Die Rolle der Karsthydrologie im Hinblick auf Fragen der Gewässerreinhaltung

F. BAUER

Eines der wesentlichsten Merkmale der Hochlagen der großen österreichischen Kalkmassive, wie z. B. des Dachsteingebirges, des Toten Gebirges oder des Tennengebirges, ist deren extreme Wasserlosigkeit. Die anfallenden Niederschlagswässer versinken dort meist schon am Ort ihres Auftreffens auf den Boden über Felsklüfte in die Tiefe des Gebirges, um erst nach einem oft kilometerlangen unterirdischen Lauf im Talgrund in starken Quellen wieder zutage zu treten. Oberirdische Wasserläufe, wie sie zum Beispiel für die zentralalpinen, aus kristallinen Gesteinen aufgebauten Gebirge charakteristisch sind, sind hier selten anzutreffen und stellen meist nur lokal bedingte Sonderfälle dar.

Die unterirdische Entwässerung ist das wesentlichste hydrologische Kennzeichen des Karstes. Ihre Ausbildung verdankt sie der Löslichkeit der Karbonatgesteine durch die kohlensäurehältigen Niederschlagswässer. Ursprünglich kaum wasserwegsame Klüfte werden durch die lösende Wirkung des durchsickernden Wassers immer mehr ausgeweitet, ein Vorgang, der bis zur Ausbildung großer Höhlenräume führen kann.

Der größte Teil der aus einem Karstmassiv unterirdisch abfließenden Wässer tritt nur in einigen wenigen starken Karstquellen zutage. Mittlere Jahresschüttungen im Kubikmeterbereich sind nicht selten. Kennzeichnend für diese Karstquellen sind die meist ausgeprägten Jahresschwankungen der Schüttungen: So können die bei der Schneeschmelze auftretenden Höchstabflußwerte mehr als das Zehnfache der winterlichen Niederwasserschüttungen betragen.

Vom Abflußsystem eines Karstmassives sind somit nur die Flächen, in denen die anfallenden Niederschlagswässer meist diffus in den Untergrund versinken, und die Karstquellen als Wiederaustrittsstellen des versickerten Niederschlagswassers zugänglich. Die unterirdischen Abflußwege ent-

ziehen sich der direkten Beobachtung. Im Gegensatz zu den Nichtkarstgebirgen, wo die hydrographischen Einzugsbereiche von Oberflächengewässern und Quellen in der Regel durch die Kammlinien gegeben und daher mit den orographischen Einzugsbereichen ident sind, können die hydrographischen Einzugsbereiche der Karstquellen in der Regel nur durch aufwendige Spezialuntersuchungen festgestellt werden.

Die unterirdischen Abflußrichtungen von Karstwässern werden durch Markierungsversuche festgestellt. Hierbei werden in „Schwinden" (natürliche Versinkungsstellen von Wasserläufen, Regen- oder Schneeschmelzwassergerinnen) Markierungsstoffe (Tracer) eingespeist und sämtliche hierfür in Betracht kommende Quellen des Gebietes auf einen Wiederaustritt dieser Markierungsstoffe untersucht.

Ein idealer Tracer sollte eine hohe Nachweisempfindlichkeit haben, die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Wassers nicht verändern, nicht mit dem durchflossenen Gestein reagieren (Gefahr von Adsorptionsverlusten!) und vom hygienischen Standpunkt unbedenklich sein. Am besten von allen bekannten Tracern haben sich bisher Fluoreszenzfarbstoffe bewährt. So ist der Farbstoff Uranin noch in Konzentrationen von 0,01 mg/m^3 eindeutig quantitativ meßbar und kann mittels Anreicherung durch Aktivkohle sogar noch bis zu 0,0001 mg/m^3 qualitativ nachgewiesen werden. Andere Farbstoffe (wie Rhodamin-B) erleiden meist große Adsorptionsverluste. Salze (wie zum Beispiel Steinsalz) haben eine geringe Nachweisempfindlichkeit und erhöhen die Dichte des Wassers, was zu einer Beeinträchtigung der natürlichen unterirdischen Abflußverhältnisse führen kann. Radioaktive Isotope scheiden in Karstgebieten, wo vor Durchführung eines Markierungsversuches weder die Hauptabflußrichtungen noch die Laufzeiten bekannt sind, wegen der damit verbundenen Gefahren als Tracer aus: Geringe Aktivitäten mit kurzer Halbwertszeit können bei langer Laufzeit u. U. in den Quellen nicht mehr nachweisbar sein, langlebige Isotope können allenfalls schon nach kurzer Laufzeit mit noch hohen gesundheitsschädigenden Aktivitäten in genutzten Quellen austreten.

