Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum | Heft 39 | Graz 1978

Grundwasseruntersuchungen in der Steiermark

von H. Zetinigg

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	109
2	Überblick über die Grundwasseruntersuchungen	110
2.1	Die Anfänge	110
2.2	Die systematische Untersuchung der Grundwasservorkommen des Landes	113
2.2.1	Das nordöstliche Leibnitzerfeld	113
2.2.2	Das südöstliche Grazerfeld	114
2.2.3	Das untere Murtal	114
2.2.4	Das Murtal zwischen St. Stefan o. L. und Kraubath	115
2.2.5	Der Raum Aichfeld-Murboden	115
2.2.6	Weitere Untersuchungsgebiete	116
3	Die Ziele der Untersuchungsarbeiten	117
4	Die zur Verfügung stehenden Untersuchungsmethoden	118
4.1	Erhebung der Unterlagen, Kartierung und Brunnenerhebung	119
4.2	Einrichtung und Betrieb des Grundwasserbeobachtungsnetzes	119
4.3	Bohrungen und ihr Ausbau zu Versuchsbrunnen	121
4.4	Refraktionsseismik	123
4.5	Pumpversuche und ihre Auswertung	124
4.6	Messung der Fließgeschwindigkeit und Strömungsrichtung des Grundwassers	125
4.6.1	Der Markierungsversuch	125
4.6.2	Die Verdünnungsmethode	126
4.6.3	Indirekte Methoden zur Ermittlung der Fließgeschwindigkeit	127
4.6.4	Messung der Strömungsrichtung des Grundwassers	128
4.7	Chemisch-physikalische Untersuchungen des Grundwassers	129
4.8	Verschiedene weitere Untersuchungsmethoden	130
4.8.1	Das Temperaturlog	130
4.8.2	Die Messung der Vertikalströmung in Versuchsbrunnen	130
4.8.3	Die Geoelektrik	131
5	Die Ergebnisse der bisherigen Grundwasseruntersuchungen	131
5.1	Die Grundwassersohle	131
5.2	Der Grundwasserleiter	133
5.3	Das Grundwasser	135
6	Der Generalplan für die Wasserversorgung der Steiermark	137
7	Verwendete Literatur	137

1 Einleitung

Bei einem Blick in irgendein beliebiges Lehrbuch der Hydrogeologie ist festzustellen, daß der Begriff Grundwasser jedes Wasser im Untergrund umfaßt, das der Schwerkraft unterliegt und zusammenhängend die Hohlräume des Substrates ausfüllt. Man unterscheidet dann mehrere Typen von Grundwasser, wobei die Einteilung nach der Beschaffenheit des Grundwasserleiters (Substrat) bzw. daraus folgend nach der Art der unterirdischen Wasserwege erfolgt. Das Grundwasser wird daher in Porengrundwasser, Kluftgrundwasser und Karst-

grundwasser untergliedert. Der gegenständliche Überblick soll sich ausschließlich mit den Porengrundwässern in den quartären Lockergesteinen der Täler befassen, wobei als Arbeitsbezeichnung der Ausdruck „Talgrundwasser" Verwendung findet. Den Untersuchungen wird weiters zugrundegelegt, daß das in den zusammenhängenden Porenräumen der klastischen Ablagerungen vorhandene Grundwasser sich durch laminares Strömen auszeichnet und mathematisch durch das Darcysche Gesetz erfaßt wird. Es ist dies sicher eine idealisierende Annahme.

Weiters ist das hier behandelte Grundwasser noch durch einen ungespannten Grundwasserspiegel sowie das Fehlen einer am lithologischen Profil erkennbaren Stockwerksgliederung charakterisiert.

Diese Grundwässer bilden nun das Rückgrat der Trinkwasserversorgung in der Steiermark und werden neben der systematischen Erfassung durch die wasserwirtschaftliche Rahmenplanung des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung vor allem durch kommunale Versorgungsunternehmen sowie durch Industrie und Gewerbe untersucht und laufend neu erschlossen. Dieser Bericht befaßt sich in der Folge mit den Untersuchungen durch die wasserwirtschaftliche Rahmenplanung. Dazu wird aber bemerkt, daß die Erfahrungen privater Stellen soweit als möglich für die Untersuchungen des Referates nutzbar gemacht werden.

