

- Güldali, N., Nazik, L.*, ve dig.: Antalya yöresinin magaraları. — M. T. A. Rap. no. 7286, 1982, Ankara.
- Güldali, N., Nazik, L., Önal Ö.*: Narlikuyu Astim (Dilek) Magarasi. — M. T. A. Rap. no. 7070, 1982, Ankara.
- Güldali, N., Nazik, L., Klecer, M.*: Incesu Magarasi (Taskale-Karaman). — M. T. A. Rap. no. 7403, 1983, Ankara.
- Güldali, N., Nazik, L.*: Tinaz Magara Sistemi ve yakin cevresinin karstik gelismisi (Sydisehir-Konya). — Jeomorfoloji Der. sayi 12, 1984, Ankara.
- Nazik, L., Güldali, N.*: Incesu Magaralar Sistemi (Taskale-Karaman); Jeomorfolojik Evrimi ve Ekonomik Olanaklari. — Jeomorfoloji Der. sayi 13, 1985, Ankara.
- Monod, O.*: Recherches géologiques dans le Taurus Occidental au sud de Beysehir. — Thèse Univ. Paris-Sud, Orsay, 1977.

## Zur Hydrochemie und Bakteriologie alpiner Karstwässer

*Von Rudolf Pavuza und Helmut Traindl (Wien)*

### Zusammenfassung:

Hydrochemische und bakteriologische Untersuchungen zeigten deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Karstwassertypen. Für die praktische Nutzung erweisen sich Dolomitkarstwässer auf Grund ihrer ausgeglichenen Mineralisation und Schüttung sowie ihrer günstigeren bakteriologischen Eigenschaften als geeigneter als Wässer aus Kalk- bzw. Gips-Rauhewacken-Aquiferen.

### Summary:

Hydrochemical and bacteriological studies proved the diversity of the different water-types. Dolomitic karst-waters turned out to be more appropriate for utilisation than waters from limestones or evaporites because of their better chemical and bacteriological properties.

### 1. Einleitung

Nach der Beschreibung des Dolomitkarstes und seiner Wässer durch die Verfasser (PAVUZA & TRAINDL, 1983) erschien es angebracht, diese Betrachtungen vergleichend auch auf andere Wässer auszudehnen und zu erweitern. Zahlreiche hydrogeologische, hydrochemische und bakteriologische Untersuchungen in österreichischen Karstgebieten lieferten dazu ein umfangreiches Datenmaterial.

## 2. Hydrogeochemie

### 2.1. Wechselwirkung Wasser—Gestein

Nachdem sowohl Kalke als auch Dolomite gleichermaßen wichtige Karstwasserspeicher darstellen, wurde in verschiedenen Karstgebieten versucht, eine Beziehung zwischen Geo- und Hydrochemie mittels der Relation Calcium: Magnesium in den Gesteinen und Wässern herzustellen. Die Ergebnisse einer dieser Untersuchungen aus dem Tiroler Lechtal, wo sowohl Grün- als auch Kahlkarstgebiete vorliegen, sind in Abb. 1 zusammengefaßt dargestellt.

Die statistische Auswertung der Ergebnisse (mittels T-Test) zeigt, daß die in der stratigraphischen Abfolge benachbarten Karstwässer in den meisten Fällen zumindest „wahrscheinlich“ mittels des Kalkanteiles unterscheidbar sind. Auch bei stratigraphisch getrennten, jedoch räumlich benachbarten Aquiferen ist eine Unterscheidung zumeist möglich. Durch die Ausweitung der Untersuchungen auf weitere Parameter wie Gesamtionengehalt, Sulfat, Alkalien etc. ist in nahezu allen Fällen eine gesteinspezifische Unterscheidung verschiedener „Wasserfaziestypen“ durchführbar (siehe dazu auch Abschnitt 2.5.).

Die statistische Auswertung zeigt aber auch, daß vor allem die repräsentative Probenahme bei den geochemischen Untersuchungen eine Schwierigkeit darstellt: Liefern die Wasserproben zumeist durchschnittliche Werte über einen bestimmten Aquiferbereich (die diesbezüglichen Einschränkungen werden im Abschnitt 2.2. behandelt), so ermöglichen die Gesteinsproben nur punktuelle Aussagen, wobei die Probenahme vermutlich nicht selten subjektiv erfolgt. Da aber häufig ein und dasselbe Schichtglied recht heterogen aufgebaut ist, was sich durch die gegenüber den Wasserproben erhöhte Standardabweichung bei den Gesteinsproben in Abb. 1 manifestiert, ist bei den Gesteinsuntersuchungen eine hohe Probenzahl vonnöten.

Gleichartige Untersuchungen im Bereich des Unterinntales bei Kufstein sowie in den oberösterreichisch-niederösterreichischen Kalkvoralpen ergaben gleichartige Ergebnisse. Nimmt man das gesamte Datenmaterial, das einige hundert Proben aus insgesamt 14 größeren Karstaquiferen umfaßt, zeigt sich ein statistisch „hochsignifikanter“ Zusammenhang zwischen dem Kalkanteil im Gestein und im Wasser, wobei der Kalkgehalt im Wasser im Gesamtschnitt um 10 % unter dem des Gesteins liegt<sup>1)</sup>.

Diese Beobachtung harmoniert mit anderen Arbeiten (z. B. BRICKER & GARRELS, 1967, Seite 449 ff.), die dies vor allem der selektiven Wiederausfällung von  $\text{CaCO}_3$  zuschreiben. Wir konnten unsererseits bei der Quelltuffbildung ebenfalls eine bevorzugte Abscheidung von  $\text{CaCO}_3$  feststellen (PAVUZA & TRAINDL, 1982). Das bedeutet, daß in Gebieten mit großen Diskrepanzen zwischen den CaMg-Verhältnissen von Wasser und Gestein mit

---

<sup>1)</sup> Hierbei ist zu vermerken, daß es in der Natur praktisch nie Mg-freie Kalke gibt. Daher ist auch bei den „reinen“ Kalken eine Abnahme des Kalkanteiles in der Lösung möglich.

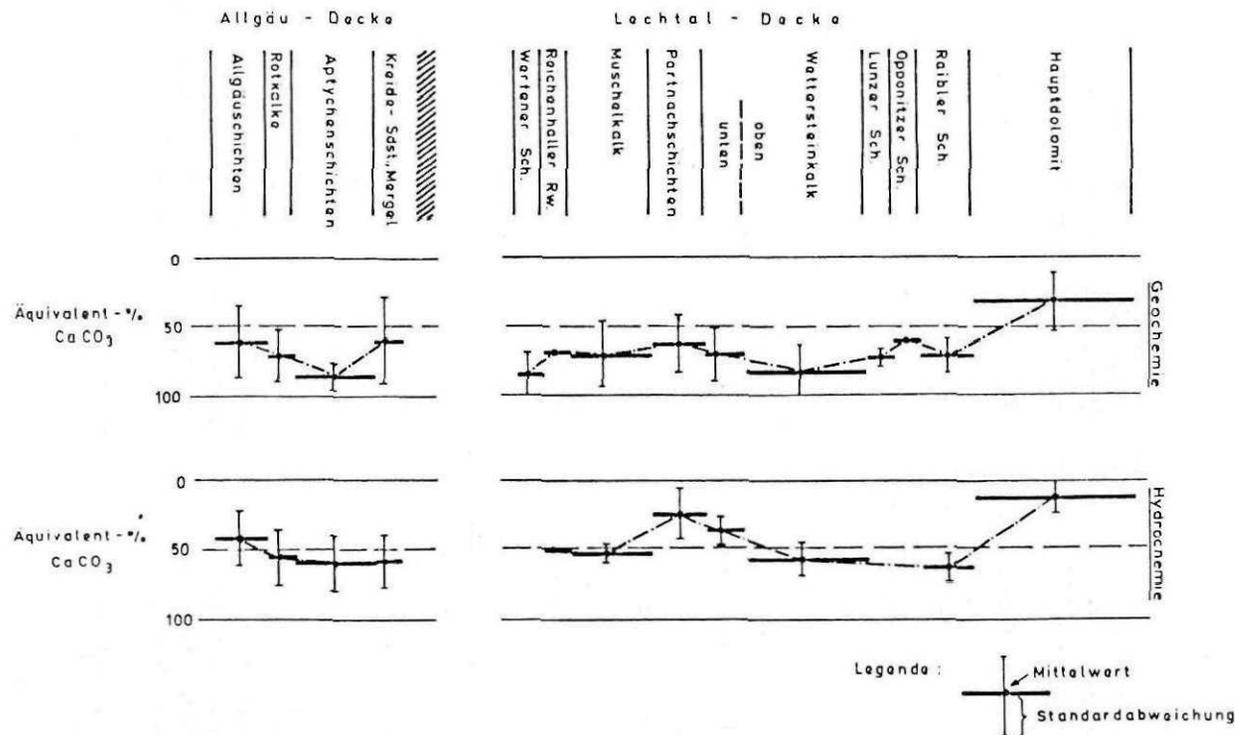


Abb. 1: Zusammenhang zwischen Geochemie und Hydrochemie im Gebiet von Reutte in Tirol

