

Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserhaushalt,
Grundwasserneubildung, Grundwasserstände und Grundwasserqualität im
Einzugsgebiet der Oberen Donau –

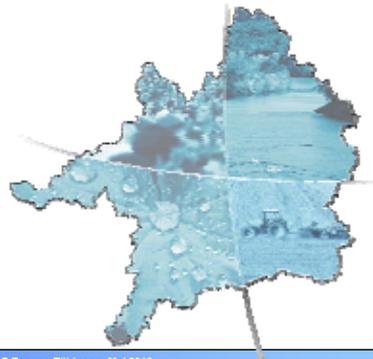
Abschließende Ergebnisse des GLOWA-Danube-Projekts

ROLAND BARTHEL¹, WOLFRAM MAUSER², KARL SCHNEIDER³, ANITA GUNDEL¹, RALF ZILLER¹,
DAVID BENDEL¹

¹ Universität Stuttgart, Institut für Wasserbau

² LMU München, Lehrstuhl für Geographie und Geographische
Fernerkundung

³ Universität zu Köln, Geographisches Institut



Übersicht

1. Das GLOWA-Programm und GLOWA-Danube
2. Klima- und Gesellschafts-**Szenarien** in GLOWA-Danube
3. Ausgewählte „grundwasserrelevante“ Ergebnisse – Beobachtungen und Szenarien
4. Grundwasserforschung und Klimawandel

GLOWA - Globaler Wandel des Wasserkreislaufs

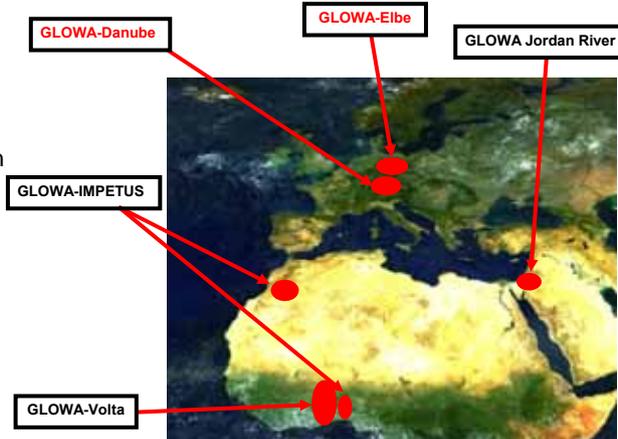
BMBF – Forschungsinitiative im Rahmen der Forschung zum Globalen Wandel
Beginn: 2001, 5 ausgewählte Projektregionen als regionale Fallbeispiele

Forschungsfrage:

Regionale Auswirkungen des Klimawandels mit
Schwerpunkt Wasser

Forschungsziele:

- Integration
- Werkzeuge entwickeln zur Simulation von regionalen Szenarien
- Folgenabschätzung
- Transdisziplinäre Anwendung



GLOWA-Danube – 2001-2010

Forschungsnetzwerk:

- 8 Universitätsinstitute**
- 2 Forschungsinstitute**
- 1 Kommission**
- 1 Landesbehörde**
- 2 Firmen**
- = ~ 40 Wissenschaftler**

1. Department Geographie, LMU München
2. Department Informatik, LMU München
3. Department Meteorologie, LMU München
4. Center for Environmental Systems Research, Kassel
5. Institut für Landw. Betriebslehre, Universität Hohenheim
6. Kommission für Glaziologie, Bayer. Akad. d. Wiss.
7. Institut für Geophysik, Universität Innsbruck
- 8. Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart**
9. Institut für Geographie, Universität zu Köln
10. Max-Planck Institut für Meteorologie, Hamburg
11. Ifo – Institut für Wirtschaftsforschung, München
12. Bayerisches Landesamt für Umwelt, Hof
13. Institut für Organisationskommunikation IFOK, Bensheim
14. VISTA – Geowissenschaftliche Fernerkundung GmbH, München

Phase 1: Institut für Pflanzenökologie, Universität Bayreuth
Phase 1 und 2: IAWG, Ottobrunn

Koordination:

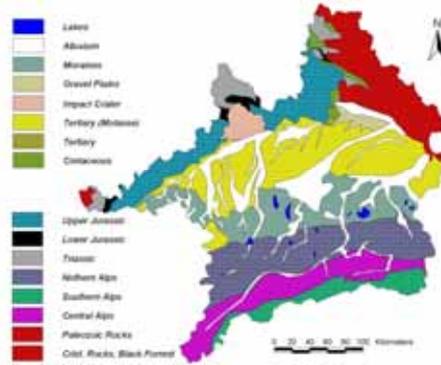


GLOWA-Danube – Einzugsgebiet Obere Donau

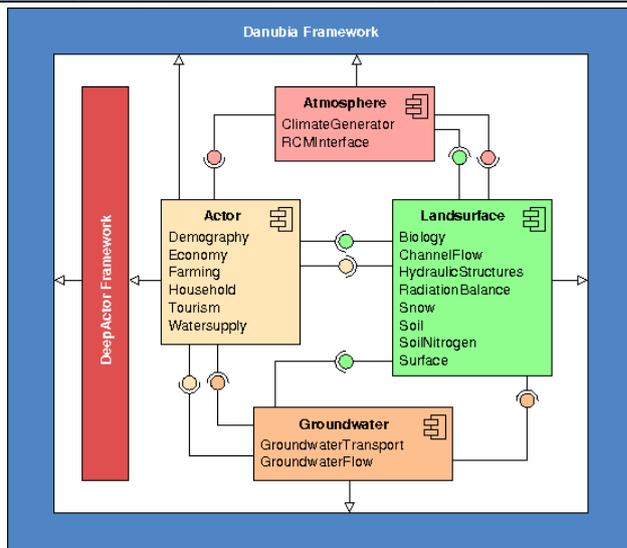


Einzugsgebiet Obere Donau:

