Evaluierung der Einzugsgebietsspeicher mit stabilen Isotopen und einem Grundwassermodell mit Focus auf Trockenheit

Anita Gundel, Kerstin Stahl, Markus Weiler

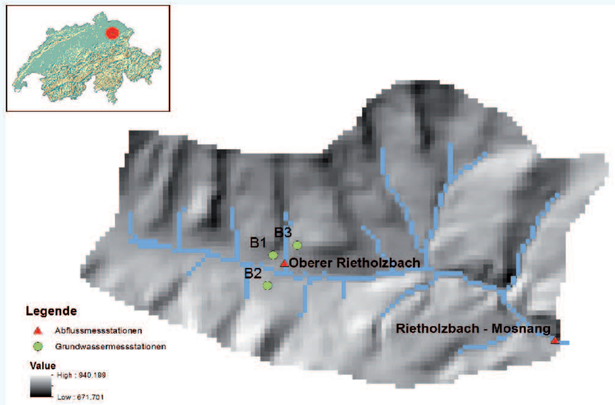
HYDROLOGIE

Einleitung

Die zeitliche und räumlichen Speichereigenschaften eines Einzugsgebietes sind maßgeblich dafür verantwortlich wie stark die Hydrologie eines Einzugsgebietes auf klimatische Veränderungen reagiert. Besonders Perioden mit langen Trockenzeiten können in Gebieten mit geringer oder schnell auslaufenden Speichern zu Wasserknappheit führen. Die räumlichen Speichereigenschaften eines Einzugsgebietes können anhand der Verweilzeiten des Grundwassers ermittelt werden. Für die Simulation der Verweilzeiten wird ein numerisches Grundwassermodell erstellt. Dabei dient das stabile Isotopensignal $\delta^{18}O$ des Niederschlags als Eingangssignal für die Transportmodellierung der Verweilzeiten des Grundwassers. Aufgrund der guten Datengrundlage eignet sich das Versuchsgebiet der ETH Zürich besonders gut für die Simulation der Speichereigenschaften.

Zielstellung

- Explizite räumliche Modellierung der Verweilzeiten des Wassers in einem Einzugsgebiet
- Evaluierung und Validierung der Modellergebnisse mit stabilen Isotopen aus dem Grundwasser