einer erhöhten Kalkabscheidung („Versinterung“) innerhalb des Aquifers gerechnet werden muß.

Die witterungsbedingten Variationen im CaMg-Verhältnis von Bachwässern, die sowohl von Kalk- als auch Dolomitkomplexen gespeist werden, wurden bereits beschrieben (PAVUZA & TRAINDL, 1983). Typisch war dabei die längerfristige Speicherung im feiner klüftigen Dolomitspeicher, die sich durch ein Absinken des CaMg-Verhältnisses während längerer Schönwetterperioden manifestiert.

Ein anderes Beispiel aus dem Gebiet von Reutte in Tirol, wo unter Hauptdolomit Gips der Raibler Schichten und als relativer Karstwassertauer Lunzer Sandstein folgt, zeigt indessen bei Schneeschmelze oder Niederschlägen eine Abnahme der Mineralisation und des CaMg-Verhältnisses im Quellwasser, ein Zeichen, daß hierbei ein verstärkter hochphreatischer Abfluß unter teilweiser Umgehung des Gipsaquifers stattfindet (Tabelle 1).

Tabelle 1:

Quelle westlich Tauern Reutte/Tirol	Ca + Mg	Ca/Mg
Schneeschmelze	290 mg/l	13,5
Trockenwetter	326 mg/l	30

Die beiden Fälle führen deutlich vor Augen, daß im allgemeinen kein einheitlicher Trend hinsichtlich der Variationen des Kalkanteiles bei unterschiedlichen hydrologischen Situationen zu erwarten ist (siehe dazu auch Abschnitt 2.7.). Hier spielt die lokale hydrogeologische Situation eine entscheidendere Rolle.

## 2.2. Der Gesamtionenengehalt

Bei Karbonatgesteinen stellt sich – in Abhängigkeit vom CO<sub>2</sub>-Angebot sowie den geochemischen und gesteinsphysikalischen Gegebenheiten – mehr oder minder rasch ein den Umgebungsbedingungen entsprechender „Gesamtionenengehalt“ ein. Über die reaktionskinetischen Unterschiede von Kalken und Dolomiten – letztere reagieren langsamer – wurde in dieser Zeitschrift bereits berichtet (PAVUZA & TRAINDL, 1983). Tests mit kalkigen Dolomiten bzw. dolomitischen Kalken, die in der Zwischenzeit durchgeführt wurden, scheinen darauf hinzudeuten, daß sich diese hydrochemisch eher wie Dolomite verhalten, also ein trägeres Lösungsverhalten aufweisen. Allerdings läßt diese Aussage allein noch keine speläogenetischen Schlüsse zu, da über die gesteinsmechanischen Eigenschaften dieser Mischgesteine wenig bekannt ist.

Literaturangaben weisen jedenfalls für Dolomite an und für sich eine geringere Druckfestigkeit aus als für Kalke (PESCHEL, 1977). Dolomite neigen daher eher zum Zerbrechen. Die entstehenden Mikroklüfte bedingen eine er-

höhte Porosität, die bei Dolomiten bekanntermaßen hoch ist und nicht auf die Diagenese zurückzuführen ist (WIESENEDER, 1968). Die so entstehende Porosität setzt aber die Druckfestigkeit weiter herab (MÜLLER, 1978). Schließlich gelangen wir zum äußerlich so verschiedenen Erscheinungsbild von Kalken und Dolomiten.

Beobachtungen in Höhlen zeigen, daß dort häufig bereits relativ knapp unter der Geländeoberkante eine weitgehende Sättigung der Sickerwässer erreicht ist. So wies das Tropfwasser im Eingangsteil des Trocken Loches in Niederösterreich im März 1985 bei nur geringer Überlagerung bereits eine gleich hohe Mineralisation auf wie die verschiedenen Höhlengerinne in den tieferen Teilen, wo die Überdeckung wenigstens 100 Meter beträgt. In vielen Höhlen fällt überdies der reiche aktive Tropfsteinschmuck bei ebenfalls nur sehr geringer Überdeckung auf. Da die Kalkabscheidung aber ebenfalls eine *den herrschenden Bedingungen entsprechende Sättigung verlangt, ist auch hier eine sehr rasche Aufmineralisation der Sickerwässer anzunehmen.*

Dies bedeutet, daß die wesentlichen hydrochemischen Merkmale dem Karstwasser im hangenden Teil des Aquifers aufgeprägt werden, wobei natürlich die jeweils herrschenden hydrologischen Verhältnisse ebenfalls eine Rolle spielen. Es ist aber jedenfalls nicht mehr verwunderlich, wenn etwa in einem Kalkkarstgebiet, das ohne stauende Zwischenlagen von einem Dolomit überlagert wird, bereichsweise typische Dolomitwässer auftreten. Dazu ein Beispiel: In der Paulinenhöhle bei Türnitz (Niederösterreich) lagert – vom Höhlenforscher unbemerkt – über den kalkigen Opponitzer Schichten Hauptdolomit. Offensichtlich wird bereits in diesem Gestein eine weitgehende Sättigung der Sickerwässer erreicht, da das Tropfwasser in der Höhle überraschenderweise ein typisches Dolomitwasser darstellt (Beobachtung im April 1985).

Nur dort, wo andere Lösungsmechanismen zum Tragen kommen, die keine Kohlensäure benötigen – in erster Linie die Sulfatlösung –, ist noch eine signifikante Überprägung des Wasserchemismus möglich.

Wie sehr hinsichtlich der Karbonatsättigung lokale Faktoren (Niedererschlagsverteilung, initialer CO<sub>2</sub>-Gehalt der Sickerwässer, geologische Gegebenheiten) wesentlicher sind als die Verweilzeit, zeigt ein Beispiel aus dem Bereich des Reichenwaldberges bei Opponitz in den niederösterreichischen Kalkvoralpen (Tabelle 2). Ist bei der Schneeschmelze noch ein wahrscheinlicher bzw. signifikanter Zusammenhang zwischen Höhenlage der Quelle sowie Mineralisation (gemessen durch die elektrische Leitfähigkeit) bzw. Wassertemperatur festzustellen, so sind im Spätfrühjahr (bei rund halber Schüttungsmenge) keine statistisch abgesicherten Zusammenhänge mehr zu konstatieren. Das bedeutet, daß sich nur bei Hochwassersituationen die verkürzte Durchlaufzeit noch einigermaßen auf die Mineralisation der Quellwässer auswirkt (Tabelle 2). Zu vermerken ist, daß der Temperaturgradient der Quellwässer in diesem Bereich der Kalkalpen – großräumig und ganzjährig betrachtet – rund 0,5°C pro 100 m Höhenintervall beträgt. Dies zeigt die Tendenz zur raschen Temperaturangleichung der Schneeschmelzwässer an die jahreszeitlich konstante Gesteinstemperatur im Bergesinneren.