- Fläche: 77.000 km²
- Einwohner: 11,5 Mio.
- Höhengradient: 3.750 m



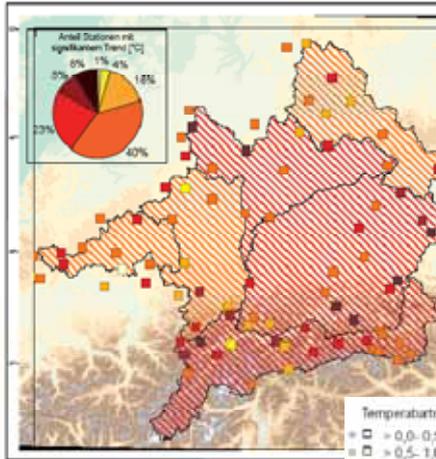
DANUBIA: gekoppeltes Simulationssystem



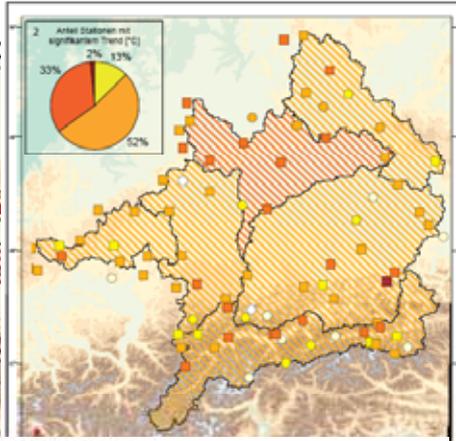
- JAVA, 4 Hauptkomponenten, 17 Teilmodelle, vollgekoppelt
- Public Domain, Open Source (October 2010)

Klimawandel – Beobachtungen: Temperatur (1960-2006)

