

# Hydrogeologische Untersuchung der Krastalquellen

Von Gerhard PROBST, Walter POLTNIK und M. PROBST

Mit 8 Abbildungen

**Kurzfassung:** Für die am Ausgang des Krastales situierten Tauchhammerquellen, die Jeschequelle und die Genossenschaftsquelle Kras galt es, die chemische Zusammensetzung des Wassers der einzelnen Quellaustritte zu erfassen, die Verweildauer im Untergrund zu erkunden, die Frage der Einzugsgebiete abzuklären und mögliche anthropogene Beeinflussungen vor allem bei den Tauchhammerquellen zu durchleuchten. Der geologische Hintergrund im Untersuchungsgebiet wird vom Altkristallin, das aus phyllitischen Glimmerschiefern, Quarzglimmerschiefern und Schiefergneisen aufgebaut wird, in welche ein E-W-streichender Kalkmarmorzug eingeschaltet ist, geprägt. Dieser Marmorzug reicht über den Kripsgraben hinaus nach W und weist an seiner Ostseite große Quellaustritte auf. Quartäre Ablagerungen finden sich vor allem im Ostteil des Untersuchungsgebietes. Das orographische Einzugsgebiet der Krastalquellen liegt in dem sich nach W erstreckenden Marmorzug, wobei eine Begrenzung nach N durch die dort anschließenden kristallinen Schiefer gegeben ist. Im E bildet das Gegendtal mit dem Treffener Bach, im S das Krastal mit dem nach E fließenden Krastalbach eine natürliche Grenze. Im W fließt entlang eines tiefen Geländeinschnittes der Kripsbach ins Krastal, wobei sich seine Ursprünge aus mehreren Abflüßrinnen aus dem Bereich der kristallinen Schiefer zusammensetzen. Westlich des Kripsbaches setzt sich der Marmorzug fort.

Die synoptische Betrachtung der Gelände- und Laborparameter gibt Hinweise auf das lithologische Einzugsgebiet der Quellen und auf ihr Speicherverhalten im Untergrund. Auffallend ist die niedrige Gesamtmineralisation der Kras- und Jeschequelle, die vorwiegend aus dem verkarsteten und gut geklüfteten Marmorzug alimentiert werden. Die etwas höher mineralisierten Tauchhammerquellen haben dagegen eine längere Verweildauer im Untergrund, da sie auch die im östlichen Einzugsgebiet aufgeschlossenen quartären Ablagerungen durchströmen. Bei den Krastalquellen wurden auch Untersuchungen hinsichtlich einer anthropogenen Verunreinigung vorgenommen. Die Erstellung der Wasserbilanz ergibt eine Mengendifferenz, aus der sich ableiten läßt, daß das Einzugsgebiet der Krastalquellen über das orographische Einzugsgebiet hinausreichen muß. Daher lag der Schluß nahe, daß der Kripsbach den Wasserkörper des Marmorzuges anreichert. Diese Frage konnte mit der Durchführung eines Markierungsversuches eindeutig abgeklärt werden. Demnach wird die Genossenschaftsquelle Kras und die Jeschequelle bei hoher Schüttung innerhalb von 26 Stunden vom Kripsbach angereichert. Bei den Tauchhammerquellen konnte ein rascher Durchgang des Tracers, wie er bei der Kras- und Jeschequelle erfolgte, nicht festgestellt werden.

## EINLEITUNG

Das Institut für Geothermie und Hydrogeologie der Forschungsgesellschaft Joanneum Ges.m.b.H., Graz, wurde von der Marktgemeinde Treffen mit der hydrogeologischen Untersuchung der Krastalquellen

betraut. Die Ausgangslage für die Durchführung des Projektes war die Absicht der Marktgemeinde Treffen, weitere Quellen für die gemeindeeigene Trinkwasserversorgung zu erschließen. Für die freundliche Genehmigung zur Veröffentlichung dieser Untersuchungen danken die Verfasser dem Bürgermeister der Marktgemeinde Treffen und dem Land Kärnten.

## DIE GEOLOGISCHEN VERHÄLTNISSE

Die für die untersuchten Quellaustritte maßgeblichen geologischen Verhältnisse sind in Abb. 1 dargestellt. Der neukartierte Bereich umfaßt den Nordteil des Krastales zwischen Kripsbach im W und Treffener Bach im E.

### Das altkristalline Grundgebirge

Das Altkristallin wird aus phyllitischen Glimmerschiefern, Quarzglimmerschiefern und Schiefergneisen aufgebaut, in welche ein E-W-streichender Kalkmarmorzug eingeschaltet ist. Das Hauptinteresse der Untersuchungen galt der Verbreitung und Abgrenzung des Marmorzuges, da dieser an seiner Ostseite die größten Quellaustritte aufweist.

Im Gegensatz zur bisherigen Kartendarstellung des Marmorzuges westlich Winklern in der geologischen Karte von N. ANDERLE (1977), welcher diesen Marmor als isolierte Einschaltung in die höheren Schiefergneise darstellt, zeigte die Geländebegehung, daß dieser Marmorzug die östliche Fortsetzung des von Weißenstein über den Übering zum Kripsgraben ziehenden Marmorzuges darstellt. Die Nordgrenze des Marmors läßt sich vom Sattel an der Nordseite des Übering nahezu geradlinig gegen E bis zum Gehöft Steinacher verfolgen. Der Kripsbach wird auf etwa 1000 m Seehöhe gequert, das Einfallen des Marmors ist hier mittelsteil bis steil gegen N gerichtet. Die hangenden kristallinen Schiefer weisen Pegmatitgänge auf. Etwa ab dem Gehöft Steinacher taucht der Marmor gegen E unter die den Hang bedeckenden glazialen Kiese ab. An der Südseite des Marmorzuges treten östlich des Kripsbaches wiederum kristalline Schiefer auf. Die Grenze verläuft östlich des Kripsbaches, auf etwa 900 m Seehöhe einsetzend, mit hundert Höhenmetern abfallend gegen E und verschwindet unter der Hangschuttbedeckung. Hinweise, daß sich der Marmor gegen E bis in den Talbereich fortsetzen dürfte, gibt es östlich des Gasthauses Madrutter (östlicher Kartenblattrand). Hier sind im Bachbett Marmorauflüsse zu finden, auch soll nach mündlichen Angaben der Hangbereich westlich des Hauses aus Marmor unter einer geringmächtigen Hangbedeckung bestehen.

Die Quellstube der Genossenschaftsquelle Kras und der Austritt der ungefaßten Jeschequelle liegen ebenfalls im Marmor, die Wasserzutritte erfolgen aus dem Grenzbereich des Marmors zum überlagernden Hangschutt.

## Die Quartärbedeckung

Eine größere Quartärbedeckung tritt im Ostteil des Untersuchungsgebietes auf. Neben immer wieder vorkommenden geringmächtigen glazialen Kiesbedeckungen im Bereich der kristallinen Schiefer ist vor allem der Ostabhang des Marmorzuges etwa ab dem Gehöft Steinacher bis zum Gegendtal durch mächtige Glazialablagerungen verhüllt. Hier tre-

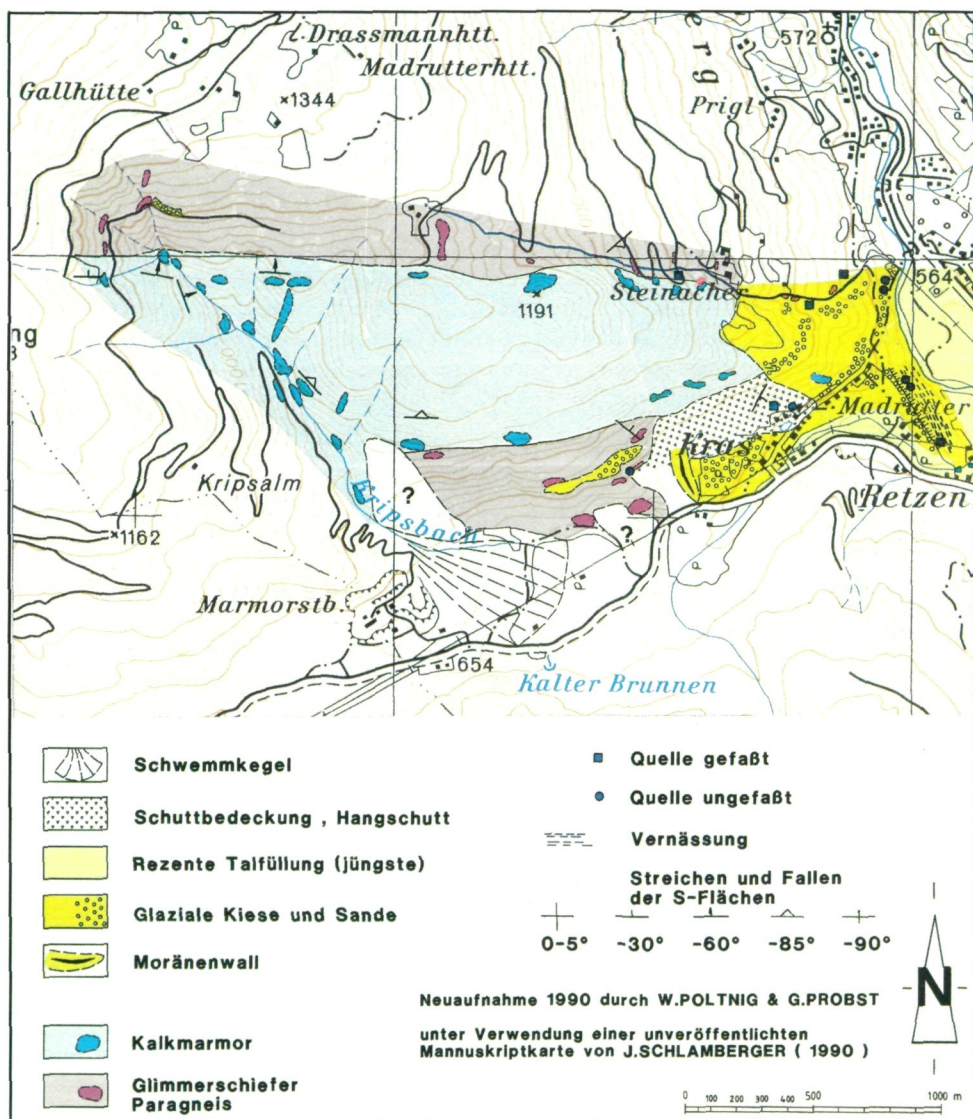


Abb. 1: Geologische Karte des Untersuchungsgebietes (Kartengrundlage: ÖK 25 V, Blatt Nr. 200, Arnoldstein).

ten auf einem Niveau von etwa 570 bis 580 m Seehöhe an der Böschung zum Gegendtal zahlreiche kleinere Quellen und Vernässungszonen auf. Die Ursache der Wasseraustritte ist infolge des verrutschten Geländes und des starken Bewuchses nicht ersichtlich. Die Höhenkonstanz der Wasseraustritte läßt einerseits auf die wasserstauende Wirkung eines Horizontes von feinkörnigen Stauseeablagerungen schließen, die hier möglicherweise im Untergrund verborgen sind, andererseits gibt es Hinweise, daß im Bereich der Brunnenfassung östlich des Gasthauses Madrutter sowie östlich davon gering überdeckter Marmor (Verkarstungsbasis) für die Wasserspenden ausschlaggebend ist. Die jüngste Talfüllung im Bereich des Krastalbaches und des Treffener Baches liegt aufgrund der Höhenlage nicht mehr im Einzugsgebiet der untersuchten Quellen.

## **DIE LAGE DER QUELLAUSTRITTE**

Im Rahmen der hydrogeologischen Studie „Krastalquellen“ wurden die Genossenschaftsquelle Kras (K), die Jeschequelle (J) und die Tauchhammerquellen (Tau 0 bis Tau 3) einer näheren Betrachtung unterzogen. Die Lage der Quellen ist aus Abb. 1 und 8 zu entnehmen. Alle Quellen entspringen an der Ostseite des Marmorzuges, wobei die Genossenschaftsquelle Kras und die Jeschequelle direkt aus dem Marmor austreten, während die Austritte der Tauchhammerquellen durch quartäre Ablagerungen verdeckt sind.

### **Die Genossenschaftsquelle Kras**

Die Wasserzutritte der gefaßten Genossenschaftsquelle erfolgen an der Ostseite des Marmorzuges, an der Kontaktzone des Marmors zum überlagernden Hangschutt in 635 m NN. Die in der 4 m breiten Quellstube anstehenden Marmore fallen mit 30° nach SE, die Hauptklüfte mit 80° nach S ein. In unmittelbarer Nähe der Quellstube entspringt die sogenannte Nebenquelle, die ebenfalls gefaßt wurde.

### **Die Jeschequelle**

Der ungefaßte Austritt der Jeschequelle liegt in 597 m NN, südöstlich unterhalb der Genossenschaftsquelle. Er besteht aus zwei Quelladern, die von der Gemeinde Treffen mit Hilfe von Schläuchen zwecks Schützungsmessungen provisorisch gefaßt wurden.

### **Die Tauchhammerquellen**

Bei den Tauchhammerquellen handelt es sich um Quellaustritte, die innerhalb eines breiten Quellhorizontes entspringen. Dieser ist auf einer Höhe von etwa 570 bis 580 m NN etwa 10 m unterhalb einer Geländekante am Ausgang des Krastales auf einer Länge von ungefähr 500 m verfolgbar. Die Austrittsursache der Quellen ist nicht eindeutig eruiert. Es könnte sich einerseits um im Untergrund verborgene limnische Sedimente mit stauender Wirkung handeln, andererseits spricht das

Zutagetreten der Quellen und der Vernässungszonen auf diesem begrenzten Niveau dafür, daß eine Verkarstungsbasis, die mit der Erosion des Treffener Baches nicht Schritt halten konnte, erreicht worden ist. Das in den Quellnischen anstehende Material besteht aus schlecht sortierten, jedoch gut gerundeten quartären Ablagerungen. Im südlichen Bereich des Quellhorizontes steht Marmor im Untergrund an. Andere Marmorauflüsse konnten auch im Bachbett bei der Kraftwerksableitung und unmittelbar südlich des Anwesens Baumgartner aufgefunden werden.

Der mit Tau 0 bezeichnete kleine Quellaustritt ist ein nördlich von Tau 1 abfließendes Gerinne, welches nur zur Beobachtung für den Markierungsversuch herangezogen wurde. Mit Tau 1 wurde der orographisch linke markante Austritt der Tauchhammerquellen bezeichnet. Die Quelle liegt in 569 m NN, etwa 10 Höhenmeter unterhalb der Geländekante, und gabelt in einen punktartigen und einen eher flächenhaft vernäßten Austritt. Der Bereich um die Quellnische wird von quartärem Schuttmaterial bedeckt und ist mit Erle, Fichte und Hasel bestanden. Die Tauchhammerquelle 2 (Tau 2) entspringt etwa 30 m südlich von Tau 1, in einer Höhe von 574 m NN. Die Quellnische mit einem ergiebigen Austritt ist etwas kleiner und weniger markant ausgeprägt als bei Tau 1. Das Geröll wird hier von einer geringmächtigen Humusschicht bedeckt. Sowohl bei Tau 1 als auch bei Tau 2 konnten etwas weiter quellabwärts sinterartige Ausfällungen beobachtet werden. Ein Teil des Abflusses von Tau 2 wird Tau 1 zugeleitet und dort mitgemessen. Tau 3 ist ein kleinerer, flächenhafter Austritt südlich von Tau 1. Von diesem führt eine Abflußrinne quer über den vernäßten Hang, die wie eine Drainage das Wasser sammelt.

Im Hinterland der Tauchhammerquellen, also im Krastal, liegen landwirtschaftlich genutzte Flächen und das Gehöft Madrutter mit einem Gastbetrieb. Der Krasbach durchfließt von W kommend das Krastal, biegt etwa auf Höhe des Gehöftes Madrutter nach S um und mündet erst später in den Treffener Bach. Aufgrund der Höhenlage scheint eine Anreicherung der Tauchhammerquellen durch den Krasbach nicht gegeben zu sein.

## **DIE PHYSIKALISCH-CHEMISCHEN UNTERSUCHUNGEN DER KRASTALQUELLEN**

Um Aussagen über die Herkunft, die Beschaffenheit und die Nutzbarkeit der Wässer treffen zu können, wurden die Kras-, Jeschequelle und die Tauchhammerquelle 1 und 2 einer hydrochemischen Langzeitbeobachtung unterzogen. Die Beprobung der Quellen begann mit Juni 1990 und wurde in monatlichen Abständen fortgeführt, sodaß nun Untersuchungsergebnisse über ein Jahr vorliegen. Im Zuge der zwölf Feldkampagnen wurden vor Ort die Geländeparameter Wassertemperatur (°C), die elektrolytische Leitfähigkeit ( $\mu\text{S}/\text{cm}/25^\circ\text{C}$ ) und der pH-Wert elektrometrisch bestimmt, wobei die Messungen immer mit den gleichen Gerä-

ten vorgenommen wurden, um etwaige Meßfehler, die bei Verwendung verschiedener Geräte durchaus auftreten können, soweit als möglich auszuschalten. Für die Analysen im Labor des Institutes für Geothermie und Hydrogeologie wurde das am Quellmund entnommene Wasser durch einen 0,45- $\mu$ -Filter gepumpt. Davon wurden 250 ml mit HCL auf pH2 zur Stabilisierung der Kationen angesäuert und 500 ml zur Bestimmung der Säurekapazität ( $\text{HCO}_3^-$ ), des Sulfats, Nitrats und des Chlorids unbehandelt abgefüllt. Am 19. Februar 1991 wurde eine erweiterte Analyse gemäß ÖLMB, 3. Aufl., Kap. B1 „Trinkwasser“ durchgeführt, die die Trinkwasserqualität der Quellen bescheinigte (H. BRANTNER, 1991). Von den aus der Dauerbeobachtung gewonnenen Daten wurden die Geländeparameter (Wassertemperatur, elektrolytische Leitfähigkeit, Quellschüttung), die Gesamtmineralisation, die Jahresschwankung des Ca/Mg- und des Na/K-Verhältnisses und auch die Sättigungsindizes der einzelnen Quellen betrachtet. Zusätzlich wurden alle Quellen hinsichtlich einer eventuell möglichen anthropogenen Verschmutzung einer besonderen Untersuchung unterzogen, wobei die Parameter Nitrit, Mangan, Ammonium, zwei- und dreiwertiges Eisen sowie der gesamtorganische Kohlenstoff bestimmt wurden.

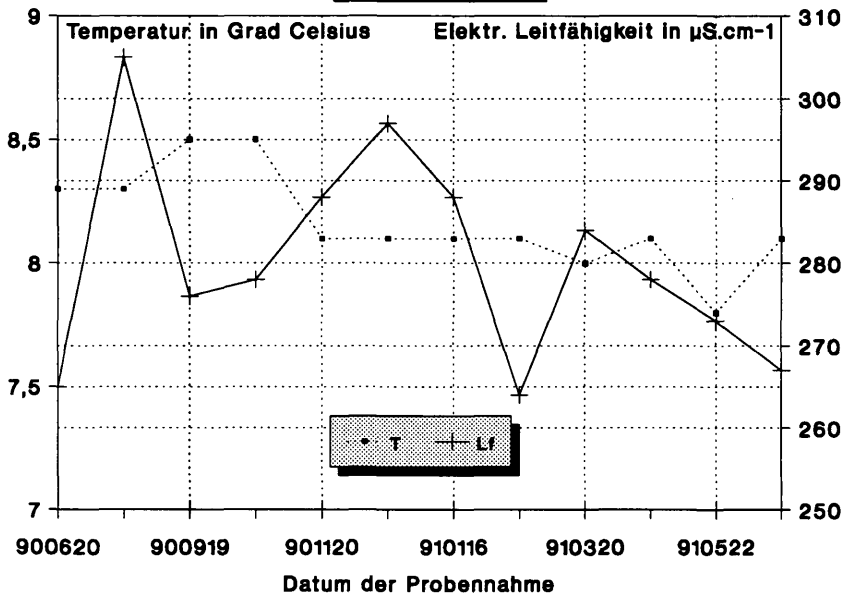
### Die Quellwassertemperatur

Die Wassertemperatur stellt neben der elektrolytischen Leitfähigkeit einen der wichtigsten Faktoren dar, die im Gelände gemessen werden können. Sie ist insofern von Bedeutung, als durch sie das Lösungsvermögen im Wasser beeinflusst wird und der pH-Wert von ihr abhängig ist. Weiters kann sie erste Hinweise auf die mittlere Höhe des Einzugsgebietes einer Quelle geben, da das Jahresmittel der Lufttemperatur eines Ortes sich in der Quellwassertemperatur widerspiegelt (G. MATTHESS, 1973).

Betrachtet man den Verlauf der Ganglinien der Wassertemperatur in Abb. 2 und 3, so kristallisieren sich entsprechend der Lage der Quellaustritte zwei Gruppen heraus. Die in etwas größerer Höhe austretende Kras- und Jeschequelle weisen im Durchschnitt einen um 0,4°C niedrigeren Temperaturgang auf als die Tauchhammerquellen 1 und 2. Weiters unterliegen sie etwas stärkeren Temperaturschwankungen (Schwankungsbreite 0,8 und 0,7°C). Wie aus Abb. 2 zu entnehmen ist, kommt es bei der Kras- und Jeschequelle über die Sommermonate zu einer Erwärmung des Quellwassers. Die höchsten Wassertemperaturen wurden im September und Oktober 1990 (8,5 bzw. 8,4°C) erreicht. Im November 1990 sanken die Quelltemperaturen auf 8,1°C ab und blieben bis Juni 1991 zumeist unter 8,2°C, wobei die Minima im März (8,0°C) und Mai (7,7 bzw. 7,8°C) auftraten. Der plötzliche Temperaturabfall von 8,1°C im April 1991 auf das Minimum im Mai traf mit dem vollen Einsetzen der Schneeschmelze zusammen.

Dieser Temperatursprung ist bei den Tauchhammerquellen, die sich im Vergleich zur Kras- und Jeschequelle im allgemeinen durch eine geringere Schwankungsbreite (Abb. 3) auszeichnen, nicht feststellbar. Bei die-

### Jeschequelle



### Genossenschaftsquelle Kras

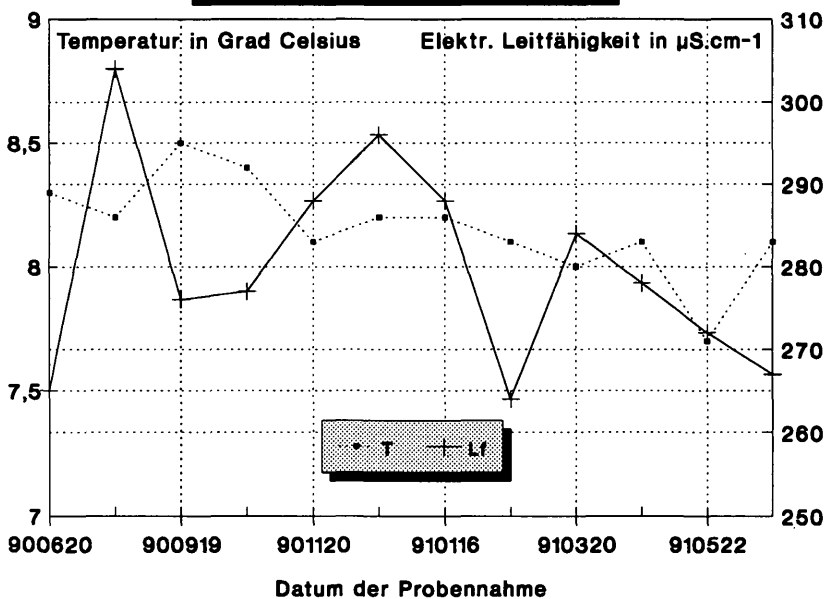
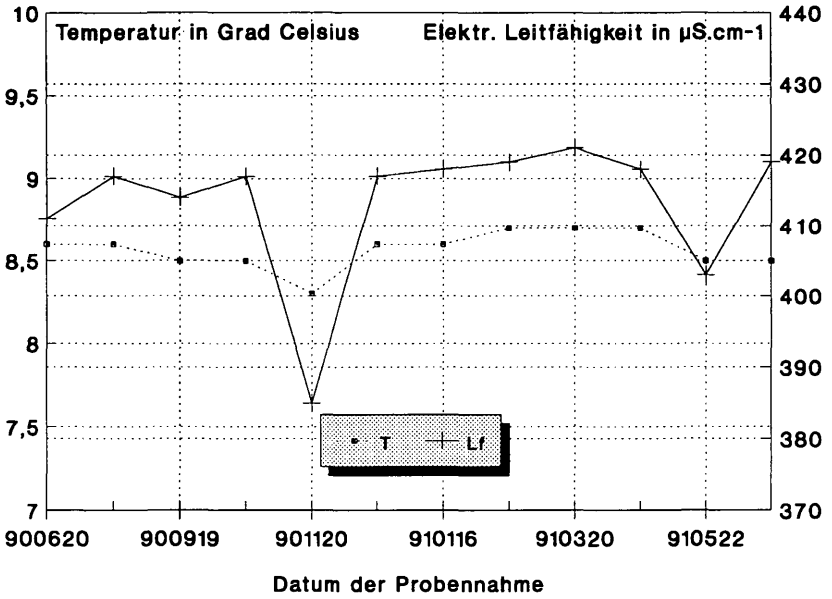


Abb. 2: Ganglinien der Wassertemperatur und der elektrolytischen Leitfähigkeit der Jesche- und Krasquelle.

### Tauchhammerquelle 1



### Tauchhammerquelle 2

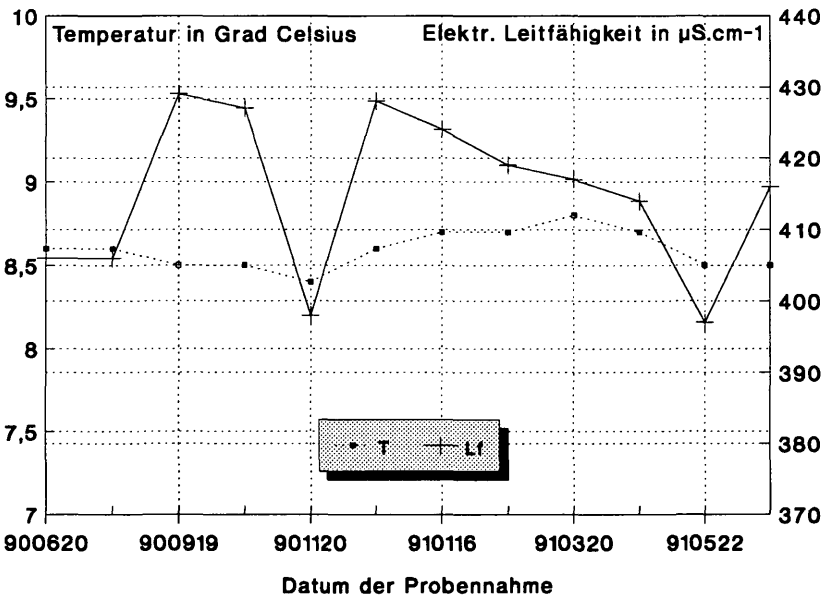


Abb. 3: Ganglinien der Wassertemperatur und der elektrolytischen Leitfähigkeit der Tauchhammerquellen 1 und 2.



sen fällt der Temperaturrückgang im November 1990 gleichzeitig mit den Minima (8,3 und 8,4°C) zusammen, danach steigen die Ganglinien an. Im Vergleich zu den höher gelegenen Quellaustritten wurden bei den Tauchhammerquellen über die Wintermonate im allgemeinen wärmere Temperaturen als in den Sommermonaten verzeichnet, wobei sich die Temperaturmaxima der Tauchhammerquellen (8,7 und 8,8°C) auf die Monate Februar bis April verschoben haben.

Die verhältnismäßig größeren Temperaturschwankungen und eine gewisse Abhängigkeit des Temperaturganges von der Jahreszeit sowie die rasche Reaktion der Kras- und Jeschequelle auf die Schneeschmelze zeigen im Vergleich zu den Tauchhammerquellen eine geringere Speicherfähigkeit bzw. stärkeren Oberflächeneinfluß dieser Quellen an.

### **Die elektrolytische Leitfähigkeit**

Die elektrolytische Leitfähigkeit widerspiegelt die Summe der gelösten Salze im Wasser und gibt einen Hinweis auf die Gesamtmineralisation des Quellwassers. Die Menge der gelösten Stoffe läßt Rückschlüsse auf das Einzugsgebiet der Wässer und die dort auftretenden lithologischen Gegebenheiten zu und kann innerhalb gleicher geologischer Einheiten Hinweise auf die Speicherung des Wassers im Untergrund geben. Wie aus den Geländemessungen ersichtlich ist, ist der Kras- und Jeschequelle nicht nur ein ähnlicher Temperaturgang eigen, auch die Leitfähigkeitswerte sind beinahe identisch. Sie schwanken zwischen 264 und 305  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}/25^\circ\text{C}$  (Abb. 2). Auffallend ist, daß mit der im Mai 1991 massiv einsetzenden Schneeschmelze kein Verdünnungseffekt bezüglich der Gesamtmineralisation beobachtet werden konnte. Allerdings zeigen die Sättigungsberechnungen zu diesem Zeitpunkt eine Untersättigung des Wassers an. Bei den Tauchhammerquellen hingegen, die höher mineralisiert sind (385–429  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}/25^\circ\text{C}$ ), zeigt sich eine Korrelation zwischen der Temperatur und der elektrolytischen Leitfähigkeit, die Temperaturminima und die am niedrigsten gemessenen Leitfähigkeitswerte treffen zusammen (Abb. 3).

Aufgrund der niedrigeren Mineralisation der Kras- und Jeschequelle kann man annehmen, daß sie vorwiegend aus den Klüften des im W aufgeschlossenen Marmors alimentiert werden bzw. diesen relativ rasch durchströmen, sodaß wenig Zeit bzw. weniger  $\text{CO}_2$  für eine entsprechende Lösung bleibt, während bei den etwas höher mineralisierten Tauchhammerquellen sowohl eine längere Verweilzeit als auch die im Einzugsgebiet aufgeschlossenen Glazialablagerungen von Bedeutung sind. Ein besserer Hinweis diesbezüglich kann aus der Betrachtung der chemischen Analysen erwartet werden.

### **Die Quellschüttung der Genossenschaftsquelle Kras**

Von der WG Krastal wurden von der Genossenschaftsquelle Schüttungsmessungen vom 5. Mai 1984 bis 26. April 1987 und vom 12. Jänner 1990 bis 8. April 1990 für eine Interpretation zur Verfügung gestellt.

Die bereits bestehende Quelfassung wurde im Zeitraum vom 1. September bis 24. Oktober 1986 umgebaut. Da der Zulauf zum Hochbehälter ab diesem Zeitpunkt geregelt erfolgt, sind für die folgende Interpretation nur die bis zum 31. August 1986 geführten Aufzeichnungen maßgeblich. Die Schüttung wurde großteils in Tages- bis Wochenabständen gemessen. Auch treten über vierzehntägige Meßabstände auf. Trotzdem wurde, um den Schwankungsbereich der Schüttung zu demonstrieren, die Ganglinie in Abb. 4 durchgezeichnet.

Das Schüttungsverhalten der Genossenschaftsquelle Kras entspricht einer typischen Karstquelle mit hohen Schüttungsschwankungen. Wie aus dem Protokoll des Beobachters zu entnehmen ist, reagiert die Quelle rasch auf Tauwetter und bedeutende sommerliche Niederschlagsereignisse; dies konnte auch während der Feldbegehungen im Rahmen der Dauerbeobachtung festgestellt werden. So sind z. B. die in der Ganglinie im Jänner und Dezember 1985 auftretenden Abflußspitzen von 7,14 l/s und 13 l/s auf kurzfristige Tauwettereinbrüche zurückzuführen. Die Ende März/Anfang April bis Anfang Mai dauernde Schneeschmelze bewirkt Abflußspitzen von 30 l/s (April 1985) bis 35 l/s (8. und 27. April 1986), wobei Kälteeinbrüche einen sofortigen Abflußrückgang zur Folge hatten.

Die Extremwerte liegen bei 40 l/s im Maximum und bei 1,58 l/s im Minimum, woraus sich eine Schwankungsbreite von 38,42 l/s ergibt,

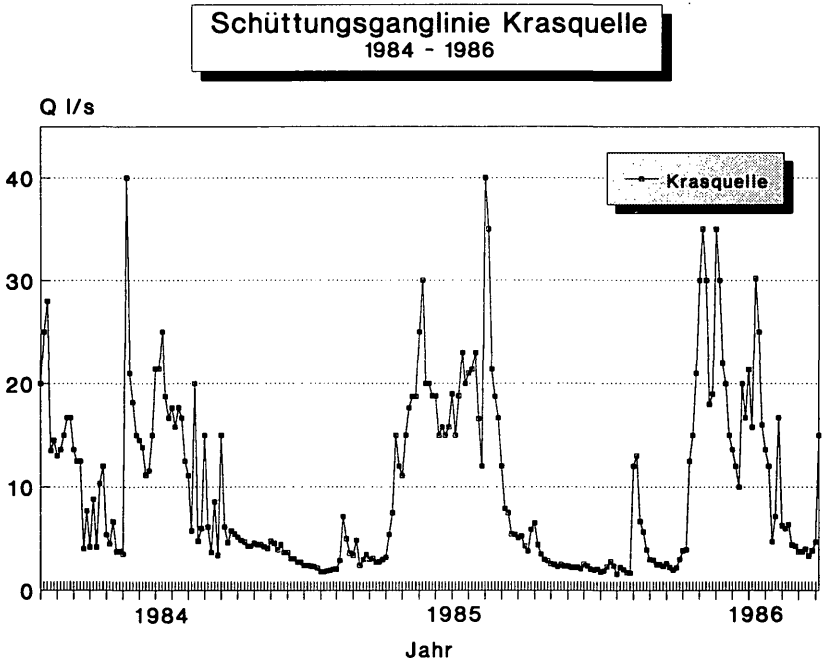


Abb. 4: Ganglinie der Quellschüttung der Genossenschaftsquelle Kras.

die einer Schüttungszahl von etwa 25 entspricht. Die Maxima traten am 24. September 1984 und am 9. Juni 1985, wie aus den Aufzeichnungen des Beobachters im Meßprotokoll zu entnehmen ist, unmittelbar nach vorangegangenen Starkniederschlagsereignissen bzw. schwerem Gewitterregen auf. Im Zeitraum vom 5. bis 21. Mai 1985 existieren keine Meßaufzeichnungen, allerdings findet sich nach Schneefall, leichtem Regen und Tauwetter Ende April/Anfang Mai im Protokoll die Anmerkung „bis 19. Mai Katastrophengewässer“, was auf eine Abflußspitze von  $> 40$  l/s hindeutet. Die abflußarme Zeit fällt in das Winterhalbjahr, wobei das Maximum am 9. November 1985 gemessen wurde. Soweit aus den vorhandenen Messungen ersichtlich ist, verläuft der Schüttungsgang der Nebenquelle parallel zu jenem der Genossenschaftsquelle. Das Maximum trat mit 3,33 l/s am 24. September 1984 auf. Aus dem Meßprotokoll geht nicht eindeutig hervor, ob diese Quelle bei Niedrigwasser trocken fällt.

### **Die Quellschüttung der Jeschequelle**

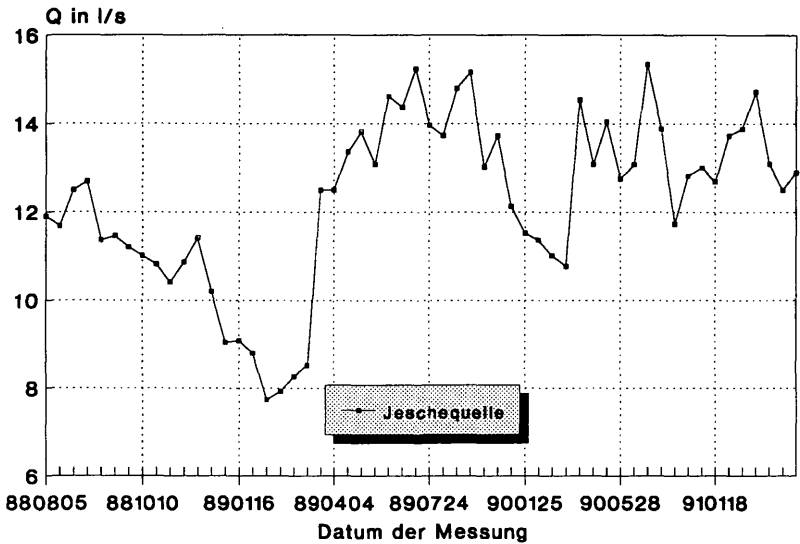
Die Schüttungsaufzeichnungen der Jeschequelle wurden, wie auch jene der Tauchhammerquellen, dankenswerterweise von der Marktgemeinde Treffen zur Verfügung gestellt. Zum Zeitpunkt der Berichtsabfassung lagen Daten vom 5. August 1988 bis 11. September 1991 vor.

Die Ganglinie der Quellschüttung zeigt im großen und ganzen einen schwankenden Verlauf, der jedoch gegenüber der Krasquelle etwas gedämpft ist (Abb. 5). Die Quelle reagiert ebenfalls auf die Schneeschmelze und auf stärkere Niederschlagsereignisse. Nachdem die Schüttung ab Herbst 1988 mit einer kurzen, durch ein Niederschlagsereignis hervorgerufenen Unterbrechung kontinuierlich abnahm und am 14. Februar 1989 das Minimum mit 7,74 l/s erreicht hatte, kam es zur Zeit der Schneeschmelze zu einem starken Anstieg. Während der Sommermonate traten immer wieder, jedoch nur relativ geringe Schwankungen auf. Der darauffolgende milde Winter 1989/90 verhinderte einen erneuten Rückgang der Schüttung bis zum oben erwähnten Minimum. Die Schüttungsmenge war deutlich höher und zeigte bis zum Beobachtungsende Schwankungen zwischen etwa 11 und 15 l/s, wobei das Maximum am 9. Juli 1990 erreicht wurde. Das Mittel der Schüttung aus dieser Beobachtungsperiode liegt bei 12,4 l/s.

### **Die Quellschüttung der Tauchhammerquellen**

Die Meßwerte der Tauchhammerquellen umfassen den Zeitraum vom 10. Oktober 1988 bis 11. September 1991. Dabei ist zu beobachten, daß durch eine Ableitung bei der Quelle Tau 2 ein Teil von Tau 1 mitgemessen wurde. Die Schüttung von Tau 1 ist daher höher anzusetzen, jene von Tau 2 entsprechend niedriger. In Abb. 5 wurde deshalb die Gesamtmenge der beiden Austritte dargestellt. Der Austritt Tau 3 drainiert durch seinen schräg über den Hang verlaufenden Abflußgraben zusätzlich Wasser aus dem vernäbten Hang. Diese Schüttungswerte sind daher für eine Interpretation nicht relevant, allerdings muß die Mengenangabe bei der Erstellung der Wasserbilanz wohl Berücksichtigung finden.

### Schüttungsganglinie Jeschequelle 1988 - 1991



### Schüttungsganglinie Tauchhammerquellen 1988 - 1991

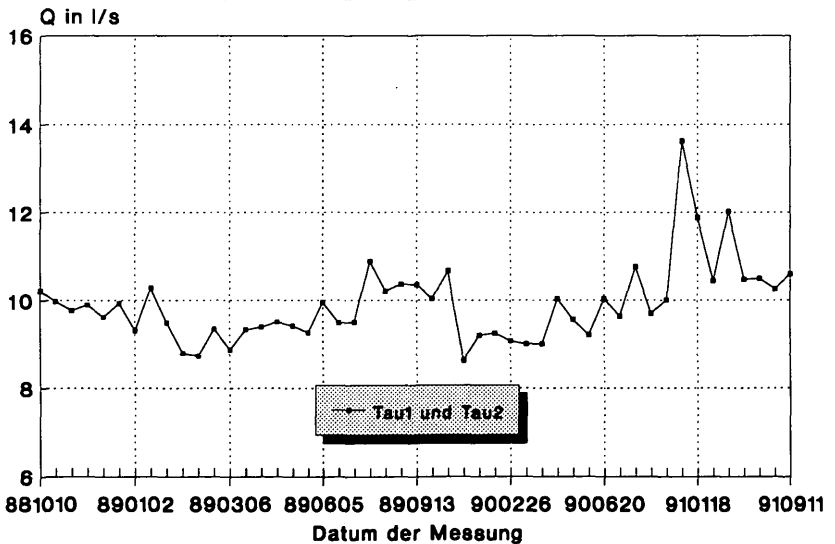


Abb. 5: Ganglinie der Quellschüttung der Jeschequelle und der Tauchhammerquellen 1 und 2.

Im Gegensatz zur Jesche- und Krasquelle zeigt die Schüttungsganglinie der Tauchhammerquellen eine geringe Schwankungsbreite über den Beobachtungszeitraum. Die Auswirkungen von Schneeschmelze und Niederschlagsereignissen sind nur gedämpft und zeitlich verzögert erkennbar. Das Schüttungsminimum wurde am 3. Jänner 1990 mit 8,63 l/s gemessen, während das Maximum mit 13,62 l/s auf den 7. Dezember 1990 fiel. Dieser Spitzenwert wurde durch ergiebige Niederschläge in den Monaten Oktober und November 1990 verursacht. Die mittlere Schüttung im Meßzeitraum liegt bei 10,4 l/s.

Die Konstanz der Wassertemperatur und der elektrolytischen Leitfähigkeit sowie jene der Quellschüttung zeugen von einer längeren Verweilzeit des Wassers im Untergrund und somit von einer relativ guten Speicherefähigkeit der Tauchhammerquellen.

### **Die Gesamtmineralisation und Ionenkonzentrationen**

Wie bereits aus dem Kap. „Die elektrolytische Leitfähigkeit“ hervorgeht, widerspiegelt die Gesamtionenkonzentration des Quellwassers die Leitfähigkeitswerte der Quellen. Daraus lassen sich in Verbindung mit den geologisch-lithologischen Gegebenheiten im Hinterland Rückschlüsse auf das Einzugsgebiet der Quellen ziehen. Des Weiteren sind aufgrund der Schwankungsbreiten einzelner Parameter Aussagen über die Verweilzeit des Wassers im Untergrund zu erwarten.

Obwohl die Kras- und Jeschequelle aufgrund ihrer nicht unbedeutenden Schüttungen ein entsprechendes Einzugsgebiet und eine gewisse Speicherung im Untergrund erfordern, zeigen sie eine verhältnismäßig geringe Gesamtmineralisation (im Mittel 5,86 bzw. 5,88 mval/l – entspricht etwa 231 mg/l). Diese Tatsache erweist sich als typisch für Karstquellen, deren Abflußdynamik durch schnelle Reaktionen auf starke Niederschlagsereignisse oder auf Schneeschmelzperioden gekennzeichnet ist, und deutet auf eine starke Durchlässigkeit des Aquifers hin. Die Kras- und Jeschequelle repräsentieren entsprechend dem durchströmten lithologischen Einzugsgebiet (Marmor) einen Calcium-Hydrogencarbonat-Typus, d. h., auf der Kationenseite zeigt sich mit im Mittel von 80 mval-% eine klare Dominanz von Calcium, der Anteil an Magnesium ist kleiner als 20 mval-%. Auf der Anionenseite überwiegt das Hydrogencarbonat. Es erreicht im Vergleich zu Calcium mit 93 mval-% die höchsten Äquivalentgewichtsprozente. Andere Ionen, wie z. B. das Kalium, das Chlorid oder das Nitrat, sind nur in geringer Menge vorhanden. Gesamt gesehen schwankt die Gesamtmineralisation der Krasquelle ähnlich wie bei den Geländeparametern etwas mehr als die der Jeschequelle. Trotz der verhältnismäßigen Konstanz der Analysenwerte ist die ständig geringe Gesamtmineralisation als ein weiterer Hinweis auf ein schnelles Durchströmen des Aquifers zu interpretieren. Ein markanter Verdünnungseffekt, der durch den Einfluß der Schneeschmelze vor allem bei Karstquellen zu beobachten ist, stellt sich hier nicht ein. Die Tauchham-

merquellen sind gegenüber der Kras- und Jeschequelle höher mineralisiert (im Mittel 8,80 mval/l – entspricht 344 mg/l) und stellen den Typus eines Calcium-Magnesium-Hydrogencarbonat-Wassers dar. Die Äquivalentgewichtsanteile an Calcium und Hydrogencarbonat nehmen im Vergleich zu den obigen Quellen zugunsten der anderen Ionen auf 76 bzw. 87% (Tau 1) und 88% (Tau 2) ab, wobei das Magnesium 21 mval-% erreicht. Die höhere Gesamtmineralisation ist auf eine längere Verweilzeit des Wassers im Untergrund und auf das Durchströmen der quartären Kiese und Sande im unmittelbaren Einzugsgebiet der Quellen zurückzuführen. Hier ist auch eine bessere Lösungsmöglichkeit durch die größere Benetzungsfläche gegeben. Bei keinem der Parameter treten nennenswerte Schwankungen auf. Auch sind keine Anzeichen einer anthropogenen Verschmutzung des Quellwassers zu erkennen. Ebenso kann eine Anreicherung der Quellen durch den Krasbach praktisch ausgeschlossen werden.

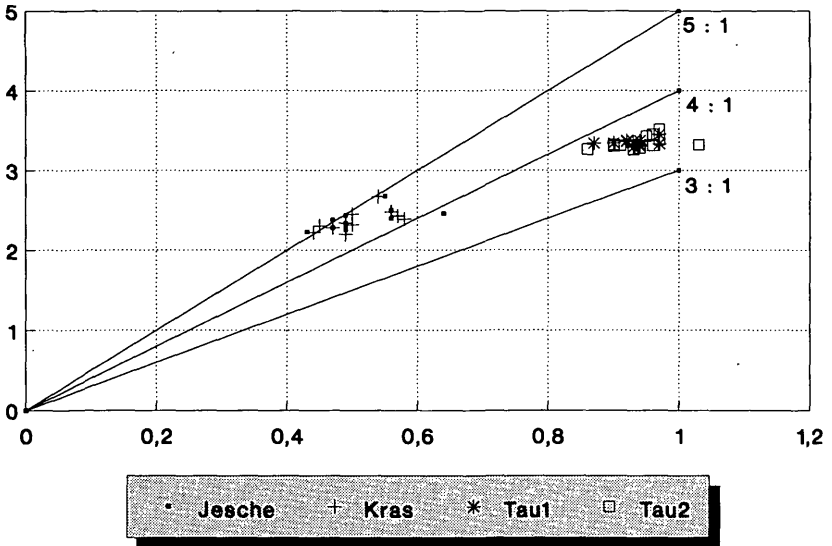
### Das Ca/Mg- und Na/K-Verhältnis

Das Ca/Mg-Verhältnis gibt Auskunft über Kalk- oder Dolomitdominanz im Einzugsgebiet einer Quelle und spiegelt so die geologischen Verhältnisse wider. Die im Untergrund fließenden Wässer erreichen unter Lösung von Calcium- und Magnesiumcarbonat zuerst die Calcitsättigung und steuern je nach ihrer Umgebung und Verweilzeit der Dolomitsättigung zu. Daraus kann unter Berücksichtigung der geologischen Gegebenheiten ein Bezug zu guter oder weniger guter Speicherfähigkeit einer Quelle hergestellt werden.

Die Verhältniszahlen der beiden Kationen wurden aus den Werten der Langzeitbeobachtung (mg/l und mval/l) gebildet. Die Kras- und Jeschequelle zeigen entsprechend den obigen Analysenergebnissen höhere Verhältniszahlen, die zwischen 4 und 5 liegen, und auch eine größere Schwankung im Jahresgang des Ca/Mg-Verhältnisses (Abb. 6). Dies widerspiegelt eine kürzere mittlere Verweilzeit des Wassers im Untergrund, wobei es in abflußreichen Zeiten zu einem minimalen Verdünnungseffekt kommt, der, weil Calcium leichter löslich ist als Magnesium, ein Ansteigen der Verhältniszahlen bewirkt. Zur Zeit des Niedrigwassers, also während der Wintermonate, sind die Verhältniszahlen kleiner, da sich hier die Schüttung dem Basisabfluß nähert.

Die niedrigen Verhältniszahlen der Tauchhammerquellen (zwischen 3 und 4) und der relativ konstante Jahresgang verdeutlichen eine wesentlich bessere Speicherung dieser Wasserspenden (Abb. 6). Obwohl das Einzugsgebiet dieser Quellen mit jenem der Kras- und Jeschequelle großteils ident sein dürfte, muß das Wasser einen längeren Weg zurücklegen und auch die quartären Ablagerungen durchströmen, bis es zum Austritt gelangt. Dabei ist die Lösungsmöglichkeit in den quartären Ablagerungen aufgrund der größeren Kontaktfläche des Wassers mit dem Gestein, wie schon erwähnt, wesentlich besser als im Marmor. Der offenbar relativ gut verkarstete Marmor scheint in seinen höheren Bereichen vermutlich durch Druckentlastungen nach dem Rückzug der Glet-

## Ca/Mg-Verhältnis (berechnet aus mval/l)



Calcit und Dolomit ist verhältnismäßig gering, sie steigt jedoch mit dem  $\text{CO}_2$ -Gehalt an. Bei der Lösung wird  $\text{CO}_2$  verbraucht, wodurch der  $\text{CO}_2$ -Partialdruck ( $p\text{CO}_2$ ) absinkt. Ist zwischen den an den Reaktionen beteiligten Konzentrationen ein Gleichgewichtszustand eingetreten, wird die Löslichkeit eingestellt. Durch Sättigungsberechnungen kann das Lösungsverhalten verschiedener Mineralphasen und somit auch die thermodynamische Entwicklung des Wassers analysiert werden. Mit Hilfe des am IGH angewandten WATEQ-Computerprogrammes wurden u. a. Sättigungsindizes für Calcit und Dolomit sowie der  $\text{CO}_2$ -Partialdruck berechnet. Dabei wurden der aus der Karbonatlösung resultierende Ionengehalt an  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  und  $\text{HCO}_3^-$  sowie die chemisch-physikalischen Parameter  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , pH-Wert und die Wassertemperatur miteinbezogen.

Die Krastalquellen haben an fast allen Meßtagen die Calcitsättigung erreicht ( $\text{SI} > 0,0$ ), wobei mit wachsender Temperatur bzw. sinkendem  $p\text{CO}_2$  ein höherer Sättigungsgrad eintritt (Abb. 7). Die Untersättigung der Kras- und Jeschequelle am 22. Mai 1991 geht mit dem Temperaturminimum und hoher Schüttung einher. Parallel zu den höchsten Sättigungsindizes für Calcit kommt es auch zu einer Sättigung an Dolomit. Bei der Karstquelle treten die höchsten Sättigungsindizes für Dolomit im März und Juni 1991 auf, bei der Jeschequelle im März und April 1991, während sie bei den Tauchhammerquellen in den Monaten März und April, aber auch in den Monaten Jänner und Juni 1991 erreicht werden.

Krastalquellen  
SI Calcit -  $p\text{CO}_2$ -Relation

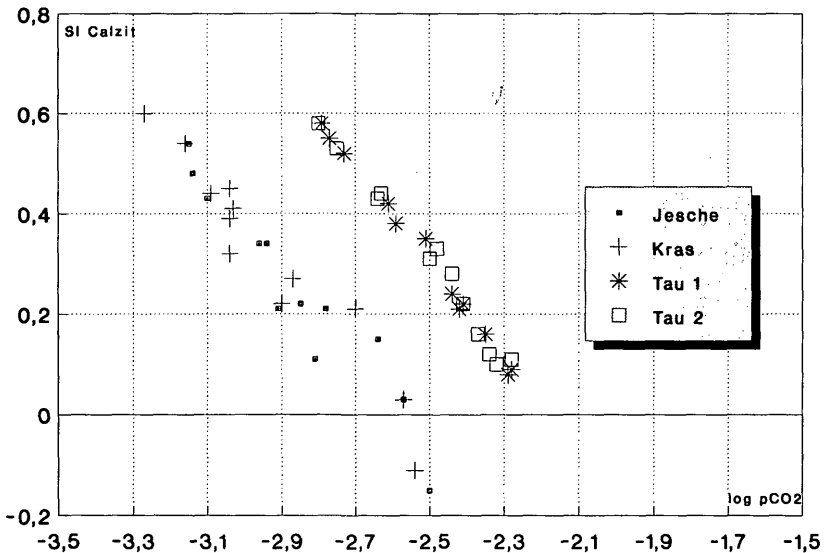


Abb. 7: SI Calcit- $p\text{CO}_2$ -Relation der Krastalquellen.



Deutlich größeren Oberflächeneinfluß zeigen vor allem die Kras- und auch die Jeschequelle, wo sich der CO<sub>2</sub>-Partialdruck dem der Luft nähert. Nach T. C. ATKINSON (1977) beträgt der CO<sub>2</sub>-Partialdruck in den Wässern 10<sup>-1,8</sup>–10<sup>-2,5</sup> atm, während jener der Luft bei 10<sup>-3,5</sup> atm liegt.

### **Die Untersuchungen hinsichtlich anthropogener Verunreinigungen**

Im allgemeinen liegt die Mineralisation der Krastalquellen in einem Spektrum, welches für solche Wässer durchaus als normal und unauffällig angesehen werden kann. Allerdings gab es im Rahmen der Dauerbeobachtung Hinweise auf Spuren von Nitrit in den Tauchhammerquellen und in der Genossenschaftsquelle Kras. Das Auftreten von Nitrit im Wasser muß aus seuchenhygienischen Gründen zuerst an eine fäkale Verunreinigung oder überhaupt an eine Belastung mit organischen Abfallstoffen im Abbauzustand denken lassen, wie sie u. a. durch Belastung mit Abwässern oder Klärschlamm auftreten können. Nitrit gilt neben Ammonium als wichtigster Indikator für solche Verunreinigungen und ist als Inhaltsstoff im Trinkwasser nicht erlaubt. Daher muß der Frage nach der Herkunft stets nachgegangen werden.

Um diese Frage abzuklären, wurde zunächst bei den darauffolgenden Probenahmetouren eine halbquantitative Messung von Nitrit in situ vorgenommen. Bei der ersten Untersuchung am 18. Februar 1991 konnte kein Nitrit in den Quellwässern festgestellt werden. Auch waren die folgenden Bestimmungen, wie auch die im Labor durchgeführten Messungen negativ.

Um einen Hinweis zu erhalten, ob Nitrit durch Reduktion von Eisen oder Mangan entstanden sein könnte, wurden die Wässer auch hinsichtlich dieser Parameter untersucht. Dabei konnten nur äußerst geringe Mengen (<0,05 mg/l) festgestellt werden. In diesem Zusammenhang wurde Ammonium als weiterer Verschmutzungsanzeiger analysiert, wobei auch hier die Werte unter der Nachweisgrenze (<0,01 mg/l) blieben. Die Messung des gesamtorganischen Kohlenstoffes in allen vier Quellen ergab Werte, die für Trinkwasser in einem optimalen Spektrum (0,8–1,2 mg/l) liegen. Da ein einzelner Parameter allein nicht als Beweis für eine fäkale Verunreinigung ausreicht, zeigt die Analyse und die Zusammenschau mit dem ganzen chemischen Spektrum der Quellen, daß eine Verunreinigung der Wässer zum Zeitpunkt der Probenahme nicht vorlag.

Zur weiteren Information erfolgte eine hygienisch-bakteriologische Untersuchung aller vier Quellen im Hinblick auf mögliche Verunreinigungen, wobei die Serie zur Zeit der Niederwasserführung entnommen wurde.

Über die hygienisch-bakteriologische und chemische Beurteilung der Genossenschaftsquelle Kras, der Jeschequelle sowie der Tauchhammerquellen 1 und 2 liegt von Univ.-Prof. Dr. H. BRANTNER ein Befund vom 18. Juli 1991 vor, der die Trinkwasserqualität aller obig angeführten

Quellen zum Zeitpunkt der Probenahme bescheinigt. Die am 19. Februar 1991 gezogenen Proben wurden gemäß ÖLMB, 3. Aufl., Kap. B1 „Trinkwasser“, analysiert und als geeignet befunden.

## **DIE WASSERBILANZ IM OROGRAPHISCHEN EINZUGSGEBIET DER KRATALQUELLEN**

Zur überschlägigen Berechnung der Wasserbilanz aus dem orographischen Einzugsgebiet der Kratalquellen kam die Formel nach TURC für die Anschließung der Verdunstung zur Anwendung. Um einen Überblick über die klimatischen Verhältnisse in diesem Gebiet zu erhalten, wurden vier in der näheren Umgebung situierte Niederschlags- und Temperaturstationen (Weißenstein, Bad Bleiberg, Kanzelhöhe und Afritz) ausgewählt. Dabei wurden für die Verdunstungsberechnung die Mittelwerte aus einer 20jährigen Reihe gebildet.

Zur Umlegung auf das Einzugsgebiet der genannten Quellen eignet sich am besten ein Mittelwert der Stationen Afritz und Kanzelhöhe. Bei einer Fläche des orographischen Einzugsgebietes von 1,03 km<sup>2</sup>, einer mittleren Niederschlagssumme von 1033 mm/a und einer durchschnittlichen Jahrestemperatur von 5,3°C in diesem Gebiet, errechnet sich eine Verdunstungsrate von 408 mm/a, das entspricht 39,5%. Die Neubildungsrate im betrachteten Einzugsgebiet beträgt demnach 625 mm/a, was einem Abfluß von 20,4 l/s entspricht.

Die von der Gemeinde Treffen durchgeführten Quellschüttungsmessungen der Jahre 1988–1990 ergeben für die Jeschequelle eine durchschnittliche Schüttung von 12,4 l/s und für die gesamten Tauchhammerquellen 11,3 l/s. Die Quellschüttungsmessungen bei der Genossenschaftsquelle Kras, die von der Genossenschaft selbst getätigt wurden, ergeben eine mittlere Abflußmenge von 17,5 l/s. Zusammen sind das 41,2 l/s, eine Menge, die für das orographische Einzugsgebiet dieser Quellen zu hoch ist. Dazu müssen noch kleinere, diffuse Austritte unterhalb der Krasquelle und flächenhafte Vernässungen im Bereich des Quellhorizontes der Tauchhammerquellen hinzugerechnet werden.

Aus der Mengendifferenz in der Wasserbilanz läßt sich der Schluß ableiten, daß das Einzugsgebiet der Kratalquellen über das orographische Einzugsgebiet hinausreichen muß. Solche Verhältnisse treten in gut verkarsteten und geklüfteten Gesteinen oft auf. Da nach N hin der Marmorzug von kristallinen Schiefen begrenzt ist, deren Niederschlagswasser großteils durch Oberflächengerinne abgeführt wird, müßte sich das Einzugsgebiet nach W erstrecken. Tatsächlich zeigte die geologische Aufnahme, daß der Marmorzug über den Kripsbachgraben hinaus gegen W zieht. Der Kripsbach, dessen Einzugsgebiet in den kristallinen Anteil hinaufreicht, durchschneidet den Marmorzug entlang einer schweren Störung. Daher lag der Schluß nahe, daß durch den Kripsbach eine Anreicherung der Quellen im E erfolgen könnte. Auch die Betrachtung und Interpretation der Gelände- und Laborparameter deuten darauf hin. Eine weitere Möglichkeit der Anreicherung bestünde durch den im N

sehr nahe am Marmorzug im kristallinen Schiefer abfließenden Lötschenbergbach.

Die hydrogeologische Aufnahme zeigte weiters, daß der Kripsbach nach Verlassen der kristallinen Gesteinsserie über diesen Marmor abfließt und bei Erreichen des Talbodens in seinem Schuttkörper versickert.

Ein Hinausreichen des Einzugsgebietes der Krätstalquellen über den Kripsbach erscheint aufgrund der geologischen Verhältnisse möglich. Der Kripsbach fungiert für dieses westlich anschließende Gebiet aber zumindest teilweise als Vorflut, sodaß außerhalb des orographischen Einzugsgebietes fallende Niederschläge über den Kripsbach den Weg zu den Krätstalquellen finden könnten.

## DER KOMBINIERTE MARKIERUNGSVERSUCH

Nach den gewonnenen Erkenntnissen wurden zwei Eingabestellen für eine Beschickung mit künstlichen Tracern ausgewählt. Eine Einspeisung in eine Versickerungsstelle auf dem Plateau des Marmorzuges erschien nicht sinnvoll, da dieser als orographisches Einzugsgebiet ohnehin feststand. So wurde der nach E abfließende Lötschenbergbach und der östliche Zubringer des Kripsbaches für die Markierung ausgewählt. Da diese beiden Eingabestellen nur etwa 100 m voneinander entfernt liegen, konnte der Bereich des Marmorzuges bestens abgegrenzt werden.

Als Tracer wurden einerseits „Eosin gelblich“, ein gut löslicher Tracer, dessen Verlust im Untergrund gering ist und der im Gegensatz zu Uranin durch den pH-Wert nur mäßig beeinflusst wird, und andererseits „Uranin Ap konzentriert“, der als einer der besten Tracer mit hoher Nachweisempfindlichkeit gilt, verwendet.

Vor der Farbstoffeingabe wurde an jeder Probenahmestelle eine Blindprobe zur Feststellung der Hintergrundfluoreszenz gezogen. Die Probenahme im Rahmen des Markierungsversuches erfolgte sowohl mit Hilfe von Direktproben als auch mit Aktivkohlesäckchen, die in die Beprobungspunkte eingehängt wurden. Die Aktivkohle besitzt die Eigenschaft, fluoreszierende Farbstoffe aufzunehmen, die im Labor eluiert werden, wobei das Extrakt auf seine Farbstoffkonzentration geprüft wird. Diese Nachweismethode bietet den Vorteil, daß bei längerer Einhängedauer Farbstoffe aufsummiert werden und dadurch auch geringste Spuren eines Markierungsstoffes nachweisbar sind, womit ein qualitativer Nachweis eines Tracerdurchganges auch ohne kontinuierliche Entnahme von Wasserproben möglich ist.

Im Rahmen des Markierungsversuches wurden folgende Wässer mit Direktproben (d) und/oder mit Aktivkohle (K) beprobt:

K	Genossenschaftsquelle Kras:	d + K
J	Jeschequelle:	d + K
T 1	Tauchhammerquelle 1:	d + K
T 2	Tauchhammerquelle 2:	d + K

T0	Tauchhammerquelle 0:	K
M	Moosbachquelle:	K
KB	Krystalbach:	K

Die Direktproben wurden vom 26. März bis 5. April 1991 täglich zweimal (7 und 18 Uhr), bis 15. April 1991 täglich einmal gezogen. In der Folge wurde der Beprobungsrhythmus auf die ersten Ergebnisse abgestimmt, wobei die Quellen K und J wöchentlich beprobt wurden, während bei den Tauchhammerquellen noch ein Zweitageintervall eingehalten wurde. Die Aktivkohlesäckchen wurden bis 15. April 1991 alle drei Tage und danach bis 28. August 1991 wöchentlich gewechselt.

### **Die Einspeisung der Farbstoffe**

Der Tracerversuch wurde am 25. März 1991, nachdem mit Hilfe der Gemeinde Treffen wichtige öffentliche und private Stellen über die Markierung der beiden Bäche mit Farbstoffen benachrichtigt worden waren, durchgeführt. Die Farbstoffeingabe erfolgte am späteren Nachmittag zwischen 14.50 und 17 Uhr bei regnerischem Wetter. In den darauffolgenden Tagen setzten anhaltende Niederschläge in Form von Regen und Schnee ein, was durchaus als positiv für den Ablauf des Versuches zu bewerten war.

Für die Markierung des Lötschenbergbaches kamen 5 kg „Eosin gelblich“ zum Einsatz. Der Tracer wurde kg-weise in einem 30-l-Faß mit Bachwasser vorgelöst und mittels einer Pipe kontinuierlich in den Bach eingespeist. Die Tracereingabe dauerte etwa eine Stunde.

Der Kripsbach wurde mit 3 kg „Uranin AP konz.“ eingefärbt, die kg-weise in einem 60-l-Faß vorgelöst und kontinuierlich eingegeben wurden. Die Injektion von Uranin erfolgte mit geringer zeitlicher Verzögerung gegenüber der Einspeisung des Eosins beim Lötschenbergbach, verlief jedoch größtenteils parallel.

### **Die Ergebnisse des Markierungsversuches**

Die bei allen Probenahmestellen gezogenen Blindproben wurden analysiert und waren hinsichtlich einer Hintergrundfluoreszenz negativ. Die Ergebnisse des Markierungsversuches beziehen sich auf die Analysen von Direktproben und Aktivkohlen, die während der Versuchsdauer gezogen wurden.

In Abb. 8 sind die Eingabe- und Probenahmestellen eingezeichnet und die Ergebnisse aus den untersuchten Direktproben und Aktivkohlen dargestellt.

Ein eindeutiger Durchgang des Tracers Uranin konnte bei der Genossenschaftsquelle Kras (K) und bei der Jeschequelle (J) nachgewiesen werden. Spuren von Uranin wurden auch in Aktivkohlen, die in den Tauchhammerquellen (T 0 und T 2) eingehängt waren, gemessen. Die Krystalquellen werden teilweise vom Kripsbach, der bei der Querung des Marmorzuges Wasser in den Untergrund abgibt, angereichert. Der Marmor-

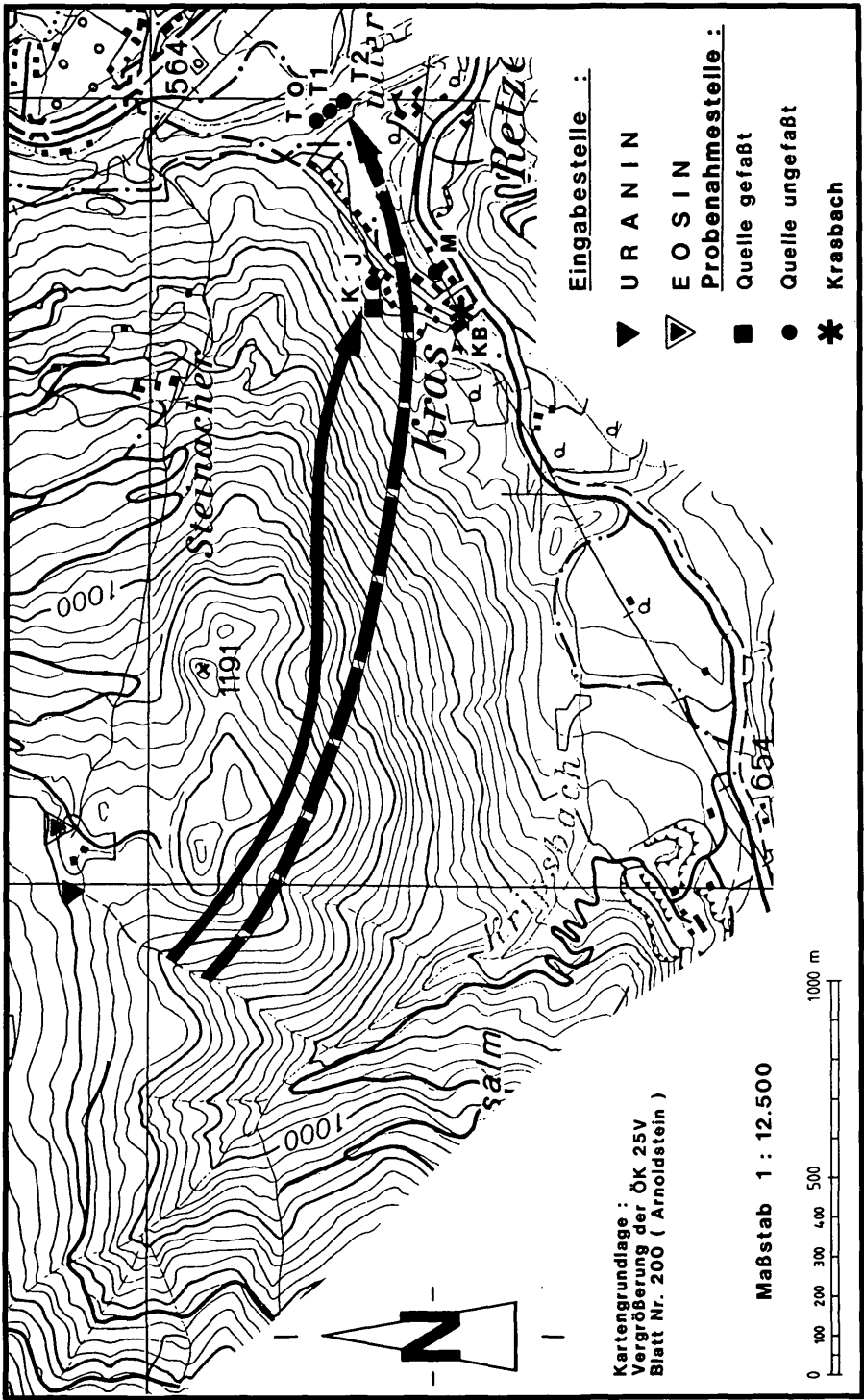


Abb. 8: Eingabe- und Probenahmestellen mit den Ergebnissen des Markierungsversuches im Krastal.

zug östlich des Kripsbaches ist das orographische Einzugsgebiet dieser Quellen.

Der Tracer Eosin konnte in den Proben, die den Zeitraum von der Injektion bis zum Ende der Probennahme abdecken, nicht gefunden werden. Dies gilt für alle Beprobungspunkte.

### **Die Genossenschaftsquelle Kras und die Jeschequelle**

Diese beiden Quellen werden bei hoher Wasserführung des Kripsbaches innerhalb von 26 Stunden mit dessen Wasser angereichert. Die Genossenschaftsquelle Kras zeigt dabei das typische Verhalten einer Karstquelle mit hohen Schüttungsschwankungen und Trübungseinbrüchen. Bei der tiefer liegenden Jeschequelle ist dieses Verhalten etwas gedämpft.

#### **Die Direktproben**

Das erste Auftreten des Tracers Uranin konnte sowohl bei der Quelle K als auch bei J bereits in den Proben vom 26. März/18 Uhr, das sind etwa 26 Stunden nach der Injektion, mit geringen Intensitäten nachgewiesen werden. Mit dieser Probe konnte praktisch das Eintreffen des Tracers in den Quellen erfaßt werden. Der Peak des Tracerdurchganges wurde bereits 13 Stunden später, in den Proben vom 27. März/7 Uhr, erreicht. Danach kam es zu einer raschen Abnahme der Farbintensitäten bis zum 30. März 1991/7 Uhr und in der Folge zu einem flachen Auslaufen der Durchgangskurven.

Für die Berechnung der Wegzeit und Verweildauer des Wassers im Untergrund wurde die Entfernung zwischen der Versickerungsstrecke und den Beprobungspunkten herangezogen, wobei auch die Höhendifferenz berücksichtigt wurde. Aus den Direktnachweisen ging das erste bzw. das maximale Auftreten des Tracers in die Berechnung ein. Die ermittelten Werte sind daher etwas zu hoch, d. h. die Verweildauer ist eher klein und die Abstandsgeschwindigkeit eher zu groß. Da die Tracer bedeutend mobiler sind als im Wasser auftretende Bakterien, wird zur Ermittlung der Wegzeiten aus Markierungsversuchen üblicherweise der Schwerpunkt bzw. der Zwei-Drittel-Durchgang des Markierungsstoffes herangezogen. Durch die Eingabe in ein Gerinne ist aufgrund des unbekanntenen Verlustes des Markierungsmittels durch den Oberflächenabfluß die Errechnung dieser Parameter nicht möglich. Allerdings spielt in diesem Fall die Kenntnis dieser Größe keine Rolle, da der Durchgang des Tracer in so kurzer Zeit erfolgt ist, sodaß diese Wegzeit für die Beurteilung keine Bedeutung hat.

Aus dem ersten Auftreten des Tracers in der Genossenschaftsquelle Kras und der Jeschequelle und dem raschen Erreichen des Intensitätsmaximums errechnet sich für die etwa 1800 m vom Einspeisungsstandort entfernt gelegenen Quellen eine Durchgangsgeschwindigkeit von 67,5 m/h aus dem Erstauftreten des Tracers bzw. von 45,4 m/h aus dem Konzentrationsmaximum, das bereits nach 40 Stunden erreicht wurde. Die aus den Durchgangskurven ermittelten Abstandsgeschwindigkeiten spiegeln die Strömungsverhältnisse im Aquifer wider. Da die Durchgän-

ge in eine Periode hoher Wasserführung fielen, sind diese Werte bezüglich einer längerfristigen Betrachtung durchaus als repräsentativ anzusehen.

### Die Aktivkohleproben

Die durch die Direktproben ermittelten Tracerdurchgänge in der Kras- und Jeschequelle wurden durch Farbnachweise in den dort eingehängten Aktivkohlen eindeutig bestätigt. Auf die Darstellung dieser Nachweise wird daher nicht näher eingegangen, zumal durch die Aufsummierung des Tracers in der Aktivkohle über einen bestimmten Zeitraum (Einhängedauer) auch nur ein qualitativer Nachweis über das Vorhandensein des Markierungsmittels im Wasser geführt werden kann.

### Die Tauchhammerquellen

Da bei den Tauchhammerquellen kein so rascher Durchgang des Tracers wie bei der Kras- und Jeschequelle zu verzeichnen war, wurde die Direkt- und Aktivkohleprobenahme fortgesetzt.

#### Die Direktproben

Die Analysen der bei den Tauchhammerquellen (T 1 und T 2) gezogenen Direktproben waren bis zum 22. Mai 1991 in bezug auf die beiden eingespeisten Tracer Uranin und Eosin negativ.

#### Die Aktivkohleproben

In den Aktivkohlen, die vom 12. bis 15. April und vom 22. April bis 6. Mai 1991 in der Quelle T 2 eingehängt waren, wurden geringe Spuren von Uranin nachgewiesen. Ebenso wurde bei dem Austritt T 0 in der Zeit zwischen 12. und 15. April ein geringer und zwischen 22. April und 6. Mai 1991 ein deutlicher Nachweis von Uranin erbracht. Sämtliche Aktivkohlen aus der Quelle T 1 waren hingegen negativ.

Diese geringen Nachweise des Tracers können nicht eindeutig als Tracerdurchgang bezeichnet werden, doch lassen sie darauf schließen, daß das Einzugsgebiet der Tauchhammerquellen zumindest teilweise jenem der Kras- und Jeschequelle gleichzusetzen ist. Da die Einspeisung des Tracers Uranin in ein Oberflächengerinne erfolgte, wurde ein guter Teil des Markierungsstoffes mit dem abfließenden Wasser des Kripsbaches abtransportiert. Ein anderer Teil wurde bei den Quellen Kras und Jesche ausgebracht. Das sporadische Auftreten der geringen Konzentrationen in den Tauchhammerquellen spricht für eine Verdünnung des Tracers durch die wesentlich längere Verweilzeit des Wassers im Untergrund. Diese Aussage wird durch die Interpretation der chemischen Langzeitbeobachtung eindeutig bestätigt.

Das erste Auftreten des Tracers Uranin in den Quellen T 2 und T 0 liegt zwischen dem 18. und 21. Tag nach der Farbstoffeingabe. Der zweite, etwas höher konzentrierte Tracerschub liegt zwischen dem 28. und 42. Tag. Geht man davon aus, daß bei einem etwa ab diesen Zeitpunkten beginnenden Tracerdurchgang die Berechnung eines Durchgangs-

schwerpunktes möglich war, so würde sich dieser vermutlich noch etwas weiter nach hinten in die Nähe der 60-Tage-Grenze verschieben.

### **Die Moosbachquelle**

Die Moosbachquelle entspringt am Talboden des Krastales an der orographisch rechten Seite des Krasbaches unmittelbar hinter einem Wohnhaus, wobei der Grund, warum diese Quelle gerade dort austritt, nicht erörtert werden konnte. Sie wurde im Rahmen des Markierungsversuches mittels Aktivkohlefilter mitbeobachtet. Die Analysen der Aktivkohlen brachten ein negatives Ergebnis.

### **Der Krasbach**

Der in dem Gebiet Wollanigberg entspringende Krasbach fließt durch das Krastal nach E und mündet in den Treffener Bach. Dieser Bach wurde mit Hilfe von Aktivkohlesäckchen oberhalb des Sägewerkes, direkt unterhalb der Straßenbrücke, beprobt. Bereits in der ersten Kohle, die vom 25. bis 27. März 1991 eingehängt war, wurde der Tracer Uranin nachgewiesen. In den Kohlen bis zum 8. April 1991 nahm die Intensität des Farbstoffes ab. Die Analysen der folgenden bis zum 22. April 1991 eingehängten Kohlen waren negativ. Der Tracer trat erneut in den Kohlen vom 22. April bis 22. Mai 1991 auf. Dieser nachfolgende Tracerschub ist auf ein weiteres Niederschlagsereignis zurückzuführen.

Der Grund des schnellen Tracernachweises im Krasbach kann folgendermaßen erklärt werden: Das Wasser des Kripsbaches, das die Talsohle erreicht, versetzt in seinem eigenen Schuttfächer. Eine Anreicherung des Krasbaches über die Talalluvionen in dieser kurzen Zeit ist jedoch schwer vorstellbar. Bei einer Geländebesichtigung wurde festgestellt, daß am Nordrand entlang der Bundesstraße eine aus Betonschalen zusammengesetzte Rinne über die Geländestufe nach E führt. Diese nimmt bei hoher Wasserführung des Kripsbaches die über den Schuttfächer zudringenden Wässer auf und leitet sie sehr rasch über diese Rinne in den Krasbach. Während und nach der Durchführung des Markierungsversuches fielen ergiebige Niederschläge, sodaß der Kripsbach entsprechend viel Wasser führte. Diese gute Markierung des Krasbaches führte auch zur Abklärung der Frage der Beeinflussung der Tauchhammerquellen durch den Krasbach. Diese kann, auch belegt durch die Ergebnisse der chemischen Dauerbeobachtung, eindeutig verneint werden. Würde eine Anreicherung stattfinden, so hätte dies einen eindeutigen Tracerdurchgang zur Folge haben müssen, zumal der Krasbach nur etwa 100 m westlich der Quellen vorbeifließt.

### **LITERATUR**

- ANDERLE, N. (1977): Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, Bl. 200, Arnoldstein. – GBA, Wien.
- ATKINSON, T. C. (1977): Carbon Dioxide in the atmosphere of the unsaturated zone: an important control of groundwater hardness in limestones. – J. of Hydrology, 35, 111–113.



- BRANTNER, H. (1991): Befund der Tauchhammerquelle 1, Tauchhammerquelle 2, Jeschequelle und Genossenschaftsquelle Kras gemäß ÖLMB., 3. Aufl., Kap. B1 „Trinkwasser“<sup>6</sup>. – Unveröff. Gutachten, 5 S., Graz.
- MATTHESS, G. (1973): Lehrbuch der Hydrogeologie – Die Beschaffenheit des Grundwassers. – Bd. 2, 324 S., Berlin–Stuttgart (Gebrüder Borntraeger).

Anschrift der Verfasser: Gerhard PROBST, Dr. Walter POLTNIĆ, Mathilde PROBST, Institut für Geothermie und Hydrogeologie, Forschungsgesellschaft Joanneum Ges.m.b.H., Graz, Elisabethstraße 16/II, A-8010 Graz.