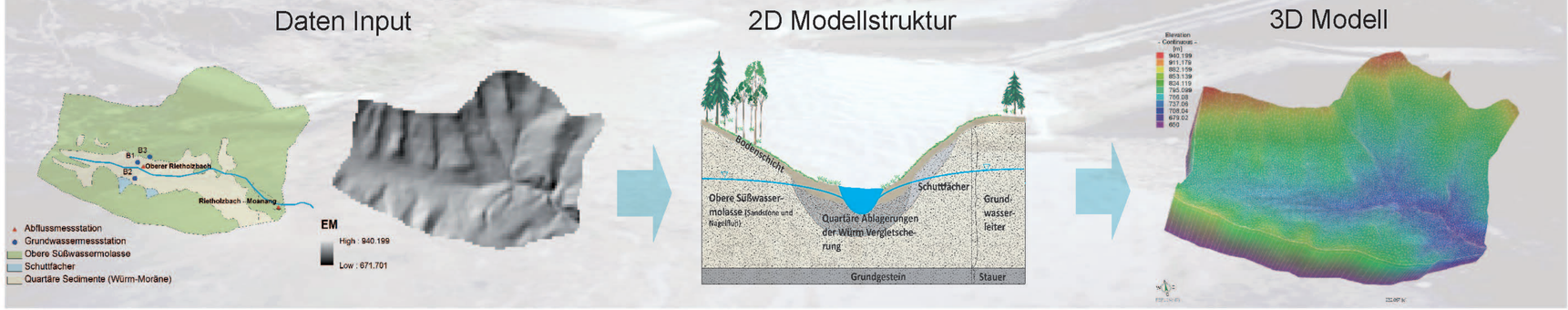
Untersuchungsgebiet Rietholzbach

Quelle: BAFU - Abflussmessstation Rietholzbach - Mosnang

Das Untersuchungsgebiet liegt im Nordosten der Schweiz im Kanton Zürich. Mit einer Größe von 3,18 km^2 und einer mittleren Höhenlage von 795 m ü. NN gehört es zum Einzugsbereich der Thur. Die Geologie des Rietholzbaches lässt sich in zwei Bereiche einteilen. In den Hanglagen haben sich Sedimente aus der Oberen Süsswassermolasse (Nagelfluh) abgelagert, während in den tieferen Lagen glaziale Sedimente aus der Würmeiszeit dominieren.
Die Landbedeckung stellte mit 75 % überwiegend Wiese dar. Nur 25 % Wald des Einzugsgebiets ist mit Wald bedeckt. Die vorherrschenden Bodentypen sind Braunerden (Cambisol) und Regosol in den Hanglagen sowie Gley in Bachnähe. Im Einzugsgebiet befinden sich drei Grundwassermessstationen und zwei Abflusmessstationen (Quelle: BAFU).

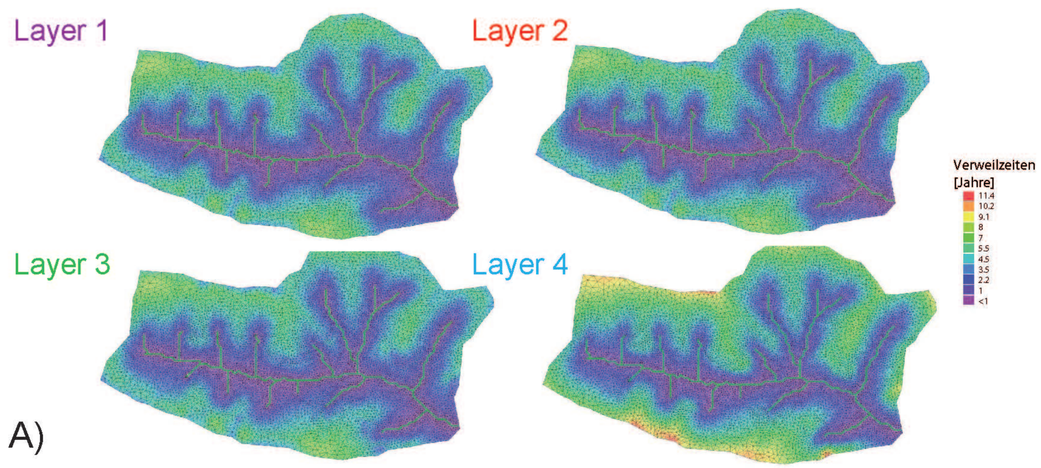
Modellierung

Ein numerisches 3D-Finite Elemente Grundwassermodell (FEFLOW) wurde für die Simulation der Verweilzeiten erstellt. Die Modellstruktur wurde anhand des Höhenmodells und des Bohrprofils erzeugt. Insgesamt wurden vier Layer mit unterschiedlichen hydrologischen Eigenschaften für Quartär und Oberer Süsswassermolasse (Nagelfluh) im Modell definiert. Die Simulation erfolgt zu erst im stationären Zustand, um die Stabilität der Modellstruktur zu prüfen. Für die Simulation der Verweilzeiten wird das Modell in ein instationäres Transportmodell erweitert. Das stabile Isotopensignal $\delta^{18}O$ aus dem Niederschlag dient hierbei als Eingabesignal für die Transportmodellierung.

