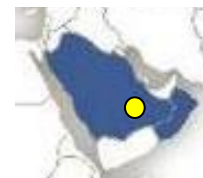


# Mittlerer Osten – Oman / Saudi-Arabien (R4)

F. Lennartz, R. Liedl, Ch. Siebert *et al.*

<http://www.iwas-initiative.de>



# Modellregion



## Inland

hyperarid

geringe Bevölkerungsdichte

lokale Intensivlandwirtschaft

Ausbeutung tiefer und fossiler Grundwässer

Unsicherheiten bei Speicher, Neubildung und Qualität

## Küste

semiarid

höhere Bevölkerungsdichte

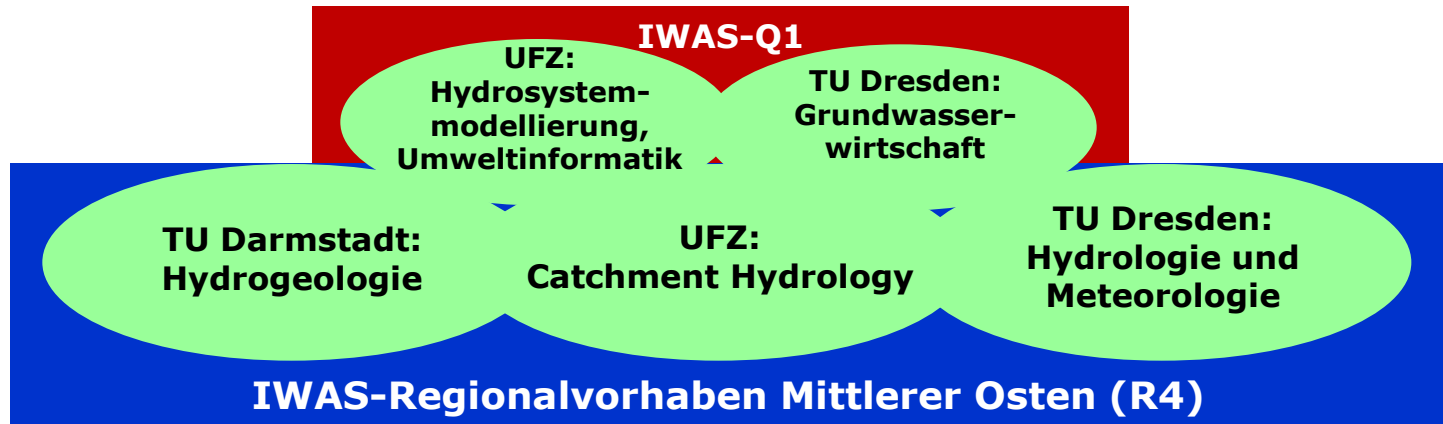
intensive Landwirtschaft

Ausbeutung flacher Aquifere

Übernutzung forciert

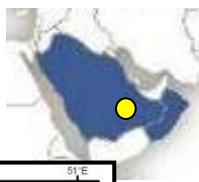
Salzwasserintrusion

# Projektstruktur und -vernetzung



**Kooperationen (meist R4-bezogener Einsatz von Eigenmitteln):**  
AGRO Association for Al-Batinah Region Farmers; Bundesanstalt für Gewässerkunde (IHP); CEMAGREF Montpellier; Deutscher Akademischer Austauschdienst; Dornier Consulting; GIZ-IS; GuTech; IPSWaT (4 Doktoranden); IWRM Office Muscat; KIT; Lincoln Research Ltd. (Hamilton, NZ); Ministry of Agriculture and Fisheries (Oman); Ministry of Environment and Climate Affairs (Oman); Ministry of Regional Municipalities and Water Resources (Oman); Ministry of Water and Electricity (Saudi-Arabien); National Agricultural Research Farm (Oman); Sultan Qaboos University; Technische Universität München; UFZ, Dept. Hydrogeologie; Universität Athen

# Situation und Ziele „Saudi-Arabien“

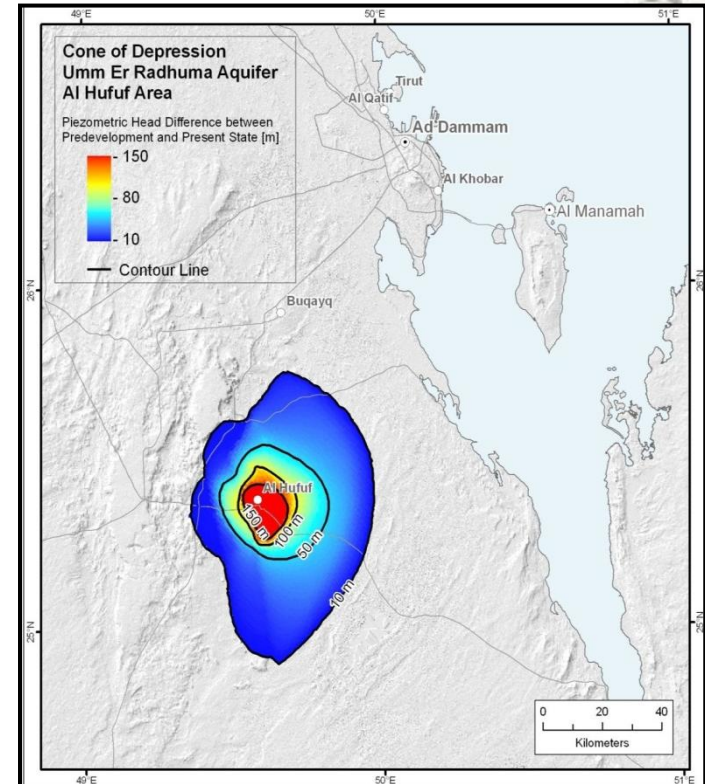


## Problemstellung

- lokale Intensivlandwirtschaft
- Wasserbedarf >> Verfügbarkeit natürlicher Wasserressourcen
- Wasserbilanzen nur ungenau bekannt
- Verschlechterung der Wasserqualität
- Nutzungskonflikte

## Ziele

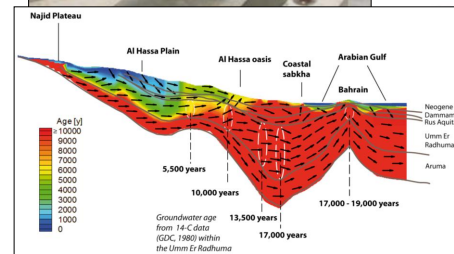
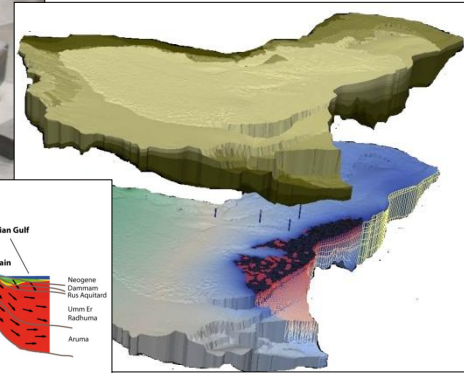
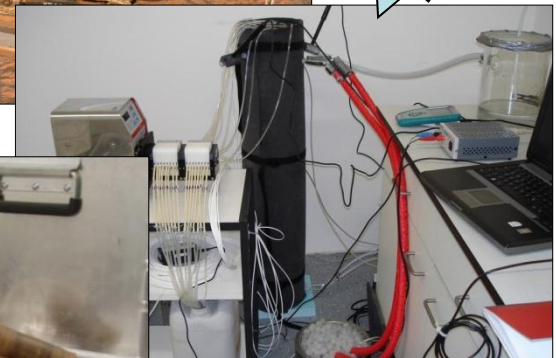
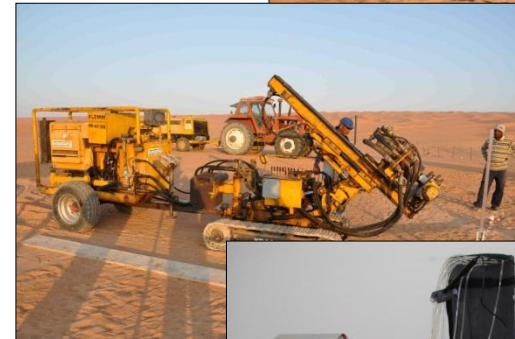
- präzise Ermittlung der Wasserbilanzen
- regionale Grundwassermodellierung als Prognosetool für Nutzungsszenarien
- Entwicklung von Smart-Mining-Konzepten
- Outcrop-Analog-Modelle zur Prognose von Aquifercharakteristika und Wasserqualität



# Lösungsansatz

## Kombination von Langzeitmonitoringtechniken im Gelände, prozessbasierten Laborstudien und regionaler Modellierung

- Betrieb von Testfeldern zur Bestimmung von Infiltrationsprozessen und Grundwasserneubildung
- hydrochemische Charakterisierung der Ressourcen mittels Isotopen, Spurenelementen, REE, etc.
- Ermittlung von effektiven Aquiferparametern durch Aquifer-Analogstudien und PoroPerm-Messungen
- Laborversuche zur Bestimmung von Wasserflüssen in der ungesättigten Bodenzone
- Modellierung von Bodenwasserbilanzen, Infiltration, Abfluss mittels hydrologischer Modelle
- Großskalige numerische Modelle mit Kopplung von Oberflächen- und Grundwasser zur Simulation von klimatischen Randbedingungen und Nutzungsszenarien als ‚Predictive Tools‘

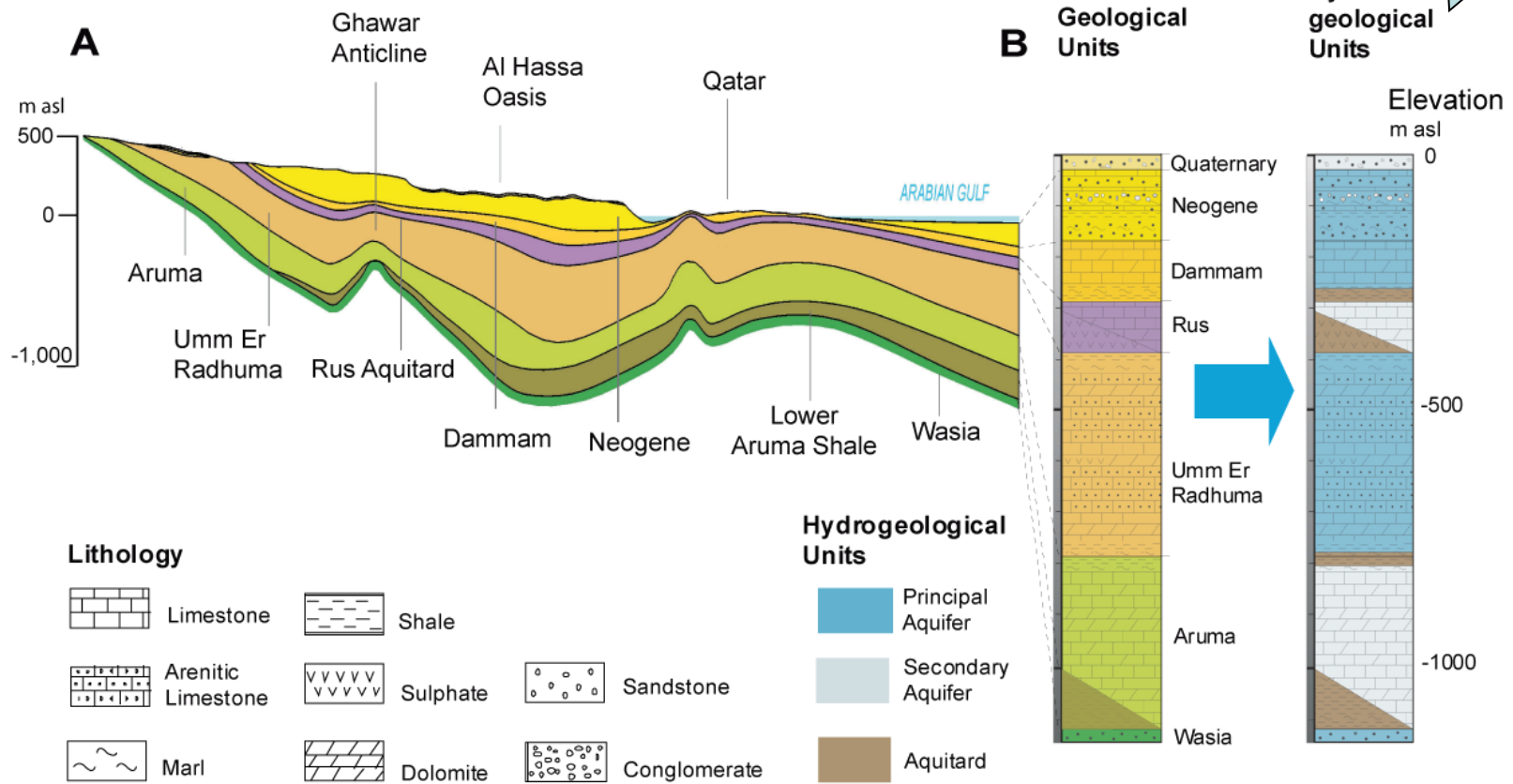


# Beispiel regionale Modellierung



## Oberer Mega-Aquifer

umfassende Datenbasis zu Geometrien, effektiven Aquiferparametern, Input- und Outputgrößen, Sedimentologie, Grundwasserqualität etc.



# Beispiel regionale Modellierung



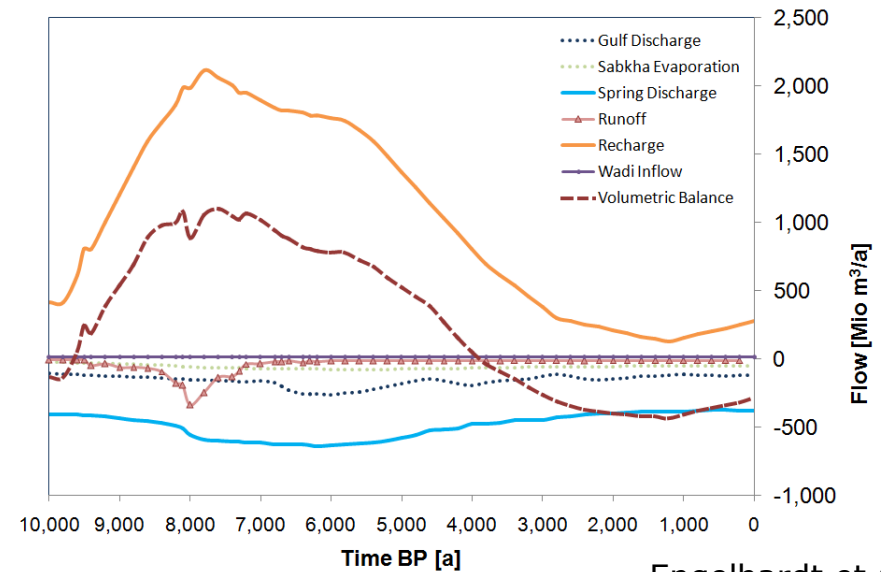
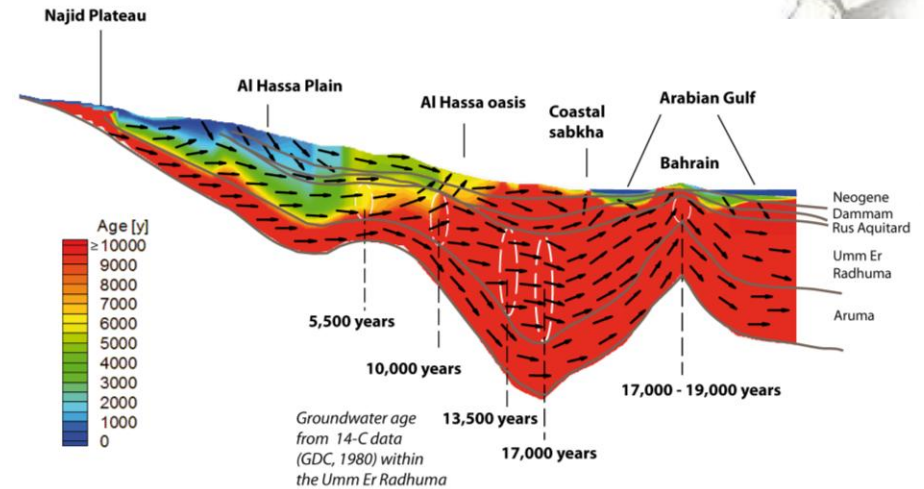
## Oberer Mega-Aquifer

Numerisches Grundwassermodell des Südostens Saudi-Arabiens.

Bilanzierung der Wasserressourcen über die letzten 10.000 Jahre

### 'Predicting the future by learning from the past'

Prognosetool kalibriert mit allen verfügbaren aktuellen und historischen Daten zu Input- und Outputgrößen, Klimageschichte und Landschaftsentwicklung



Engelhardt et al.

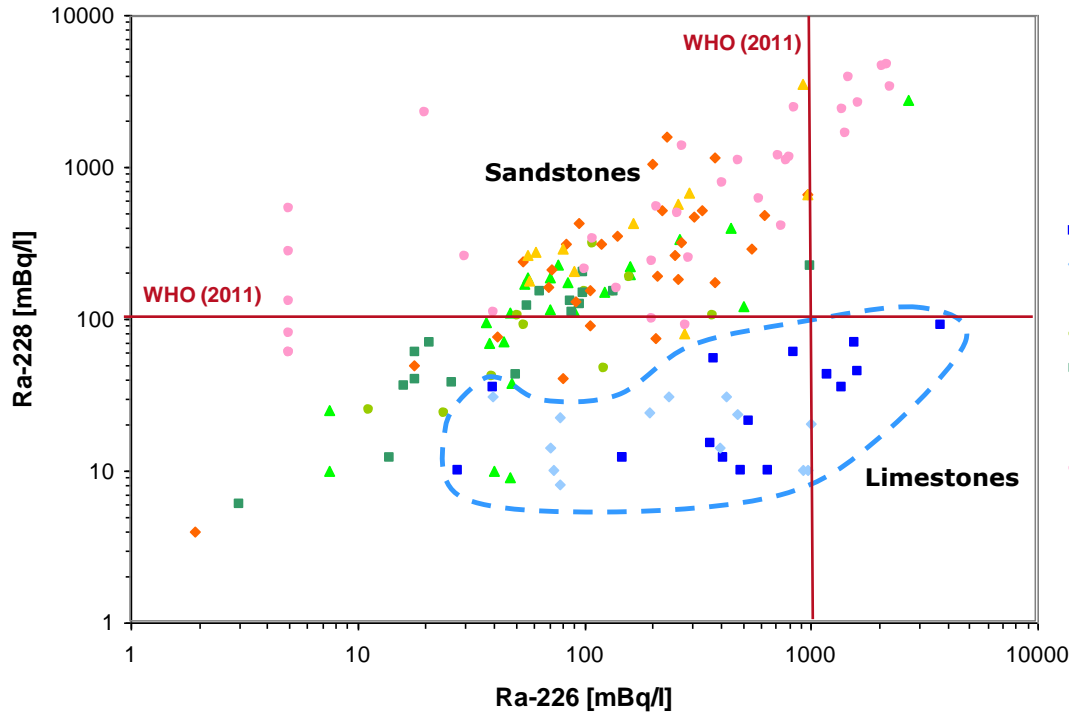
# Beispiel Hydrochemische Charakterisierung



## Radioaktivität in Sandsteinaquiferen

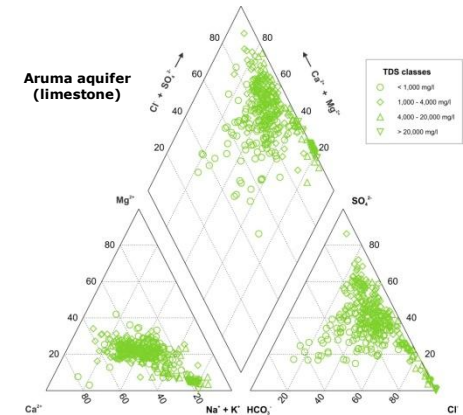
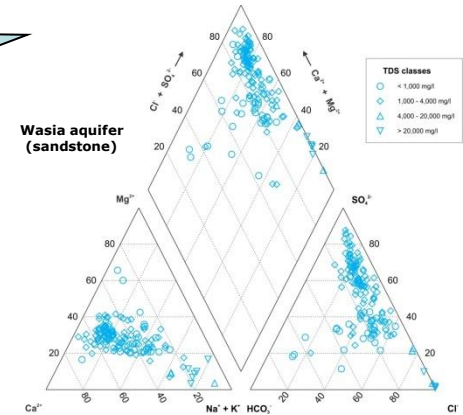
70 % aller Grundwasserproben aus Sandsteinen überschreiten WHO-Grenzwerte, insbesondere für Radium 228

Poster



Michelsen et al. (2012)

- Umm Er Radhuma
- ◆ Aruma
- ▲ Wasia
- Wasia-Biyadh
- Biyadh
- ◆ Upper Wajid
- ▲ Lower Wajid
- Saq (BRGM/ATC 2008)





# Perspektiven

## Hydrochemie: Radioaktivität in Sandsteinaquiferen

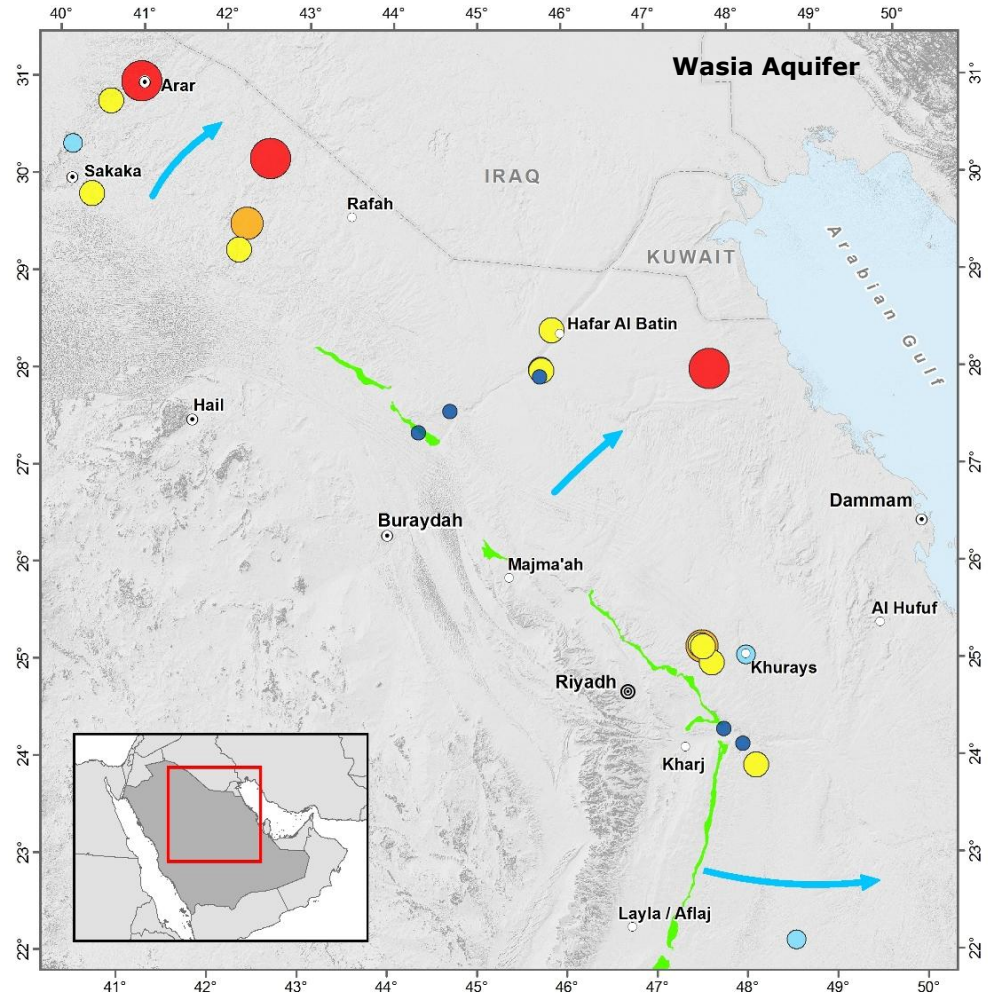
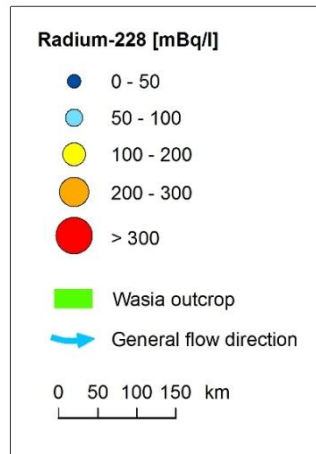
Belastung erratisch, aber generell Zunahme entlang Fließpfaden

