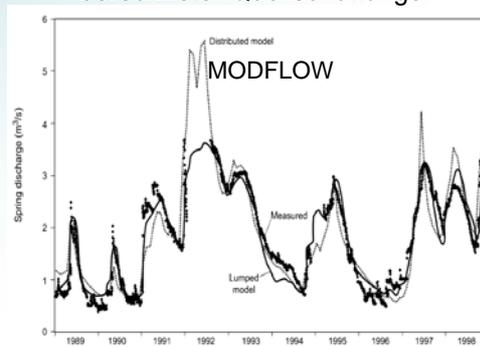
## Case Study (Scanlon et al. 2003)

UNI  
GRAZ

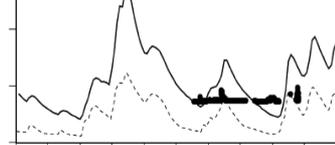
„Can we simulate ...?“

Kommt darauf an ...

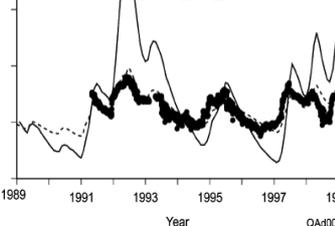
Vergleich gemessener und  
berechneter Quellschüttungen



Well 5 Vergleich gemessener  
und berechneter  
Wasserstände

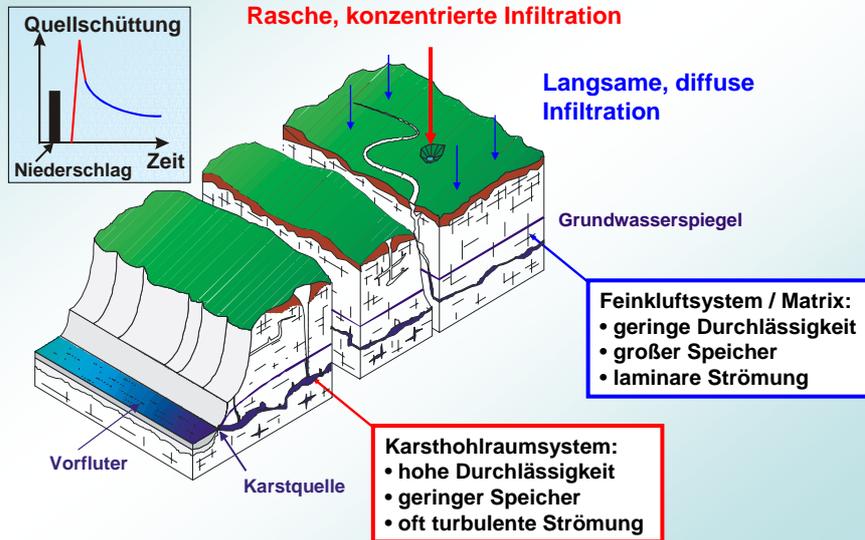


Well 8  
MODFLOW

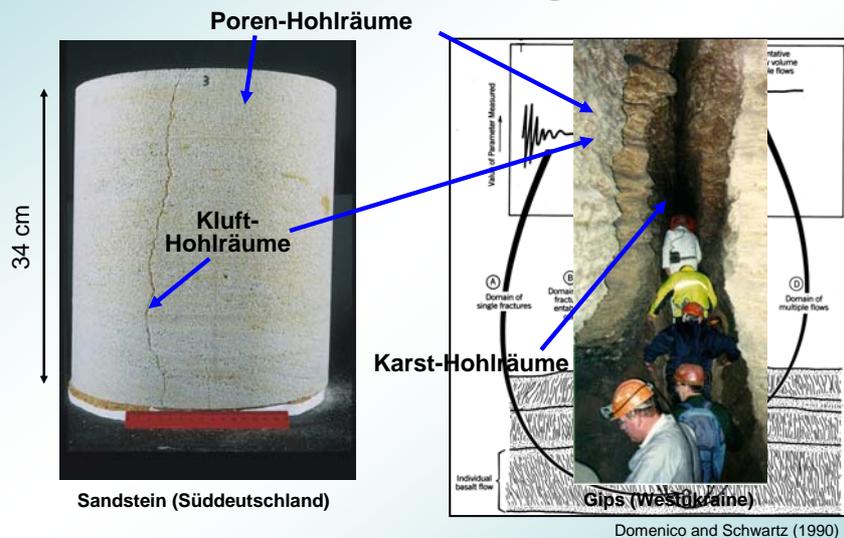


