

Freitag 21. Oktober 2016

10:00-10:30

## Interagierende Fließsysteme in alpinen Aquiferen

Herausforderung und Chance für Hydrogeologie und Wasserwirtschaft im Gebirge

Sylke Hilberg,

Universität Salzburg Fachbereich Geographie und Geologie, Hellbrunnerstraße 34, 5020 Salzburg

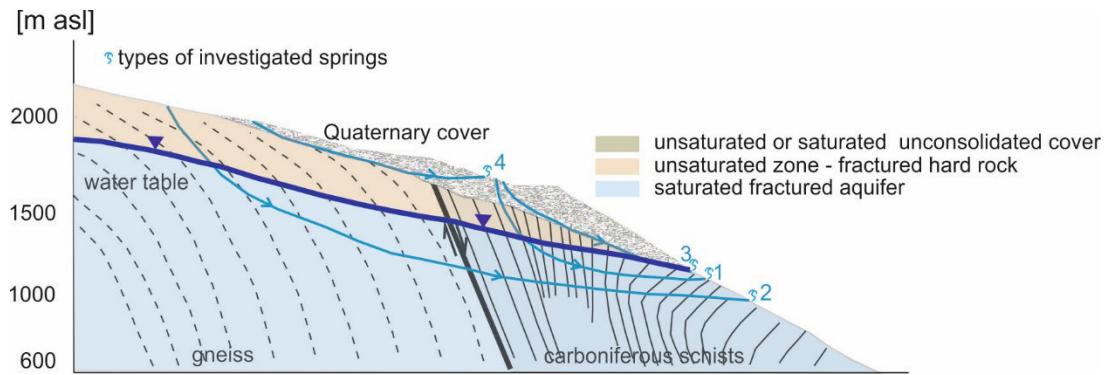
In alpinen Siedlungsräumen spielen Kluftaquifere eine wesentliche Rolle für die Trinkwasserversorgung. Begrenzte Flächenverfügbarkeit in engen alpinen Tälern, Nutzung und Ausbau der Wasserkraft sowie touristische und landwirtschaftliche Nutzung beeinträchtigen unter Umständen einen adäquaten Schutz der alpinen Grundwasserreservoir. Überregionale Verkehrs- und Versorgungswege (Straßen, Tunnels, Pipelines, Leitungstrassen) stellen häufig bedeutende Eingriffe in die Aquifere dar. Die Aufgabe der alpinen Hydrogeologie ist es, in diesem Spannungsfeld aus Schutz- und Nutzungsbedürfnissen solide Beurteilungsgrundlagen über Einzugsgebiete, Verweilzeiten und Fließsysteme zu liefern.



**Abb. 1:** Quellhorizont im Zentralgneis des Tauernfensters am Reißeck in Kärnten. In einem Quellhorizont treten nebeneinander Wässer aus, die grundsätzlich unterschiedlichen Fließwegen zugeordnet werden können und die daher bei der Beurteilung potentieller Beeinträchtigungen durch anthropogene Eingriffe auch unterschiedlich zu behandeln sind.

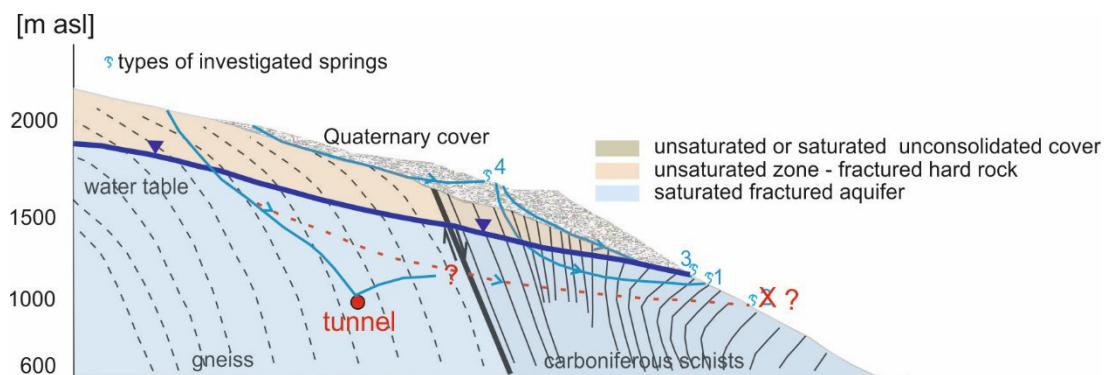
Alpine Kluftaquifere zeichnen sich durch anisotrope und inhomogene hydraulische Eigenschaften aus, die von den lithologischen und strukturellen Gegebenheiten der beteiligten Gebirgskörper gesteuert werden. Einfache Modelle, die sich an orografischen Einzugsgebieten orientieren, beschreiben die tatsächliche hydrogeologische Situation häufig nur unzureichend. Das Konzept interagierender Fließsysteme in verschiedenen räumlichen Skalen, das seit den 1950er von J. Toth (z.B. Toth, 1999) für große

