

Karsthydrogeologie und Speläologie in Niederösterreich

Rudolf PAVUZA & Lukas PLAN

Einleitung

Fast zwanzig Prozent des österreichischen Staatsgebietes können als Karstgebiete klassifiziert werden. Aufgrund ihrer Lage in vor- bis hochalpinen Arealen am Nordrand der Alpen fällt fast die Hälfte des Niederschlagswassers in Österreich auf diese Gebiete.

Mehrere Großstädte Österreichs beziehen ihr Trinkwasser zu großen Teilen aus Karstmassiven: Innsbruck, Salzburg, Villach, Wien und teilweise auch Graz. Zahllose mittlere und kleinere Gemeinden nutzen ebenfalls Wasser aus Karstquellen.

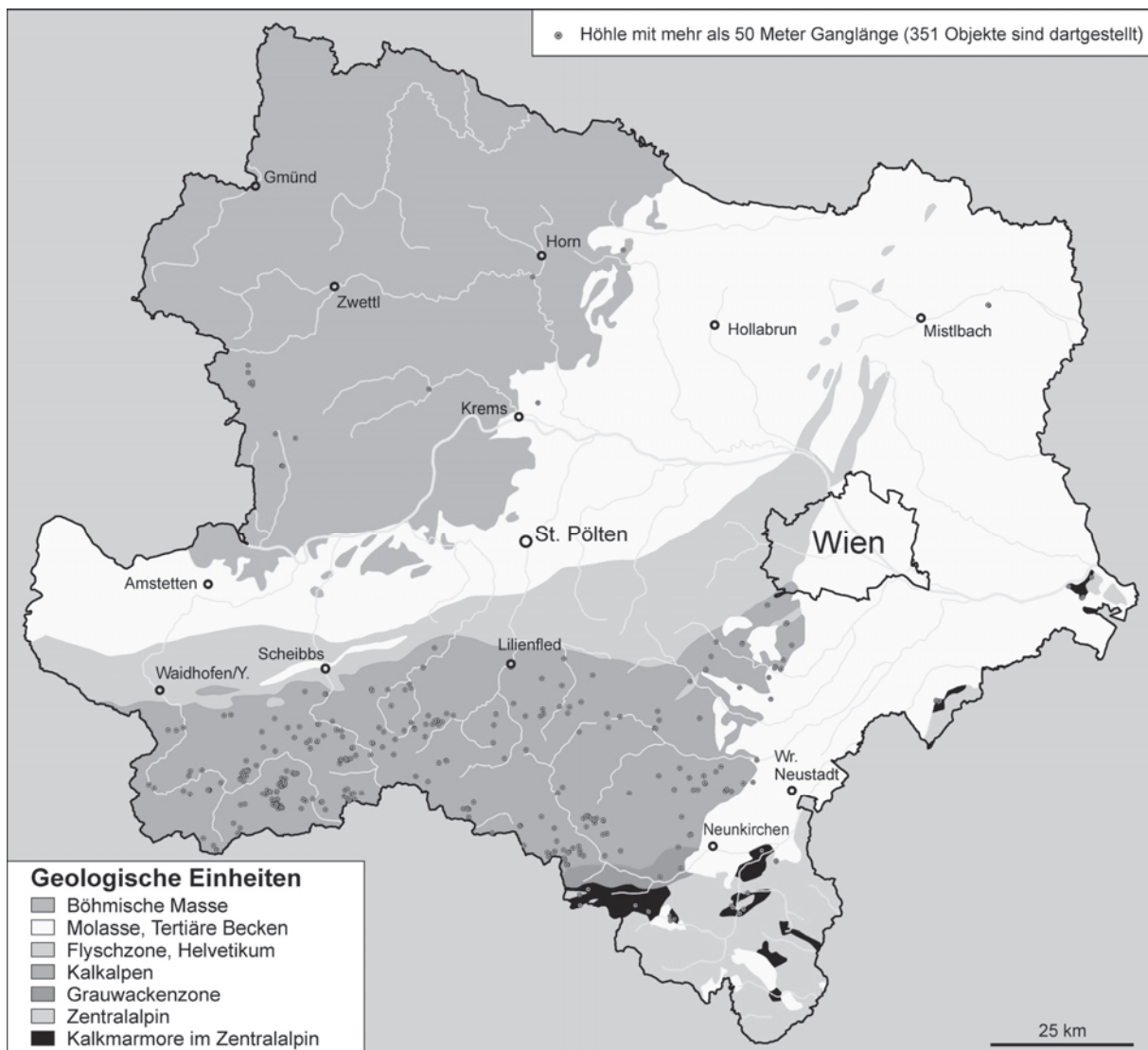


Abb. 1: Vereinfachte Geologische Karte Niederösterreichs und Höhlen mit mehr als 50 m Ganglänge.

Die Bedeutung als Wasserlieferant für die österreichische Wasserversorgung und damit für die Volkswirtschaft wird bereits aus diesen Basisdaten eindrucksvoll erkennbar. Niederösterreich bildet hier keine Ausnahme – hier finden sich sowohl ausgedehnte voralpine Karstgebiete, als auch hochalpine Bereiche und kleinere Karstplateaus sowie etliche isolierte, kleine Karstgebiete.

Grundlagen der Verkarstung

Karstgebiete sind Landschaften, wo sich durch die Löslichkeit bestimmter Gesteine – in Österreich sind dies vornehmlich Karbonatgesteine – spezielle ober- und unterirdische Geländeformen sowie eine weitgehend unterirdische Entwässerung ausgebildet haben. Folgende Hauptparameter sind dabei essentiell:

- ein verkarstungsfähiges Gestein (Kalk, Dolomit, Gips, Salz u.a.)
- ein initiales Trennflächengefüge (Störungen, Klüfte, Schichtflächen)