Was sind die sedimentologischen Hintergründe?

Gibt es Prognosemöglichkeiten?

**Modellregion für Arabischen / Nord-Afrikanischen Raum (z. B. Nubischer Sandstein)**

Laufende Doktorarbeit  
A. Bassis



# Perspektiven



## Modellierung: *Oberer Mega-Aquifer*

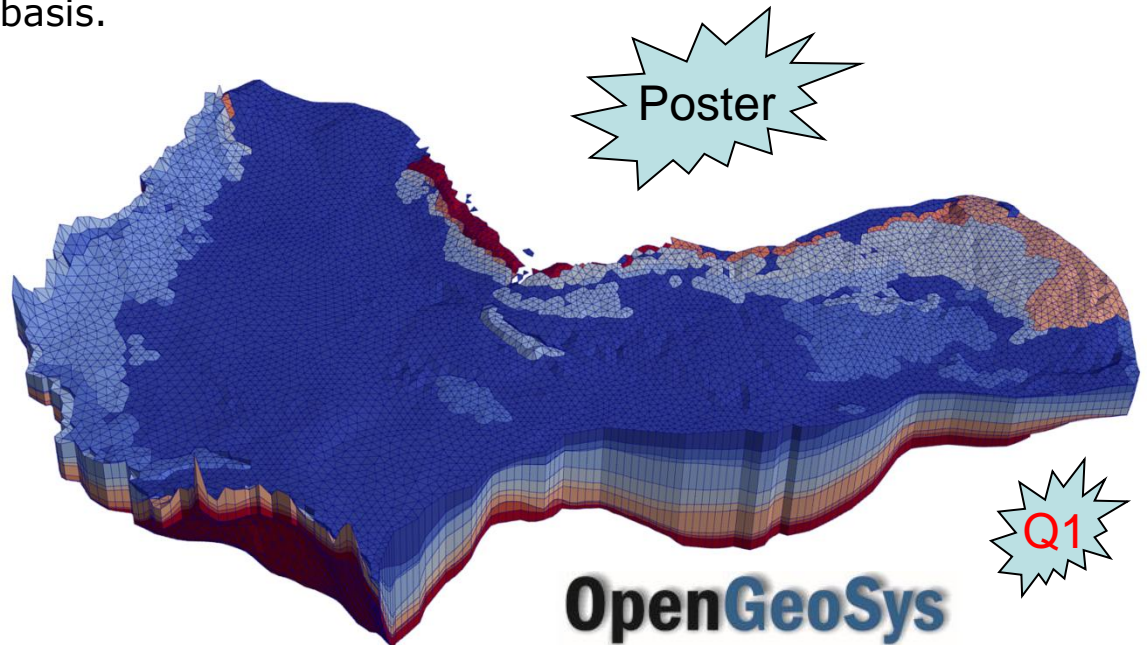
**Ziel 'Aquifer online':** Online-Tool zur Real-Time-Überwachung der Ressourcen und zur Bewertung von Wassermanagement-Szenarien durch **Predictive Modelling** mit kontinuierlichem Update der Datenbasis.

**Smart Mining:** Nutzung fossiler Ressourcen, aber Optimierung von Quantität und Qualität

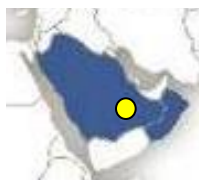
**$\Delta T$ :** Verlängerung der zeitlichen Reichweite der fossilen Ressourcen

**Beispielcharakter für analoge Weltregionen in ariden Klimata**

Laufende Doktorarbeit  
S. Schulz



# Lessons learned „Saudi-Arabien“



Durch innovative Ansätze und Methodenkombination ist eine realistische Situationsbeschreibung mit **schärferer Bilanzierung** möglich.

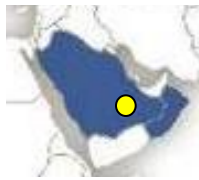
**Harte Daten** sind notwendig, um Probleme zu akzeptieren und Maßnahmen zu rechtfertigen.

**Predictive Modelling** ist der Schlüssel zur Implementierung effektiver IWRM-Maßnahmen.

**‘Groundwater mining’** ist Realität und auch nicht kurzfristig zu ändern.

Möglich ist eine **Verlängerung des Zeitraums** der Verfügbarkeit der Grundwasserressource durch cleveres Management (‘Smart Mining’).