In den österreichischen Karstmassiven wurde bei vielen großräumigen Markierungsversuchen mit Erfolg die Sporentriftmethode angewendet. Der Vorteil dieser Methode besteht darin, daß gleichzeitig in mehrere Schwinden des Gebietes mit unterschiedlichen Farben angefärbte Lycopodiumsporen (Lycopodium clavatum) eingebracht werden können. Der Nachweis in den Quellen erfolgt durch Untersuchung von Planktonnetzproben. Es können somit im Zuge eines einzigen Beobachtungsprogrammes gleichzeitig mehrere Teilversuche durchgeführt werden. Als Nachteil der Sporentriftmethode ist anzusehen, daß die ca. 35 Mikron großen Sporen

auf ihrem unterirdischen Weg sedimentieren oder bei Durchsickerung von feinkörnigem Lockermaterial ausgefiltert werden können, weshalb diese Methode keine quantitative Auswertung ermöglicht. Die immense Bedeutung dieser Methode besteht aber darin, daß sie zeigt, daß Partikel, die fünfmal größer als Typhusbazillen sind, über die unterirdischen Karstwasserwege in die Quellen gelangen können.

Damit erhebt sich klar und deutlich das zentrale Problem der Nutzung von Karstquellwässern für Trinkwasserzwecke. Im Versickerungsgebiet anfallende pathogene Keime können ungehindert in die oft viele Kilometer davon entfernt austretenden Karstquellen gelangen!

Durch die seit den späten Fünfzigerjahren in den Ostalpen von verschiedenen Institutionen durchgeführten Markierungsversuche wurden vorerst die Grundzüge der unterirdischen Entwässerung der großen nordalpinen Hochkarstmassive (wie Dachstein und Totes Gebirge mit je rd. 400 km^2) erfaßt. Die Ergebnisse dieser Versuche zeigten, daß der unterirdische Abfluß von zentralen Gebieten der Gebirge radialstrahlig zu einem Großteil der rund um das Gebirge in Talbereichen austretenden Quellen erfolgen kann. Daneben konnten auch lineare Abflußwege nachgewiesen werden, die von einzelnen ausgeprägten Schwinden ausschließlich zu je einer Quelle führen. Die wesentlichsten Ergebnisse dieser ersten großen Versuche waren aber, daß die unterirdischen Abflußwege einander kreuzen und daß sie unabhängig von der Oberflächengestalt des Gebirges, also unabhängig von den Kammlinien verlaufen können. Dies zeigt, daß in Karstgebieten überhaupt keine etwa nach Quellbezirken klar voneinander zu trennenden Einzugsbereiche vorliegen, sondern daß die Einzugsbereiche der einzelnen Quellen einander weitgehend überschneiden können.

Wie die zahlreichen weiteren Markierungsversuche in den verschiedensten Bereichen der österreichischen Kalkalpen gezeigt haben, können die Laufzeiten der Tracer von der selben Einspeisungsstelle zur selben Quelle in Abhängigkeit von den jeweils herrschenden hydrologischen Bedingungen von Versuch zu Versuch bedeutend schwanken. Die bisherigen Versuchsergebnisse weisen aber auch darauf hin, daß selbst von der selben Einspeisungsstelle aus bei stark unterschiedlichen hydrologischen Bedingungen der Abfluß zu verschiedenen, sogar an entgegengesetzten Flanken des Gebirges austretenden Quellen erfolgen kann.

