

Neue Lösungswege für die nachhaltige Bewirtschaftung knapper Wasserressourcen in ariden Gebieten (Mittlerer Osten)

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

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

Arabische Halbinsel – Beispielregion



Inlandsbereiche

hyper-arid
geringe Bevölkerungsdichte
lokale Intensivlandwirtschaft
Ausbeutung tiefer und fossiler Grundwässer
Unsicherheiten bei Speicher, Neubildung und Qualität

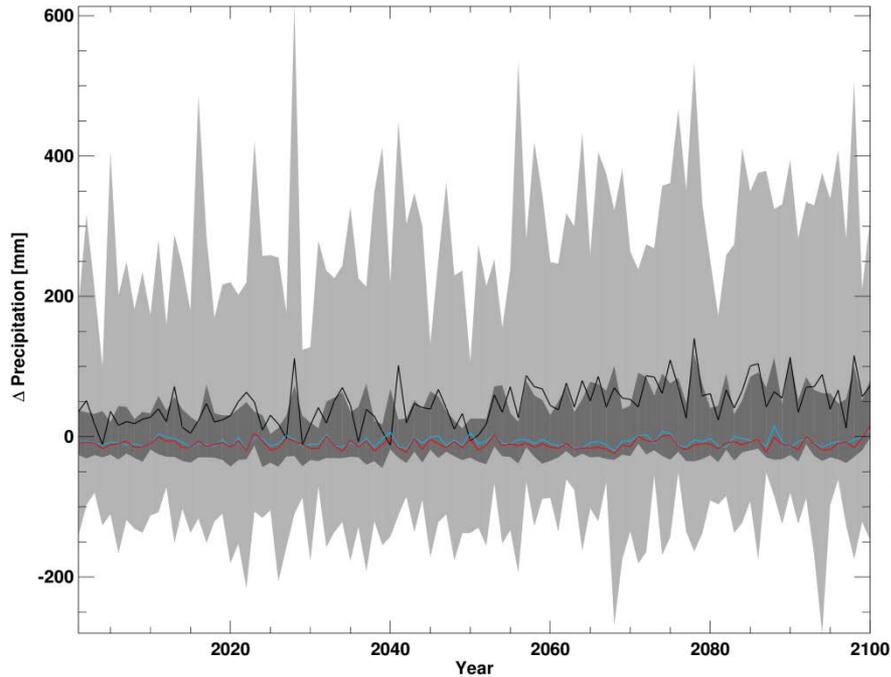
Küstenregion

semi-arid
höhere Bevölkerungsdichte
intensive Landwirtschaft
Ausbeutung flacher Aquifere
Übernutzung forciert Salzwasserintrusion