- eine ausreichende Menge von Wasser
- Kohlendioxid
- Zeit
- ein Karstwassergradient
- weitere (zum Teil noch wenig bekannte) Faktoren....

In Österreich dominieren unter den *Karstgesteinen* flächenmäßig bei weitem Kalke und Dolomite, wobei im mittleren und östlichen Teil der Nördlichen Kalkalpen die Dolomite eher in den Kalkvoralpen, Kalke eher in den Kalkhochalpen zu finden sind.

Dolomitgesteine weisen dabei eine deutlich intensivere Klüftung auf und sind so durch die mechanische Erosion mehr betroffen als Kalke. Dadurch können sich zwar seltener markante Karstformen an der Oberfläche und im Untergrund bilden, doch weisen Dolomitgesteine dadurch eine bessere Speicherkapazität für das unterirdische Wasser auf. Dieser geomorphologisch und hydrogeologisch relevante Unterschied zwischen Kalk und Dolomit ist in Abb. 2 gut zu erkennen.



Abb. 2: Wechsellagerung von feinklüftigem Dolomit (oben) und grobklüftigem Kalk (unten), der Korrosionsformen zeigt, die im Dolomit fehlen.

Das *Trennflächengefüge* – also die Gesamtheit von Klüften, Störungen und Schichtflächen – ist eine Grundvoraussetzung für die Ausbildung einer unterirdischen Entwässerung. Bei ihrem Fehlen könnte das Wasser nie in den Untergrund eintreten und würde seine Lösungskapazitäten alleine an der Oberfläche verbrauchen. Doch gibt es durch die tektonischen Bewegungen der Erdkruste praktisch nirgendwo einen derartigen Bereich. In den Kalkhochal-

pen ist das Trennflächengefüge aufgrund des Zurücktretens der Vegetation oft sehr eindrucksvoll zu sehen (Abbildung 3).