Porenaquifere in Kanada entwickelt wurde, hat sich als ausgesprochen hilfreich bei der Interpretation verschiedenster Beobachtungen in alpinen Kluftaquiferen erwiesen und ermöglicht vor allem eine umfassende Modellkonzept-basierte Interpretation qualitativer Beobachtungen (physio-chemische Parameter, Isotopensignaturen, biotische Komponenten).



**Abb. 2:** Konzeptmodell eines Festgesteinsaquifers mit verschiedenen nebeneinander auftretenden Fließsystemen (aus Hilberg et al., 2013).

Wie die Abbildung 2 zeigt, können Quellen, die entlang eines räumlich gut abgrenzbaren Quellhorizontes auftreten, generell verschiedenen Einzugsgebieten und Fließpfaden entstammen. Eine Zuordnung zu einem der vier hier schematisch dargestellten Fließpfade erfolgt auf Basis der Wasserbeschaffenheit. Abiotische Wasserinhaltsstoffe (physio-chemische Parameter und Isotopen) und deren vertiefte Interpretation mit Hilfe der hydrochemischen Modellierung aber auch die Betrachtung biotischer Parameter (Mikro- und Meiofauna) als natürliche Tracer ermöglichen eine Unterscheidung ansonsten sehr ähnlicher Quellwässer und damit ihre Zuordnung zu generell unterschiedlichen Infiltrationsgebieten und unterschiedlichen Fließsystemen. In Konsequenz können potentielle Gefährdungen durch anthropogene Eingriffe sehr viel präziser beurteilt, Gegenmaßnahmen sehr viel zielsicherer geplant werden, wie das schematische Beispiel in Abbildung 3 zeigt.



**Abb. 3:** Ein Tunnel im Einzugsgebiet der Quellaustritte wirkt sich nur auf jene Quellen aus, die auf ein Fließsystem in der berührten lithologischen Einheit zurückgehen. Alle anderen Quellen bleiben durch die Maßnahme unbeeinträchtigt – Schutz- oder Ersatzmaßnahmen können auf ein Mindestmaß beschränkt werden.

Anhand von Beispielen aus verschiedenen Gebieten der Ostalpen und unterschiedlichsten Fragestellungen werden interagierende Fließsysteme vorgestellt und gezeigt, wie natürliche Tracer zu deren Identifizierung und zur jeweiligen Problemlösung herangezogen wurden.

### Beispiel 1: Stollenbau im Zusammenhang mit der Errichtung eines Pumpspeicherkraftwerkes am Reißeck (Kärnten)

Im Zusammenhang mit der Errichtung eines Druckstollens, innerhalb des Zentralgneises im südöstlichen Tauernfenster war die Frage der potentiellen Gefährdung zahlreicher Quellaustritte aus den orografisch tiefer liegenden Kalkglimmerschiefern zu klären. Ein großer Teil der unterhalb der Deckengrenze zwischen den beiden Einheiten austretenden Quellen dient der öffentlichen oder privaten Wasserversorgung. Eine vertiefte Untersuchung der physio-chemischen Parameter, im speziellen der Auswertung der CO<sub>2</sub>-Partialdrücke der Wässer in Kombination mit deren Kalzitsättigung ermöglichte eine detaillierte Zuordnung der Quellen zu Fließpfaden und eine deutliche Reduktion der erforderlichen Ersatzmaßnahmen.