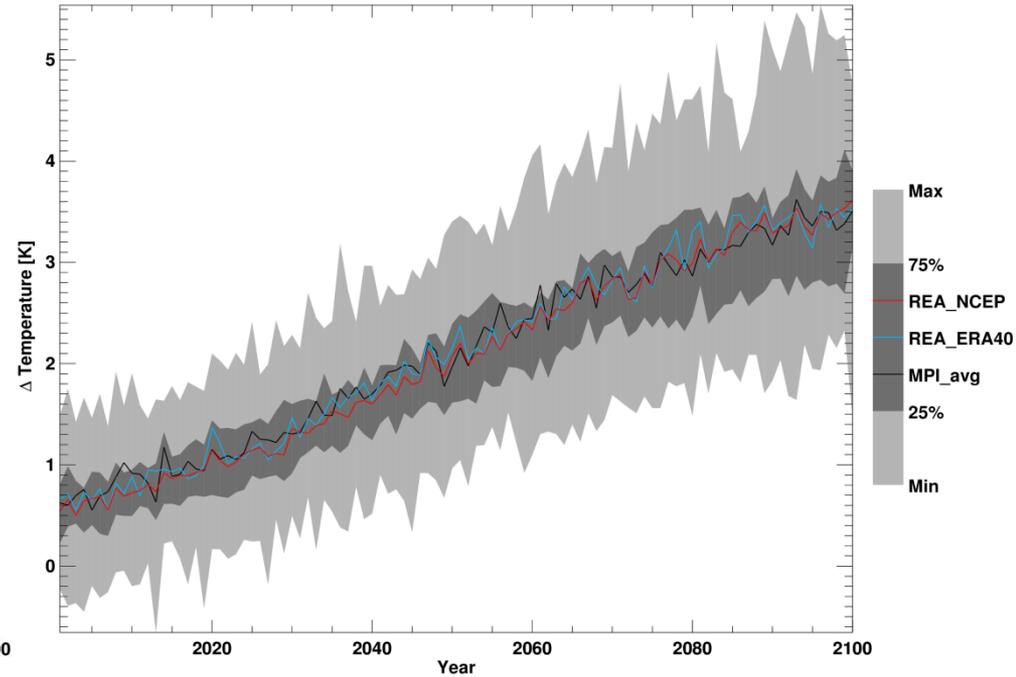


Niederschlags- / Temperaturänderungen gegenüber 1961-90 für Muscat

Jahresniederschlag



Jahresmitteltemperatur

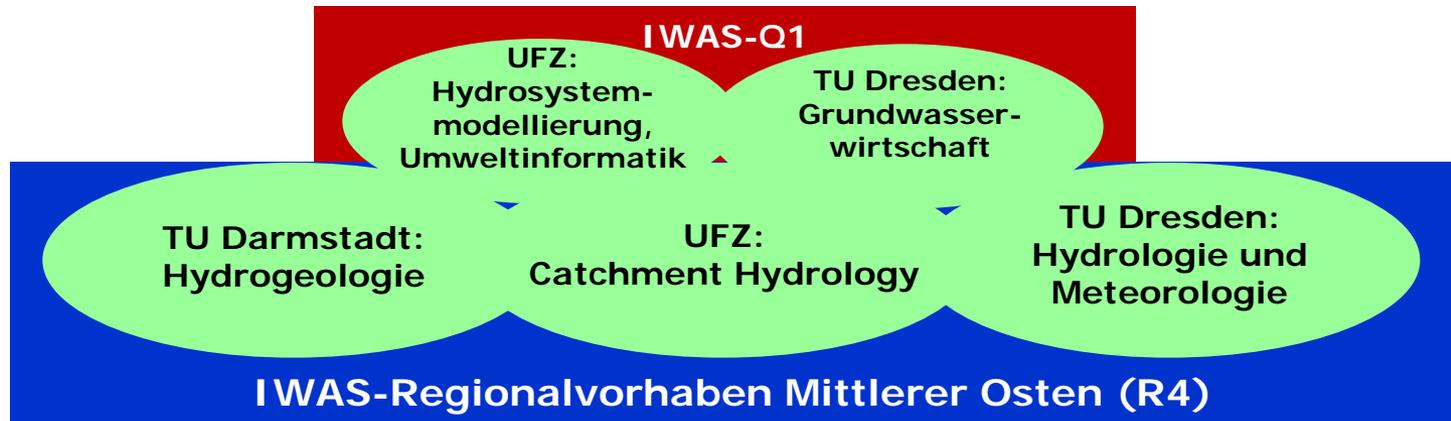


unterschiedliche Ensemble-Mittelungsansätze zeigen:

➔ keine Veränderung des Niederschlags (auch nicht in Jahreszeiten)

➔ Temperaturerhöhung (in allen Jahreszeiten)

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

IWAS-Q4



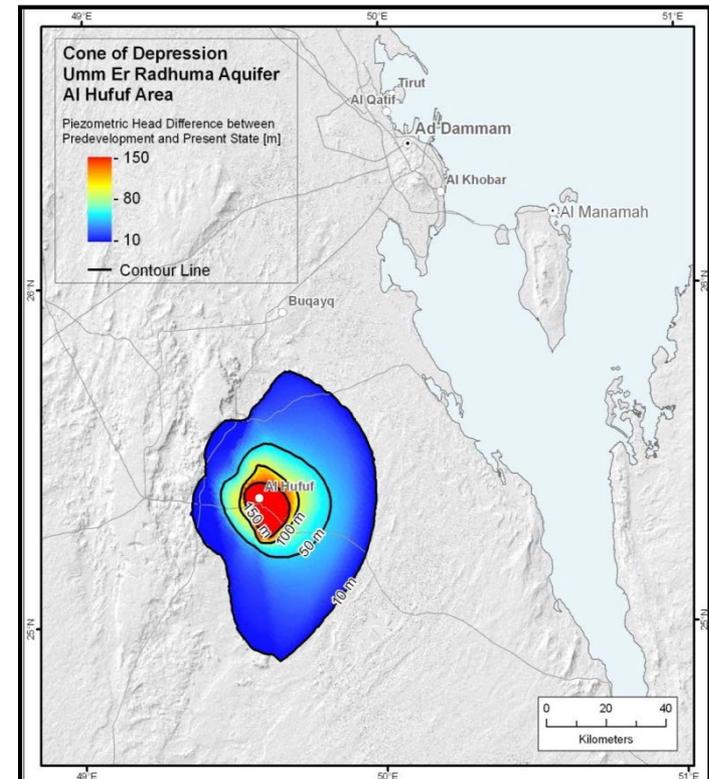
Situation und Ziele Saudi-Arabien

Problemstellung

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

Ziele

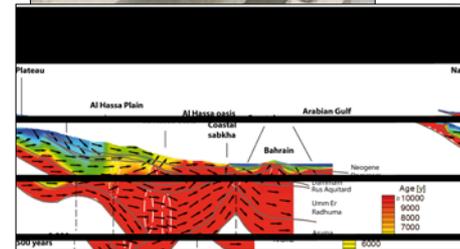
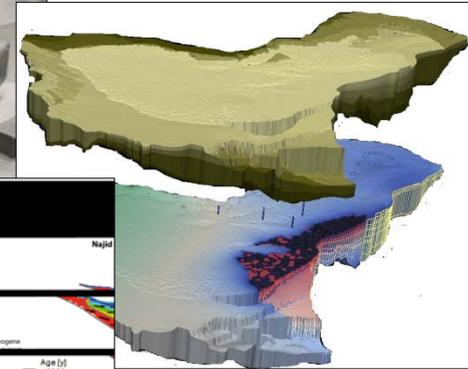
- präzise Ermittlung der Wasserbilanzen
- regionale Grundwassermodellierung als Prognosetool für Nutzungsszenarien
- Entwicklung von Smart-Mining-Konzepten
- Outcrop-Analog-Modelle zur Prognose von Aquifercharakteristika und Wasserqualität



