

Evaluierung eines gekoppelten Modellsystems zur Quantifizierung von Grundwasserressourcen

Julian Vahldiek⁽¹⁾, Robin Schwemmler⁽¹⁾, Jost Hellwig⁽¹⁾, Max Schmit⁽¹⁾, Kerstin Stahl⁽¹⁾, Markus Weiler⁽¹⁾, Julian Börner⁽²⁾, Christian Sponagel⁽²⁾, Elisabeth Angenendt⁽²⁾

Hintergrund

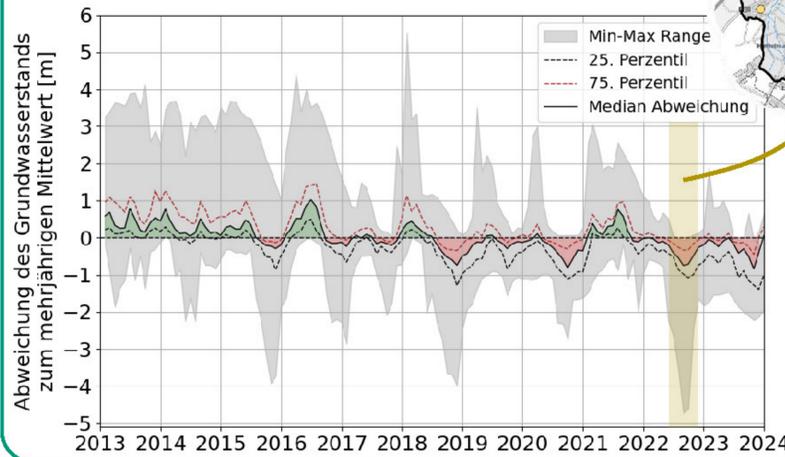
- Stressoren wie Dürre, Nutzungskonkurrenzen, Einträge von Schadstoffen & klimatische und sozioökonomische Veränderungen beeinflussen das Grundwasser.
- Flächenhafte Informationen zu Klimawandelauswirkungen auf regionale und lokale Grundwasserressourcen sind frei zugänglich nicht verfügbar.

Zielsetzung

- Verständnis für Auswirkungen von Dürre, Nutzungskonkurrenzen, Nitratbelastung, ökonomische und regulatorische Anforderungen durch Modellszenarien.
- Entwicklung eines Modellsystems als ganzheitliches Entscheidungswerkzeug für eine nachhaltige Grundwassernutzung.

Variabilität der gemessenen Grundwasserstände

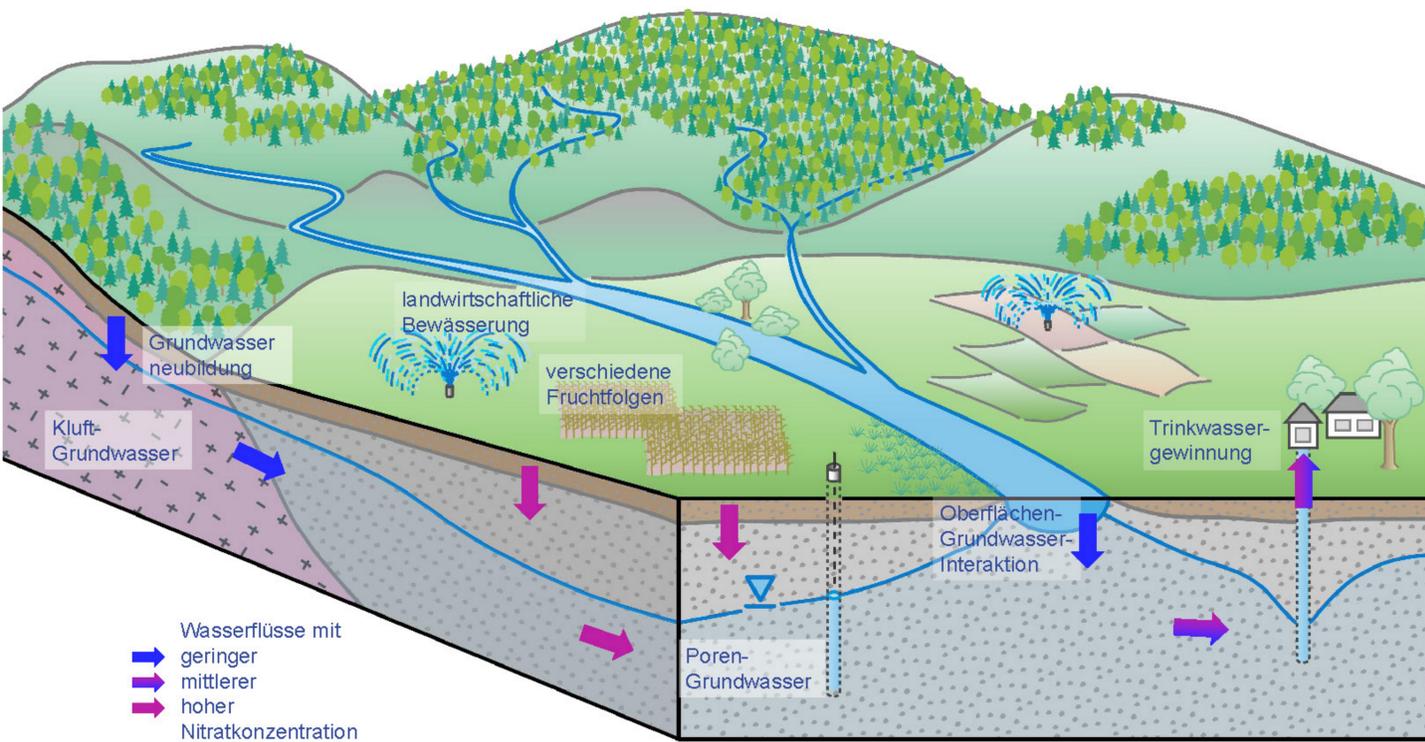
- Abweichungen des Grundwasserstands ausgewählter Pegel zum 10-jährigen Mittelwert der Referenz 2013-2023
- Deutliche Ausprägung der negativen Abweichungen in den Dürrejahren 2018-2022
- Median der Abweichungen im Bereich ± 1 m
- Örtliche Abweichungen von bis zu $\pm 3-5$ m



Mittlere Abweichung im Sommer 2022 [m]

- 3.25 - -3
- 3 - -2.5
- 2.5 - -2
- 2 - -1.5
- 1.5 - -1
- 1 - -0.5
- 0.5 - -0.03

Integriertes Modellsystem



PALUD

- Geodaten-basiertes ökonomisch-ökologisches Landnutzungsmodell
- Optimierung der landwirtschaftlichen Landnutzung auf Schlägebene auf Basis Linearer Programmierung
- Modellierung von Anpassungsmaßnahmen in der Landwirtschaft

Kopplung

RoGeR

- Flächendifferenziertes hydrologisches Prozessmodell
- Modellierung der Grundwasserneubildung und des Bewässerungsbedarfs
- StorAge Selection (SAS) Funktionen zur Berechnung der Nitratauswaschung

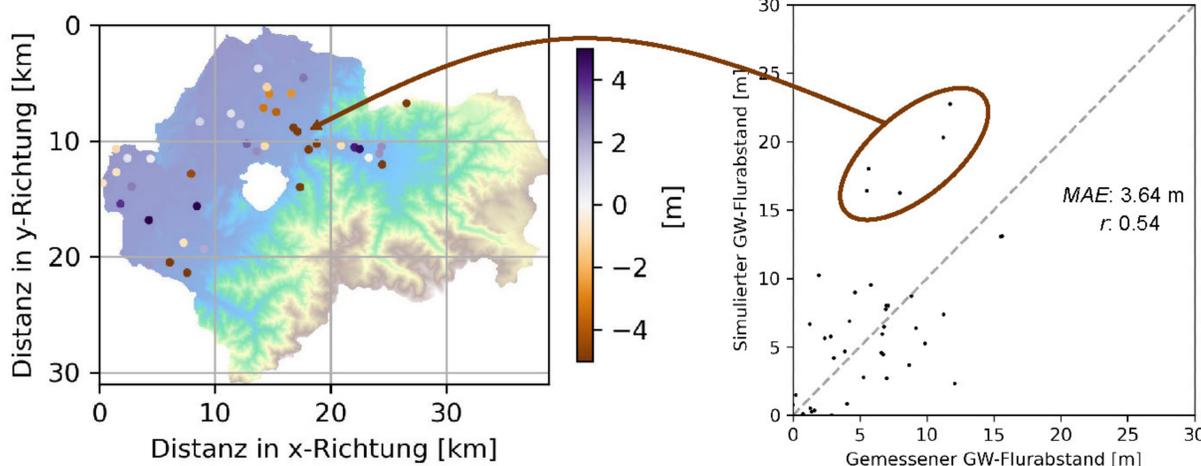
Kopplung

MODFLOW

- Grundwassermodell mit 4 Schichten
- Modellierung der Grundwasservorräte und des Stofftransports
- Berechnung der Entnahme zur Trinkwassergewinnung und landwirtschaftlichen Bewässerung

Parametrisierung und Evaluierung des MODFLOW-Modells

- Großes Modellgebiet ($\sim 31 \times 39$ km) mit stark heterogener Hydrogeologie; Schönberg ausgespart
- Hohe Leitfähigkeiten in den porösen Aquiferen der Rheinebene
- Geringe Leitfähigkeiten und komplexe Geologie im kristallinen Schwarzwald
- Monte-Carlo Optimierung auf mittlerer Grundwasserstand anhand der Anpassung der hydraulischen Leitfähigkeit k_f um Faktor c_i
- Resultierende effektive Leitfähigkeiten im Bereich von $k_f = 10^{-7}$ m/s bis $k_f = 10^{-3}$ m/s
- 27 Freiheitsgrade, 5000 stationäre Rechenläufe
- Örtlich variierende Abweichungen des simulierten zum gemessenen GW-Flurabstand von ± 4 m



Herausforderungen im GW-Modell

- Hydrogeologische Informationen zur Parametrisierung des Grundwassermodells
- Optimierung der Rechenzeit für größere Gebiete
- Kopplung der Modelle erhöht die Unsicherheiten in den Modellergebnissen
- Optimierung und Evaluierung der Modellergebnisse durch wenige Messstellen im Schwarzwald
- Abweichungen der Simulations- zu den Messwerten liegen deutlich außerhalb der Größenordnung der Variabilität der gemessenen Grundwasserstände

Ableitungen für das Gesamtmodell

- Kopplung der Modelle erhöht die Unsicherheiten in den Modellergebnissen
- Herausforderung der anstehenden Implementierung der Oberflächen-Grundwasser-Interaktion
- Fokus auf relative Änderungen des Grundwasser-Flurabstands in den transienten Rechenläufen

Kontakt: julian.vahldiek@hydrology.uni-freiburg.de