Tabelle 2:

Abnahme der elektrischen Leitfähigkeit bzw. der Temperatur mit der Höhe	Schneeschnmelze (30.3.1981)	Spätfrühjahr (20.4.1985)
[ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ] pro 100 m (n=5)	-78 (r=-0.91)	-16 (r=-0.36)
[ $^{\circ}\text{C}$ ] pro 100 m (n=6)	-1.5 (r=-0.98)	-1.0 (r=-0.62)

Das Phänomen der raschen Karbonatsättigung der Karstwässer zeigt sich auch in der durchschnittlichen Mineralisation der verschiedenen Wassertypen (Mittelwerte aus rund 200 Wasserproben größerer Quellen aus dem alpinen Raum, Tabelle 3). Es zeigt sich, daß die Karbonatgesteine hinsichtlich der Mineralisation allesamt im selben Größenordnungsbereich liegen. Stärkere Abweichungen gehen zumeist mit Variationen der „hydrogeologischen Randbedingungen“ – etwa dem Bewuchs – konform. So ist es sicherlich kein Zufall, daß gerade die Kalke, die in den bewuchsarmen Kalkhochalpen mit zwangsläufig geringerer  $\text{CO}_2$ -Produktion dominieren, die niedersten Mineralisationen der Karbonatgesteine aufweisen.

Tabelle 3:

AQUIFER	durchschnittliche Mineralisation [mg/l]
Dolomit	340
Kalk	280
Mergelkalk	330
Kalksandsstein	340
Rauhwacke, Gips	770
Kristallin (Magmatite, Vulkanite und Metamorphite, ausgenommen Marmore)	140

Die Lösungskapazität der Sickerwässer in Gips- und Rauhwackenkarstgebieten ist hingegen von diesen Faktoren wesentlich weniger abhängig, was durch die höhere Mineralisation dokumentiert wird. Die vergleichsweise angeführten Wässer aus Kristallingebieten weisen naturgemäß geringere Werte auf. Dort wird das „Kieselsäuregleichgewicht“ wohl rasch erreicht, höhere Mineralisationen sind indessen selten möglich.

### 2.3. Zur Chemie der Sulfatwässer

Generell läßt sich für alpine Karstwässer sagen, daß dort, wo erhöhte Calcium- und Magnesiumgehalte auftreten, auch höhere Gehalte an Sulfat festzustellen sind (Abb. 2).

Die Unterschiede der Karbonat- bzw. Gipslösung liegen einerseits im Lösungsmechanismus (bei der Karbonatlösung ist eine Gasphase –  $\text{CO}_2$  – mitbeteiligt), andererseits in der Lösungsdynamik. Labortests ergaben, daß bei gleichzeitiger Lösung von Gips und Kalk bei gleichen Bedingungen in der Anfangsphase deutlich mehr  $\text{CaSO}_4$  gelöst wird. In der weiteren Folge liegen die Lösungsraten in ähnlichen Größenordnungen, und zwar so lange, bis die Kalksättigung erreicht ist. Ab diesem Zeitpunkt ist nur mehr eine Zunahme bei der Gipslösung feststellbar, was auch erklärt, warum bei fast allen sulfat- und hydrogencarbonathaltigen Lösungen die Variationen im Gesamtchemismus zum größten Teil auf Änderungen im Sulfatgehalt beruhen. Dauerbeobachtungen von Sulfatquellen zeigen den erwähnten Effekt deutlich: Bei Trockenwetter, wenn die Gesamtmineralisation langsam zunimmt, steigt der Sulfatanteil in allen Fällen bedeutend stärker als der Hydrogencarbonatanteil (PAVUZA, 1983, S. 148).

Speläogenetisch bedeutet dies unter anderem, daß in Karstgebieten mit gipshaltigen Gesteinen im Vergleich mit Karbonatkomplexen ähnlicher hy-

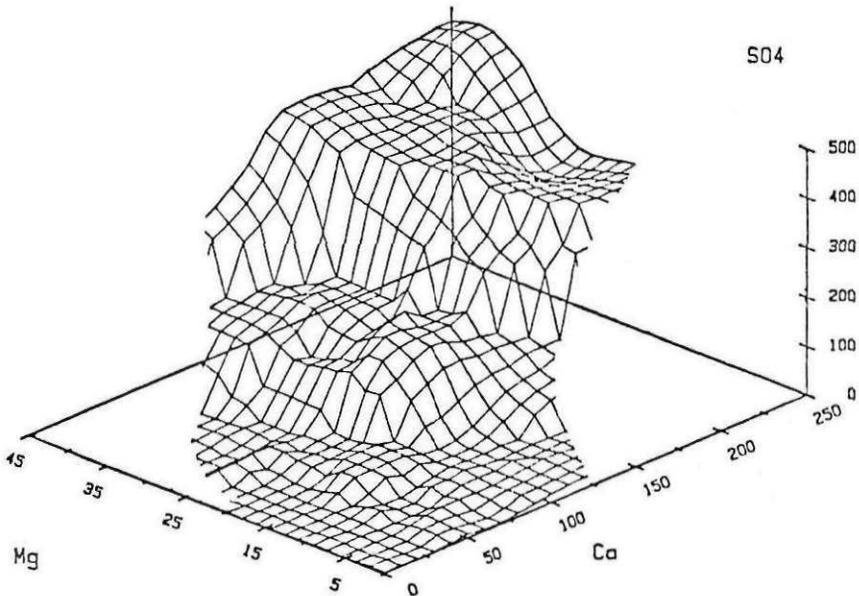


Abb. 2: Zusammenhang zwischen Sulfat-, Calcium- und Magnesiumgehalt alpiner Karstwässer (etwa 100 Wasserproben)

draulischer Durchlässigkeit die „Zonen gleicher Sättigung“ des Karstwassers (siehe auch PAVUZA & TRAINDL, 1983, Abb. 7) signifikant tiefer liegen müssen.

#### 2.4. Kurze Bemerkungen zum Alkaligehalt der Wässer

Bei Untersuchungen in den östlichen Kalkvoralpen konnten einige interessante Trends festgestellt werden. So sind die höchsten Gehalte an Natrium und Kalium in den Quellen der Aptychenschichten zu finden, wo die längere Verweilzeit und die häufige Einschaltung von Tonzwischenlagen Ionenaustauschvorgänge begünstigen. Weiters war der durchschnittliche Gehalt an Alkalien in den Wässern der Opponitzer Schichten höher als in den Quellwässern aus den Hauptdolomitgebieten, was die geochemischen Befunde widerspiegelt. Ebenso typisch für die Opponitzer Schichten ist der gegenüber dem Hauptdolomit erhöhte Kaliumgehalt in Wasser und Gestein.

#### 2.5. Die hydrochemische Fazies

Wie sich aus den bisherigen Ausführungen ergibt, lassen sich die Wässer aus den verschiedenen Gesteinen zumeist hydrochemisch eindeutig differenzieren. Man erhält so verschiedene „Wasserfaziestypen“.

Von den Autoren dieser Arbeit wurde dabei unter anderem das „Faziesdiagramm“ mit CaMg auf der Abszisse und dem Gesamtionengehalt auf der Ordinate verwendet (siehe dazu: PAVUZA & TRAINDL, 1983; PAVUZA, 1983; PAVUZA & TRAINDL, 1984). Eine gute Differenzierung ergibt sich auch durch die Betrachtung der Summenkurven der vier dominierenden hydrochemischen Parameter (Abb. 3).

Die Differenzierungen innerhalb der einzelnen Diagramme ergeben sich meist zwangsläufig auf Grund des bisher Gesagten. Wesentlich erscheinen überdies:

- die Einheitlichkeit der Dolomitwässer, die sich durch die Steilheit der Kurven für Ca und Mg manifestiert und die Kleinklüftigkeit des Dolomitaquifers widerspiegelt. Durch diese ist offensichtlich eine bessere Vermischung der Wässer im Dolomit-Karstwasserspeicher gegeben.
- die gegenüber allen anderen Wässern erhöhten  $\text{HCO}_3^-$ -Gehalte der Wässer aus den Talverfüllungen (Q). Die Konsequenzen dieser Beobachtung werden im folgenden Abschnitt (2.6.) behandelt.
- die größere Variabilität der Sulfatgehalte gegenüber den  $\text{HCO}_3^-$ -gehalten, die sich durch die flachere Summenkurve ausdrückt und die lösungskinetisch begründet ist (s. 2.3.).