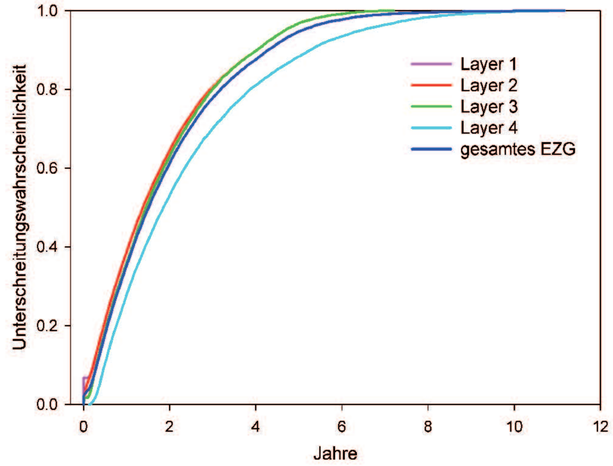


Ergebnisse

Die Grafik A) zeigt die räumliche Verteilung der Verweilzeiten des Wassers im Einzugsgebiet während das Diagramm B) die kumulierte Verteilung der Verweilzeiten der einzelnen Layer und des gesamten Einzugsgebietes widerspiegelt. Das Ergebnis der Simulation ergibt Verweilzeiten des Grundwassers von wenigen Monaten in Flussnähe bis zu über 8 Jahren in höheren Lagen des Einzugsgebietes. Auffällig ist, dass die Verteilung des Grundwasseralters in den ersten drei Layern nur geringe Unterschiede zeigen. Der tiefergelegene Layer 4 hingegen, weist insgesamt höhere Verweilzeiten auf. Besonders die Randgebiete in den höheren Lagen besitzen Verweilzeiten bis zu über 10 Jahren. Kurze Verweilzeiten weisen allgemein auf eine geringe Speicherkapazität eines Gebietes hin. Insgesamt besitzt der Rietholzbach ein Wasserspeichervolumen von 1.2e+8 m^3.

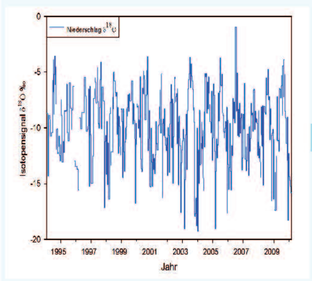


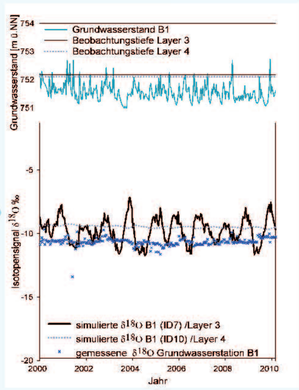
A)

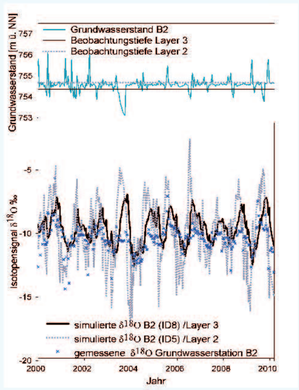


B)

Isotopensignal des Niederschlags







Validierung der Modellierung

Das Isotopensigal des Niederschlags stellt das Eingabesigal für die Simulation dar. Die beiden Grafiken rechts vergleichen das gemessene und das simulierte Isotopenausgabesignal $\delta^{18}O$ der zwei Grundwasserbeobachtungsstationenen B1 und B2. Da keine Informationen darüber bestehen aus welcher Tiefe das Wasser der gemessenen Isotopen stammt, wurde das simulierte Isotopensignal für beide Grundwasserstationen in unterschiedlichen Beobachtungstiefen dargestellt.

Das Signal von B1 zeigt keinen Zusammenhang zwischen simulierten und gemessene im Layer 3 und nur einen geringfügige Übereinstimmung im Layer 4. B2 hingegen gibt insgesamt den saisonalen Trend des gemessenen Isotopensignals gut wieder. Während das simulierte Isotopensignal des Grundwassers im Layer 2 noch stark variiert nähert sich das Signal im Layer 3 an das des gemessenen Isotopensignals an.

Schlussfolgerung

Die ersten Ergebnisse der räumlich expliziten Modellierung der Verweilzeiten des Einzugsgebietes lassen darauf schliessen, dass entlang des Flusses wenig Wasser gespeichert wird, während in den Hangregionen substantielle Speicherkapazitäten vorhanden sind, die auch bei anhaltender Trockenheit den Rietholzbach noch speisen können. Die Verweilzeiten von einem Jahr entlang des Fusses entsprechen den Verweilzeiten die Vitvar, et al. (1999) in seinen Untersuchungen als Basisabfluss an der Abflussmessstelle Mosnang berechnete. Die Zuordnung bestimmter Verweilzeiten zu bestimmten Grundwasserkörpern und die Validierung mit dem Abflussverhalten muss jedoch noch verbessert werden.

Danksagung: Die Autorin bedankt sich beim Schweizerischen Nationalfond für die finazielle Unterstützung.

Literatur: Vitvar,T et al. (1999): Application of GIS-based distributed hydrological modelling for estimation of water residence times in the small Swiss pre-alpine catchment Rietholzbach; *IAHS Publ.* No 258.
Bundesamt für Umwelt

Institut für Hydrologie, Albert-Ludwigs- Universität
anita.gundel@ihf.uni-freiburg.de www.hydro.uni-freiburg.de