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‘



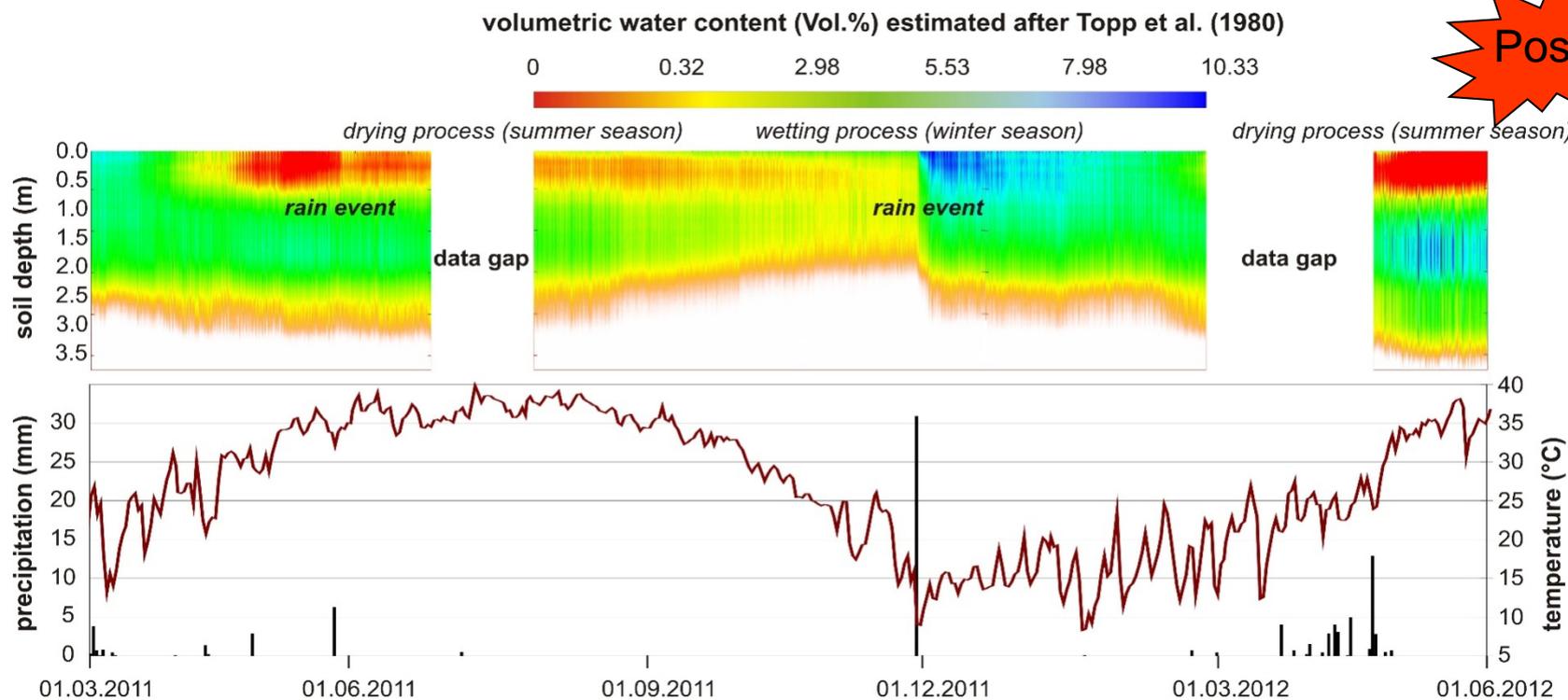
Beispiel Grundwasserneubildung

Quantifizierung der Grundwasserneubildung durch Langzeit-TDR-Messungen - Testfeld

Verhältnis Neubildung: Niederschlag $\sim 0,2 \%$

Niederschlag $\sim 90 \text{ mm/a} \rightarrow$ **Neubildung $\sim 0,2 \text{ mm/a}$**

(im Testfeld im Beobachtungszeitraum 2011/2012)



Beispiel regionale Modellierung

Oberer Mega-Aquifer

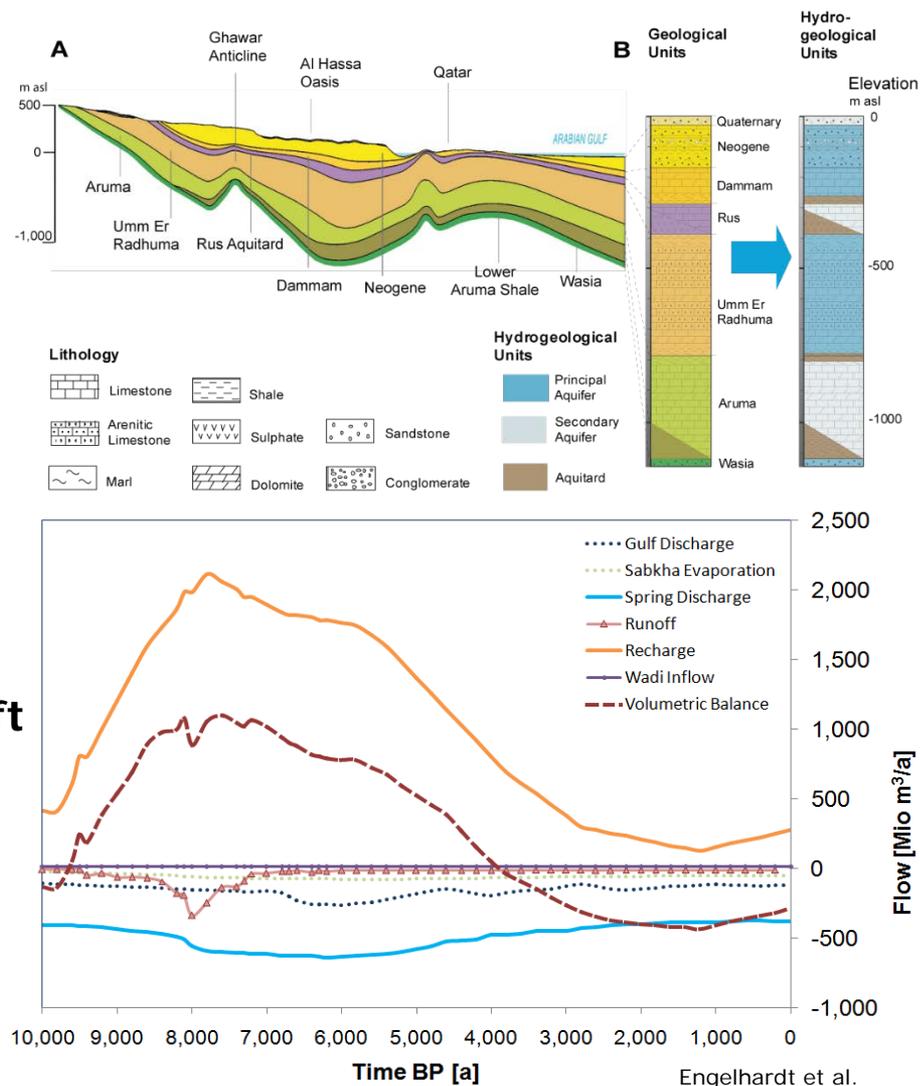
umfassende Datenbasis zu Geometrien, effektiven Aquiferparametern, Input- und Outputgrößen, Sedimentologie, Grundwasserqualität etc.