#### 2.6. Die Mischungskorrosion aus speläologischer und hydrochemischer Sicht

Die speläogenetische Wirksamkeit der Mischungskorrosion, der zusätzlich entstehenden Lösungskapazität zweier oder mehrerer zusammentreffender

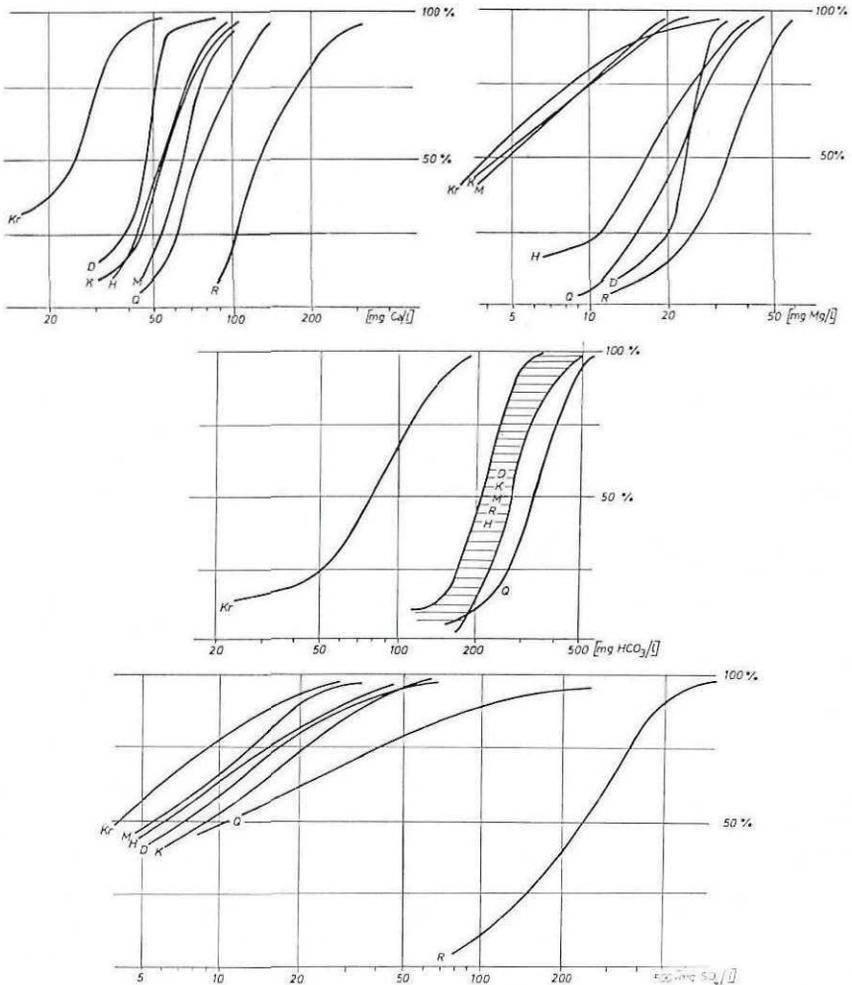


Abb. 3: Summenkurven der vier wichtigsten hydrochemischen Parameter für verschiedene Wasserfaziestypen

In der Abbildung sind berücksichtigt:

- |  |    |
|--|----|
| Wässer aus kalkigen Karbonatgesteinen  | K  |
| Wässer aus dolomitischen Karbonatgesteinen   | D  |
| Wässer aus Mergelkalken  | M  |
| Wässer aus Gips- und Raubwackengesteinen   | R  |
| Wässer aus quartären Talverfüllungen kalkalpiner Täler                                     | Q  |
| Wässer aus Hangschutt, Hangquartär   | H  |
| Wässer aus Kristallingebieten (Magmatite, Vulkanite, und Metamorphite, ausgenommen Marmor) | Kr |

Lösungen verschiedener Mineralisation, wurde von FRANKE (1963), BÖGLI (1963) und vielen anderen ausführlich dokumentiert<sup>2</sup>.

Für hydrochemische Faziesstudien ist die Mischungskorrosion zunächst weniger interessant, da die aufgelösten Mengen im Vergleich zum Gesamtionenengehalt zumindest im beobachtbaren Aquiferbereich gering sind. Wir haben ja bereits im Abschnitt 2.2. gesehen, daß der weitaus größte Teil der Karbonatlösung oft bereits recht knapp nach dem Eintritt des Niederschlagswassers in den Karstkomplex erfolgt. In diesem Bereich ist nicht nur die primäre Kalklösung, sondern auch die Mischungskorrosion am wirksamsten, da hier zwangsläufig auf sehr engem Raum sehr verschieden mineralisierte Wässer auftreten.

Das häufig festzustellende Nebeneinander verschiedener Wasserfaziestypen mit einer relativ scharfen Grenze ist auf Grund der geringen, durch die Mischungskorrosion zusätzlich gelösten Mengen wenig erstaunlich. Es muß keinesfalls bedeuten, daß die beiden Bereiche auch hydrodynamisch streng voneinander getrennt sind.

Die Mischungskorrosion führt indessen naturgemäß im phreatischen (vollständig vom Wasser erfüllten) Teil des Karstkomplexes zu einer gewissen vertikalen Zonierung, wobei gegen die Teufe zu die lateralen Unterschiede geringer werden, die Mineralisation (mit abnehmenden Steigerungsraten) aber höher wird.

Interessant ist nun die Beobachtung, daß bei etlichen vor- und hochalpinen Quellen des phreatischen Bereiches mit ihrer oft typischen Phasenverschiebung zwischen Schüttungsmaximum und Mineralisationsminimum in der Folge von Niederschlagsereignissen vor dem Abfall der Mineralisation (bedingt durch das im hochphreatischen Bereich abfließende Niederschlagswasser) ein kurzfristiger, starker Anstieg der Mineralisation festzustellen ist. Das Mineralisationsmaximum fällt dabei nicht selten mit dem Schüttungsmaximum zusammen.

Es scheint demnach so zu sein, daß die im höher gelegenen Hinterland versickernden Niederschlagswässer auf Grund ihres höheren Potentials kurzfristig tiefere Wässer verstärkt aktivieren und – entsprechend dem Modell von HUBBERT (1940) – zur Quelle hochdrücken (Abb. 4). Eigenartig ist die Tatsache, daß in diesem Fall der aufsteigende Quellast gerade zum Zeitpunkt des höchsten Wasserangebotes verstärkt aktiviert wird.

Vielfach ist ein Übertritt von Karstwasser in den Lockersedimentaquifer der Talverfüllung zu beobachten. Die Beobachtung, daß die Talgrundwässer stets höhere Mineralisationen aufweisen als die Karstwässer der benachbarten, kommunizierenden Karstkomplexe, ist allerdings weder durch einfache „Aufmineralisation“ noch durch Mischungskorrosion zu erklären. Zum einen ist bei den meisten Karstwässern, wie Untersuchungen an Wässern aus Quellen

---

<sup>2</sup>) Dazu ein kleines Modellbeispiel: Eine sekundäre Kalklösung von 1 mg/l läßt auf Grund der Mischungskorrosion an einer Tropfstelle mit 0,01 l/s Schüttung in 10.000 Jahren bei gleichbleibenden Bedingungen einen Hohlraum von rund 1 m<sup>3</sup> entstehen.