Sommertemperatur



Wintertemperatur



- Durchgängig positive Trends
- Deutliche regionale (lokale) Unterschiede



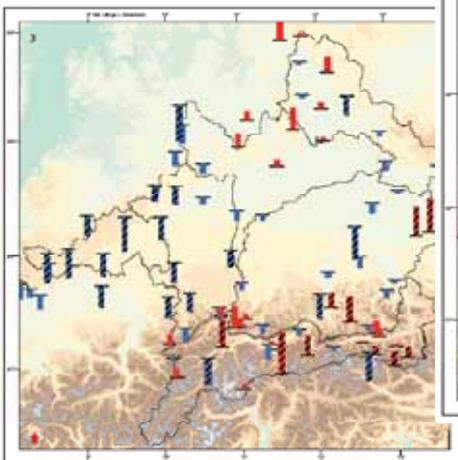
Barthel

FH-DGG Tagung Tübingen, Mai 2010

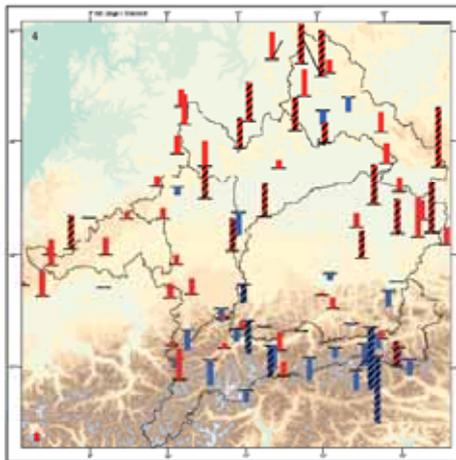
7

Klimawandel – Beobachtungen: Niederschlag 1960-2006

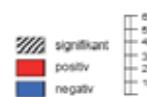
Sommerniederschlag



Winterniederschlag



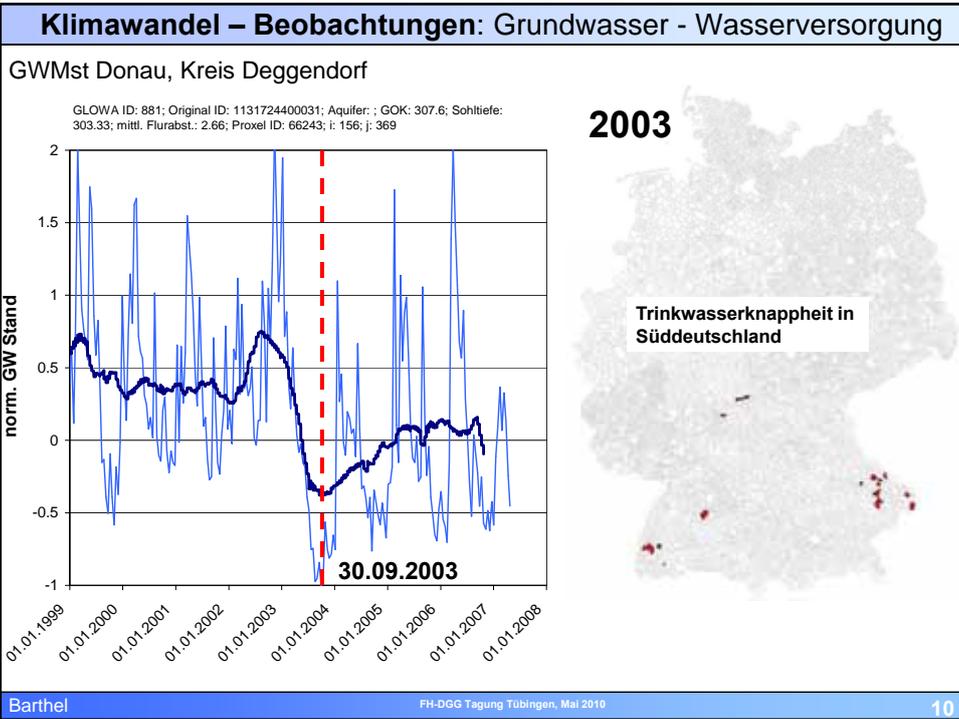
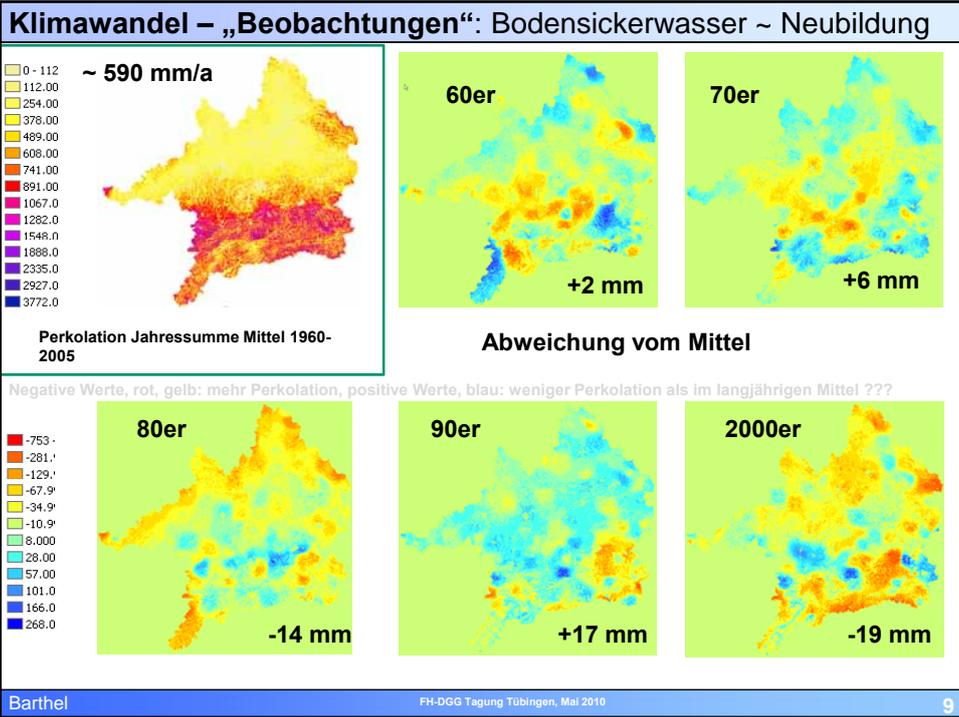
- Stark unterschiedliche Trends, nicht immer deutlich
- Sehr ausgeprägte regionale und lokale Unterschiede