numerisches Grundwassermodell des Südostens Saudi-Arabiens mit Bilanzierung der Wasserressourcen über die letzten 10.000 Jahre

z. B. natürliches Defizit von 300 Mio m³/a in der Wasserbilanz zu Anfang der Intensivlandwirtschaft

'Predicting the future by learning from the past'

Prognosetool kalibriert mit allen verfügbaren aktuellen und historischen Daten



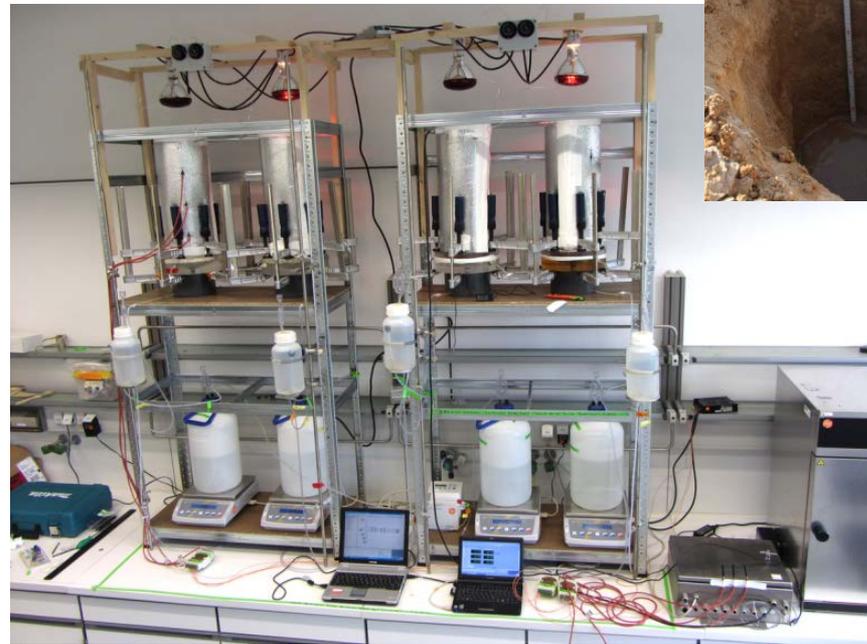
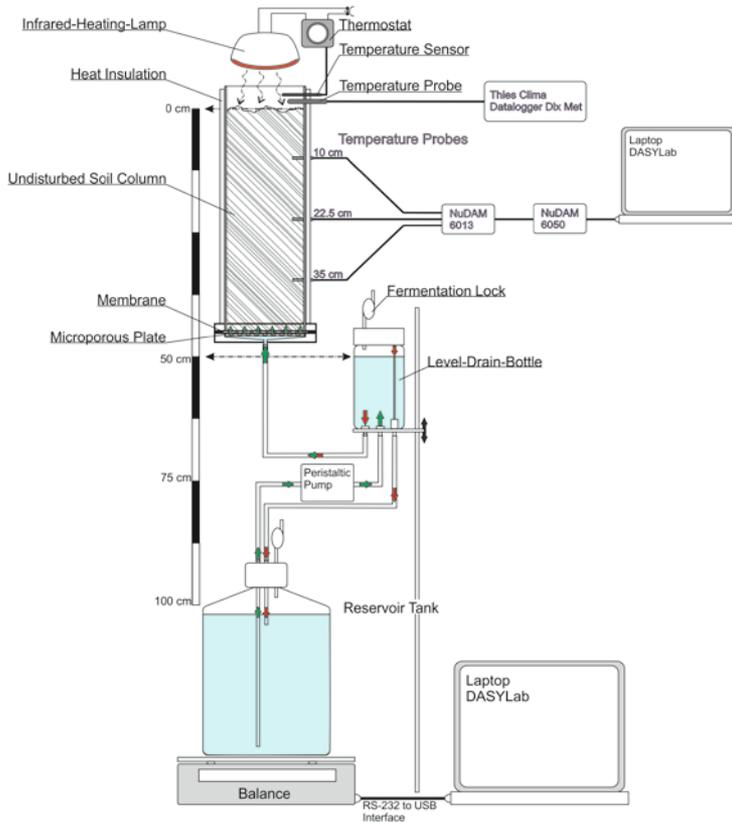
Beispiel Sabkha evaporation



