Isotopendaten zur multivariaten Kalibrierung

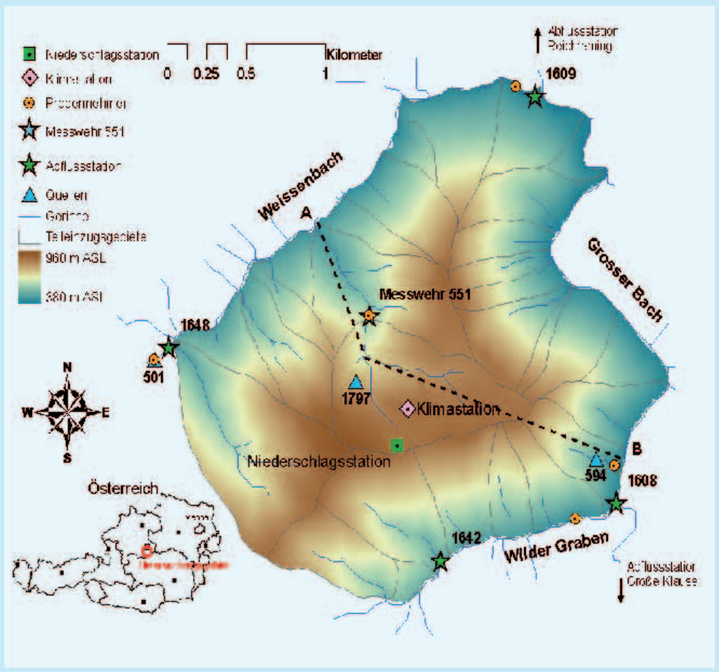
Eine Methode zur Verbesserung der Modellierung komplexer hydrologischer Systeme?