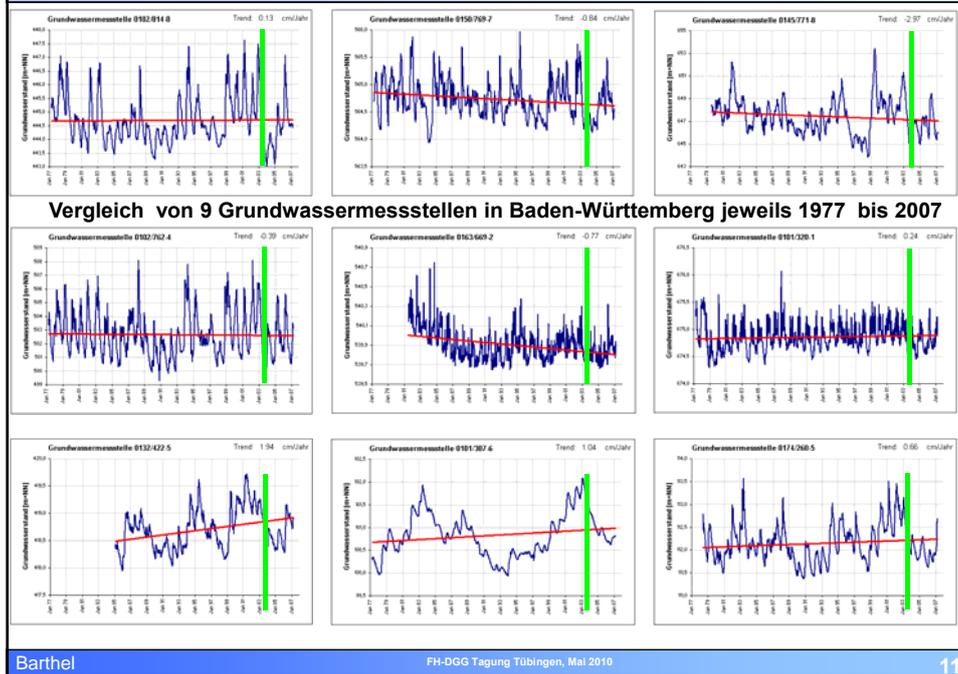
Barthel

FH-DGG Tagung Tübingen, Mai 2010

8

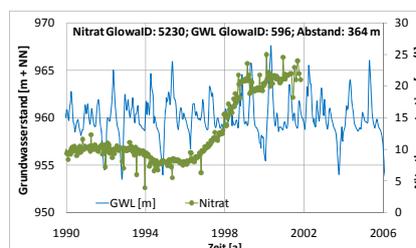
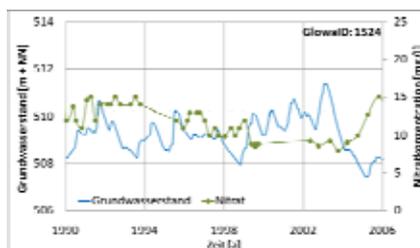


Klimawandel – Beobachtungen: Grundwassermenge



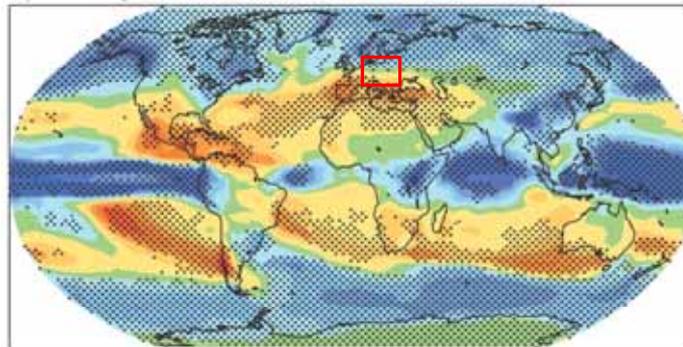
Klimawandel – Beobachtungen: Grundwasserqualität

- Identifikation und Quantifizierung von Ursachen und Wirkungen ist extrem schwierig (Klimawandel - Landnutzungsänderung – Entnahmen – etc.)
- Prozesse sind nicht unabhängig, rückgekoppelt, schwer zu diagnostizieren
- Kurzfristige Effekte (z.B. einzelne extreme Trockenphasen) und längerfristige Veränderungen haben unterschiedliche Folgen → Prozesse nicht-skalierbar, nicht-linear, nicht-stetig ...
- Die Untersuchung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Grundwasserqualität steht erst ganz am Anfang!



Zukunftsszenarien: Klima – global (A1B)

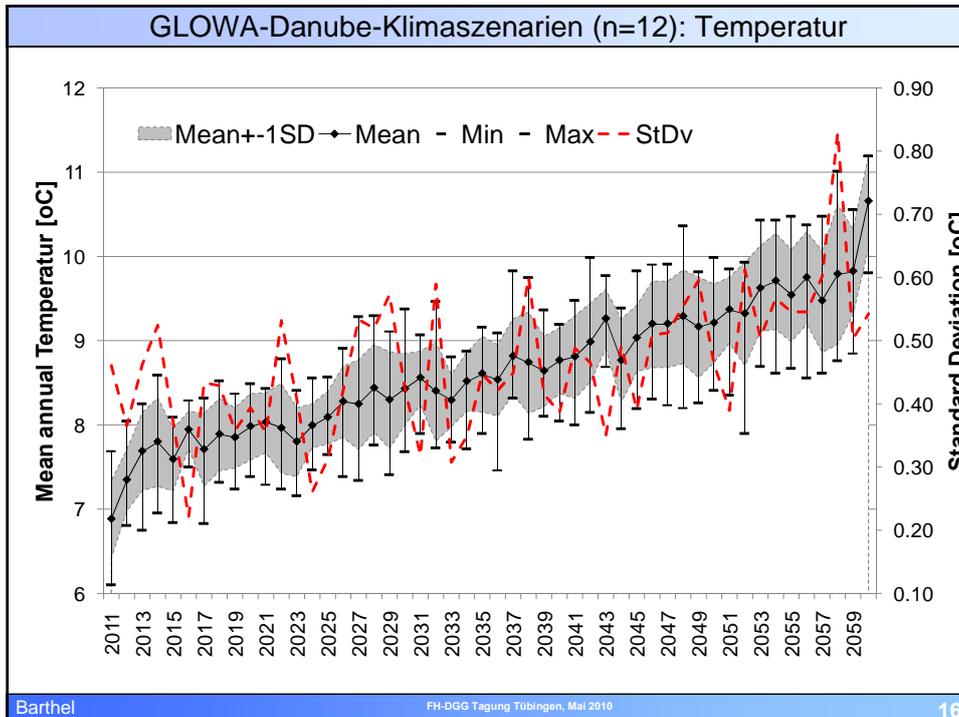
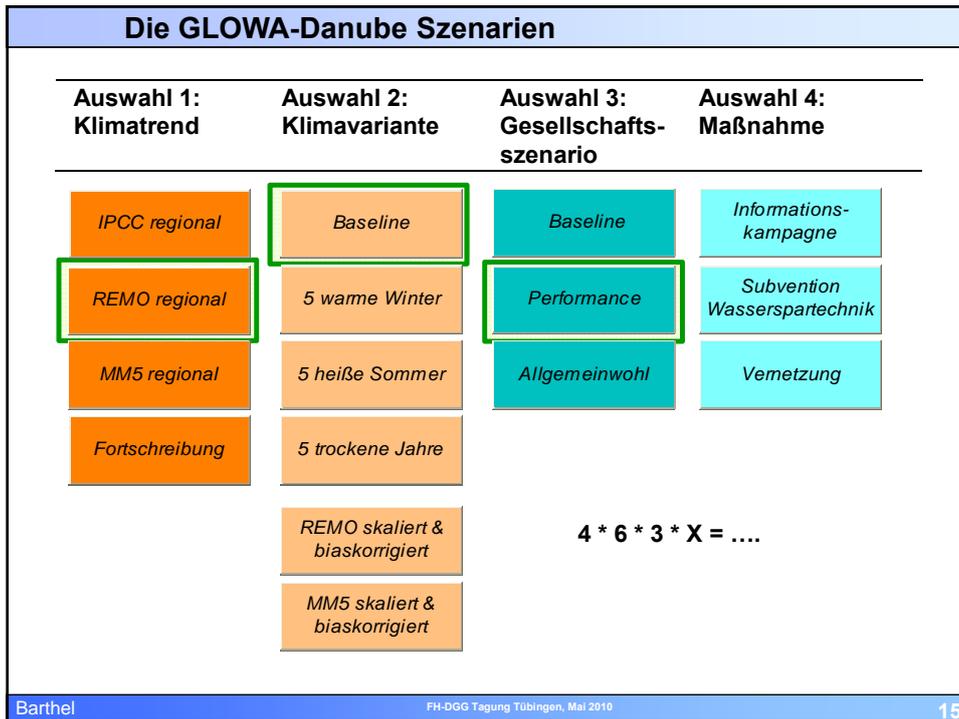
IPCC Report 2007 -
Änderung des Niederschlags 2080-2099 gegenüber 1980-1999

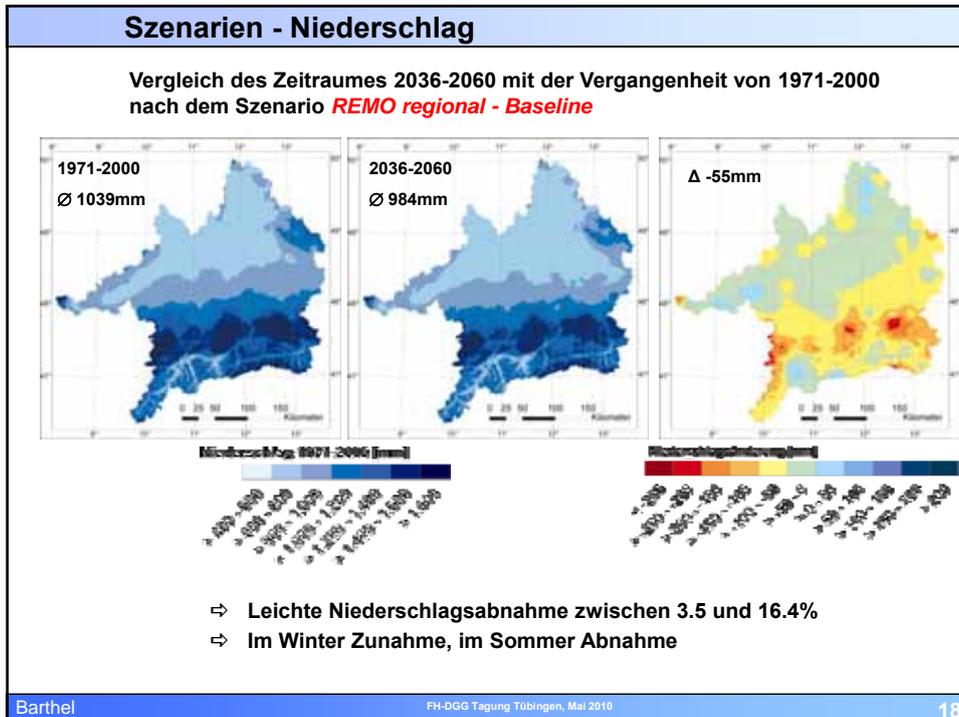
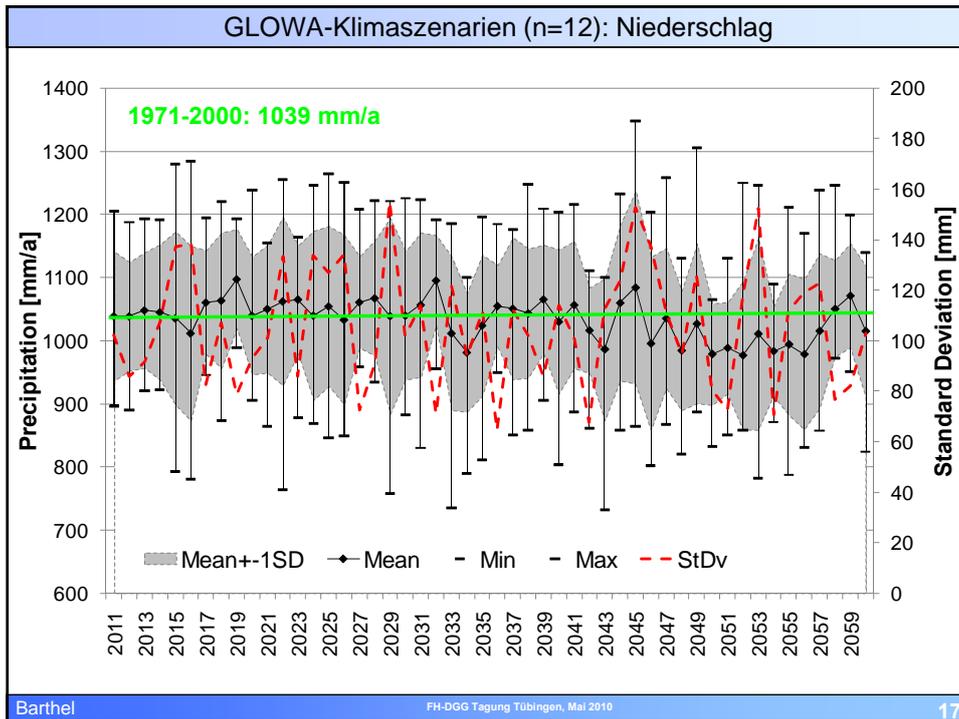


Zusammenfassung aus 20 globalen Klimamodellen
gepunktet: mind. 80% der Modelle stimmen im Vorzeichen überein

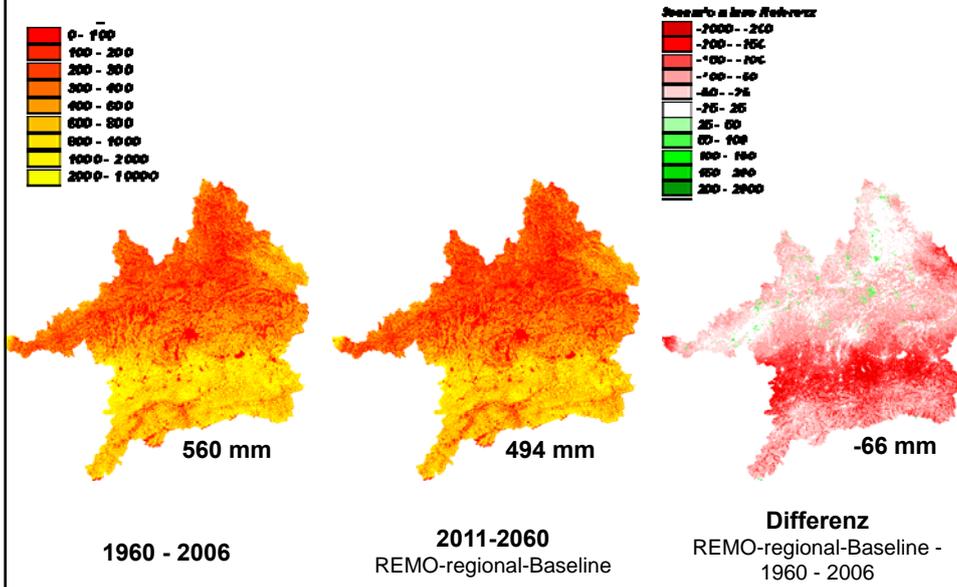
Regionale Zukunfts-Szenarien

- Optionen und Unsicherheitsquellen für die Definition regionaler Szenarien
 - Globales Klimaszenario (Emissionsszenario und GCM)
 - Globales Szenario → Regionales Klimaszenario (Regionale Klimamodelle, statistisches Downscaling, Klimageneratoren ...)
 - Regionale Szenarien für Demographie, Ökonomie, Politik (z.B. **Agrarpolitik** – Landnutzung)
 - ...



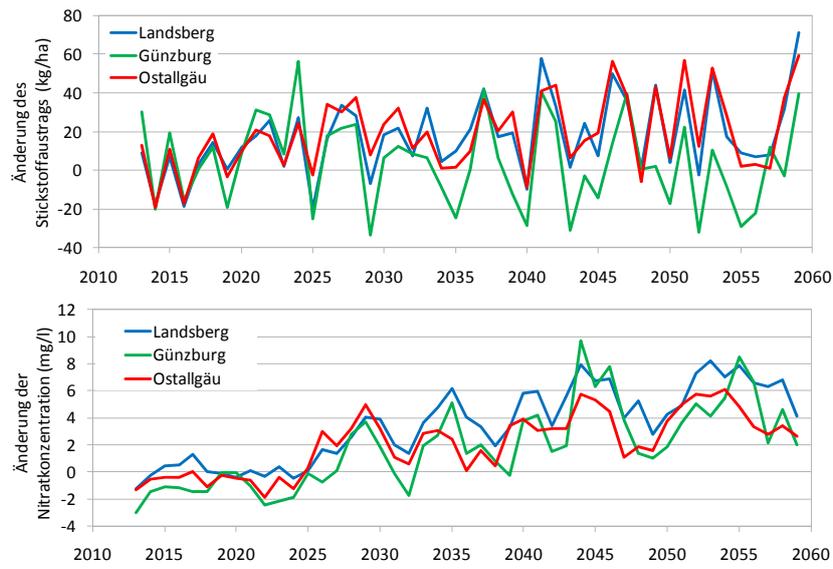


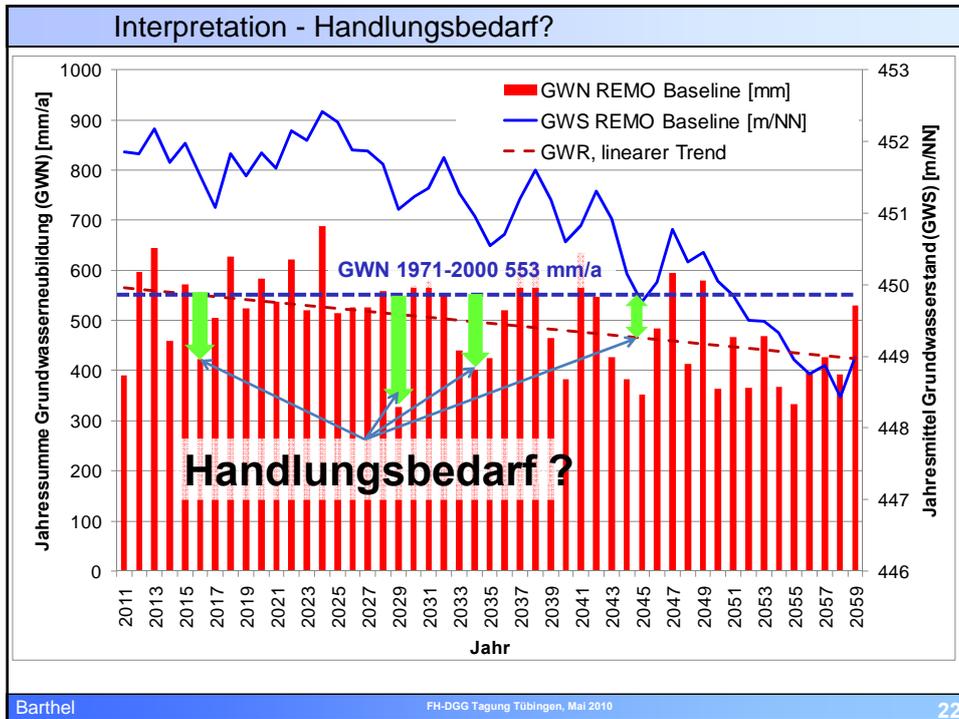
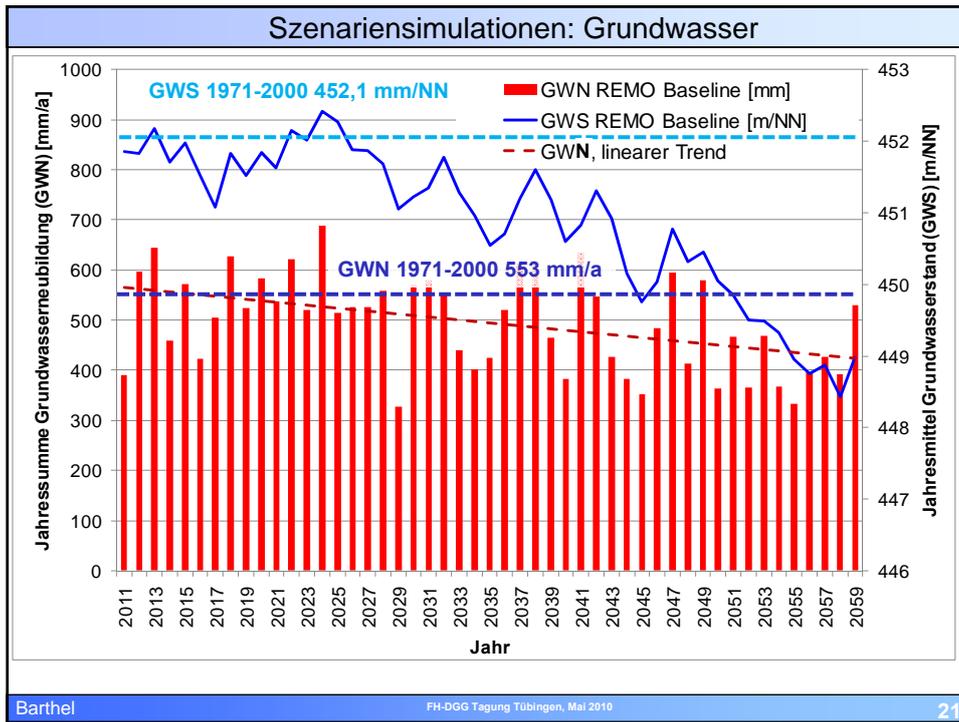
Szenariensimulationen: Grundwasserneubildung / Perkolations



Szenariensimulationen: Nitrat im Bodensickerwasser

Veränderung des Nitrataustrags gegenüber der Referenzsituation (1996-2005)





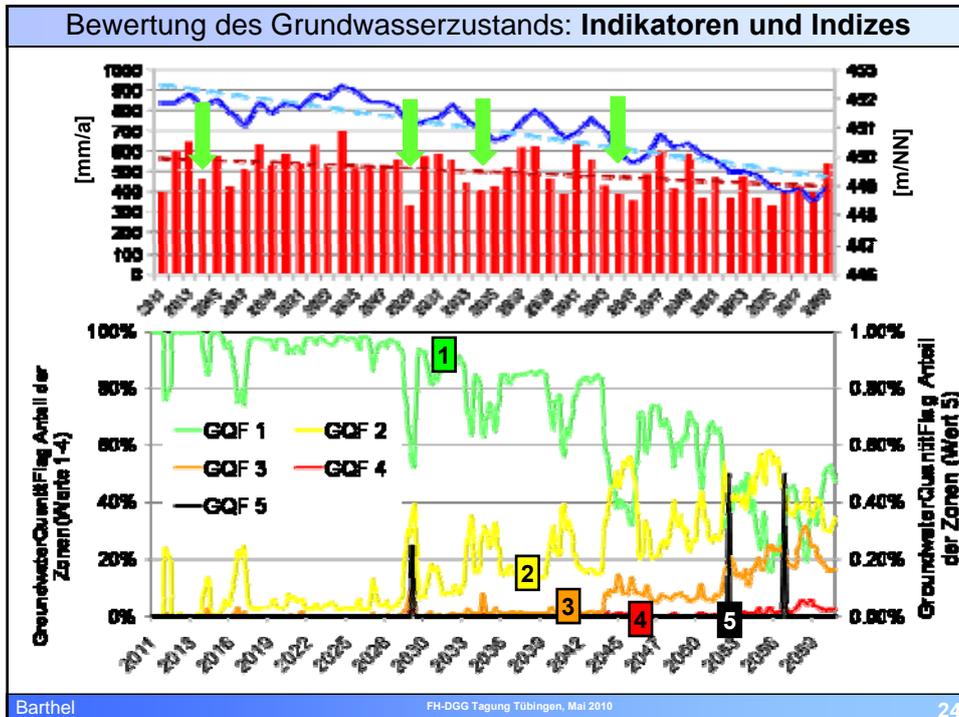
Bewertung durch „Flaggen“ (Indizes)

Alles bestens \longrightarrow kritisch \longrightarrow katastrophal

1
 2
 3
 4
 5

- *GroundwaterQuantityFlag*: **Bewertung der Grundwassermenge** (“**am Brunnen**”) → WVU, Direkt-Verbraucher (Bewässerung, Industrie)
- *DrinkingWaterQuantityFlag(s)*:
 - Gewichtete **Bewertung der Gesamtkapazität** (“**am Wasserwerk**”) → Wasserversorgungsunternehmen → Entscheidungen der WVU-Akteure
 - Bewertung der **Trinkwassermenge** (“**am Wasserhahn**”) → Verbraucher (Warnungen, Verbote) → Entscheidung der verbrauchenden Akteure (öffentliche Trinkwasserversorgung)
- *GroundwaterQualityFlag*, *DrinkingwaterQualityFlag(s)*, *RiverWaterFlags*, *RiverFloodFlag*....

Barthel
FH-DGG Tagung Tübingen, Mai 2010
23





Fazit: Klimawandel, Grundwasser – regionale Konsequenzen

- **Grundwasserneubildung:** Bei leicht zurückgehenden Niederschlägen und steigenden Temperaturen ist ein allgemeiner Rückgang der Grundwasserneubildung zu erwarten, wobei saisonale Verschiebungen dämpfend wirken können. Starke regionale Unterschiede sind zu erwarten.
- **Grundwassermenge:** allgemeiner Rückgang, aber sehr starke lokale Unterschiede, unterschiedliche Reaktionszeiten
- **Grundwasserqualität:** Keine pauschalen Aussagen möglich
- **Wasserhaushalt insgesamt:** Extreme Trockenphasen (2003) und länger anhaltende Trockenperioden nehmen wahrscheinlich zu – bei einem generellen Trend zu trockneren Verhältnissen; Niedrigwasser extremer und häufiger
- **Wasserversorgung:** Auch bei sehr trockenen Szenarien steht in der Summe ausreichend Trinkwasser zur Verfügung; Regional: Regionale Engpässe sind zu befürchten; mit technischen Lösungen eine Sicherung der Wasserversorgung möglich

Fazit: Klimawandel, Grundwasser – regionale Konsequenzen

- Bei allen Betrachtungen zu Auswirkungen des Klimawandels ist die Szenarien-Auswahl und –Definition mindestens ebenso wichtig wie die Wahl und Parametrisierung der Modelle - Die Definition konsistenter Szenarien über Disziplingrenzen hinweg ist eine wesentliche interdisziplinäre Forschungsfragestellung !!
- Grundwasser-Beobachtungen aus der Vergangenheit sind extrem schwierig zu interpretieren wegen der starken Abhängigkeit der Messungen von lokalen geologischen Verhältnissen und sozioökonomisch-technischen Bedingungen
- Relevante Forschung zum Klimawandel kann nur integrativ erfolgen – Integration passt aber nicht in die aktuelle Forschungslandschaft
- Forschung zu Auswirkungen des Klimawandels auf das Grundwasser muss die regional Skala betrachten um lokale kurzfristige Erscheinungen von „echten“ Global Change Auswirkungen erkennen zu können
- Forschung zu den Auswirkungen des Klimawandels auf regionale Grundwassersysteme steht noch am Anfang - insbesondere im Bereich der Grundwasserqualität! – insbesondere in Deutschland

Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserhaushalt, Grundwasserneubildung, Grundwasserstände und Grundwasserqualität im Einzugsgebiet der Oberen Donau - Abschließende Ergebnisse des GLOWA-Danube-Projekts

ROLAND BARTHEL¹, WOLFRAM MAUSER², KARL SCHNEIDER³, ANITA GUNDEL¹, RALF ZILLER¹, DAVID BENDEL¹

Vielen Dank!

<http://www.glowa-danube.de/atlas>