QAd0054c

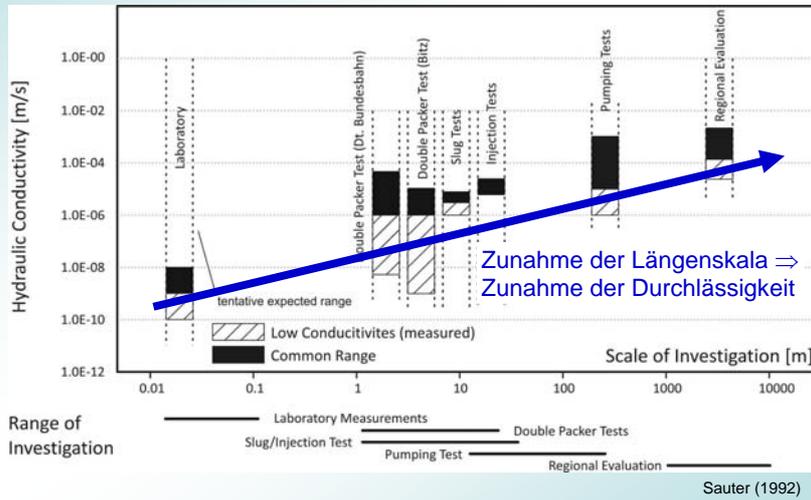
# Karstgrundwasserleiter



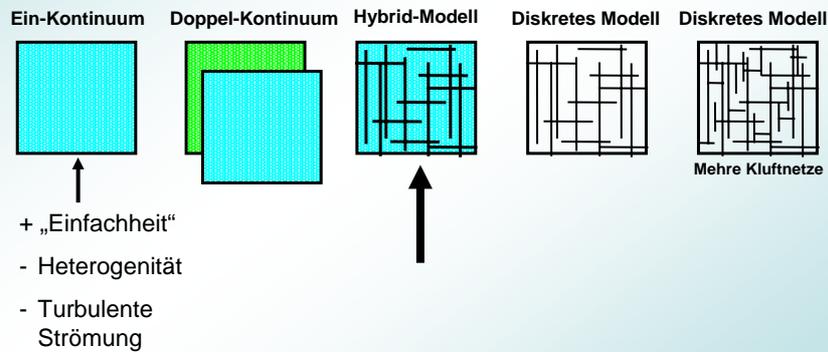
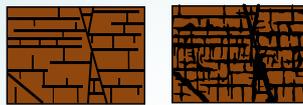
# Hohlräume in Festgesteinen



# Skalenabhängigkeit der hydraulischen Durchlässigkeit (Gallusquelle)



# Modellansätze für Kluft- und Karstgrundwasserleiter



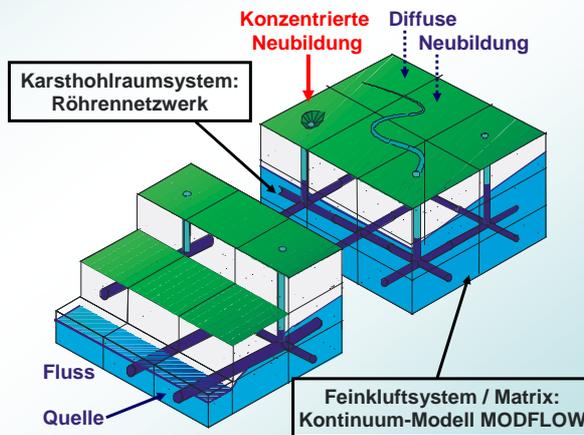
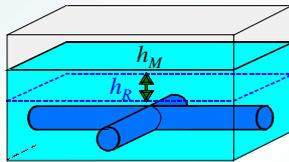
Nach Teutsch and Sauter (1991, 1998)