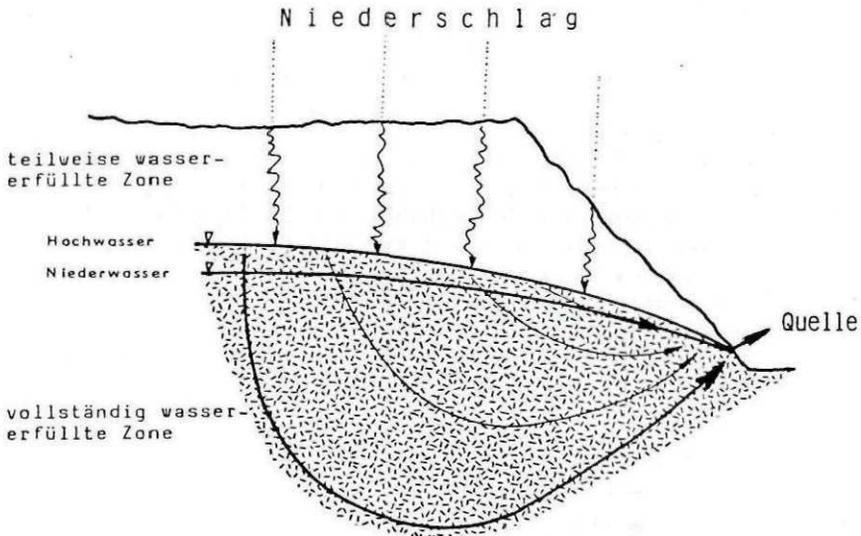


Abb. 4: Verstärkte Aktivierung tieferer Quellläste bei Hochwasser (nach der Schneeschmelze, nach Starkregen)

und Bohrungen zeigten, die aggressive Kohlensäure beim Eintritt in den Lokersedimentkörper bereits weitgehend verbraucht, zum anderen läßt auch die Mischungskorrosion keine höheren Gesamtmineralisationen wie die des am höchsten mineralisierten Karstwassers zu. Dies bedeutet, daß im Falle der Talgrundwässer zumindest teilweise „autochthone“ Sickerwässer vorliegen, die deshalb höher mineralisiert sind, da die versickernden Niederschlagswässer auf Grund der höheren biogenen Aktivität in den Böden der Talniederungen mehr Kohlensäure gelöst haben als die im Karst versickernden Wässer.

## 2.7. Zur Dynamik der Karstwässer

Obwohl dieses Thema nicht das zentrale Problem dieser Arbeit sein soll, wurde bereits im Abschnitt 2.6. auf hydrodynamische Phänomene hingewiesen. Es ist nun besonders interessant, die Karstwasserdynamik unter Berücksichtigung geochemischer Aspekte kurz zu betrachten. Dazu wurden je rund 20 dauerbeobachtete Kalk- bzw. Dolomitkarstquellen hinsichtlich ihrer Unterscheidbarkeit statistisch untersucht.

Ob bei den Dauerbeobachtungen nun tatsächlich die jeweiligen Extremwerte erfaßt wurden, ist unerheblich, da dies sowohl für Kalk- als auch Dolomitquellen gilt. Die Untersuchung ergab folgendes:

– Hinsichtlich der Variation der Schüttung sind die Mittelwerte der beobachteten prozentuellen größten Schüttungsänderung von Kalk- und Dolomitquellen statistisch nicht voneinander zu unterscheiden, obwohl die

Werte auf den ersten Blick deutlich verschieden erscheinen (etwa 200 % für die Dolomit- und 600 % für die Kalkwässer).

Allerdings unterscheiden sich die zugehörigen Standardabweichungen „hochsignifikant“ voneinander, was letztlich für die Verschiedenartigkeit der beiden Gesteinstypen spricht.

– Bezüglich der Variation des CaMg-Verhältnisses bei unterschiedlichen Schüttungen liegt keine statistisch gesicherte Differenzierung vor, obschon in etlichen Fällen Änderungen zu beobachten waren, die aber offensichtlich keinem allgemeinen Trend folgen. Darauf wurde in 2.1. bereits eingegangen.

– Die Dolomitwässer zeigen in ihrer Gesamtheit eine deutlich geringere Änderung ihrer Mineralisation zwischen Maximal- und Minimalschüttung als die Kalkwässer (2 % gegenüber 10 %) und sind vom statistischen Gesichtspunkt aus „wahrscheinlich“ unterscheidbar.

### 3. Bakteriologie

#### 3.1. Aufgabenstellung

Im allgemeinen werden mikrobiologische Untersuchungen von Quellwässern nur zur Feststellung der hygienischen Qualität angestellt. Nach den Richtlinien der ÖNORM M 6250, den Deutschen Einheitsverfahren (DEV) zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung und amerikanischen Normen (Standard Methods) wird vor allem das Vorhandensein bzw. Fehlen von Fäkalkeimen (speziell *Escherichia coli*) als Kriterium herangezogen. Von den Verfassern der vorliegenden Arbeit konnten jedoch keine Publikationen gefunden werden, die sich mit den mikrobiologischen Verhältnissen in Karstquellwässern im speziellen, ihrem Zusammenhang mit dem Speichergesteinstyp, den verschiedenen geologisch tektonischen und hydrogeologischen Bedingungen sowie den wechselnden meteorologisch-hydrologischen Verhältnissen befassen.

Daher wurde zunächst eine generelle Bestandsaufnahme der mikrobiologischen Verhältnisse in Karstquellwässern mehrerer alpiner Karstgebiete vorgenommen. Die dabei gewonnenen Daten wurden anschließend mit den hydrogeologischen, geologisch-tektonischen und meteorologischen Rahmenbedingungen verglichen und eine Modellvorstellung entwickelt, die alle wesentlichen Faktoren weitestgehend berücksichtigt.

#### 3.2. Zur Methodik

Als optimale Methode, um einen raschen Überblick über die mikrobiologischen Verhältnisse in einer Wasserprobe zu erhalten, bot sich die Bestimmung der Gesamtkeimzahl nach dem Gußplattenverfahren auf DEV-Nähragar an. Man muß sich jedoch bewußt sein, daß das Gußplattenverfahren lediglich einen Teil der im Wasser enthaltenen Keime nachweist. Die „Gesamtkeimzahl“ (nach DEV) gibt also eigentlich nur die Anzahl der heterotrophen (sich von organischen Substanzen ernährenden), lebenden Keime im Wasser wieder, die auf einem Nährboden bestimmter Zusammensetzung und Nährstoffkonzentra-

tion bei den angegebenen Temperaturbedingungen zur Entwicklung gebracht werden können. Trotz dieser Nachteile erlaubt die Bestimmung der Gesamtkeimzahl nach standardisierten Verfahren einen raschen Überblick über die bakteriologischen und hygienischen Verhältnisse im Quellwasser. Die Auszählung der Keime erfolgte nach einer dreitägigen Bebrütung bei 20°C.

### 3.3. Prinzipielle Modellvorstellung

Im alpinen Raum erfolgt die Anreicherung des Karstwasserkörpers fast ausschließlich durch versickerndes Niederschlags- und Schneeschmelzwasser. Weite Gebiete der österreichischen Kalkalpen werden vom Grünkarst eingenommen. Auch viele Quellen, die am Fuße der großen hochalpinen Plateauberge (Totes Gebirge, Dachstein, ...) entspringen, haben einen oft beträchtlichen Teil ihres Einzugsgebiets im Grünkarst.

Aus der biologisch aktiven Bodenkrume werden vom versickernden Niederschlagswasser Bodenkeime ausgeschwemmt, die in der weiteren Folge den Karstwasserkörper erreichen. Mit zunehmender Aufenthaltsdauer sinkt die Keimzahl im Karstwasser ab. Mögliche Ursachen der Keimabnahme sind natürliche Absterbevorgänge (die Keime kamen aus ihrem natürlichen in ein extrem nährstoffarmes Ökosystem und haben dadurch wesentlich schlechtere Überlebenschancen) oder gesteinsbedingte Filterung (bei feinklüftigen Gesteinen und größeren Gesteinsmächtigkeiten durchaus gegeben) und/oder Adsorptionseffekte an tonigen und mergeligen Bereichen im Gestein.