Säulenexperiment für 4 Sabkha-Bodenkerne

deutlich geringere Verdunstungsraten als bisher angenommen

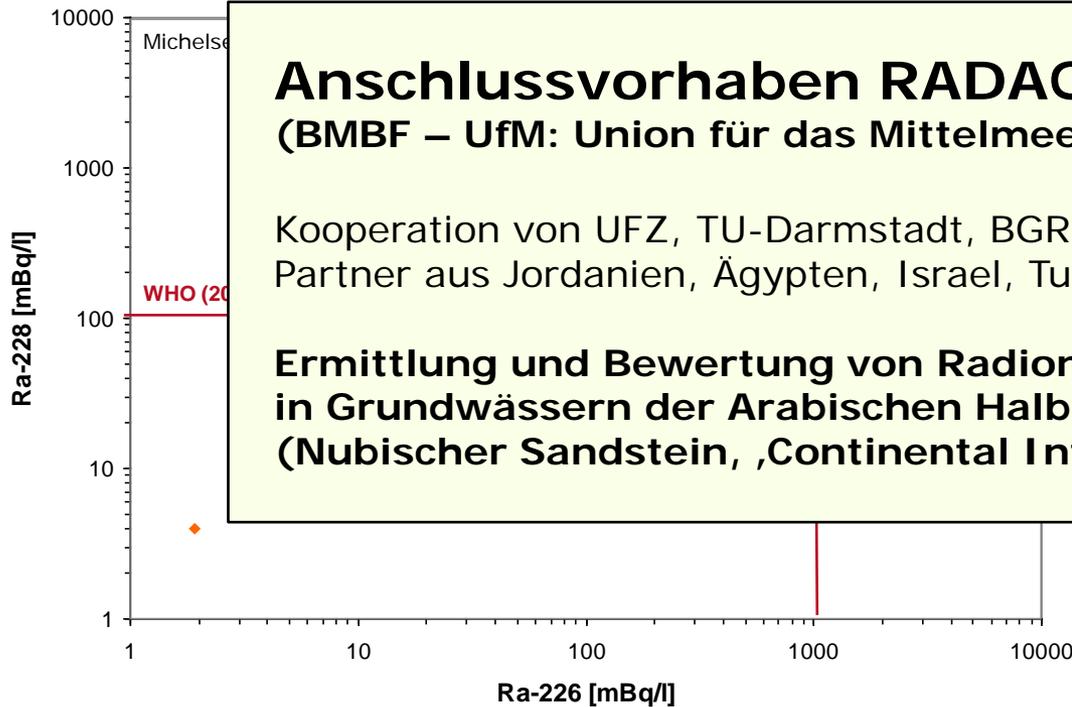
In vielen Küstensabkhen verdunstet Meerwasser – diese Bereiche stellen keine Senke für das Grundwasser dar.



Beispiel hydrochemische Charakterisierung

Radioaktivität in Sandsteinaquiferen

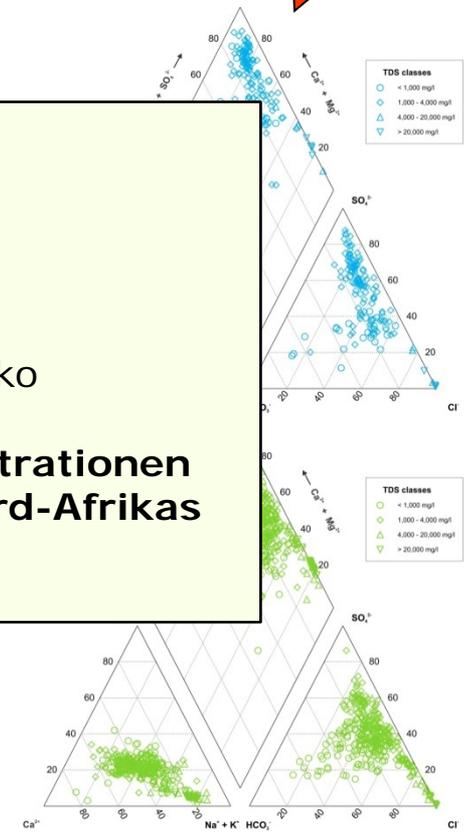
70 % aller Grundwasserproben aus Sandsteinen auf der Arabischen Halbinsel überschreiten WHO-Grenzwerte, insbesondere für Radium 228



Anschlussvorhaben RADAQUA
(BMBF – UfM: Union für das Mittelmeer)

Kooperation von UFZ, TU-Darmstadt, BGR, IWW, BfS
Partner aus Jordanien, Ägypten, Israel, Tunesien, Marokko

Ermittlung und Bewertung von Radionuklidkonzentrationen in Grundwässern der Arabischen Halbinsel und Nord-Afrikas (Nubischer Sandstein, ‚Continental Intercalaire‘)