# Hybrid-Modell CAVE

MODFLOW gekoppelt mit Röhrennetzwerk

Wasserfluss von MODFLOW in Röhren bzw. umgekehrt:

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

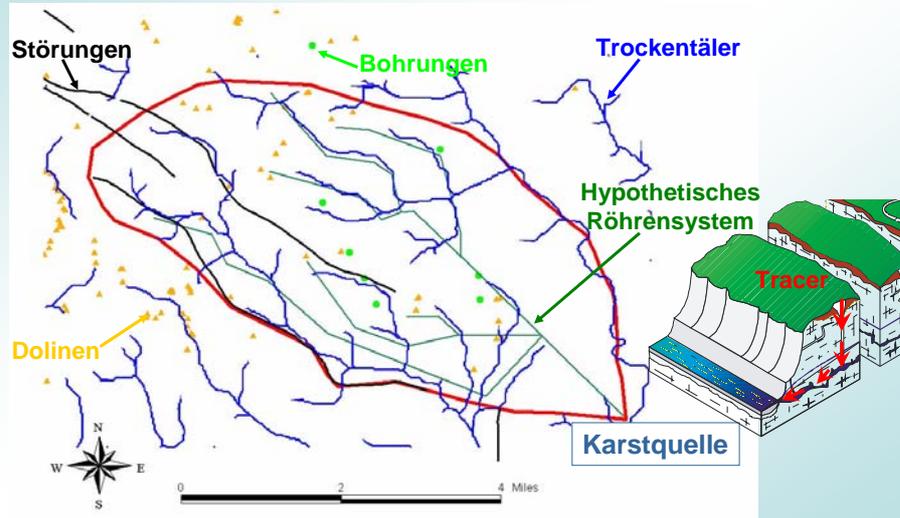


Nach Bauer et al. (2005)

# CFP: Röhrennetzwerk gekoppelt an MODFLOW-2005

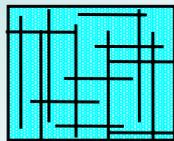
- Conduit Flow Process CFP für U.S. Geological Survey Strömungsmodell MODFLOW-2005:
  - Hybrid-Modell: „CAVE+“
  - Ein-Kontinuum: MODFLOW + turbulente Strömung
- Dokumentation, Programm inkl. Quellcode: <http://water.usgs.gov/ogw/cfp/cfp.htm>

# Geometrie des Röhrensystems ?



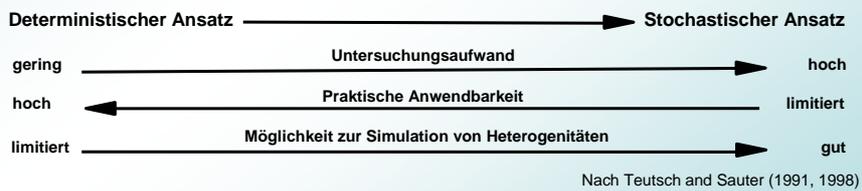
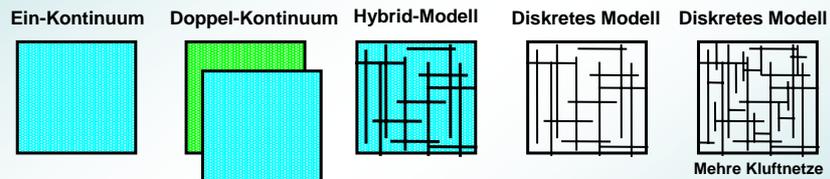
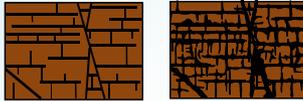
## „Can we simulate ...?“

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 ...?“

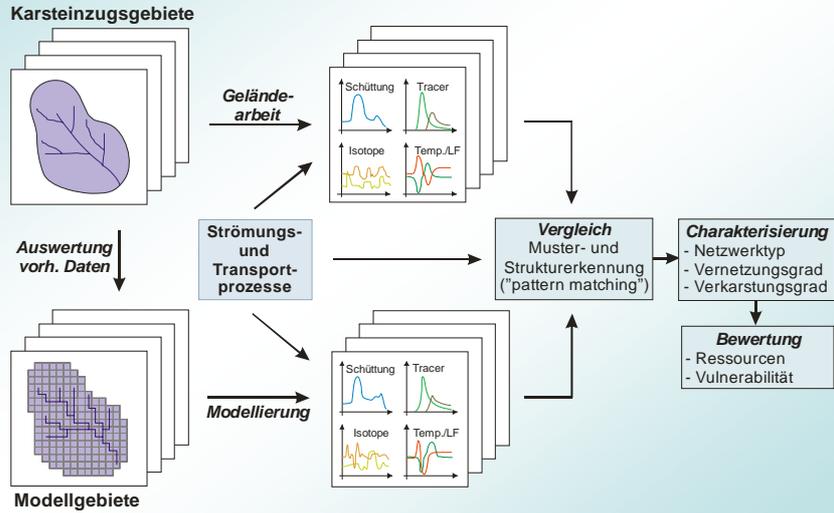
Grundsätzlich ja, aber zweckmäßig?

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

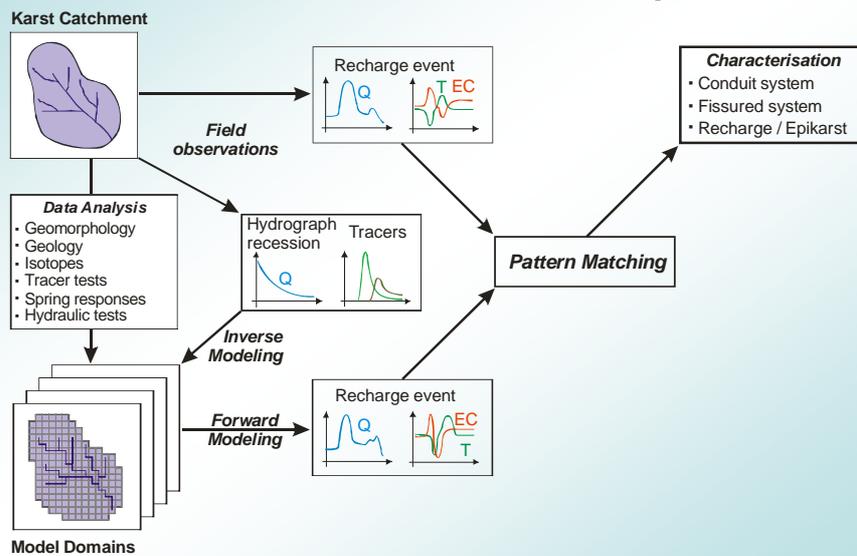
## Why simulate ... ?

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

# Charakterisierung = Geländearbeit + Modellierung

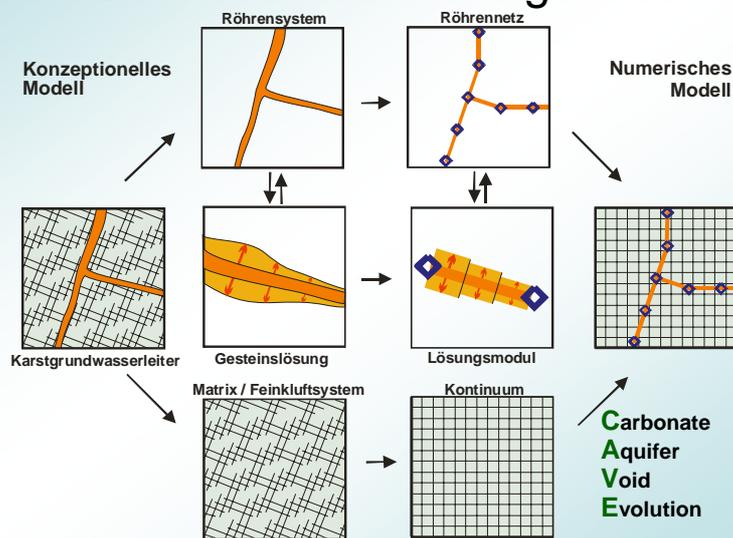


# Modifiziertes Konzept





## 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