**Forschung bringt Zeit!**



# Situation und Ziele „Oman“

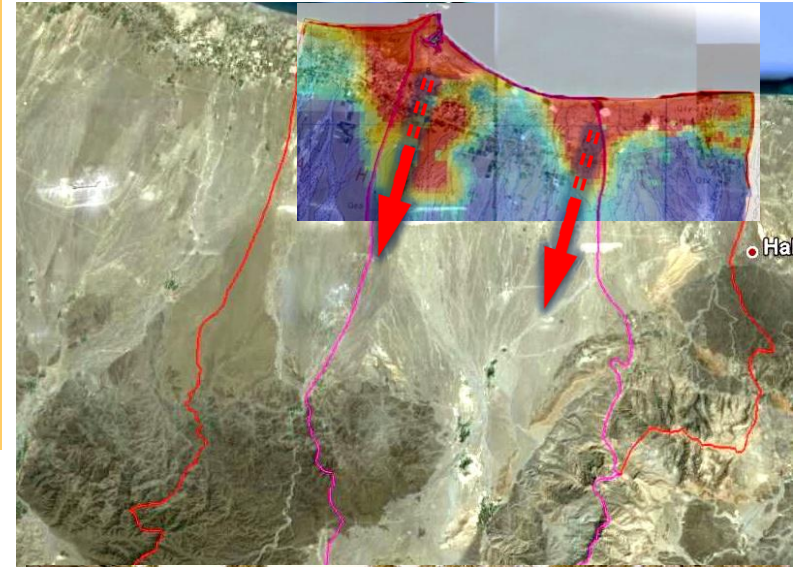
## Problemstellung

- gekoppeltes, dynamisches Küstenaquifer-Landwirtschafts-System
- Wasserbedarf >> Verfügbarkeit natürlicher Wasserressourcen
- Vordringen der Salzwasserfront & Zerstörung wertvoller landwirtschaftl. Ressourcen
- Landflucht, Abwanderung in die Städte

## Ziele

- Anpassung des Wasserbedarfs an die Verfügbarkeit von Wasser
- Verbesserung der Wassernutzungseffizienz durch neuartige Bewässerungstechniken
- integrierte Wasserbewirtschaftung und optimale langfristige Planung für Wassermenge und -güte

Al-Batinah-Ebene (oman. Nordküste)



Saline intrusion in coastal areas - results





# Lösungsansatz

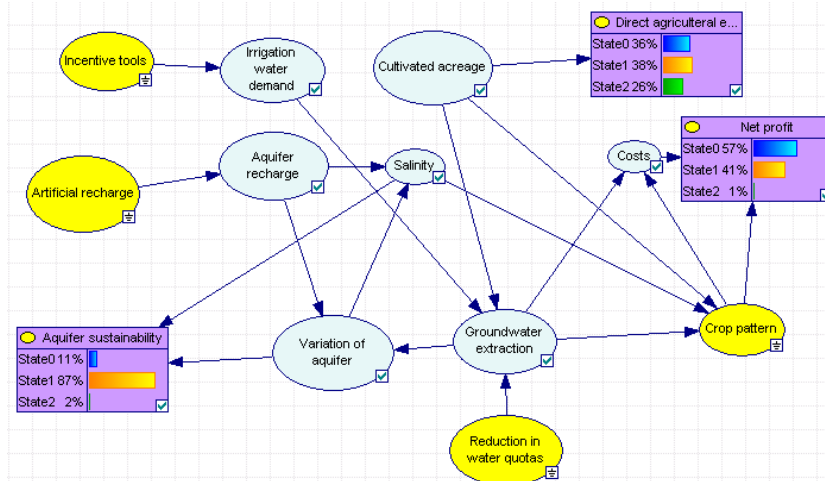
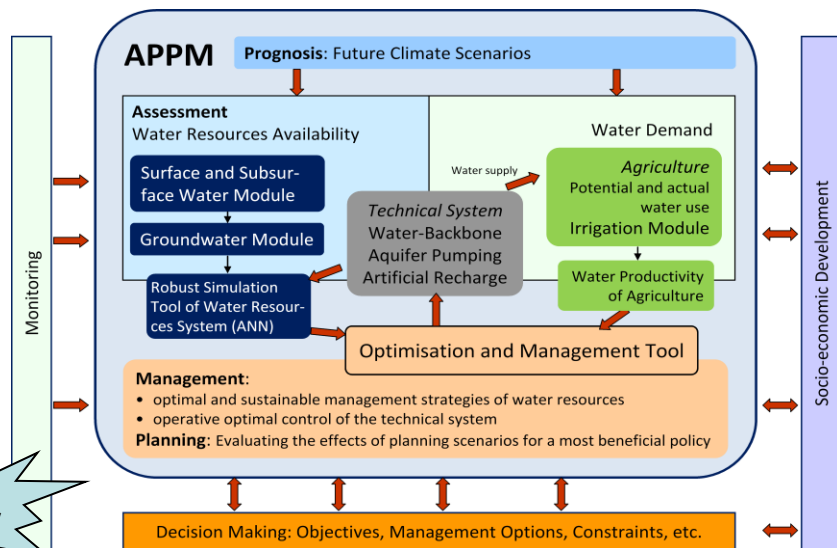
## Entwicklung und Pilot-Implementierung eines IWRM auf Basis eines neuen

## Assessment-, Prognose-, Planungs- und Managementtools (APPM)

- Entwicklung & Einsatz maßgeschneiderter, multi-kriterieller Optimierungsverfahren  
→ simulationsbasiertes Bewirtschaftungssystem bezüglich Wassermenge und -güte für
  - optimales On-Farm-Management
  - optimale regionale Bewirtschaftung
- Kopplung von Prozessmodellen mit künstlicher Intelligenz zur Ableitung geeigneter Ersatzmodelle zur Simulation des Aquiferverhaltens und der landwirtschaftlichen Produktion

Poster

**Aktuell:** Entwicklung eines Decision-Support-Tools zur Integration von Prozessmodellierung und empirischen Wissens auf Basis Bayes'scher Netze