A. Hartmann [1], F. Humer [2], M. Kralik [2], J. Lange [1], M. Weiler [1]

HYDROLOGIE

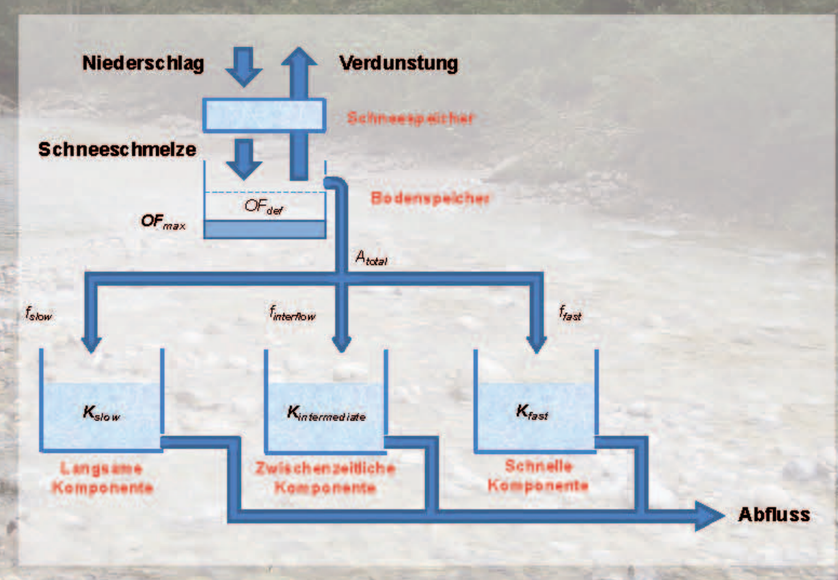
Einleitung

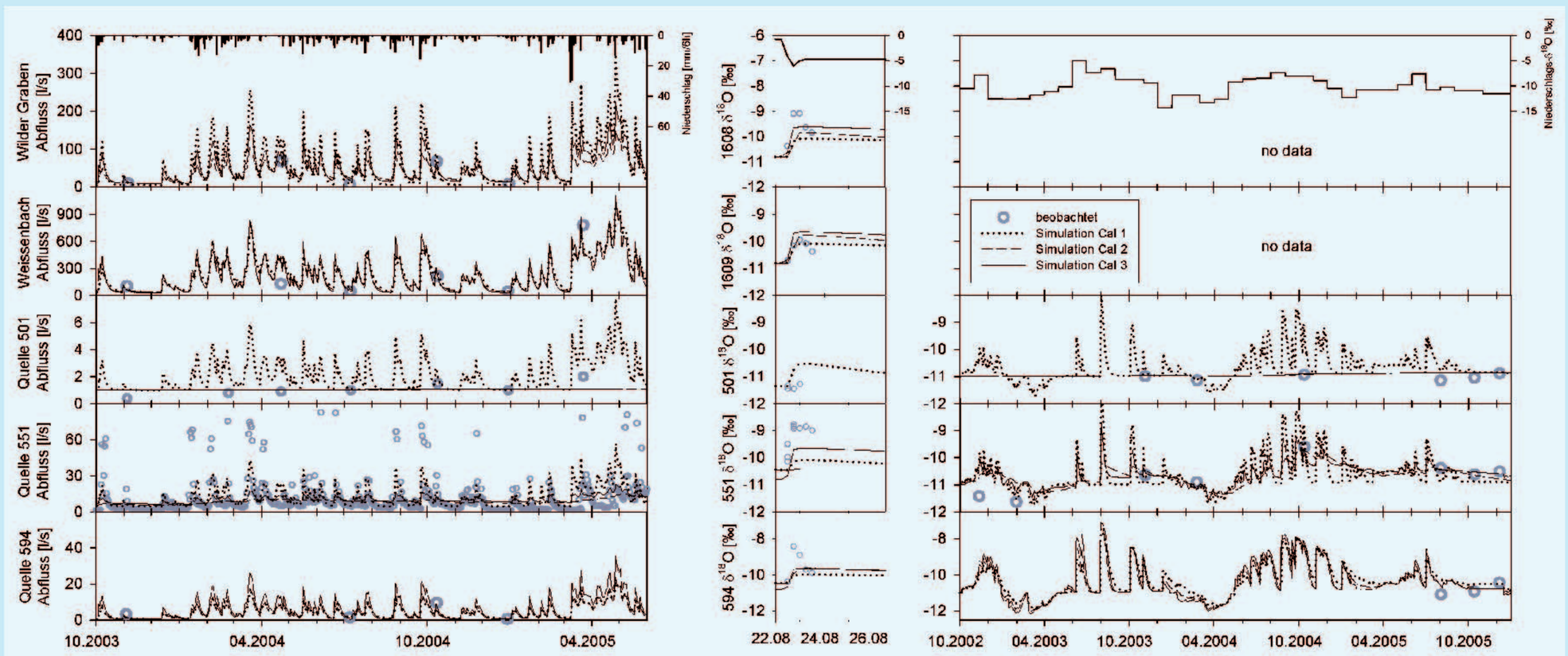
Aufgrund ihres heterogenes Fließ- und Speicherverhaltens verhalten sich Karstgebiete sehr komplex, was Modellierungsansätze deutlich erschwert. In dieser Studie untersuchen wir den Nutzen von stabilen Isotopendaten ($\delta^{18}O$) für die Verbesserung der Parameteridentifizierung eines konzeptionellen Karstmodells und dessen Vorhersagen. Unser Untersuchungsgebiet ist ein Dolomitkarstsystem am nördlichen Ende des Kalkalpen Nationalparks, wo steile Hänge ein Hochplateau flankieren (Grafik). Versuche mit künstlichen, sowie natürlichen Tracern und Wasserbilanzberechnungen zeigten, dass in diesem Gebiet schnelle, verzögerte und langsame Fliesswege existiereren.



Methodik

Das für diese Studie entwickelte Modell besteht aus einem Schnee-, einer Boden-/Epikarst- und drei Linearspeichern. Wir nehmen an, dass Quellen und Gerinneabschnitte im Gebite lediglich unterschiedliche Mischungen der dominanten Abflussbildungsprozesse im Modell darstellen. Somit müssen die hydrodynamischen Parameter OF_{max}, OF_{def}, K_{slow}, $K_{intermediate}$ und K_{fast} nur einmal identifiziert werden. Nur dieAufteilung (A_{total}, f_{slow}, $f_{intermediate}$, f_{fast}) bleibt ortspezifisch. Um den Einfluss von $\delta^{18}O$ zu erforschen, werden einfache Mischungsgleichungen angewandt und zur Kalibrierung drei verschiedene Datensätze benutzt: mehrjährige Abflussbeobachtungen (Cal 1), mehrjährige Abfluss- und $\delta^{18}O$-Beobachtungen (Cal 2) und mehrjährige Abfluss- und $\delta^{18}O$-Beobachtungen, sowie $\delta^{18}O$-Beobachtungen eines Ereignisses (Cal 3), jeweils gleich gewichtet. Ebenso wird eine regionale Sensitivitätsanalyse für alle drei Datensätze durchgeführt und die Ergbnisse mit einer einfachen Regionalisierung auf das gesamte Gebiet übertragen.