Für diese Modellvorstellung sprechen folgende Fakten:

– Nach Starkregen bzw. während der Schneeschmelze steigt bei Quellen, deren Einzugsgebiet ganz oder teilweise im Grünkarst liegt, die Gesamtkeimzahl plötzlich an und fällt danach langsam wieder ab. Die dabei entstehenden Kurven sind, wie schon DOSCH (1955) bemerkte, mit den Kurven von Farbttracerversuchen vergleichbar.

– Weiters konnte gerade bei derartiger starker Zufuhr von „frischem“ Niederschlagswasser bzw. Schneeschmelzwasser das charakteristische und leicht erkennbare „*Bacillus cereus* var. *mycoides*“, ein typischer Bodenkeim, in Quellwasser in Konzentrationen bis zu 0,1% immer wieder gefunden werden.

– Bei Quellen aus unterschiedlich geklüfteten Gesteinen konnten stark unterschiedliche Gesamtkeimzahlen festgestellt werden.

### 3.4. Zur Filterwirkung alpiner Karstgesteine

Erste Untersuchungen ergaben, daß in Dolomitgebieten generell geringere Gesamtkeimzahlen als in Kalkgebieten zu beobachten sind. Wie schon im Abschnitt 2 (Hydrogeochemie) erläutert wurde, besteht ein primärer Zusammenhang zwischen der Art des Speichergesteins und dem Mineralgehalt des in ihm gespeicherten Wassers. Der Zusammenhang Gesamtkeimzahl – Wassertyp ist jedoch sicherlich nicht primär auf geochemische oder hydrochemische Ursachen zurückzuführen (ALTHAUS et al., 1980), sondern ist sekundärer Natur. Kalke und Dolomite sind geochemisch und mineralogisch unter-

schiedlich aufgebaut und reagierten auf tektonische Beanspruchungen, wie sie im Zuge der Gebirgsbildung stattfanden, unterschiedlich. Als Folge davon sind im alpinen Raum Kalke meist grob-, Dolomite generell feinklüftig. Übergänge in der geochemischen Beschaffenheit spiegeln sich offensichtlich in der Art der Klüftigkeit und daher auch in der Gesamtkeimzahl der Quellwässer wider.

Bei grobklüftigen Kalken erfolgt zumeist ein rascher Durchfluß. Eine Keimelimination durch Filterung ist praktisch nicht gegeben. Hingegen kommt es in den feinklüftigen Dolomitgebieten durchaus zu einer weitgehenden Keimelimination. Es mag wohl in Dolomitgebieten lokal bereits zu einer geringeren Keimeinschwemmung aus dem Boden kommen (bei der Verwitterung der bereichsweise vorhandenen Mergelzwischenlagen entstehen teilweise feinkornreiche, schlechter durchlässige Böden), doch zeigten die Untersuchungen, daß dieser Effekt, im Großen gesehen, unerheblich ist. Als Beispiel seien zwei Wässer aus einer Höhle bzw. einem Stollen im Grünkarst von Kalk- bzw. Dolomitgebieten angeführt:

Reichenwaldhöhle/NÖ, Opponitzer Kalk (Überdeckung 10–15 m):	1500–15.000 Keime/ml nach Schneeschmelze
Stollen Mizzi Langer Wand/ Wien/Hauptdolomit (Überdeckung ca. 30 m):	ca. 10.000 Keime/ml nach Regen

Beide Wässer zeigen bei geringer Überdeckung vergleichbar hohe Keimgehalte.

Wie nun die nachfolgende Aufstellung mit Beispielen aus dem voralpinen Dolomit-Grünkarst zeigt, sind auch in Dolomitgebieten bei Quellen mit oberflächennahem, lokalem Einzugsgebiet erhöhte Keimkonzentrationen festzustellen. Im Vergleich dazu haben Dolomitquellen des Hauptkarstwasserkörpers

Tabelle 4: Gesamtkeimzahlen von Karstwässern aus dem Grünkarst des Hauptdolomits

QUELLEN MIT OBERFLÄCHENNAHEM EINZUGSGEBIET	KZ/ml (min.)	KZ/ml (max.)
Quelle Großgschnaidtgraben (Weyer, OÖ)	150	1.400
Stollen Mitzi Langer-Wand (Wien-Rodaun)	--	ca. 10.000
QUELLEN AUS DEM HAUPTKARSTWASSERKÖRPER		
Quelle Mitterlug (Waidhofen/Ybbs, NÖ)	8	130
Quelle Seeburg (Opponitz, NÖ)	12	45
QUELLEN AUS MERGELIGEN APTYCHENSCHICHTEN		
Quellen Innbachgraben (Weyer, OÖ)	80	230

generell sehr niedrige Keimzahlen. Eine Mittelstellung zwischen den grobklüftigen Kalken und den Dolomiten nehmen die mergeligen Aptychenschichten ein; in den aus ihnen gespeisten Quellen wurden auch bei unterschiedlichen hydrologischen Bedingungen wenig unterschiedliche Gesamtkeimzahlen im Quellwasser beobachtet (Tabelle 4).

### 3.5. Statistische Auswertung des Zusammenhanges von Gesamtkeimzahl und Wassertyp

Wie erwähnt, kann mittels des CaMg-Verhältnisses der Quellwässer auf den Chemismus des Speichergesteines rückgeschlossen werden und damit – indirekt – auf dessen Klüftigkeit. Daraus ergibt sich in weiterer Folge der indirekte Zusammenhang mit der Filterwirkung bzw. der Keimelimination innerhalb des Karstwasserspeichers, ausgedrückt durch die Gesamtkeimzahl.

Für den alpinen, mit Böden und Vegetation bedeckten bzw. größtenteils bedeckten Karst ergaben sich folgende funktionale Zusammenhänge:

a) bei Verwendung aller Analysendaten ohne Berücksichtigung der hydrologischen Situation:

$\lg \text{KZ/ml} = -0,0134 \times \% \text{Dolomit} + 2,58$  (Zusammenhang mit 99,9 % gesichert)

b) bei Trockenwetterabfluß:

$\lg \text{KZ/ml} = -0,0134 \times \% \text{Dolomit} + 2,24$  (Zusammenhang mit 99,9 % gesichert)

c) bei Schneeschmelze bzw. nach Niederschlägen:

$\lg \text{KZ/ml} = -0,0113 \times \% \text{Dolomit} + 3,10$  (Zusammenhang mit 99 % gesichert)

Dabei bedeuten:

KZ/ml ... Gesamtkeimzahl pro ml Karstquellwasser

%Dolomit ... Äquivalent-Prozent Dolomit im Quellwasser, 100 % Dolomitwasser hat ein CaMg-Äquivalentverhältnis von 1:1

Für die Berechnung des funktionalen Zusammenhanges wurden die Werte der Gesamtkeimzahlen logarithmiert, da diese Vorgangsweise der Realität am nächsten kommt. Das Wachstum und Absterben erfolgt nach Exponentialfunktionen (SCHLEGEL, 1981, S. 184). Die ermittelten Zusammenhänge gelten für Karstquellen, die aus dem Hauptkarstwasserkörper gespeist werden, nicht jedoch bei lokalen Quellen mit oberflächennahem Einzugsgebiet (meist erkennbar an ihrer minimalen Schüttung, ihrem abweichenden Chemismus und ihren starken jahreszeitlichen Temperaturschwankungen). Sie gelten außerdem nur für Grünkarstgebiete mit nur geringem anthropogenen Einfluß (vor allem also Waldgebiete).

Je nach dem Dolomitanteil hat sich für den alpinen Karst eine Einteilung der Wässer aus Karbonatgesteinskomplexen in Kalk-, Misch- und Dolomitwässer als zielführend erwiesen. Da nun, wie erwähnt, ein indirekter Zusammenhang zwischen dem Keimgehalt und dem Wasserchemismus besteht, wurde versucht, die mittleren Keimgehalte dieser Wassertypen und ihren Schwankungsbereich mittels eines Blockdiagramms darzustellen, wobei wieder die logarithmierten Daten für die Gesamtkeimzahlen verwendet wurden (Abb. 5).