Die durch einen einzelnen Markierungsversuch festgestellten Abflußrichtungen und Abflußgeschwindigkeiten stellen daher nur e i n e Möglichkeit dar, die eben unter den während des Versuches herrschenden hydrologischen Verhältnissen eintritt. Sie schließen nicht aus, daß unter anderen hydrologischen Bedingungen der Abfluß mit anderen Geschwindigkeiten

in andere Richtungen erfolgen kann. Dies ist vor allem für die Beurteilung von Markierungsergebnissen aus hochalpinen Bereichen von wesentlicher Bedeutung, da die Einspeisungen dort in der Regel im Frühsommer unter Ausnützung der in Schwinden versinkenden Schneeschmelzwässer durchgeführt werden müssen. Die Schneeschmelzperiode ist aber eine hydrologische Extremsituation mit den größten Einsickerungs- und Abflußmengen. Bei Niederwasserverhältnissen, wie in herbstlichen Trockenperioden oder im Hochwinter, können die unterirdischen Abflußwege u. U. einen gänzlich anderen Verlauf nehmen. Diesen Erkenntnissen muß daher bei der Abgrenzung von Quellschutzgebieten auf Grund von Markierungsergebnissen stets Rechnung getragen werden. Es darf nie vergessen werden, daß in vielen Fällen selbst mehrere gleichartige Markierungsergebnisse niemals ausschließen können, daß unter bestimmten, im vorhinein nicht näher erfaßbaren Bedingungen, der unterirdische Abfluß mit anderen Geschwindigkeiten in andere Richtungen erfolgen kann.

Wie aus den obigen Darlegungen zu entnehmen ist, zeigen Markierungsversuche nur Abflußrichtungen von Schwinden zu Quellen an. Sie geben aber keinen Aufschluß über die Verhältnisse in der Tiefe des Gebirges.

Einen wesentlichen Einblick in die unterirdischen Abflußverhältnisse eines Karstmassives gab der zur Überleitung der Siebenquellenwässer in die Erste Wiener Hochquellenleitung durch das Schneealpenmassiv geschlagene rd. 10 km lange Stollen. Dieser Stollen durchörtert das bis über 800 m mächtige Kalkpaket an seiner Basis knapp über den unterlagernden wasserstauenden Schichten und schloß damit die tiefsten Teile des unterirdischen Abflußsystems auf. Die sich bisher über 10 Jahre erstreckende Langfristbeobachtung der Stollenwasseraustritte (Schüttung, Temperatur, Chemismus, Umweltisotopengehalte) zeigte, daß in der Tiefe des Massives ein in mehrere Zonen gegliederter Karstwasserkörper vorliegt. Die oberflächennahen (und randlichen) Bereiche dieses Karstwasserkörpers führen überwiegend rezentes Niederschlagswasser, in der Tiefe des zentralen Bereiches dieses Karstwasserkörpers liegt jedoch ein Kern von altem Wasser vor, das nach den Tritiumgehalten zum größten Teil aus über 20 Jahre alten Niederschlagswässern bestehen muß.

Daraus ist zu schließen, daß die an der Oberfläche eines Karstmassives versickernden Niederschlagswässer vorerst relativ rasch über ein ausgedehntes Kluftsystem mit überwiegender Vertikaltendenz nach den Gesetzen der Gravitation dem Karstwasserkörper zufließen (Zusickerungszone). Erst über die obersten Bereiche des Karstwasserkörpers erfolgt dann der Hauptabfluß der zugesickerten Wässer mit überwiegender Horizontaltendenz zu den Quellen. Von der Oberfläche des Karstwasserkörpers aus-

gehend tritt ferner eine Durchmischung der tieferliegenden Bereiche des Karstwasserkörpers mit neu zugesickerndem Wasser ein, wobei der Grad der Durchmischung gegen die Tiefe zu abnimmt.