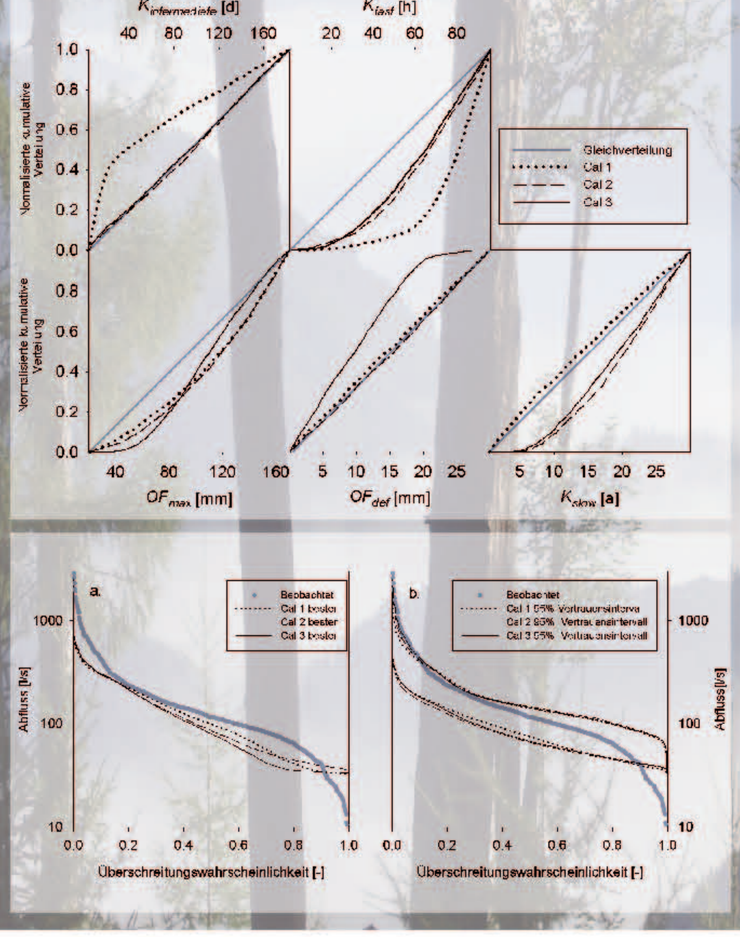
Simulationen

Die Resultate für die Kalibrierung mit den verschiedenen Datensätzen zeigen, dass mit zunehmender Isotopeninformation ein genereller Trend in Richtung schlechterer Abfluss- und besserer $\delta^{18}O$-Simulationen auftritt. Jedoch sind an den meisten Beobachtungspunkten die Abflussvorhersagen in Cal 3 immer noch akzeptabel.

Unsicherheiten

Je mehr sich kumulative Verteilung eines Parameters von einer Gleichverteilung (Diagonale) unterscheiden, desto sensitiver ist der jeweilige Parameter. So wird deutlich, dass die Isotopendaten zwar einerseits zu einer Zunahme der Sensitivität führt (OF_{def}, K_{slow}), jedoch auch zu einer Abnahme ($K_{intermediate}$, K_{fast}). Dies lässt vermuten, dass dadurch die Transportprozesse für $\delta^{18}O$ durch das Modell nicht richtig erfasst werden. Nur OF_{max} bleibt für alle Datensätze sensitiv.

Werden die besten hydrodynamischen Parameter von Cal 1 bis Cal 3 auf das gesamte System übertragen, zeigen die Simulationen eine schlechte Übereinstimmung mit den Beobachtungen. Überträgt man jedochauch die Parameterunsicherheit, umschliessen die Vertauensintervalle mehr als 90% der Beobachtung. Jedoch kann kein positiver Einfluss der Isotopendaten festgestellt werden.



Fazit

Trotz erfolgreicher multi-variater Kalibrierung zeigt die Sensitivitätsanalyse, dass durch die Hinzunahme von von Isotopendaten die Identifizierbarkeit mancher Paramater stark abnimmt, was dem positiven Effekt der zusätzlichen Information entgegenwirkt. Dies ist bedingt durch die schlechte Darstellung der Transportprozesse von $\delta^{18}O$. Die Übertragung der Unsicherheit auf die Vorhersagen liefert zwar vertrauenswürdige Vorhersagen, jedoch führen die Isotopendaten zu keiner Unsicherheitsreduzierung. Somit wird für weitere Studien empfohlen, die Transportprozesse besser darzustellen, um vom positiven Effekt der zusätzlichen Daten besser zu profitieren.

Anmerkungen Dank geht an Maria-Theresia Grabner, Thomas Dirnböck, Florian Wenter und Johannes Kobler vom Umweltbundesamt Österreich für die Bereitstellung der Daten, an das Messteam während des Ereignisses und an Juraj Parajka des Instituts für Wasserbau und Ingenieurshydrologie der Technischen Universität Wien für Hilfe bei der Erstellung der Schneeroutine.

[1] Institut für Hydrologie, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
andreas.hartmann@hydrology.uni-freiburg.de www.hydro.uni-freiburg.de

[2] Umweltbundesamt Österreich, Wien
http://www.umweltbundesamt.at