Die statistische Überprüfung der einzelnen Mittelwerte erfolgte mittels T-Test. Danach sind:

- Kalkwasser-Dolomitwasser ... hochsignifikant
- Kalkwasser-Mischwasser ... signifikant
- Mischwasser-Dolomitwasser ... hochsignifikant unterscheidbar

### 3.6. Zum Einfluß der Vegetation bzw. Bodenbedeckung auf die Gesamtkeimzahl

Bei Quellen aus grobklüftigen Karstgesteinen, in denen praktisch keine Filterung zu erwarten ist, ergibt sich bei den Gesamtkeimzahlen während des Trockenwetterabflusses eine Differenzierung zwischen Quellen, deren Einzugsgebiet ganz, und Quellen, deren Einzugsgebiet nur teilweise im vegetationsbedeckten Karst liegt. Karstquellwässer mit gemischten Einzugsgebieten, wie dies zum Beispiel bei manchen Quellen am Fuße der hochalpinen Kalkplateaus (Totes Gebirge, Dachstein) der Fall ist, weisen im Schnitt bei Trockenwetterabfluß deutlich geringere Gesamtkeimzahlen auf als Quellwässer aus reinen Grünkarstgebieten.

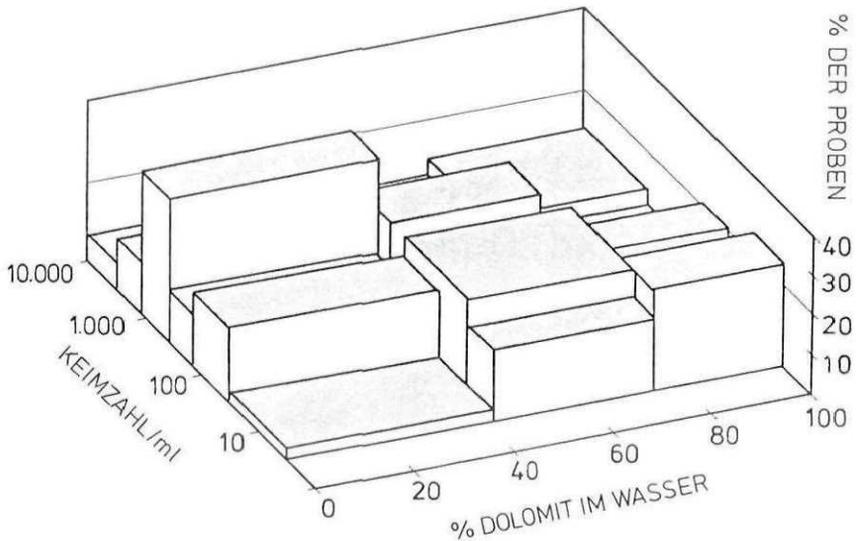


Abb. 5: Zusammenhang zwischen Keimgehalt und Wasserchemismus

Begründet ist dieses Phänomen durch die nur teilweise Bodenbedeckung bei gemischten Karstgebieten. Dadurch kann nur ein Teil des Niederschlagswassers Bodenkeime in den Karstwasserkörper einschwemmen. In den Kahlkarstgebieten versickert der Niederschlag praktisch ohne Keimaufnahme im Fels. So zeigte etwa das Tropfwasser in der Ramesch-Knochenhöhle im Warscheneck, einem Kahlkarstgebiet, eine Keimzahl von 9 Keimen/ml, wogegen die Tropfwässer der im Grünkarst befindlichen Reichenwaldhöhle im westlichen Niederösterreich Werte von 1500–15.000 Keimen/ml aufwiesen.

Ein regionaler Vergleich zeigt, daß sich dieser Effekt vor allem zu Zeiten des Trockenwetterabflusses bemerkbar macht (Tabelle 5). Es ist bezeichnend, daß – im Vergleich dazu – die Karstquellen in den voralpinen Dolomitgebieten trotz voller Vegetationsbedeckung die geringsten Keimzahlen aufweisen.

Besonders augenscheinlich ist der Unterschied zur Zeit der Schneeschmelze bzw. bei Niederschlagsereignissen.

Tabelle 5:

Lokalität	Karsttyp	Gestein	KZ/ml (min)	KZ/ml (max)
Dachstein Ammergebirge	teilweise Kahlkarst	Dachsteinkalk	10	1000–6000
	teilweise Kahlkarst	Wettersteinkalk	10–50	500
Raum Weyer (OÖ)	Grünkarst	Opponitzerkalk	100	2000
	Grünkarst	Rhätkalk	50–100	4000

### 3.7. Auswirkung anthropogener Verunreinigungen auf die Gesamtkeimzahl

Ein Beispiel aus den Radstädter Tauern (Salzburg) soll stellvertretend für die mittlerweile recht zahlreich festgestellten Fälle von Quellverunreinigungen genannt werden.

Im Bereich des Pleislingkessels liegt über dem teilweise tiefgründig verkarsteten Marmor eine nur geringmächtige Bodenkrume. Die Quellen in diesem Bereich versickern nach kurzem oberirdischen Lauf (etwa 300 m) in einer Schwinde. Der hydrologische Zusammenhang mit einem etwa 1,3 Kilometer entfernten und 500 Höhenmeter tiefer liegenden Karstquellbereich konnte durch Markierungsversuche festgestellt werden (A. SPIEGLER, Vortrag am 17. 3. 82 in Wien). Durch die Almwirtschaft (Weidebetrieb) haben sowohl die Quellen im Pleislingkessel als auch die oben erwähnten Quellen generell stark erhöhte Gesamtkeimzahlen. Im August 1984 konnten jedenfalls hier wie dort Gesamtkeimzahlen zwischen 10.000 und 25.000 Keimen/ml festgestellt werden.

Im grobklüftigen Marmor erfolgte praktisch keine Selbstreinigung.

#### 4. Wasserwirtschaftliche Aspekte

Nach einer Phase, in der die Trinkwassergewinnung aus größeren Grundwasserbereichen – etwa dem Wiener Becken – stark forciert wurde, dieses jedoch hinsichtlich der Wasserqualität vielerorts problematisch zu werden begann, rückt nun die Nutzung (noch) nicht kontaminierter Karstwasservorräte wieder stärker in den Vordergrund. Dazu kommt, daß die Sanierung verunreinigter Grundwasserspeicher – wenn eine solche überhaupt möglich ist – meist lange Zeit in Anspruch nimmt und wir damit vor einem Problem stehen, das mit seinen Auswirkungen weit über die Jahrtausendwende hinausreichen wird.

Dies bedeutet, daß die bisher noch nicht genutzten Karstquellen als potentielle Trinkwasserlieferanten interessant werden und ihre Untersuchung zu einer volkswirtschaftlichen Notwendigkeit wird. Nimmt man etwa einen täglichen Pro-Kopf-Wasserbedarf von 400 l als Grundlage, läßt sich zeigen, daß mit einer Karstquelle, die eine Mindestschüttung von 1 l/s aufweist, rund 200 Personen mit Wasser versorgt werden können. In den oberösterreichischen Kalkalpen konnten wir auf einer Fläche von rund 70 km<sup>2</sup> wenigstens 40 Quellen feststellen, die diese Mindestschüttung überschreiten. Auf die Problematik der Verwendung hochqualitativen Quellwassers für Nutzwasserzwecke kann in diesem Zusammenhang nicht eingegangen werden; vor allem in Ballungsräumen wird man aber in Zukunft diesen Aspekt nicht außer acht lassen können. Nachdem gerade in Österreich zur Zeit die Wassergewinnung aus Karst- und Grundwassergebieten in ähnlichen Größenordnungen liegt, ist ein exemplarischer Vergleich eines unmittelbar aneinander grenzenden Karst-/Grundwasserbereiches in Hinblick auf die Wasserqualität interessant:

Im Jahre 1983 wurde von den Verfassern der westseitige Inntalabschnitt im Bereich der Staatsgrenze bei Kufstein in Tirol untersucht. Dabei ergab sich folgendes:

- Die Gesamthärte lag bei den Grundwässern der Talniederung im Durchschnitt um ein Viertel
- Die Nitratgehalte lagen um fast das Doppelte
- Die Gesamtkeimzahlen lagen um rund das Dreißigfache über den Werten der Karstwässer des angrenzenden Bereiches. Die Dispersion (Verteilung) der Schadstoffe ist allerdings in Karst- und Grundwasserkomplexen auf Grund des heterogeneren, stark anisotropen Aufbaues der Karstwasserspeicher recht unterschiedlich. Im Karst ist – ohne daß hierbei auf die diesbezüglichen Unterschiede zwischen vor- und hochalpinen Karstgebieten eingegangen werden kann –, im Durchschnitt betrachtet, eine eher „longitudinale“ Dispersion zu erwarten, wodurch in manchen Quellgebieten beispielsweise zwei benachbarte Quellen ein unterschiedliches Verhalten in bakteriologischer Hinsicht zeigen, ohne daß sie notwendigerweise hydrochemisch und hydrogeologisch stark differenziert sein müssen.