Vereinfacht kann man sich daher den Karstwasserkörper etwa als eine Kalotte mit einem zentralen Scheitel vorstellen, von dem aus der Abfluß radialstrahlig zu den rund um das Gebirge austretenden Quellen erfolgt. Damit werden aber auch die durch Markierungsversuche festgestellten radialstrahligen Abflußrichtungen verständlich: Die eingespeisten Tracer mußten in jenen Fällen dem Scheitel des Karstwasserkörpers zugeführt worden sein. Selbstverständlich liegt in der Natur niemals ein vollkommen homogener Karstwasserkörper vor. Unterschiede in Gesteinsbestand und Dichte der Klüftung bedingen die Ausbildung bevorzugter Abflußrichtungen, was unter anderem jene oben erwähnten irregulären Abflußverhältnisse mit einander überkreuzenden Abflußwegen zur Folge haben kann.

Wesentlich für die Frage der Reinhaltung von Karstwasservorkommen ist die Erkenntnis, daß Teile des einsickernden Wassers in den Tiefenbereichen des Karstwasserkörpers über Jahrzehnte zurückgehalten und von dort nur langsam den Quellen zugeführt werden können. Dies bedeutet, daß z. B. im Versickerungsgebiet anfallende nicht abbaubare Schadstoffe den gesamten Karstwasserkörper über Jahrzehnte verseuchen und damit die aus diesem Wasserkörper gespeisten Quellen der Nutzung entziehen können.

Die Ergebnisse der bisherigen karsthydrologischen Forschung in Österreich lassen somit klar erkennen, daß karsthydrologische Fragen, wie z. B. die Abgrenzung des Schutzgebietes einer Karstquelle, nicht nur von lokalen Gesichtspunkten aus beurteilt werden können, sondern daß hierzu umfangreiche, das gesamte Karstmassiv umfassende Untersuchungen erforderlich sind.

Von welch großer wasserwirtschaftlicher Bedeutung die Karstgebiete Österreichs sind, ist schon daraus zu ersehen, daß rund ein Viertel der im Bundesgebiet fallenden Niederschlagswassermenge in diesen Karstgebieten fällt. In der Tiefe vor allem der hochalpinen Karstmassive liegen meist ausgedehnte Karstwasserkörper vor, aus denen die Karstquellen der Massive gespeist werden. Ein Teil dieser Karstquellen wird bereits zur Trinkwasserversorgung genutzt. So werden rd. 70% des Trinkwasserbedarfes der Stadt Wien über die I. und II. Wiener Hochquellenleitung aus Karstquellen von Schneeberg, Raxalpe, Schneealpe und Hochschwab gedeckt. Salzburg, Innsbruck und Villach werden zum überwiegenden Teil aus Karstquellen mit Trinkwasser versorgt. Für die zahlreichen

kleineren Wasserversorgungsanlagen im kalkalpinen Bereich bilden die in der nächsten Umgebung austretenden Karstquellen die Grundlage. Grob geschätzt kann angenommen werden, daß derzeit mindestens ein Viertel bis ein Drittel der Bevölkerung Österreichs sein Trinkwasser aus Karstmassiven erhält. Der größte Teil der alpinen Karstquellen ist aber derzeit noch ungenutzt. Bei dem stetig steigenden Wasserbedarf kommt somit diesen alpinen Karstwasserreserven immer größere Bedeutung zu.

Diese Karstwasserreserven werden aber durch die ständig zunehmende Erschließung der Hochgebirgsregionen für den Massentourismus ernstlich bedroht. Im Versickerungsgebiet eines Karstmassives anfallende Verunreinigungen können, wie oben dargelegt wurde, den Karstwasserkörper und damit die Karstquellwässer auf Jahrzehnte verseuchen und einer künftigen Nutzung als Trinkwasser entziehen.