Abb. 3: Schichtfläche von Dachsteinkalk intensiver Klüftung

Wasser stand im alpinen Karst in der geologischen Vergangenheit und in der Gegenwart immer und überall in ausreichender Menge zur Verfügung. Weltweit betrachtet gibt es aber sehr wohl auch Karstgebiete, deren Entwicklung weit in der Vergangenheit liegt und die heute kaum jemals nennenswerte Niederschlagsmengen aufweisen. Es liegt freilich auf der Hand, dass die Menge des Niederschlages oder besser: die Menge des zur Versickerung gelangenden Niederschlagswassers von grundlegender Bedeutung für die Intensität der Verkarstung sein muss.

Kohlendioxid, das sich im Niederschlagswasser löst und die schwach korrosive Kohlensäure bildet, stammt aus zwei Quellen: aus der Luft und aus dem Boden, wo durch die biogene Aktivität weitaus höhere Gehalte auftreten als in der Luft.

Der *Zeitfaktor* ist insofern von großer Bedeutung, als die Karbonatlösung durch die relativ schwache Kohlensäure ein langsamer Vorgang ist, der jedoch in geologischen Zeiträumen zu einem landschaftsgestaltenden Prozess wird.

Der *Karstwassergradient* ist erforderlich, um gelösten Kalk abzutransportieren und frisches, aggressives (saureres) Wasser in tiefere Bereiche des Karstaquifers zu bringen. Generell fließt das Wasser naturgemäß aus den höheren Bereichen der Karstgebiete gegen die Vorflut – die umgebenden Täler. Hier tritt es entweder – sichtbar – an Karstquellen oder unterirdisch in die Talverfüllungen aus.

Die Karbonatlösung ist chemisch gesehen ein recht einfacher Vorgang:



Es ist dies eine Gleichgewichtsreaktion – sie kann in beide Richtungen verlaufen. Am eindrucksvollsten ist dies in den Tropfsteinhöhlen zu sehen, wo der gelöste Kalk wieder in Form spektakulärer Sinterbildungen ausfällt. Der gleiche Prozess führt aber auch zum Verkalken der Kaffeemaschine. Der CO₂-Partialdruck und die Temperatur spielen dabei eine wichtige Rolle.

Für Dolomitgesteine verläuft die Reaktion analog, wenngleich auch etwas langsamer. Dennoch sind Dolomitgesteine gut verkarstungsfähig und in ihrem Speicherverhalten den Kalken infolge ihrer Feinklüftigkeit sogar zumeist überlegen. Einige sehr großräumige Teile des 27 km langen Ötscherhöhlensystems sind im Dolomit ausgebildet.

Die Gipslösung ist eine rein physikalische Lösung von Gips in Wasser. Kohlendioxid wird dazu nicht benötigt. Sie läuft wesentlich rascher ab als die Kalklösung und ist auch hinsichtlich der Lösungskapazität effizienter. Doch sind Gipsgesteine in Österreich einerseits weit weniger verbreitet als Karbonatgesteine und andererseits mechanisch deutlich weniger beanspruchbar. Dadurch sind im alpinen Raum ober- und unterirdische Karstformen im Gips eher eine Rarität. In Niederösterreich gibt (bzw. gab) es nur einige Giphöhlen mit knapp unter 100 m Ganglänge.

Zeitliche Entwicklung eines Karstaquifers

Ein Karstaquifer ist durch seinen Gesteinsbestand, die Konfiguration des Trennflächengefüges, durch die Landschaftsentwicklung sowie die Variationen des Klimas und der Vegetationsentwicklung an seiner Oberfläche determiniert. Viele dieser Parameter variieren im Laufe der Zeit beträchtlich. Geologische, geomorphologische und klimatische Prozesse – miteinander auf komplexe Art verbunden – führen dazu, dass jedes Karstgebiet ein „eigener Fall für sich“ ist und Parallelisierungen alles andere als trivial sind. Dies gilt vor allem für die geologisch meist komplizierter gebauten Kalkvoralpen.