Im Grundwasser indessen gewinnt auch die laterale Dispersion an

Bedeutung, die Ausbreitung eventueller Schadstoffe wird etwas flächenhafter. Betrachtet man die möglichen bzw. notwendigen Schutzmaßnahmen, erkennt man die Problematik im Talraum – dem Grundwasserbereich – vor allem im gehäuftem Auftreten von Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft, wobei kurzfristigen wirtschaftlichen Überlegungen gegenüber langfristigen häufig der Vorzug gegeben wird.

In den österreichischen Karstgebieten stehen naturgemäß Fremdenverkehr sowie Alm- und Forstwirtschaft im Vordergrund. Obwohl die Detailprobleme von denen im Talraum sehr verschieden sind, gilt auch hier derzeit das Hauptaugenmerk der kurzfristigen Planung. Allerdings besteht im Gegensatz zu den Talräumen noch weitaus öfter die Möglichkeit, Quellgebiete, die für die Trinkwassergewinnung interessant sind, zu erfassen und einer wirksamen Unterschutzstellung zuzuführen. Eine Grundlage dafür stellt das Projekt der „Karstverbreitungs- und Karstgefährdungskarten Österreichs im Maßstab 1:50.000“ des Verbandes österreichischer Höhlenforscher dar, dessen erste Blätter (70-Waidhofen/Ybbs, 76-Wiener Neustadt, bearbeitet durch die Verfasser sowie W. PROHASKA) fertiggestellt sind.

#### Literatur:

- Althaus, H., et al.*, Forschungsbericht Wasser „10202202“, Teil 1. Untersuchungen der Lebensdauer der Bakterien und Viren im Grundwasserleiter im Hinblick auf die Ausweisung von Schutzgebieten für die Grundwassergewinnungsanlagen, 190 S., Umweltbundesamt BRD, 1980.
- Anonym*, Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung (3. Auflage). Verlag Chemie, Weinheim a. d. Bergstraße 1975.
- Bögli, A.*, Beitrag zur Entstehung von Karsthöhlen. – *Die Höhle*, 14(3): 63 ff., Wien 1963.
- Bricker, O. P., & Garrels, R. M.*, Mineralogic factors in natural water equilibria. – In: FAUST, S. D., & HUNTER, J. V. (ed.): Principles and applications of water chemistry. – 643 S., New York (Wiley) 1967.
- Dosch, F.*, Färberversuch Hochschneeberg 1955. – *Gas/Wasser/Wärme*, X/2:39–45, Wien 1956.
- Fachnormenausschuß 140* (Wassergüte und -aufbereitung): ÖNORM M 6250, Anforderungen an die Beschaffenheit des Trinkwassers. – Österr. Normungsinstitut, Wien 1980.
- Franke, H. W.*, Formgesetze der Korrosion. – *Jh. f. Karst- u. Höhlenkunde*, 3 (1962): 207 ff., München 1963.
- Hubbert, M. K.*, The theory of ground-water motion. – *J. of Geology* 48 (8): 795 ff., 1940.
- Müller, B.*, Beziehungen zwischen chemischer Zusammensetzung, gesteintechnischen Eigenschaften und dem Trennflächengefüge in Karbonatgesteinen. *Z. geol. Wiss.* 6 (7): 897–914, Berlin 1978.
- Pavuya, R.*, Karsthydrogeologische Untersuchungen in den Kalkvoralpen S Waidhofen/Ybbs (Niederösterreich). *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr.* 29: 133 ff., Wien 1983.
- Pavuya, R., & Traindl, H.*, Quellsinterbildungen. *Karst-Bull.* 3, 2(2): 6–8, Wien 1982.

- Pavuz, R., & Traindl, H.*, Über Dolomitkarst in Österreich. Die Höhle, 34(1): 15–25, Wien 1983.
- Pavuz, R., & Traindl, H.*, Hydrogeologische Betrachtungen im Gebiet von Seefeld/Tirol. Karst-Bull. 8, 4 (2): 11–16, Wien 1984.
- Peschel, A.*, Natursteine. Leipzig 1977.
- Schlegel, H. G.*, Allgemeine Mikrobiologie. 5. Auflage, Stuttgart-New York (Thieme), 1981.
- Wieseneder, H.*, Genesis und Speichereigenschaften des alpinen Hauptdolomites. Erdöl-Erdgas-Zeitschr., 84: 434–438, 1968.

## KURZBERICHTE

### **Bericht über das Spezialsseminar „Speläotopographie und EDV-unterstützte Höhlendokumentation“ in Wien 1985**

Mit diesem vom 16. bis 19. Mai 1985 abgehaltenen Seminar konnte eine vom Schulungsbeauftragten des Verbandes österreichischer Höhlenforscher, Günter Stummer, seit längerer Zeit geplante und dringend erforderliche Schulungsveranstaltung verwirklicht werden. Allen Verantwortlichen für Höhlendokumentation und Vermessung war klar geworden, daß die stürmische Entwicklung der Elektronik auch an diesen Arbeitsgebieten nicht vorbeigehen würde. Da darüber hinaus schon der Einsatz von Computern für die Korrektur von Höhlenvermessungen, plastischen Darstellungen von Höhlenplänen und anderem mehr aus dem In- und Ausland bekannt war, schien ein internationaler Meinungsaustausch dringend geboten.

Die Verwirklichung dieses Spezialsseminars wurde durch die beispielhafte Zusammenarbeit mehrerer Organisationen möglich. Der Landesverein für Höhlenkunde in Wien und Niederösterreich erhielt als Mitglied des Wiener Volksbildungswerkes von diesem in dankenswerter Weise die notwendige materielle Unterstützung. Sie gab ihm die Möglichkeit, die Anregung des Verbandes aufzugreifen und zu dieser Veranstaltung einzuladen. Weitere entscheidende Hilfe kam vom Institut für Höhlenforschung am Naturhistorischen Museum Wien durch die Beistellung der Arbeitskraft von G. Stummer, der das Seminar organisatorisch und fachlich hervorragend betreute.

So fanden auch die Vorträge und Diskussionen abwechselnd in den Räumen des Instituts für Höhlenforschung, des Landesvereines und der Fachgruppe „Wissenschaften“ des Wiener Volksbildungswerkes statt, wo besonders die Möglichkeit der Bildschirm-Großprojektion eine eindrucksvolle Bereicherung der Vorträge darstellte.

Überaus erfreulich war, daß von den 63 Teilnehmern 22 aus den Nachbarländern, der Bundesrepublik Deutschland, der Tschechoslowakei, Jugoslawien und der Schweiz, gekommen waren. Für den internationalen Meinungsaustausch war von besonderer Bedeutung, daß zwei Drittel der 18 Vorträge von ausländischen Referenten gehalten wurden. Aus der Fülle der Themen, bei welchen schon die regen Diskussionen das allgemei-

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Die Höhle](#)

Jahr/Year: 1985

Band/Volume: [036](#)

Autor(en)/Author(s): Pavuza Rudolf, Traindl Helmut

Artikel/Article: [Zur Hydrochemie und Bakteriologie alpiner Karstwässer 123-142](#)