Perspektiven



Modellierung: *Oberer Mega-Aquifer*

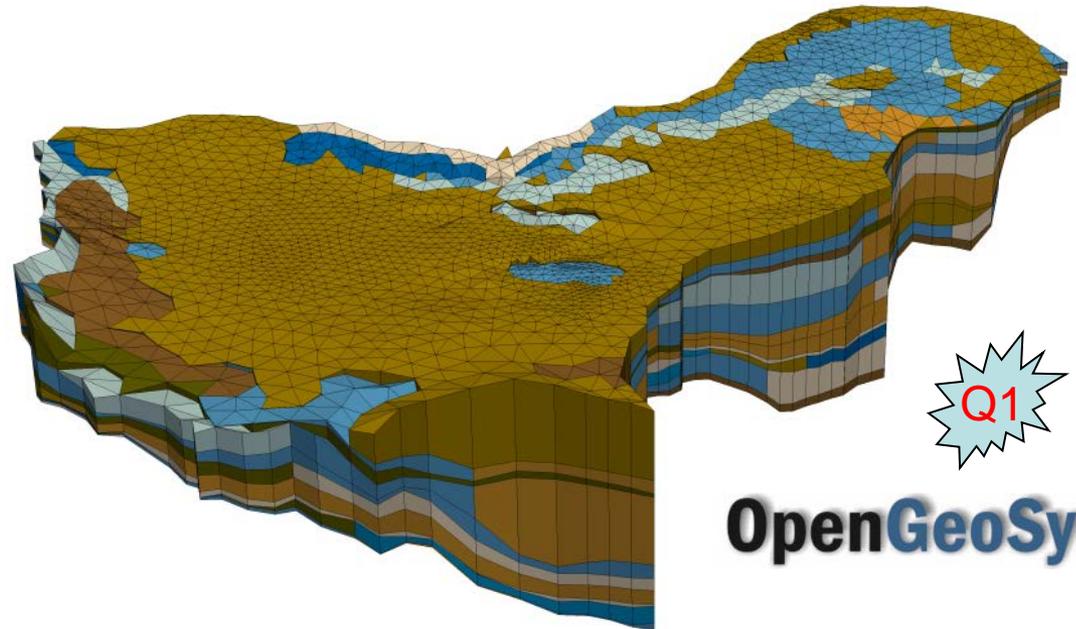
Ziel 'Aquifer online': Online-Tool zur Real-Time-Überwachung der Ressourcen und zur Bewertung von Wassermanagement-Szenarien durch **Predictive Modelling** mit kontinuierlichem Update der Datenbasis.

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

ΔT : Verlängerung der zeitlichen Reichweite der fossilen Ressourcen

Beispielcharakter für analoge Weltregionen in ariden Klimata

laufende Doktorarbeit
S. Schulz



OpenGeoSys

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“

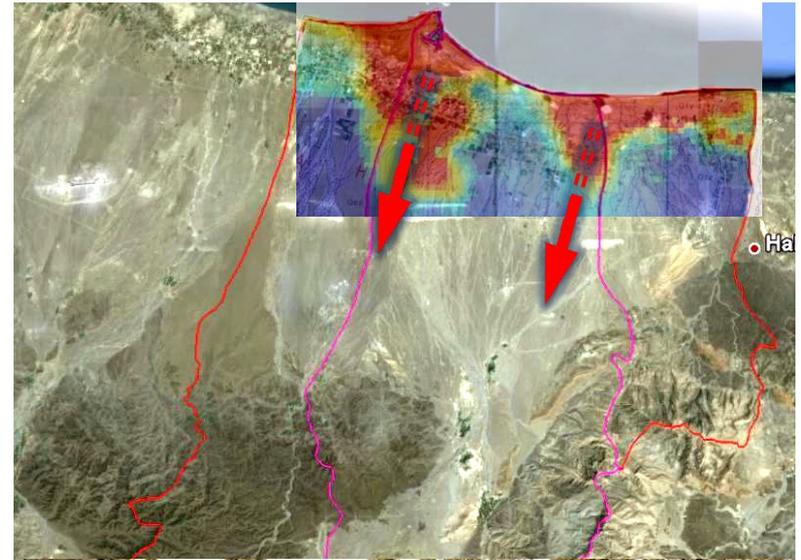
Problemstellung

- gekoppeltes, dynamisches Küstenaquifer-Landwirtschafts-System
- Wasserbedarf >> Verfügbarkeit natürlicher Wasserressourcen
- Vordringen der Salzwasserfront & Zerstörung wertvoller landwirtsch. 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

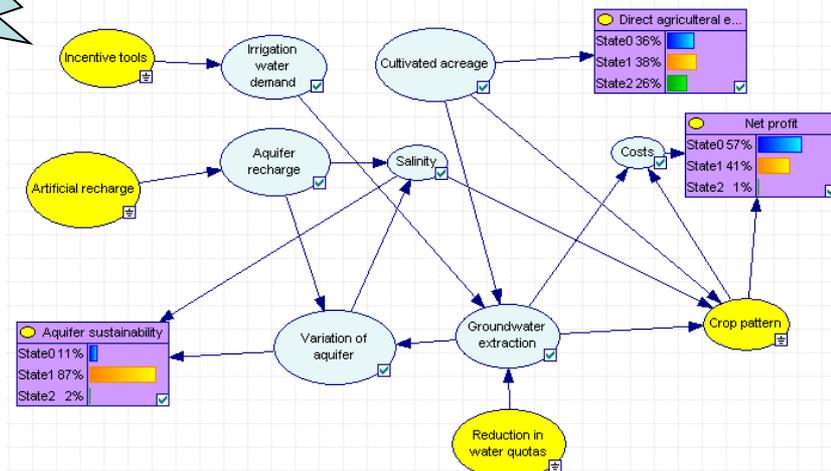
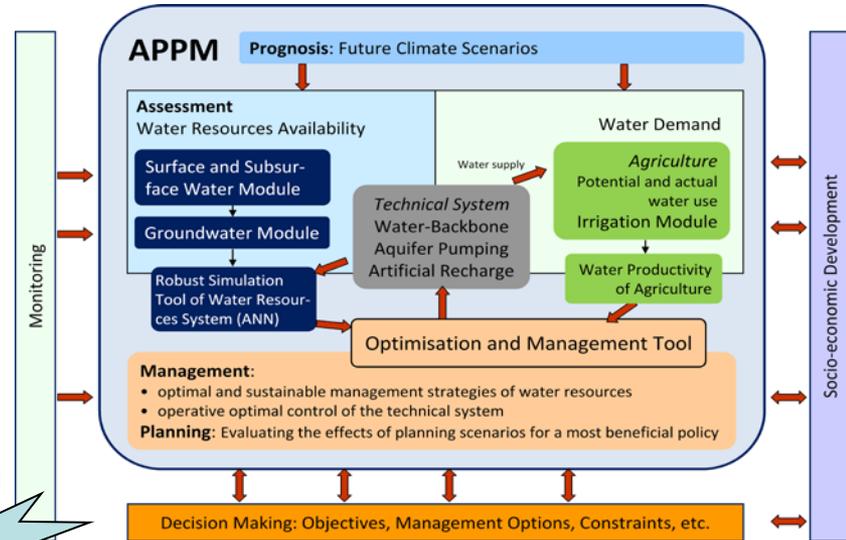