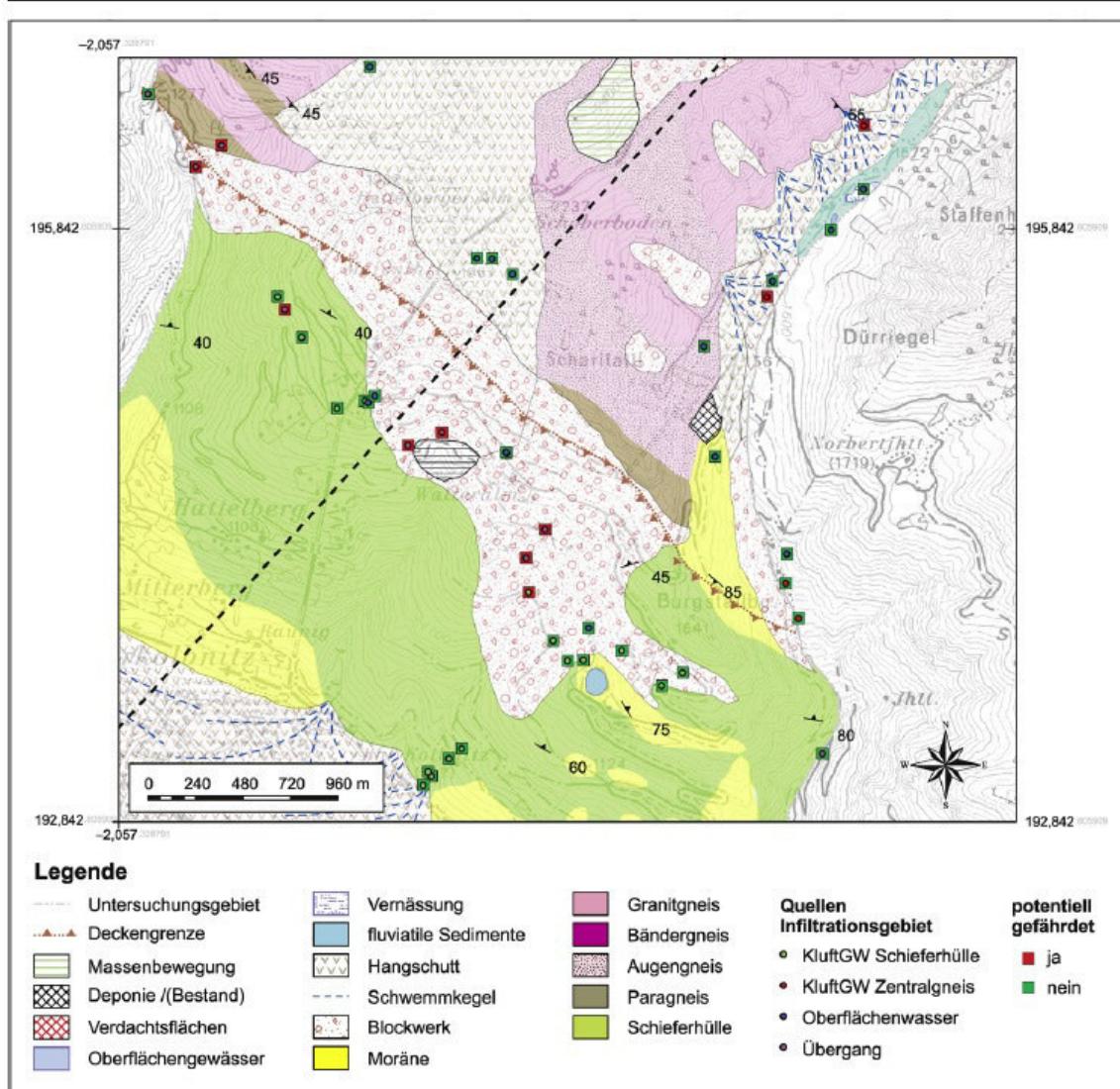


Abb. 5 Zuordnung der Quellen gemäß hydrochemischer Klassifizierung, Beurteilung des Gefährdungspotenzials durch die geplanten Baumaßnahmen

Abb. 4: Zuordnung der Quellaustritte zu unterschiedlichen Fließpfaden – nur die hier rot markierten Quellen wurden als potentiell durch die Baumaßnahme gefährdet eingestuft (aus Hilberg, 2011).

