

Karsthydrologie

Fridtjof BAUER*)

Karsterscheinungen in Kalk- und Dolomitgebieten verdanken ihre Entstehung und Entwicklung der karbonatlösenden Wirkung des kohlensäurehaltigen Niederschlags- und Bodenwassers. Dies gilt sowohl für Karsthöhlen und -schächte in den Tiefenbereichen der Karstgebirge, als auch für Oberflächenkarsterscheinungen, wie Karren und Dolinen.

Eine der auffälligsten Erscheinungen in Karstflächen ist deren Armut an Oberflächengewässern, die in hochalpinen Karstgebieten bis zur totalen Wasserlosigkeit führen kann. Das anfallende Niederschlagswasser versinkt dort meist schon am Orte seines Auftretens zum Teil oder zur Gänze in den Spalten und Klüften des Karbonatgesteines, um erst nach einem oft viele Kilometer langen unterirdischen Lauf in meist nur einigen wenigen großen Karstquellen in den Talbereichen wieder zutage zu treten. Der unterirdische Abfluß erfolgt über durch Lösungsprozesse unterschiedlich stark ausgeweitete Systeme von Klüften und Hohlräumen. Die unterirdischen Abflußwege selbst sind in der Regel der direkten Beobachtung entzogen.

Schon im vorigen Jahrhundert war der Verlauf von unterirdischen Karstwasserwegen das Ziel zahlreicher Erkundungen und Forschungen. Das Hauptinteresse galt damals vor allem den großen Höhlenflußläufen im küstenländischen Karst.

Zwischen den beiden Weltkriegen wurden vom damaligen Speläologischen Institut unter G. KYRLE in alpinen Karstbereichen erste Untersuchungen über die Zusammenhänge unterirdischer Wasserläufe durchgeführt.

Nach dem Zweiten Weltkrieg waren es vor allem die Arbeiten J. ZÖTL's die der karsthydrologischen Forschung neue Wege eröffneten. Ab der Mitte der Fünfzigerjahre wurden von verschiedenen österreichischen Fachinstitutionen vor allem in den hochalpinen Karstgebieten der Nördlichen Kalkalpen zahlreiche Markierungsversuche durchgeführt und damit grundlegende neue Erkenntnisse über die Karstwasserhältnisse und -abflußwege in den alpinen Karstgebieten geschaffen. Hand in Hand damit wurden die karsthydrologischen Arbeitsmethoden immer weiter ausgebaut und verfeinert, sodaß es heute möglich ist, aus den Beobachtungen und Messungen an den einsickernden Niederschlagswässern und an deren Wiederaustritten in den Karstquellen, sowie aus den Ergebnissen von

Markierungsversuchen, weitgehende Schlüsse auf die unterirdischen Wasserverhältnisse in Karstgebieten zu ziehen.

Wesentliche Einblicke in die unterirdischen Abflußverhältnisse geben vor allem Markierungsversuche. Hierbei werden in den Karstflächen in Versinkungsstellen von Niederschlagswasser oder Oberflächengewässern Markierungsstoffe eingespeist und die hierfür in Frage kommenden Quellen des Karstgebietes auf einen Wiederaustritt dieser Stoffe beobachtet. Als Markierungsstoffe werden heute überwiegend Fluoreszenzfarbstoffe, wie Uranin, verwendet, die noch bis zu Konzentrationen von 0,001 - 0,00001 mg/m³ Wasser nachweisbar sind.

Die bisher in alpinen Karstgebieten durchgeführten Markierungsversuche zeigten, daß von einer Einspeisungsstelle aus der unterirdische Abfluß sowohl linear zu einer einzigen Quelle als auch radialstrahlig zu einer Vielzahl von Quellen erfolgen kann, wobei die einzelnen Abflußwege einander kreuzen können. (Abb. 4) Die Abstandsgeschwindigkeiten des unterirdischen Abflusses liegen in der Regel zwischen wenigen Metern und bis zu einigen hundert Metern pro Stunde, können aber auch geringer sein. Der unterirdische Abfluß erfolgt in allen Fällen unabhängig von der Oberflächengestalt des Karstgebietes. Überdies kann unter verschiedenen hydrologischen Verhältnissen vom selben Versinkungsbereich der unterirdische Abfluß nach verschiedenen Richtungen erfolgen.