Lösungsansatz

Entwicklung und Pilot-Implementierung eines IWRM auf Basis eines neuen

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

- Entwicklung & Einsatz maßgeschneiderter, multi-kriterieller Optimierungsverfahren (konkurrierende Bewirtschaftungsziele)
 - 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
- Entscheidungsunterstützung zur Bewertung und Implementierung geeigneter Managementstrategien und Maßnahmen



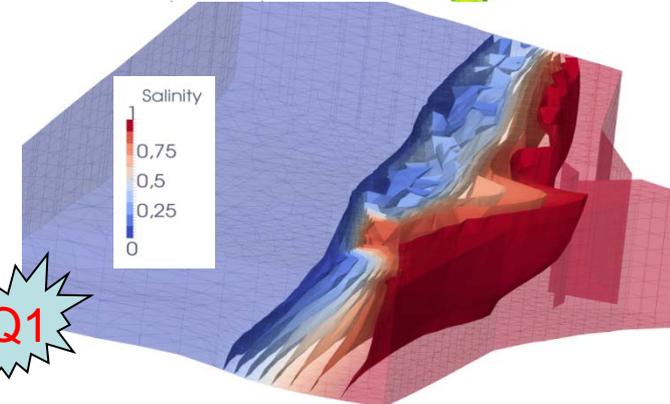
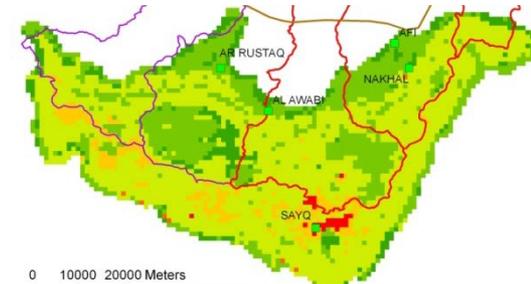
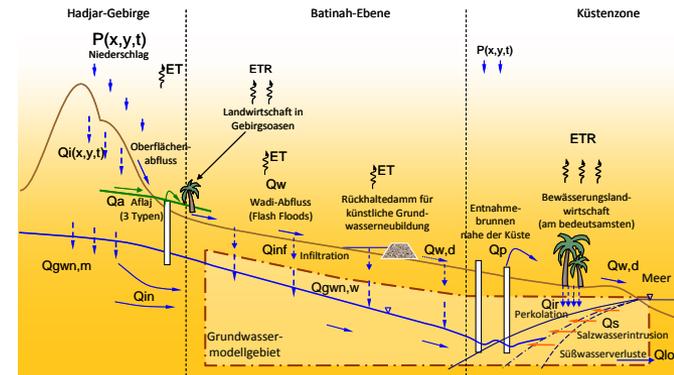
Ergebnisse Water Resources Assessment

Assessment:

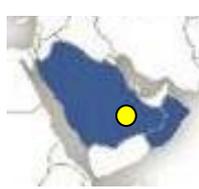
- umfassende Analyse des vernetzten hydrologisch-hydrogeologisch-landwirtschaftlichen Systems
- Bewertung und Einordnung bisheriger Studien
- Entwicklung und Aufbau eines „Data & Information Management System“ T-WIKI

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, 2013)
- 3-D dichteabhängige Grundwasserströmungsmodellierung (Walther et al. 2012)



Ergebnisse Landwirtschaft

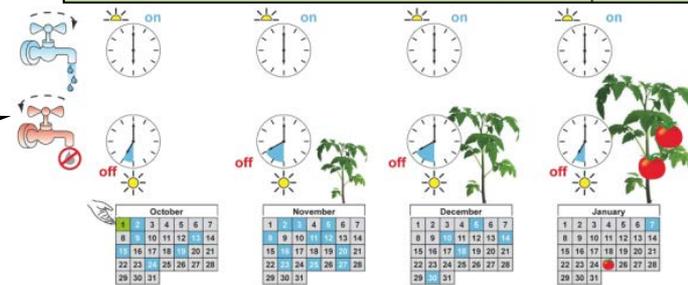
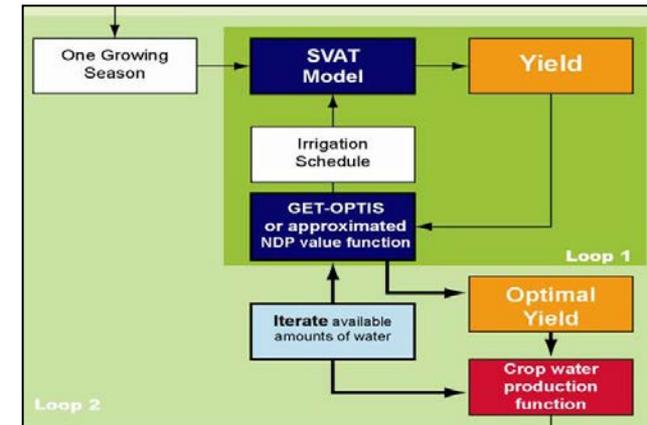