# Ergebnisse Water Resources Assessment



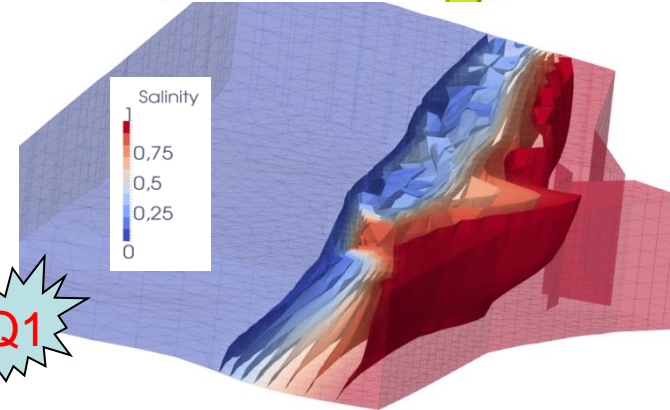
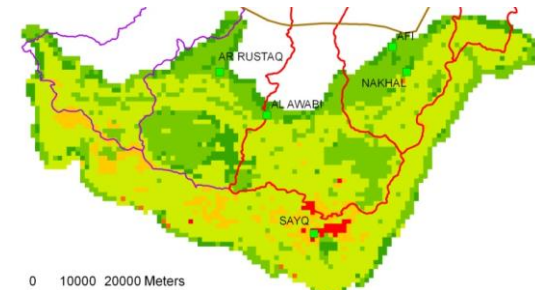
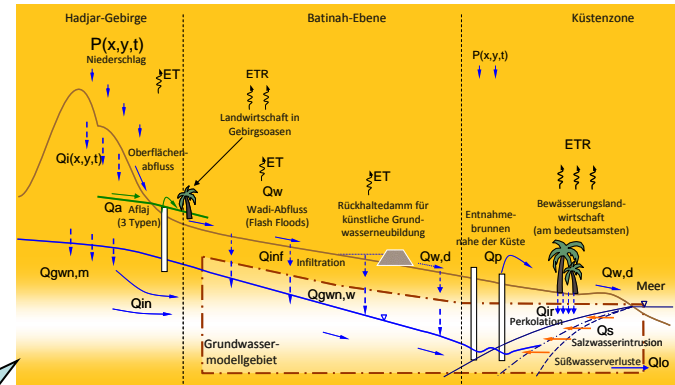
## Assessment:

- umfassende Analyse des vernetzten hydrologisch-hydrogeologisch-landwirtschaftlichen Systems
- Bewertung und Einordnung bisheriger Studien
- Entwicklung und Aufbau eines „Data & Information Management System“ T-WIKI

## Methodenentwicklungen (Auswahl):

- GIS-basierter Ansatz zur flächendifferenzierten Bestimmung der GWN anhand morphologischer Kenngrößen
- Fuzzy-Ansatz zur Charakterisierung unterirdischer EZG → potenzielles Wasserdargebot (Gerner et al. 2012)
- hydraulisches Simulationsmodell zum Abfluss in Wadis & Betrieb von Speichern zur Grundwasseranreicherung (Philipp & Grundmann, in review)
- 3-D dichteabhängige Grundwasserströmungsmodellierung (Walther et al. 2012)

**Aktuell:** instationäre Kalibrierung und Szenariensimulation



# Ergebnisse Landwirtschaft



## Methodenentwicklungen (Auswahl):

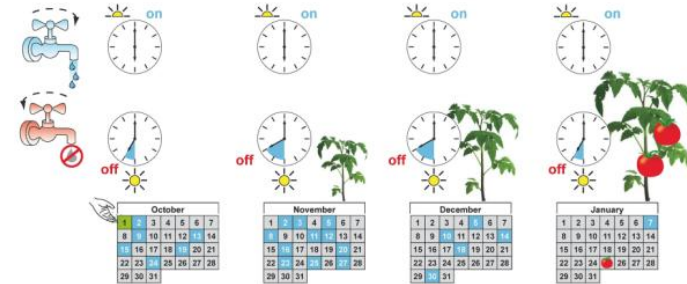
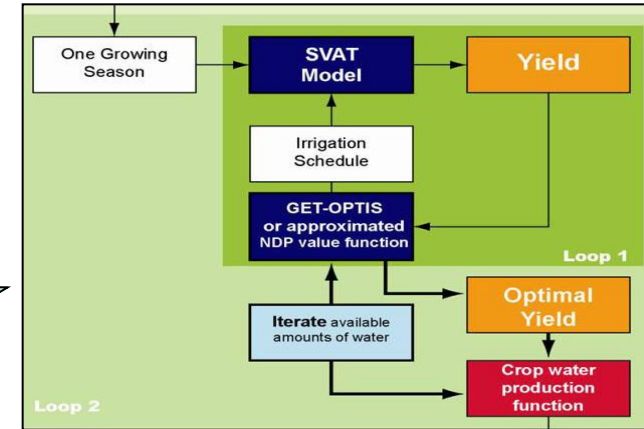
- Optimierungsverfahren und hierarchische Konzepte für die regionale Bewässerungsplanung sowie die Erstellung optimaler Bewässerungspläne unter Berücksichtigung klimatischer Variabilität (Schütze & Schmitz, 2010)
- optimale Bewässerungssteuerung mit Bodenfeuchte- und Tensionssensoren (Kloss et al. 2012)

Q1

## Validierung & Wissenstransfer:

- Feldexperimente zur Defizitbewässerung (Kooperation mit National Agricultural Research Farm)
- Pilotfarmprogramm:
  - „Guidebook for best management practice in irrigated agriculture“
  - Erstellung von Bewässerungsplänen für vorhandene Kombinationen von Pflanze und Boden
- Konzeptentwicklung: Microcontroller zur Bewässerungssteuerung