In der heutigen Zeit werden die Schlagzeilen der Tageszeitungen durch die Energiekrise bestimmt. Darüber wird meist vergessen, daß mit 100%iger Sicherheit auch die Wasserkrise auf uns zukommt. Flüssige und feste Brennstoffe konnten allenfalls durch die derzeit heftigst diskutierte Atomenergie ersetzt werden. Für das Wasser aber gibt es keinen Ersatz!

Die Wässer der österreichischen Karstgebirge sind eine der letzten großen Wasserreserven Österreichs. Wenn diese Wasserreserven künftighin zur Abdeckung des zu erwartenden Wasserversorgungsdefizites herangezogen werden sollen, dann muß schon jetzt dafür Sorge getragen werden, daß sie im Falle des Bedarfes auch tatsächlich noch in ihrem vollen Nutzungswert zur Verfügung stehen.

Aufgabe der karsthydrologischen Forschung wird es hierbei sein, die noch nutzbaren österreichischen Karstwasservorräte zu erfassen, die ihnen drohenden Gefahren aufzuzeigen und die erforderlichen fachlichen Grundlagen für geeignete Maßnahmen zum Schutze dieser Wässer zu erarbeiten.

DISKUSSION

DANCZUL: Den Ausführungen nach sind Karstwasservorkommen infolge ihrer Ergiebigkeit bedeutungsvoll für bestehende und geplante Wassererschließungen. Andererseits sind Karstwässer wegen des kluftreichen Untergrundes durch Verunreinigungen im Einzugsgebiet einer erheblichen Gefährdung ausgesetzt. Ist demnach die Annahme richtig, daß Karstgebiete für touristische Massenerschließungen überhaupt nicht geeignet erscheinen?

BAUER: Der Massentourismus stellt heute die Hauptgefahr für die Qualität der Karstwasservorräte dar. Als Folge der Erschließung der hochalpinen Regionen durch Seilbahnen und Bergstraßen entstehen im Einzugsbereich der Quellwässer meist Berghotels, die sich zu regelrechten Bergsiedlungen entwickeln können (wie z. B.

auf der Tauplitzalm). Nicht zu übersehen sind auch die zahlreichen Güterwege, die oft mit öffentlichen Mitteln zur Rationalisierung der Almwirtschaft gebaut werden: Nicht selten beginnt dann in den Almhütten ein Getränkeausschank, dem die Errichtung von Nächtigungsmöglichkeiten folgt, bis wieder ein neues Zentrum des Massentourismus entstanden ist.

Es müßten daher schon bei der Planung jeder in Hochlagen von Karstgebieten führenden Seilbahn oder Straße von wasserrechtlicher Seite her Maßnahmen gesetzt werden, die eine solche Entwicklung verhindern.

Wie ich ausgeführt habe, kann selbst nach einer einmaligen Verunreinigung, falls diese auch die tieferen Bereiche der Karstwasserkörper beeinträchtigt, das Karstquellwasser für Jahrzehnte für Trinkwasserzwecke ungeeignet sein.

Man müßte aus diesen Erkenntnissen die Konsequenzen ziehen und allenfalls durch Erlassung entsprechender Schongebietsverordnungen trachten, diese Wasservorkommen reinzuhalten. Wenn eine Seilbahn oder eine Straße in das Einzugsgebiet von Karstquellen einmal gebaut ist, dann ist es hierfür zu spät.

DANCZUL: Den Hebel muß man schon weiter oben ansetzen. Denn wenn aus politischen Gründen beschlossen wird, dort oder dort kommt ein Touristenzentrum hin, dann ist dies meist nicht mehr aufzuhalten.

OTTENDORFER: Leider ist es so, daß diejenigen, die jetzt den Profit haben, meist ganz andere sind, als die, die später den Schaden haben. Wir hier von der Wasserwirtschaft wissen um die ganze Problematik, doch können wir leider nichts anderes tun, als immer wieder hinzuweisen und aufzuzeigen was vermieden werden soll und was besser gemacht werden muß.

PAYR: Soweit mir bekannt ist, stellen sich die bekannten oberbayerischen Fremdenverkehrsorte am Nordrande der nördlichen Kalkalpen, z. B. Mittenwald, Garmisch, von der Trinkwasserversorgung aus Karstquellen (Hochquellen) auf Grundwasserversorgung um. Die Gründe dazu sind mehrere: Das Grundwasser der dortigen Talfüllungen ist mengenmäßig ergiebiger, was für die winterlich angespannten Versorgungsverhältnisse bei gleichzeitiger Mindestwasserspende der Karstquellen eine höhere Sicherheit zu ihrer dauernden Befriedigung bietet. Die bereits durch den Massentourismus fühlbar gewordenen Belastungen der Karstquellen (Seilbahnen, Berghotels) werden derzeit im Grundwasserträger der Talfüllungen herausgefiltert und zurückgehalten und außerdem wird eben das Grundwasser ohnedies aus den nicht mehr genutzten oder nicht genutzten Karstwässern gespeist. Ich will damit nicht diese Art der Wasserwirtschaft verteidigen oder empfehlen, sondern nur bekanntgeben.

BAUER: Wenn Grundwasserkörper vorliegen, die direkt von Karstwasser gespeist werden, und wenn in diesen Grundwasserkörpern keine Gefahrenherde (wie Siedlungen oder Industrie) bestehen, dann ist meist eine Nutzung dieses im Grundwasserkörper gefilterten Karstwassers einer direkten Nutzung des Karstwassers vorzuziehen. Dies darf aber nicht bedeuten, daß damit der Schutz des Einzugsbereiches der Karstwässer vernachlässigt werden dürfte! Vielmehr muß getrachtet werden, alle Wasservorkommen, die für die Wasserversorgung in Frage kommen könnten, entsprechend zu schützen, selbst wenn eine Nutzung derzeit noch nicht erforderlich sein sollte. Man müßte ähnlich wirtschaften wie im Bergbau, wo heute meist der Abraum nach Restgehalten an Erzen sortiert auf die Halde geschüttet wird, um in Zeiten ausgeprägten Rohstoffmangels diese Halden abbauen und der Erzgewinnung zuführen zu können. Übertragen auf den Schutz der Wasservorkommen würde dies bedeuten, daß selbst daran zu denken wäre, auch schon zum Teil verunreinigte

Wasservorkommen vor weiteren Verunreinigungen zu schützen, um sie in Zeiten des Bedarfes mit noch relativ geringen Aufbereitungskosten der Nutzung zuführen zu können.

Heute, wo man beginnt, umweltbewußt zu denken, lernt man erst den Wert der großen, sogenannten „unproduktiven" Hochgebirgsareale als Reservoire noch nicht oder nur wenig verunreinigten Wassers schätzen. Diese Reservoire in ihrem vollen Nutzungswert zu erhalten bzw. deren Nutzungswert zu verbessern, muß das Ziel verantwortungsbewußter wasserwirtschaftlicher Planung sein.

SCHLORHAUFER: Ich möchte die Ausführungen von Herrn Direktor Bauer unterstreichen. Wir haben bei Untersuchungen festgestellt, daß der Hauptteil der Grundwassererneuerung z. B. im Inntal, aber auch in anderen Gebieten aus dem Karstwasserkörper kommt. Es ist höchste Zeit und außerordentlich wichtig, daß man diese Karstwasserkörper schützt. Dazu hilft uns vor allem das Naturschutzgebiet Karwendel, um das im Inntal spärliche Grundwasser einigermaßen rein entnehmen zu können.

Anschrift des Verfassers: Direktor ObR Dr. Fridtjof BAUER, Bundesanstalt für Wasserhaushalt von Karstgebieten, Hofburg, Bettlerstiege, A-1010 Wien.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Wasser und Abwasser

Jahr/Year: 1975

Band/Volume: 1975

Autor(en)/Author(s): Bauer Fridtjof

Artikel/Article: Die Rolle der Karsthydrologie im Hinblick auf Fragen der Gewässerreinhaltung 111-118