Ein Beispiel soll die Charakteristik der heterogenen Entwicklung eines Karstaquifers im Laufe der Zeit vor Augen führen:

Man stelle sich ein Gebirge mit einem Kluftabstand von 1 m vor – etwa so ähnlich, wie es etwa in Abb. 3 zu sehen ist. In einem sehr frühen Stadium der Entwicklung sind die Klüfte nahezu geschlossen, nehmen wir eine Kluftweite von 0,1 mm an. Bei einer Vergrößerung – durch Kalklösung – auf 1 mm ändert sich der Hohlraumgehalt (und letztlich damit das Speichervolumen) auf das Zehnfache, die hydraulische Durchlässigkeit jedoch um das Tausendfache. Durch den erhöhten Wasserdurchsatz gelangt nun mehr Wasser pro Zeiteinheit durch jene etwas weiteren Trennflächen, die damit wieder schneller wachsen – ein Rückkopplungseffekt. Daraus wird ersichtlich, dass jene Bereiche, die aus irgendwelchen Gründen rascher größere Klüfte bilden (dies kann durch unterschiedliches Wasseranbot, unterschiedliche Vegetationsbedeckung, aber auch unterschiedliche „Primärklüftung“ durch unterschiedliche Beanspruchung des Gesteinskörpers während der tektonischen Aktivitätsphasen begründet sein) ihren Nachbarbereichen in der Hohlraumentwicklung uneinholbar davoneilen: sie wirken zunehmend als Wassersammler und drainagieren in der Folge den Karstaquifer bevorzugt. Das verbleibende Mikrogefüge ist indessen für die Karstentwässerung nicht minder bedeutend: Während die rasch erweiterten, höhlenartigen Trennflächen für die rasche Wasserabfuhr und die hohen Quellschüttungen verantwortlich ist, versorgen die Mikro-Trennflächen die Quellen mit dem Langzeitabfluss, der für die Wasserversorgung von entscheidender Bedeutung ist.

Bedeutung von Höhlen für die Hydrogeologie

Höhlen sind zugängliche Spuren und Zeugen der unterirdischen Entwässerung. In vielen Fällen sind Höhlen aber auch die Resultate einer „Paläo-Entwässerung“, die aus den Raumformen vielfach abzuleiten ist. So sind die oft zu beobachtenden *Schlüsselloch-Profile* von Höhlengängen ein Merkmal für den Übergang der gänzlich wassererfüllten *phreatischen Zone* in die teil- und zeitweise wassererfüllte *vadose Zone*: Runde bis linsenförmige Profile an der heutigen Höhlendecke gehen nach unten in klammartige *Canyons* über, die aber oftmals bereits längst trocken gefallen sind (Abb. 4).



Abb. 4: *Schlüssellochprofil* in der Schlüssellochhöhle (Schneealpe) Der Übergang vom phreatischen zum vadosen Teil der Höhlenentwicklung zu gut zu erkennen.

Die Rekonstruktion der ehemaligen Fließverhältnisse ist von essentieller Bedeutung für das Verständnis der heutigen Entwässerung, die gelegentlich von sich durchaus befremdlich überkreuzenden Wasserwegen im Untergrund gekennzeichnet ist.

In den Kalkhochalpen haben aktuelle Untersuchungen die *phreatische Phase* in den Riesenhöhleysystemen in rund 1500 m Seehöhe in die Zeit vor rund 5 Millionen Jahren datiert. Die primäre Entwicklung dieser Höhlen hatte also nichts mit der Eiszeit zu tun. Während und nach der Eiszeit wurden die Höhlen durch Wasser und Sediment nur etwas überformt aber an der Oberfläche der Kalkhochflächen zum Teil auch zerstört.