Poster

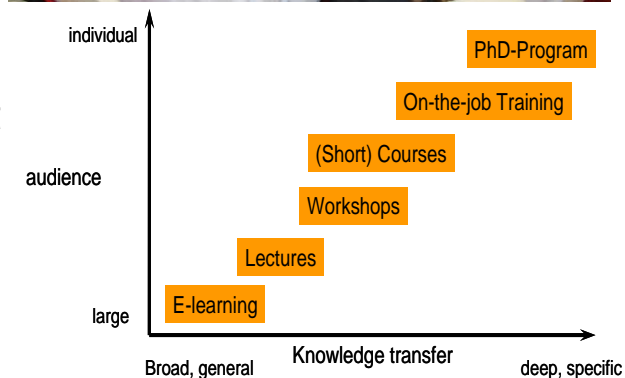


**Aktuell:** Implementierung sensorbasierter Steuerung

# Stand der Implementierung



- IWRM-Büro durch das MRMWR gegründet
- 12 Beamte des MRMWR dafür freigestellt
- Projekt des MRMWR für IWRM-Implementierung (Umfang ca. € 600.000)
- 4 omanische Doktoranden
- Bewässerungsexperimente seit Januar 2011
  - Durchführung durch 2 omanische Doktoranden
  - Messtechnik und Ausrüstung durch omanisches MAF beschafft (ca. € 300.000), Großteil bei deutschen Firmen
- Pilotfarm-Programm zur Demonstration der erarbeiteten Methoden für eine effiziente Bewässerung
  - Vor-Ort-Auswahl geeigneter Kandidaten (Farmen) erfolgt
  - Ausrüstung wird derzeit durch den Oman beschafft
- zielgruppenorientiertes Capacity Development
  - Katalog von CD-Maßnahmen erstellt
- T-WIKI in Betrieb

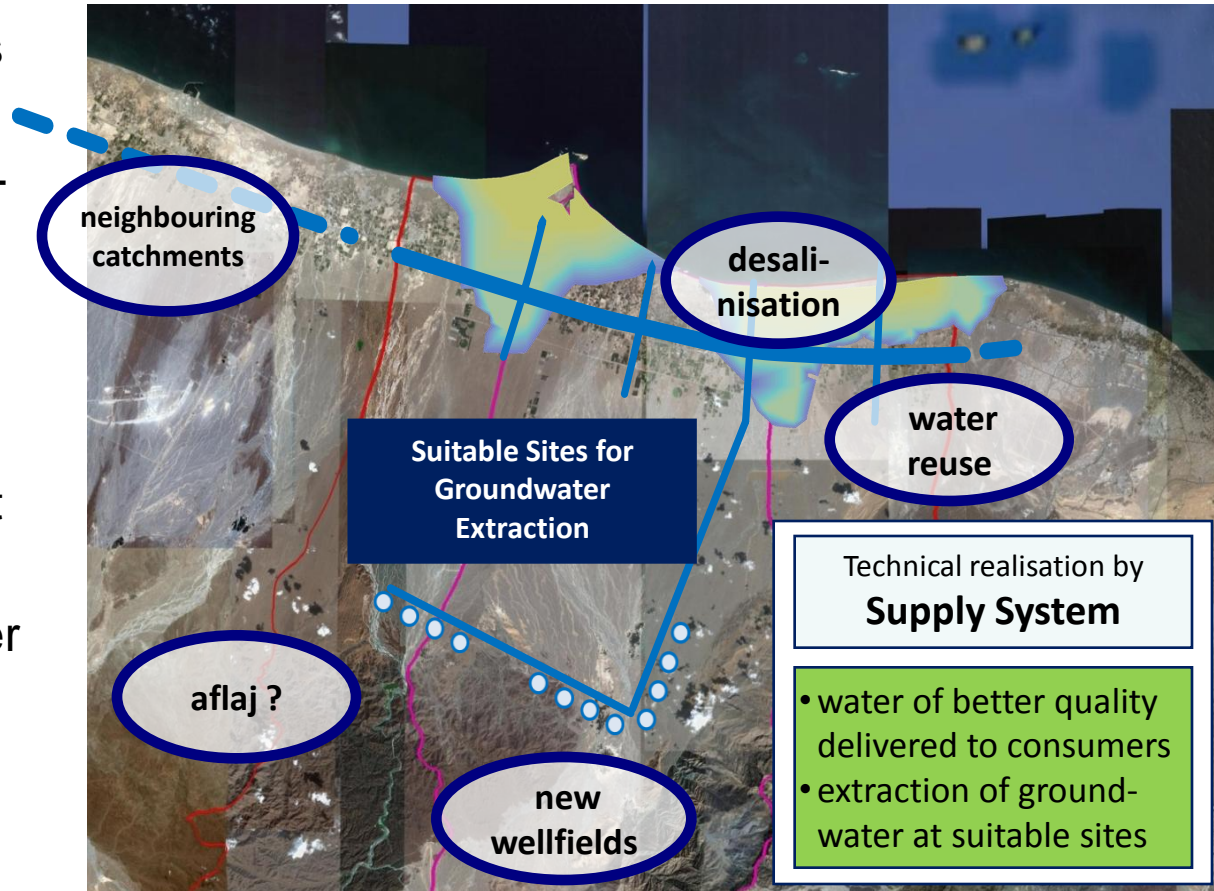






# Perspektiven und Investitionen

- professionell programmiertes APPM-System
- Übertragung des IWRM-Konzepts auf die gesamte Batinah-Region.
- signifikante Erhöhung der landwirtschaftl. Produktion
- Ausbau zum Referenzprojekt
- Implementierung eines Wasserverteilungssystems ("water backbone")
- Rekultivierung versalzener Böden und Farmen



Oman hat bisher ca. € 600.000 investiert, davon ca. € 300.000 in dt. Messtechnik

→ Fortführung? politischer Wille?



# Lessons Learned „Oman“

## IWRM-Implementierung

- Basis: gute und vertrauenswürdige Zusammenarbeit
  - Dies erfordert:
    - Kontinuität (administrative und politische Stabilität)
    - Präsenz und umfangreiches Capacity Development
    - Partner mit administrativer Durchsetzungskraft und dem Willen und Überzeugung zu Veränderungen
- „langer Atem“

## speziell Oman:

Änderung von Denk- / Verhaltensweisen und Bewirtschaftungspraktiken  
(z. B. bei Landwirten)

→ „Präsentations- oder Anschauungsobjekte“, z. B. Pilotfarmen

→ kontinuierliches, langfristiges Begleiten, Beraten und Fortbilden der Akteure