Dies zeigt deutlich, daß die tatsächlichen (hydrologischen) Grenzen der Einzugsbereiche von Karstquellen nicht mit denen der durch die Oberflächengestalt gegebenen (orographischen) Einzugsbereiche ident sind und daher nicht etwa nach dem Verlauf der Kammlinien festgestellt werden können. Ferner zeigen die Ergebnisse von Markierungsversuchen, daß die Einzugsbereiche verschiedener Karstquellen einander überschneiden können und daß sich die Grenzen der Einzugsbereiche je nach den herrschenden hydrologischen Verhältnissen verschieben können. Jene Bereiche, aus denen einer Karstquelle Wasser zufließen kann, können daher nur durch Markierungsversuche, und dies auch nur annähernd, erfaßt werden.

Aus trinkwasserhygienischer Sicht sind die Ergebnisse jener Markierungsversuche von wesentlicher Bedeutung, bei denen Lycopodiumsporen als Markierungsstoff verwendet wurden.

*) OR Dr. Fridtjof BAUER, Direktor der Bundesanstalt für Wasserhaushalt von Karstgebieten, 1010 Wien, Herrengasse 8/1/3/24

Die rund 0,035 mm großen Lycopodiumsporen konnten bei allen derartigen Versuchen von den Einspeisungsstellen über die unterirdischen Karstwasserwege ungehindert in Karstquellen gelangen. Im Untergrund von Karstgebirgen erfolgt somit keinerlei Filterung des einsickernden Wassers. Wenn schon Lycopodiumsporen von den Versickerungsgebieten ungehindert in die Quellen gelangen können, dann können es die nur 0,007 mm langen Typhusbazillen umso eher. Der Anfall von Verunreinigungen (wie flüssige Treibstoffe, pathogene Keime und sonstige Schadstoffe) im Einzugsbereich von Karstquellen stellt daher eine eminente Gefahr für die zur Trinkwasserversorgung genutzten Karstquellwässer dar.

Die Ergebnisse der bisher in den alpinen Karstgebieten durchgeführten hydrologischen Untersuchungen weisen darauf hin, daß in der Tiefe jedes einzelnen dieser Karstgebiete ein mehr oder weniger mächtiger Karstwasserkörper vorliegt. Die einsickernden Niederschlagswässer fließen vorerst mit überwiegender Vertikal Tendenz der Oberfläche des Karstwasserkörpers (dem Karstwasserspiegel) zu. Im Karstwasserkörper fließen sie zum überwiegenden Teil in dessen obersten Bereichen mit überwiegender Horizontal tendenz rasch zu den Quellen ab. Ein geringerer Anteil gelangt jedoch mit abnehmender Geschwindigkeit auch in die tieferen Bereiche des Karstwasserkörpers und führt zu dessen langsamer Erneuerung.

Wesentliche Aufschlüsse über den Aufbau eines derartigen alpinen Karstwasserkörpers gaben die von der Bundesanstalt für Wasserhaushalt von Karstgebieten (früher Speläologisches Institut) seit dem Jahre 1965 im Schneesalpenstollen durchgeführten hydrologischen Untersuchungen. Dieser Stollen durchörtert das Schneesalpenmassiv an der Basis seiner Karstgesteine auf einer Länge von rd. 9,7 km und durchquert somit die Tiefenbereiche des Karstwasserkörpers. Im zentralen Teil dieses Karstwasserkörpers wurden Wässer angetroffen, die nach den Ergebnissen von Isotopenmessungen bereits vor den frühen Fünfzigerjahren am Schneesalpenplateau zur Versickerung gelangt sein müssen.

Auch in anderen alpinen Karstgebieten durchgeführte karsthydrologische Untersuchungen weisen darauf hin, daß im Tiefenkern der meisten alpinen Karstwasserkörper Anteile von Wässern relativ hohen Alters (bis 25 Jahre und mehr) vorliegen müssen.

Betrachtet man die mögliche lange Verweildauer der einsickernden Wässer im Untergrund der Karstmassive unter dem Gesichtspunkt der

durch die Markierungsversuche nachgewiesenen Verunreinigungsmöglichkeiten, dann ergibt sich klar, daß eine selbst kurzfristig im Einzugsbereich von Karstquellen erfolgte Einbringung von Schadstoffen in den Karstwasserkörper einen langfristigen Austritt dieser Schadstoffe in den Quellen und damit eine langfristige Beeinträchtigung der Quellwasserqualität zur Folge haben kann.

Aus diesen Ergebnissen der in alpinen Karstgebieten durchgeführten Untersuchungen ist klar zu ersehen, welche Gefahren den Quellen durch in ihren Einzugsbereichen anfallende Verunreinigungen drohen. Die Reinhaltung der Einzugsbereiche von Karstquellen ist daher die Voraussetzung für die Erhaltung des Nutzungswertes der Karstquellwässer. Dieser Erkenntnis kommt insofern besondere Bedeutung zu, als die Hochregionen der Karstgebirge in zunehmendem Maße für den Massentourismus erschlossen werden, wodurch in den Einzugsbereichen von Karstquellen ständig zusätzliche neue Verunreinigungsherde geschaffen werden.

Die österreichischen Karstwasservorkommen sind bei dem ständig steigenden Trinkwasserbedarf von eminenter versorgungswirtschaftlicher Bedeutung. Rund ein Sechstel des österreichischen Bundesgebietes ist Karst. In diesen Karstgebieten fällt rund ein Viertel des im Bundesgebiet fallenden Niederschlagswassers. Derzeit wird mindestens ein Viertel bis ein Drittel der Bevölkerung Österreichs aus Karstgebieten mit Trinkwasser versorgt. (Im Jahre 1977 wurden Wien zu 73%, Salzburg zu 52%, Innsbruck zu 95% und Villach zu 86% aus Karstquellen mit Trinkwasser versorgt!) Bedeutende Karstwasservorkommen sind derzeit noch ungenutzt; ihre Nutzung kann jedoch in absehbarer Zeit für die Versorgung von Ballungsräumen, allenfalls über Fernwasserleitungen, erforderlich werden.

Unter diesem Gesichtspunkt kommt dem Schutze von Karstwasservorkommen, und zwar auch der derzeit noch ungenutzten, besondere Bedeutung zu. Derartige Schutzmaßnahmen (wie die Festlegung von Quellschutzgebieten) können jedoch nur unter Kenntnis der hydrologischen Verhältnisse in den Karstgebieten eingeleitet werden. Die Erfassung der hydrologischen Verhältnisse in Karstgebieten bedarf jedoch umfangreicher und aufwendiger karsthydrologischer Untersuchungen.

Im Hinblick auf die Bedeutung des Karstwassers für die österreichische Wasserversorgung wurde die Bundesanstalt für Wasserhaushalt von Karstgebieten mit dem Bundesgesetz über

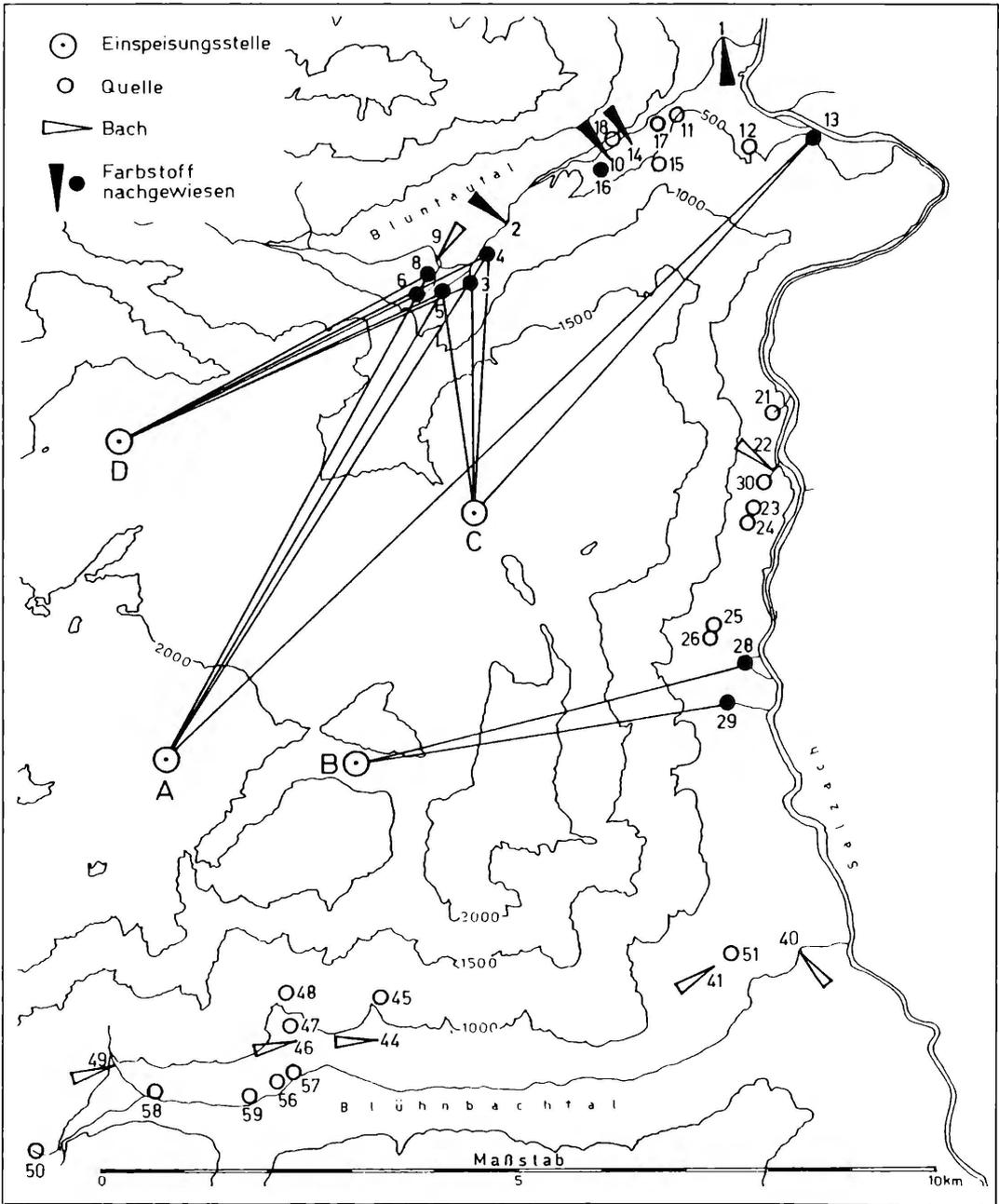


Abb. 4: Karstwasserwege im Hagengebirge

Ergebnisse des im Jahre 1976 von der Bundesanstalt für Wasserhaushalt von Karstgebieten durchgeführten Markierungsversuches.

Die von den Einspeisungsstellen A-D zu einzelnen Quellen und Bächen (Ziffern) eingezeichneten Linien geben die nachgewiesenen unterirdischen Abflußrichtungen an.

wasserwirtschaftliche Bundesanstalten vom 28. November 1974 beauftragt, die sich aus den karstwasserwirtschaftlichen Erfordernissen ergebenden vielgestaltigen karsthydrologischen Aufgaben wahrzunehmen. Insbesondere fallen in den gesetzlichen Aufgabenkreis der Bundesanstalt die Erforschung und Erfassung des Wasserhaushaltes der österreichischen Karstgebiete, sowie die Feststellung der Einzugsbereiche von Karstquellen hinsichtlich der Abgrenzung von Schutzgebieten.

Wenn auch die karsthydrologische Forschung heute mit modernsten wissenschaftlichen Untersuchungsmethoden in der Lage ist, aus den Beobachtungen und Messungen an Nieder-

schlags- und Karstquellwässern, sowie aus den Ergebnissen von Markierungsversuchen weitgehende Schlüsse auf die hydrologischen Verhältnisse in der Tiefe der Karstgebiete zu ziehen, so bleibt ihr in der Regel doch der direkte Zugang zu den unterirdischen Wasserläufen in der Tiefe der Karstgebirge verschlossen.

Hier sind es nun allein die höhlenkundlichen Vereinigungen, denen sich bei ihren Forschungsarbeiten manche direkte Einblicke in die unterirdischen Abflußverhältnisse in Karstgebieten eröffnen, die das von der rein karsthydrologischen Forschung gewonnene Bild von der Karstwasserbewegung zu ergänzen und abzurunden vermögen.

Karsthydrologie und Höhlenforschung

Gerhard VÖLKL*)

Der Höhlenforscher im wissenschaftlichen oder touristischen Sinn wird ständig mit der Karsthydrologie konfrontiert. Nur wenige Karsthöhlen sind zur Gänze trocken, in den meisten stößt man in irgend einer Form auf Karstwasser. Die Palette des Karstwassers in den Höhlen reicht vom Tropfwasser über Rinnsale bis zu tosenden Höhlenflüssen mit einer Durchflußmenge von mehreren Kubikmetern in der Sekunde, oder tiefen Siphonen, die dem Vordringen des Höhlenforschers ein Ende setzen.

Die Karsthydrologie befaßt sich mit den stehenden und fließenden ober- und unterirdischen Gewässern im Karst. Sie behandelt deren Eigenschaften, Vorkommen und Verbreitung, ihre Bewegungsvorgänge und ihren Wasserhaushalt. Dabei kommt diesem Wissenschaftszweig innerhalb der Karstkunde besondere Bedeutung zu, da die Karstlandschaft vor allem dadurch definiert ist, daß die unterirdische Entwässerung infolge der Löslichkeit und Klüftigkeit des Gesteins einen nicht unwesentlichen Anteil an der

Gesamtentwässerung erreicht hat (TRIMMEL 1965).

Karsthydrologische Untersuchungen nehmen ihren Ausgang meist von den Karstquellen, den Austrittsstellen des Karstwassers. Langfristige Untersuchungsprogramme und spezielle Untersuchungsmethoden, wie Markierungsversuche, lassen auf die Karstwasserhältnisse im Gebirgskörper und auf das Einzugsgebiet der Quellen schließen. Meist sind die unterirdischen Wasserwege der direkten Beobachtung entzogen, nur in Höhlen sind Karstwässer in ihrer natürlichen Erscheinungsform stellenweise aufgeschlossen. An künstlichen Aufschlüssen, wie Stollen oder Bohrungen, können Karstwasseradern nur mehr unter gestörten Bedingungen beobachtet werden.

Oberflächenbäche oder Flüsse, die durch eine Schwinde in ein Höhlensystem eintreten, wie etwa der Lurbach bei Semriach, sind in Österreich eine Ausnahmeerscheinung. Die meisten Karst- und Höhlengebiete Österreichs werden dadurch charakterisiert, daß die Niederschlagswässer, noch bevor sie sich zu großen Oberflächengewässern sammeln können, in stark klüftigem, verkarstungsfähigem Gestein versinken.

*) Dr. Gerhard VÖLKL, Bundesanstalt für Wasserhaushalt von Karstgebieten, 1010 Wien, Herrngasse 8, St. 1/3/24