Die Höhlen sind jene Bereiche im Karstaquifer, wo die Erweiterung der ursprünglichen Mikro-Trennflächen bevorzugt stattgefunden hat. Sie führen die Niederschlagswässer rasch Richtung Quellen ab, deren Abfluss in Trockenzeiten jedoch mit den Höhlen wenig zu tun hat. Grobe Abschätzungen der Wasserbilanz in Kombination mit Beobachtungen des Abflusses in den Höhlen ergeben einen massiven Fehlbetrag, der auf jenes Wasser hinweist, das offensichtlich - „neben“ den bekannten Höhlenteilen – vornehmlich in Mikro-Trennflächen langsam durch den Berg in Richtung Quellen fließt und so auch die längerfristige Wasserversorgung sichert.

Der rasche Abfluss in höhlenartigen Bereichen des Karstaquifers hat aber eine andere unangenehme Begleiterscheinung: Schadstoffe erreichen die Quellen mit einer nur sehr geringen Vorwarnzeit. Obgleich die rechnerische Fließgeschwindigkeit im Untergrund zwar kaum 200 m/h überschreitet, ist doch z.B. bei einem Diesellunfall im Hochgebirge eine immense potentielle Gefahr für die Quellanutzer gegeben.

Darüber hinaus reicht bereits ein Unfall eines Geländefahrzeugs mit Dieselaustritt im Einzugsgebiet einer Quelle, um z.B. die Menge des Monatsverbrauches einer Kleinstadt ungenießbar zu machen.

Höhlen in Niederösterreich

Niederösterreich ist durchaus als ein veritables „Land der Höhlen“ zu bezeichnen: derzeit sind in diesem Bundesland rund 4500 Höhlen bekannt (Abb. 5), deren längste, das 27 km lange Ötscherhöhlensystem in der Liste der längsten Höhlen Österreichs immerhin an 12 Stelle steht. Diese zum Teil altbekannte Höhle ist mit einer Vertikalerstreckung von 662 m auch gleichzeitig die tiefste Höhle Niederösterreichs und ein hydrogeologisches und geo-

morphologisches Relikt aus einer Zeit völlig anderer topographischer Gegebenheiten. Die teilweise Entwicklung im Dolomit widerlegt überdies eindrucksvoll die mitunter geäußerte Ansicht, Dolomitgesteine seien generell „schlecht“ verkarstungsfähig.

Außer in den Karstgebieten der niederösterreichischen Kalkalpen – hier liegt naturgemäß die Mehrzahl der bekannten Höhlen – findet man aber Höhlen durchaus auch im Wald- und Weinviertel (immerhin rund 250), in den zentralalpinen Bereichen des Semmering-Wechselgebietes sowie im Leithagebirge und in den Hainburger Bergen, wo einige Höhlen auch an hydrothermale Phänomene gebunden sind bzw. ihre Entstehung warmen, aufsteigenden Wässern zu verdanken haben.