Methodenentwicklungen (Auswahl):

- Optimierungsverfahren und hierarchische Konzepte für die regionale Bewässerungsplanung sowie die Erstellung optimaler Bewässerungspläne unter Berücksichtigung klimatischer Variabilität (Schütze & Schmitz, 2010; Schütze et al., 2011)
- optimale Bewässerungssteuerung mit Bodenfeuchte- und Tensionssensoren (Kloss et al. 2012)

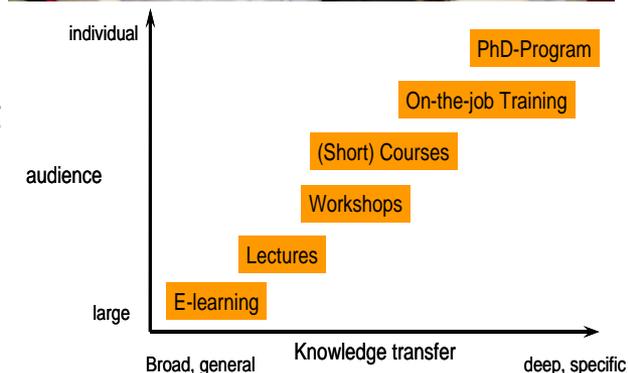
Validierung & Wissenstransfer:

- 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



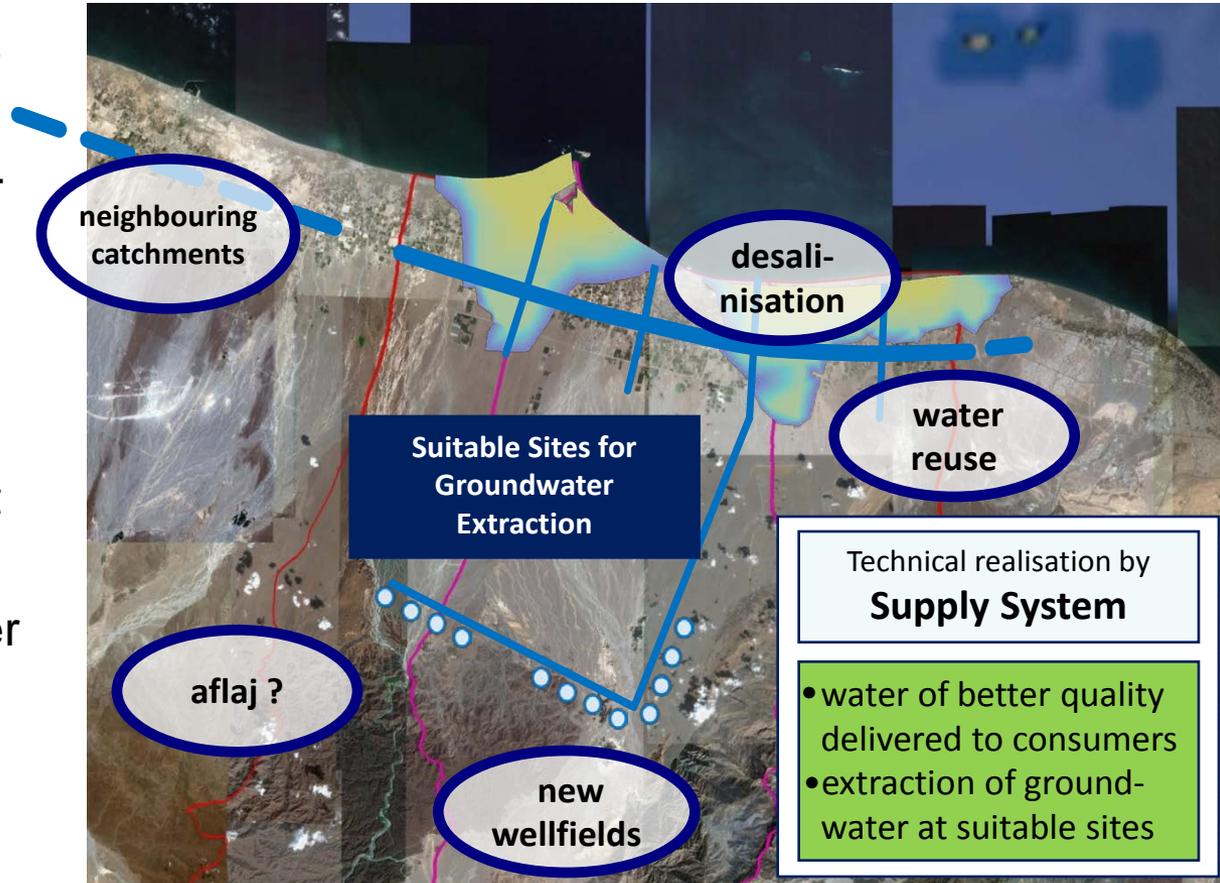
Stand der Implementierung

- 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-Implementation

- Basis für IWRM-Implementation: 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“
- kontinuierliches, langfristiges Einwirken auf die Akteure



Last but not least: Wissenschaftlicher Output



Nach 5 Jahren BMBF-Förderung (+ Finanzierung aus dem IWAS-Umfeld):

- Promotionen: 17
- studentische Abschlussarbeiten (Diplom, Master): 47
- Peer-review-Veröffentlichungen (zumind. akzeptiert): 21
- Vorträge / Poster auf Fachtagungen: ca. 90



**R4 bedankt
sich für die
Förderung!**



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung