

BARBARA-GESPRÄCHE

Payerbach 1997

Neue Wege in der karsthydrologischen Forschung

G. VÖLKL



Payerbach,
5. Dezember 1997

INHALT

1.	Die Tradition der Karstforschung in Österreich	147
2.	Schema eines Untersuchungsprogrammes zur Erfassung der Karstwasservorräte nach F. BAUER	147
3.	Das Quellmeßnetz des Hydrographischen Dienstes	148
4.	Mikroorganismen im Karstprozess	148
5.	Ausblick	149
	Diskussion	151

Anschrift des Verfassers:

*MR Dr. Gerhard VÖLKL
Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft*

*Stubenring 1
A - 1010 Wien*

Neue Wege in der karsthydrologischen Forschung

G. VÖLKL

1. Die Tradition der Karstforschung in Österreich

Karstforschung hatte in Österreich seit jeher einen sehr hohen Stellenwert. Sie wurzelt in der Zeit der Monarchie, wo in den meisten Kronländern Karstphänomene die landwirtschaftliche Produktivität beeinträchtigten. Mit großem Aufwand wurden die Meliorationsmaßnahmen vorangetrieben und namhafte Wissenschaftler damit befaßt. Daraus erklärt sich auch die Einrichtung eines Speläologischen Institutes und des Hydrographischen Dienstes am k.k. Ackerbauministerium, dem heutigen Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft.

Nach dem Ersten Weltkrieg ergab sich daraus in Wien eine Konzentration hervorragender Karstexperten aus verschiedenen Fachrichtungen. Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde die Idee von Meliorationsmaßnahmen in den österreichischen Karstgebieten wieder aufgegriffen und das Speläologische Institut, damals eine dem Hydrographischen Zentralbüro angeschlossene Dienststelle des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, damit betraut. Dr. Fridtjof BAUER organisierte ein Forschungsprogramm am Dachsteinplateau bei dem eine Reihe von Wissenschaftlern aus den Fachbereichen, Geologie, Bodenkunde, Meteorologie, Botanik, Speläologie etc. mitwirkten. Am Oberfeld wurde eine eigene Feldforschungsstation errichtet. Die Arbeiten wurden laufend in den Publikationsreihen „Beiträge zur alpinen Karstforschung“, und „Mitteilungen der Höhlenkommission“, veröffentlicht.

War die ursprüngliche Meliorations-Idee sicher der Aufforstung gewidmet, so erkannte Bauer bald die wirtschaftliche Priorität der Karstwasservorräte und die Nutzungskonflikte, die sich aus dem gleichzeitigen Ausbau von Tourismuseinrichtungen ergaben. In der Folge

wurde von ihm besonders die Markierungstechnik weiterentwickelt und auf einen Standard gebracht, der heute international als Stand der Technik angesehen werden kann.

2. Schema eines Untersuchungsprogrammes zur Erfassung der Karstwasservorräte nach F. BAUER

Nachdem F. BAUER bereits 1954 „Aufgaben und Gliederung einer Karstuntersuchung“, proklamiert hatte, verfaßte er 20 Jahre später neuerlich eine Studie „Regionale karsthydrologische Untersuchungsprogramme zur Erfassung der Karstwasservorräte“, in die alle in der Zwischenzeit entwickelten Methoden der Tracer- und Isotopenhydrologie eingeflossen waren.

War der Blickwinkel der Betrachtung in den Fünfzigerjahren vorwiegend auf die Oberfläche der Karstlandschaft gerichtet, so war der Ansatz der zweiten Studie der Quelle als Austrittsstelle des Karstwassers gewidmet. Den detaillierten Geländeaufnahmen und akribischen Laborauswertungen galt dabei sein Hauptaugenmerk.

Der Ablauf eines Untersuchungsprogrammes stellte sich nach F. BAUER wie folgt dar:

Vorbegehungen

Geländeaufnahmen

Beobachtungsprogramme

Markierungsversuche

Zusammenfassende Auswertung

Die Beobachtungsprogramme umfassen vor allem monatliche Probenentnahmen für Chemismus- und Isotopenuntersuchungen, als Zeitrahmen kommt F. BAUER auf ca. 6 Jahre.

Dieses Grundschema, vor allem die Kombination beider Ansätze F. BAUER's hat bis heute Gültigkeit. Erfreulicherweise laufen in Österreich derzeit zwei Untersuchungsprogramme mit derart umfassenden (interdisziplinären) Ansätzen. Es ist dies das Untersuchungsprogramm der Karstforschungsgruppe Steiermark/Wien und das Karstprogramm im Nationalpark Kalkalpen. Bei diesen Programmen, wie auch bei einschlägigen Projekten des Institutes für Hydrogeologie am Joanneum Research kommt eine neue Methode zum Einsatz, deren Möglichkeiten F. BAUER nicht mehr erlebt hat – Onlinemessungen mit Datensammlermeßsystemen.

3. Das Quellmeßnetz des Hydrographischen Dienstes

Im Zuge der Realisierung der Hydrographiegesetznovelle vom 26. Juni 1987, in der erstmals die Beobachtung von Quellen gesetzlich verordnet wurde, ging man im Hydrographischen Zentralbüro daran, die bei den einzelnen Bundesländern vorliegenden und laufenden Quellmeßprogramme zu sichten. Auf Grund der heterogenen Ansätze wurde entschieden ein völlig neues Konzept zu erarbeiten.

Die verordneten Quellmeßstellen des Hydrographischen Dienstes werden mit Datensammlern ausgestattet und registrieren in der Regel in ¼ Stunden Intervallen Schüttung, Temperatur, Leitfähigkeit und Trübung. Anschaffungs- und Errichtungskosten werden gemäß Hydrographiegesetz vom Bund getragen, die Länder übernehmen den Betrieb und die Instandhaltung.

Bei der Errichtung der ersten Stationen konnte auf einschlägige Erfahrungen aus den angeführten Projekten zurückgegriffen werden. In einer sehr aktiven Arbeitsgruppe "Quellbeobachtung" sind Sachbearbeiter aus

allen Hydrographischen Landesdienststellen, des Hydrographischen Zentralbüros und des Institutes für Hydrogeologie des Joanneum Research mit der Weiterentwicklung der Datenerfassung- und Auswertung beschäftigt.

Mit Stand Dezember 1997 sind 45 derartige Meßstellen in Betrieb, im Hydrographischen Jahrbuch 1995 sind erstmals Daten von Quellmeßstellen enthalten. Einige Meßstellen laufen nun schon über 3 Jahre. Die Ganglinien der einzelnen Parameter zeigen charakteristische Verhaltensmuster und das jährliche Witterungsgeschehen spiegelt sich in sehr unterschiedlichen Ausprägungen wieder. Die Jahresganglinien sind eine Art „Fingerabdruck“, der Quellen. Besonders interessant ist die Reaktion der Quellen auf Niederschlagsereignisse oder auf Schneeschmelze, wenn man in höhere zeitliche Auflösungen, Stunden- oder Viertelstundenwerte, geht.

Die Aussage der gewonnenen Daten über Einzugsgebiet, Verweildauer im Untergrund und Speicherverhalten der Aquifere ist sehr groß, auch wenn wir in den meisten Fällen erst lernen müssen sie zu interpretieren.

4. Mikroorganismen im Karstprozess

Nach der unbestrittenen geologischen Lehrmeinung sind die Karbonatgesteine zum überwiegenden Teil durch verschiedene Tier- und Pflanzengruppen in Flachmeeren entstanden und anschließend diagenetisch verfestigt wurden.

Die Korrosion, die Auflösung der Karbonatgesteine, wurde bisher allgemein als rein abiotischer Vorgang angesehen, das für die Lösung notwendige CO₂ dem Niederschlag- und eventuell der Anreicherung in der Bodenpassage zugeschrieben. Hier setzt der Diplombiologe Benjamin MENNE mit seinen Untersuchungen an. Warum sollten biologische Prozesse mit dem Eintritt des Wassers in den Untergrund enden und erst an der Quelle wieder beginnen? Die Verkarstung kann zwanglos als Teil des Kohlenstoffkreislaufes der Erde angesehen werden. Bei allen

Stoffkreisläufen spielen neben abiotischen Faktoren stets auch biotische Abbauprozesse eine wichtige Rolle. Sollte die Auflösung der Karbonate dabei eine Ausnahme machen?

Ausgehend von diesen Überlegungen begann MENNE mit Untersuchungen von Mikroorganismen (vor allem Myxobakterien) in verschiedenen Höhlen der Kalkhochalpen, der Schwäbischen Alb und zuletzt sehr erfolgreich in der Rettenbachhöhle im Sengsengebirge im Rahmen des Karstprogrammes Nationalpark Kalkalpen.

Die Ergebnisse sind bahnbrechend! Mikroorganismen wandern praktisch mit der Initialphase der Verkarstung in das Spaltensystem ein, passen sich an das subterrane Milieu an, sind Ursprung einer Nahrungskette für weitere Mikro- und Makroorganismen und produzieren CO₂ mit dem das Lösungspotential des Karstwassers erhöht wird. MENNE führt dafür den Begriff „CARBONATOLYSE„ ein. Auch gegenläufige Prozesse „Biokonservierung„ sind denkbar. In konsequenter Fortsetzung der Überlegungen sieht er den Karstgebirgskörper als natürlichen „Festbetteaktor„.

Aus hygienischer Sicht ergeben sich vor allem zwei Konsequenzen:

1. Nicht alle in Quellwasser festgestellten Organismen sind von der Oberfläche eingeschwemmt.
2. Der Bakterienbewuchs an den Kluftwänden kann entgegen allen bisherigen Lehrmeinungen auch im Inneren des Karstkörpers eine reinigende Wirkung haben.

5. Ausblick

Der multidisziplinäre Ansatz in der Untersuchung der Karstphänomene ist wie gezeigt werden konnte nicht neu, aber moderne Auswerteverfahren eröffnen neue Möglichkeiten. Der Einsatz von Datensammlermeßsystemen sollte sich in Zukunft nicht nur auf Quellen beschränken, sondern z. B. auch zur Beobachtung des Bodenwasserhaushaltes und des Höhlenklimas eingesetzt werden. Ein besonders zukunftsreicher Forschungsbereich ist die Untersuchung der biologischen Prozesse und ihrer Auswirkungen.

DISKUSSION :

Neue Wege in der karsthydrologischen Forschung

ZANKL: Eine interessante Umkehrung der ganzen Geschichte, die Sie da vorgetragen haben, ist die Kalkfällung. Sie können natürlich genausogut sagen, alle Stalaktiten und Stalagmiten sind mikrobielle Karbonatfällung, und es gibt durchaus Ansätze dazu. Ich weiß nicht, ob Sie die Arbeitsgruppe um LEITNER(?) in Göttingen kennen, die sich speziell mit den Fragen der Karbonatfällung in Bioschleimen beschäftigt und dort phantastische Ergebnisse herausbringt mit Hilfe von mikroskopischen Techniken speziell des Anfärbens und der Fluoreszenzmikroskopie.

SCHROLL: Ich habe seinerzeit in einer Gruppe Bildungen aus Gumpoldskirchen untersucht, die in Form faserförmigen Kalzites ausfallen, mit Fasern in μ -größe. Es schaut wie Schleim aus und ich habe immer mikrobielle Mitwirkung vermutet. Es war so, daß ein Oktaeder genau auf das andere faserförmig wächst. Das ist publiziert worden und man hat sich bemüht, so etwas künstlich darzustellen. Ich habe gehört, daß bei der Aufarbeitung in Sodafabriken unter Umständen auch solche Schlämme entstehen. Das scheint doch eine Frage der Mitwirkung von Bakterien zu sein, und Ihre Ausführungen scheinen mir das zu bestätigen.

Aber noch eine andere Bemerkung: das eröffnet eigentlich eine neue Methodik in der Wasseruntersuchung von Karstwässern. Wir können heute mit analytischen Methoden oder organischer Chemie zweifellos Aminosäuren, Proteine usw. analysieren. Vielleicht sind die Franzosen da schon weiter, die sind da viel fortgeschrittener. Da muß man gegen die anderen Aminosäuren unterscheiden und auch die verschiedenen Proteine usw. Ich glaube nicht, daß in Österreich ein Labor momentan imstande ist, diese Untersuchung zu machen. Aber das ist sicher eine kommende Sache, das ist ein wertvoller Aspekt.

VÖLKL: Die ersten zwei Wortmeldungen zeigen, daß es gelungen ist, die neuen Wege, die hier von zwei Leuten angerissen worden sind, in einem Vortragsthema zu treffen. Das mit der Umkehr, mit dem Auskristallisieren, mit den Tropfsteinbildungen, das ist genau der Punkt den BÖGLI mit seiner Mischungskorrosion übersehen hat. Jeder Wasserwerksmann weiß, daß, wenn man zwei Wässer zusammenführt, dies meistens zu Kalkabscheidungen führt und nicht unbedingt zur Korrosion, also auch dort ist die Reversion drinnen. Ich bin überzeugt, daß man dies auch verfolgen wird, z.B. in unserem Bergwerk, das wir uns heute vielleicht ansehen, wenn auch dort nicht mit Kalzit sondern mit Eisenmineralien.

MENNE: Das ist ja völlig richtig, ich konnte nicht auf alle Aspekte eingehen. Die Mikrobiozosen haben ebenso wie die Verkarstung das Schlüssel-molekül CO_2 . Das heißt, es läßt sich nicht ohne weiteres voraussagen, wenn Sie CO_2 in der Summe zählen, also in der Bilanz gesehen, ob sie CO_2 produzieren. Daher kann es sowohl zu einem Konservierungseffekt als auch zu einem lytischen Prozeß kommen. Es kann auch ein Ausfällungsprozeß sein, und zwar zeitlich und räumlich, das ist insgesamt eine Dynamik, die hier auch lokal zu sehen ist.

ZANKL: Die Franzosen haben vor kurzem eine Methode zur Sanierung karbonatischer Bausteine an korrodierten Bauwerken vorgebracht. Sie geben dort einen Biofilm auf, der mit dem Nährsubstrat aufgetragen wird, und in wenigen Tagen haben sie eine Karbonatfällung und damit eine Konservierung der Oberfläche. Offensichtlich haben sie da schon große Erfolge mit der Konservierung von karbonatischen Bausteinen erzielt.

KUSCHNIG: Ich habe noch eine Frage zu diesen zwei Petrischalen, die sie in diesem Foto gezeigt haben, wo bei einem Abstrich

und sie haben gesagt, daß die Probestellen nur zwei cm voneinander entfernt gewesen wäre. Wie schaut das aus an der Höhlenwand? Wieviel Prozent sind mit Bakterien bewachsen oder wie spezialisierte Lebensbedingungen brauchen diese, um wachsen zu können.

MENNE: In einer Studie von MALLORY, die in Microbial Ecology veröffentlicht wurde, haben die in einigen wenigen Gramm, mindestens 100 Spezies. Man kann davon ausgehen, daß die Untersuchung, die wir gemacht haben, zeigt, daß die biozotische Diversität extrem hoch ist, daß sie sich im mm-Bereich ändern kann. Also sie können davon ausgehen, wenn sie die Höhlendecke ansehen, und sehen da eine etwas andere Form oder haben andere Feuchtigkeitsverhältnisse dann ist da auch was anderes darauf.

KUSCHNIG: Ich war erstaunt, daß die eine praktisch steril war.

MENNE: Das gibt es eben auch, aber das ist kein 100%-iger Nachweis für Sterilität, sondern zeigt nur an, daß an dieser Stelle eben keine Bakterien leben, die auf diesem Nährsubstrat wachsen können. Mit einem anderen Nährsubstrat hätte die Reaktion sicher anders ausgesehen.

MÜLLER: Ich hätte noch zwei Fragen. Können Sie vielleicht kurz auf die Energiebilanz eingehen? Nachdem ja Leben und Eiweiß auch an Stickstoff gebunden ist, wie schaut es eigentlich mit Nitrifikation und Denitrifikation aus?

MENNE: Über die Energiebilanz kann ich nichts sagen. Man müßte bei der Energiebilanz auch, wenn man das so sieht, die gesamte Form miteinbeziehen, das hängt ja stark von der Gestaltung ab. Wenn man das Rettenbachhöhlensystem betrachtet, dann werden Zonosen in der Größenordnung von Millionen ausgeschwemmt.

Stickstoff, Nitrifikation, das gibt es, ist auch gemessen worden. Wie weit das System ist weiß ich nicht, vor allem Prof. SEILER bearbeitet das jetzt.

VÖLKL: Prof. SEILER von GSF München wird wahrscheinlich kommenden Herbst zu

einem Symposium in Windischgarsten zu diesem Thema auch mit seinen Forschungen kommen., Er läßt in Bohrlöcher im Bayerischen Karst Gesteinsblöcke hinunter, setzt sie eine bestimmte Zeit dem Wasser aus und schaut sich die Besiedlung von verschiedensten Seiten an. Ich freue mich schon sehr, daß wir diese Leute einmal zu uns bekommen werden und unsere Forschungen hier vergleichen.

WALTER: Ich habe eine Frage, wie weit ist dieser Bakterienrasen als Bioreaktor tätig, darunter verbinde ich eigentlich Wasserreinigung, und damit an der Beeinflussung der Trinkwasserqualität beteiligt?

MENNE: Es gibt sicherlich zahlreiche Möglichkeiten diese Überlegungen auch technologisch und raumplanerisch in Beziehung zu setzen, nur muß man den Grundprozeß ausführlich studieren. Probleme sind hier die Steuerungen der Auflösungsprozesse, weil es ja auch zu einer Ausschwemmung kommt, und daher sind beide Studien von Interesse, die untersuchen, in welchen Augenblicken, in welchen Zeitsequenzen die Bakterienfracht im Vergleich zur Wasserfracht liegt, weil die Lage des Maximums nicht unbedingt übereinstimmen muß. Man müßte also erst sehen, was überhaupt der Export ist, woher die Bakterien tatsächlich stammen, von der Oberfläche oder aus dem Karst selbst. Nach dem Modell, das wir jetzt haben, wissen wir, daß vieles endogenen Ursprunges ist.

VÖLKL: Wenn ich da vielleicht noch nachlegen kann, dieses Bild mit diesen Strudelwurm, der den Myxobakterienrasen abweidet, stellen Sie sich vor, wie der sich freut, wenn endlich ein Colibakterium vorbei schwimmt, das wäre für ihn eine Nahrungsabwechslung.

RIEHL - H.: Wir haben gestern im Grillenberg Mangan/Eisen-Tropfsteine von eher gallertiger Konsistenz gesehen. Außerdem war vor der Gewältigung des Erbstollens der gesamte Stollen mit goethithaltigen kaffeebraunen Masse erfüllt, die den Stollen über Jahrzehnte ausgefüllt hat. Es gibt auch sehr poröse Stalaktiten, ich hoffe, es gibt da noch Reste von diesen Dingen, die in ihrer Gesamtheit nicht zu konservieren waren.

*Diskussionsbeiträge von:**Dr. G. KUSCHNIG**Wasserwerke d. Stadt Wien
Grabnergasse 4-6
a - 1060 Wien**Dipl.Biol. Dr. Benjamin MENNE**Dipl.Ing. Prof. Walter MÜLLER
HTL Krems
Mühlhofstraße 2/15
A - 3503 Krems**Univ.Prof. Dr. Erich SCHROLL**Haidbrunnngasse 14
2700 Wr. Neustadt**Dr. Georg RIEHL - H**Hauptstraße 70
A - 2801 Katzelsdorf**MR Dr. Gerhard VÖLKL**Bundesministerium für Land- und
Forstwirtschaft
Stubenring 1
A - 1010 Wien**Dipl.Ing. WALTER**Wasserwerke d. Stadt Wien
A - 2652 Hirschwang**Univ.Prof. Dr. H. ZANKL**Philipps-Universität MarburgLahn
Hans Meerwein Straße
D - 35032 Marburg/Lahn*