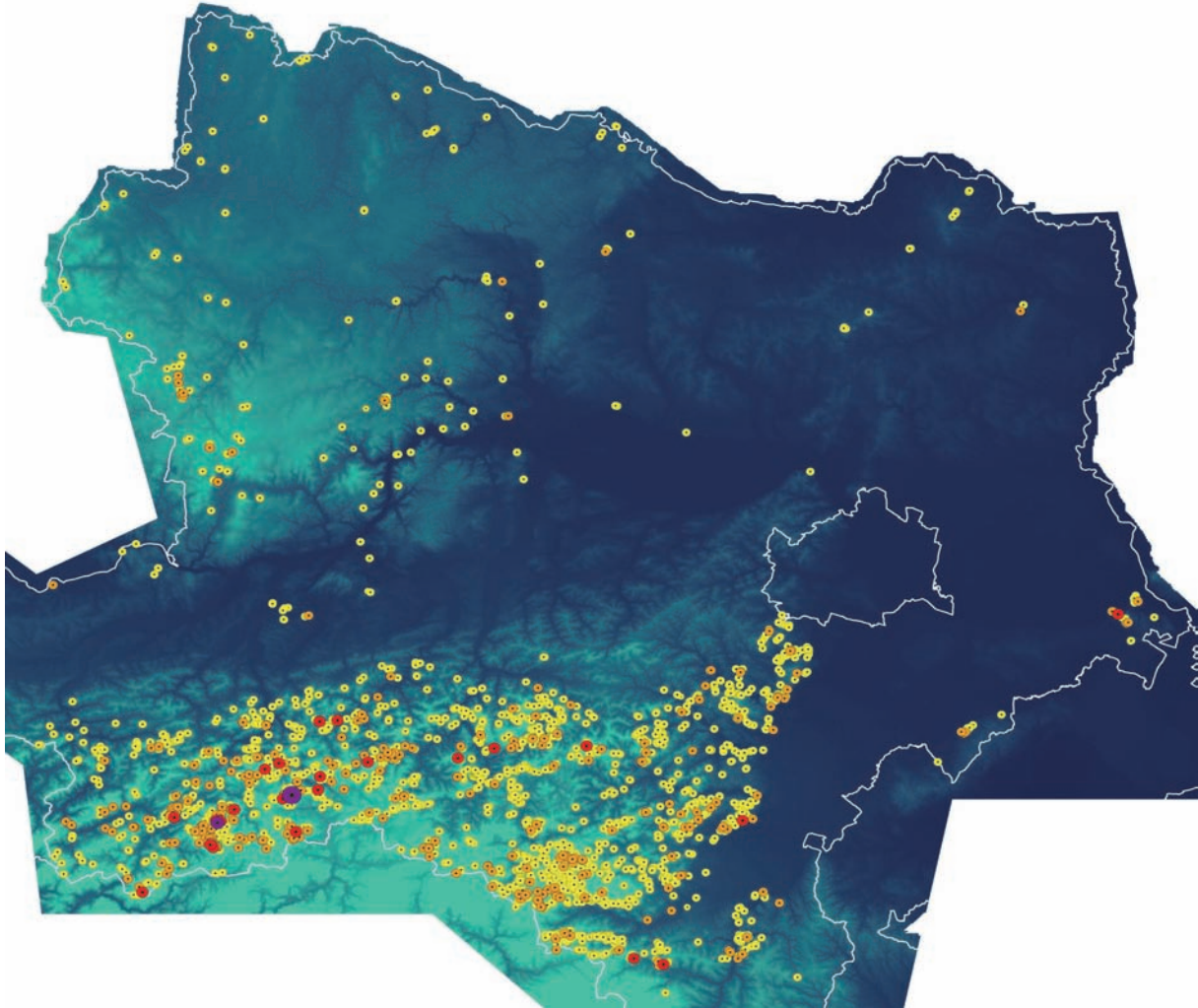


Abb. 5: Verbreitung der Höhlen in Niederösterreich. Klassifizierung nach Ganglänge: gelb 5-49 m; orange 50-499 m; rot 500-4999 m; violett >5 km.

Zusammenfassung

Karstgebiete sind infolge ihrer komplexen Genese und ihrer Eigenarten sensitive und daher sorgsam zu behandelnde hydrogeologische Systeme. Vergleiche zwischen Karstmassiven sind möglich, ersetzen aber niemals eine spezielle und detaillierte Untersuchung des jeweiligen Karstgebietes, aber auch seiner Höhlen. Die Wasservorräte in den Karstgebieten der Nördlichen Kalkalpen sind von hoher Qualität und Quantität, ein einziger Unfall mit Schadstoffen würde jedoch große Mengen an Karstwasser für lange Zeit unverwendbar machen. Eine Sanierung eines hochalpinen Karstaquifers etwa wäre im Gegensatz zu Grundwassergebieten fast nicht realisierbar, jedenfalls aber mit gigantischen Kosten verbunden.

Höhlen bieten bei den Untersuchungen im alpinen Bereich die praktisch einzige Möglichkeit, einen Teil der Wasserwege im Untergrund zu beobachten und direkt zu untersuchen.