### Beispiel 2: Stabilität eines aufgelassenen Gipsbergbaus

Ein aktuell als Schaubergwerk genutzter ehemaliger Gipsbergbau im Haselgebirge am Kalkalpenostrand war bezüglich seiner Langzeitstabilität zu beurteilen. Die sehr hoch mineralisierten Wässer deuteten auf intensive Auslaugungsprozesse im Grubengebäude hin, die jedoch weder in den Stollen noch an der Oberfläche in diesem Ausmaß beobachtet werden konnten. Die festgestellten hydrochemischen Eigenschaften der Wässer konnten mit Hilfe einer inversen hydrochemischen Modellierung auf die Interaktion eines regionalen und eines lokalen Fließsystems zurückgeführt werden, wobei nur der lokale Anteil verkarstungswirksam ist, während die aus einem regionalen System zugeführten Wässer bereits an Gips gesättigt sind und daher kein Problem mehr für die Stabilität des Grubengebäudes darstellen.

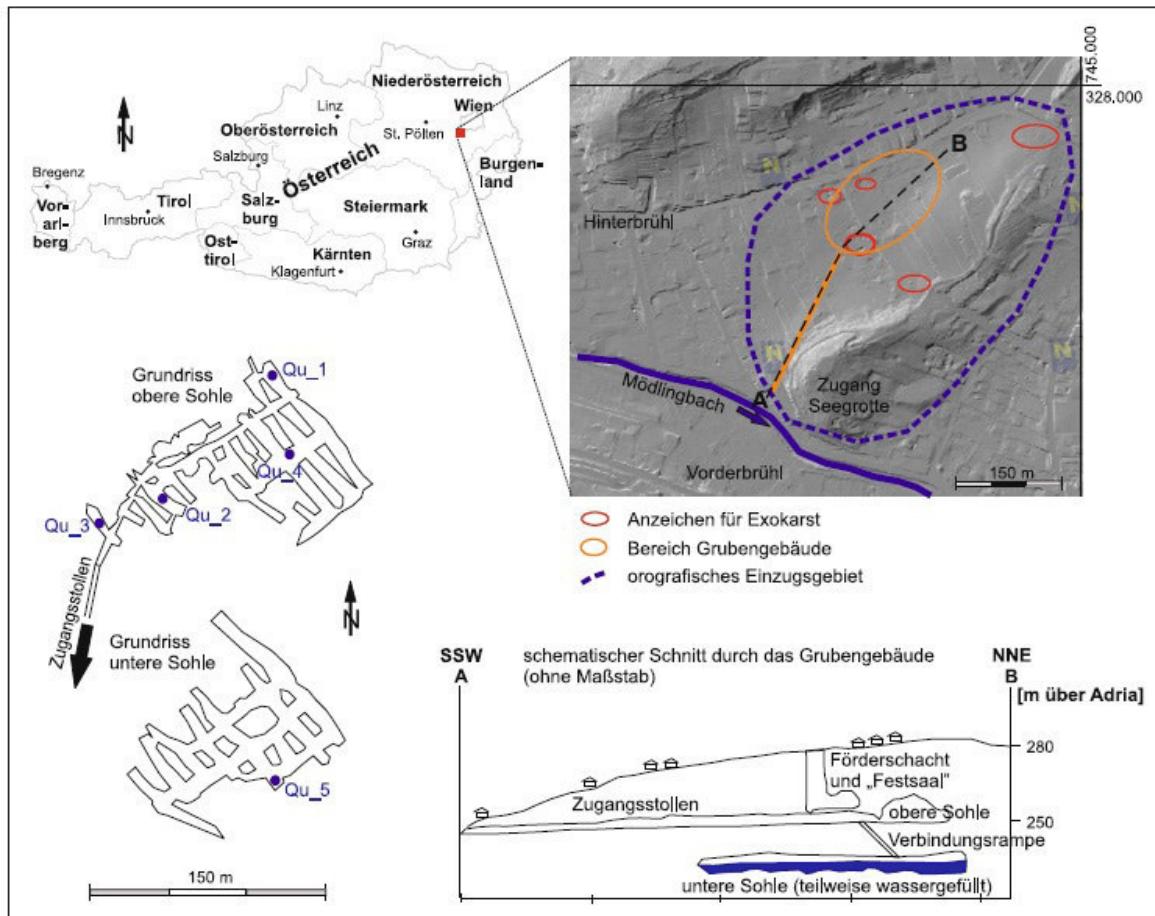


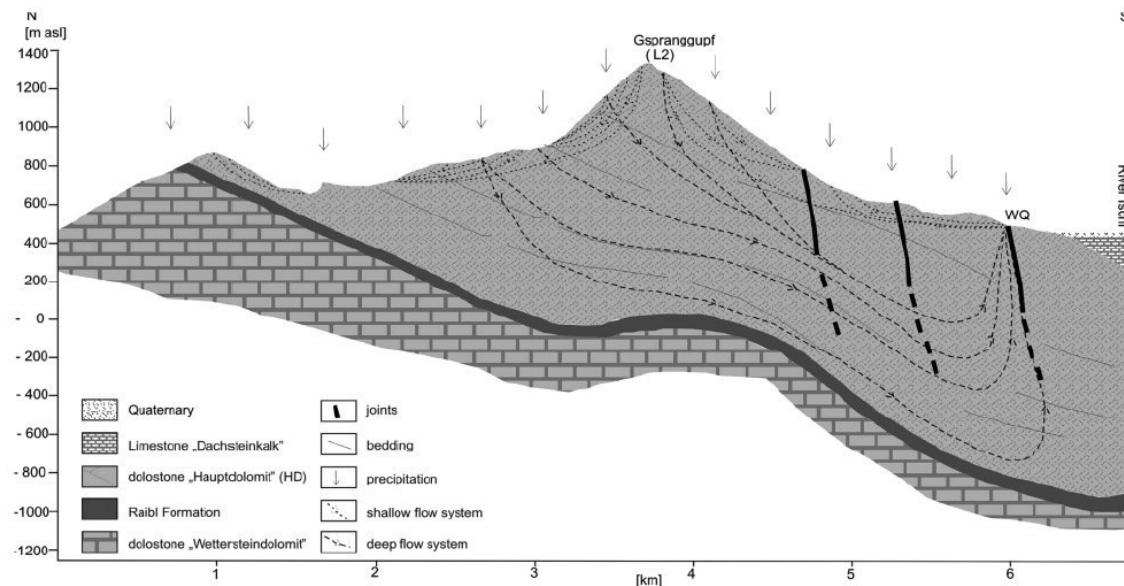
Abb. 1 Übersicht über das Untersuchungsgebiet mit orographischem Einzugsgebiet, Karsterscheinungen an der Oberfläche sowie der ungefähren Lage des Grubengebäudes, Profilschnitt und Grundrisse der beiden Sohlen des Grubengebäudes mit den untersuchten Wasserzutritten

**Abb. 5:** Aufgelassener, derzeit als Schaubergwerk genutzter Gipsbergbau. Nur etwa ein Drittel des austretenden Wassers stammt direkt aus dem Einzugsgebiet des Bergbaus. Weitere Wässer treten bereits hochmineralisiert in den Bereich des Grubengebäudes ein und sind daher nicht verkarstungswirksam (aus Hilberg et al., 2014).

### Beispiel 3: Wimmerbauernquelle, Bad Ischl

Eine zur öffentlichen Wasserversorgung genutzte Quelle im Hauptdolomit am Kalkalpenostrand zeigt hinsichtlich ihrer physio-chemischen Parameter widersprüchliche Ergebnisse. Geringe elektrischen Leitfähigkeiten, eine Untersättigung an Kalzit und Dolomit sowie eine auf Kalzium, Magnesium und Hydrogenkarbonat beschränkte Ionenzusammensetzung deutet auf ein oberflächennahes, kurzfristiges

Fließsystem hin. Im Jahresgang sehr stabile, leicht erhöhte Wassertemperaturen, stabile Schüttungsmengen, stabile  $\delta^{18}\text{O}$ -Werte sowie sehr geringe Tritiumgehalte deuten dagegen auf ein tief zirkulierendes, langfristiges Fließsystem hin. Die vertiefte Interpretation der Ergebnisse mit Hilfe der inversen hydrochemischen Modellierung zeigte, dass es sich bei den Wässern der Wimmerbauernquelle um ein Mischwasser aus einem oberflächennahen und einem mehr als 1.000 m tief zirkulierenden System handeln muss. Das zugehörige Konzeptmodell ist in Abb. 6 dargestellt.



**FIGURE 7:** Modified cross section as conceptual hydrogeological model of the WQ catchment area and the possible flow regime. Two main flow systems are active in the investigated aquifer. The shallow flow system with recent waters is drained by many springs and surface streams on the southern and northern slope of L2. The deep flow system is drained only by WQ as result of thermal induced upward flow.

**Abb. 6:** Konzeptmodell zum Einzugsgebiet der Wimmerbauernquelle. Neben einem geringen Zustrom aus dem oberflächennahen Fließsystem im orografischen Einzugsgebiet wird die Quelle vor allem aus einem tiefer zirkulierenden System gespeist, das weit über das orografische Einzugsgebiet hinausgeht. Dies hat natürlich wesentliche Konsequenzen für die Schutzgebietsabgrenzung (aus Hilberg & Kreuzer, 2013).

Diese und zahlreiche weitere Beispiele zeigen, dass sich eine besondere gebirgstypische Herausforderung aus der Notwendigkeit ergibt, zeitlich hochauflöste Daten zu erhalten, da Wasserqualitätsparameter starken saisonalen Schwankungen unterliegen können. Gerade die Prämisse vollständiger Datensätze ist jedoch in Projektgebieten im Gebirge häufig nicht erfüllt, weil die wichtigen Wintermessungen aufgrund der Unzugänglichkeit von Messstellen ausfallen. Im Vortrag werden anhand der oben angeführten Beispiele potentielle Lösungsmöglichkeiten für das weit verbreitete Problem des Datenmangels in der alpinen Hydrogeologie aufgezeigt. Dabei werden spezielle hydrochemische Parameter, wie der CO<sub>2</sub>-Partialdruck der Quellwässer in Kombination mit deren Kalzitsättigung heran gezogen.

## Referenzen

- Hilberg S (2011). Anwendung hydrochemischer Modellrechnungen zur Bestimmung von Infiltrationsgebieten – Fallbeispiel Reißeck, (Oberkärnten, Österreich) (Use of hydrochemical modelling for determination of infiltration areas – case study Reißeck (Upper Carinthia, Austria) *Grundwasser* 16:25-36, doi 10.1007/s00767-010-0158-1
- Hilberg S, Arminger V, Riepler F, Gschwandtner G, Galler R (2014). Hydrogeologie im Gipskarst – die Theorie der Fließsysteme als Basis geotechnischer Langzeitprognosen im Gipsbergbau, *GRUNDWASSER*, 19: 39-49. DOI: 10.1007/s00767-013-0245-1.
- Hilberg S, Kreuzer M (2013). Identification of a deep flow system in a dolomitic alpine aquifer – case study Wimmerbauern spring, Bad Ischl. *Austrian Journal of Earth Sciences*, 106/1: 16-25.
- Toth J (1999). Groundwater as a geological agent: An overview of the causes, processes and manifestations. *J. Hydrol.* 7: 1-14