2 Überblick über die Grundwasseruntersuchungen

2.1 Die Anfänge

Die Untersuchung und Erschließung der Talgrundwässer durch das Referat für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung begann in der Steiermark im Jahre 1961 und wurde von W. TRONKO (1962), der vom Mürztal einen zusammenfassenden Bericht veröffentlichte, eingeleitet. Als Grundlage für die Planungen des damals in Gründung befindlichen Mürzverbandes — einem Abwasserverband — wurden zur Erkundung des Grundwassers neun Bohrungen an von A. THURNER ausgewählten Ansatzpunkten im Talabschnitt zwischen Kapfenberg und Krieglach (Länge ca. 20 km) niedergebracht und mit einer Nennweite von 200 mm verrohrt. Diese Bohrungen wurden einerseits für Pumpversuche und andererseits als Grundsteine für ein Netz von Grundwasserbeobachtungsstellen verwendet. Dieses Netz besteht nun, durch Hausbrunnen (Schachtbrunnen) ergänzt, aus 25 Meßstellen und wird von der Hydrographischen Landesabteilung betrieben. Die Meßergebnisse werden im „Hydrographischen Jahrbuch von Österreich" veröffentlicht. Immerhin konnte aus diesem Bohrprogramm, das von C. ABWESER (1962/63) betreut und ausgewertet wurde, ein erster Überblick gewonnen werden, der im bearbeiteten Talabschnitt eine maximale Mächtigkeit des Quartärs von rund 18 m ausweist und günstige k_f-Werte (Größenordnung 10^{-3} m/s) erkennen läßt. Eine dieser Bohrungen dient nun schon seit ca. fünf Jahren als zusätzliche Wasserspende für die Wasserversorgung von Krieglach; eine andere bildet die Grundlage für die Wassererschließungen der Gemeine Kindberg. Dort konnten an zwei im Jahre 1973 errichteten Versuchsbrunnen Fördermengen von je 24 l/s erzielt werden.

Ungefähr gleichzeitig mit den Bohrungen im Mürztal wurde auch im Murtal (ab 1963) mit einem derartigen Programm zur Schaffung eines ersten Überblickes begonnen und zwischen der Badlenge und St. Georgen ob Judenburg insgesamt 17

Bohrungen, wovon 3 aufgrund technischer Schwierigkeiten vorzeitig bzw. noch vor Erreichen des Grundwasserspiegels eingestellt werden mußten, durchgeführt. Die große Distanz (durchschnittlich 1 Bohrung je 8 km Tallänge) zwischen den Bohrungen ließ hier zwar nur eine erste Orientierung zu, zeigte aber immerhin, daß im Murtal beträchtliche Unterschiede bestehen. Die Ansatzpunkte dieser Bohrungen wurden zum Teil von A. THURNER (1963) und C. ABWESER (1963/64) festgelegt, sowie von letzterem betreut und ausgewertet. Dieses Programm im Murtal wurde mit je einer Bohrung in Niederwölz und Frojach im Jahre 1966 sowie einer Bohrung in Niklasdorf im Jahre 1967 beendet, so daß sich die Gesamtzahl auf 20 erhöhte. Dabei ist bemerkenswert, daß die Bohrung in Frojach mit 64 m Tiefe im Quartär eingestellt wurde. Es ist dies ein Hinweis, daß in diesem Teil des Murtales eine außerordentlich große Mächtigkeit der quartären Lockergesteine vorhanden ist, die sich auch auf die Grundwasserführung positiv auswirken muß. Leider wurde damals auf das Erreichen der Grundwassersohle kein großer Wert gelegt und diese meist nicht angefahren. Die größte Bohrtiefe in diesem Programm betrug, abgesehen von Frojach, nur 18,65 m. Über dieses Untersuchungsprogramm wurde kein Bericht veröffentlicht, da die großen Entfernungen zwischen den einzelnen Bohrungen keine generellen Aussagen über die Grundwasserverhältnisse in diesem langen und unterschiedlich gebauten Talabschnitt zuließen.

Durch einige dieser Bohrungen wurde auch ein unmittelbares und praktisches Ergebnis erzielt, da die Gemeinden Frohnleiten, Niklasdorf und Niederwölz aufgrund dieser Untersuchungsergebnisse ihre zentralen Brunnenlagen errichten konnten und sich dadurch eigene Untersuchungen, vor allem Bohrungen, ersparten.

Noch zeitlich überlappend mit diesem „Überblick-Programm" wurde von W. TRONKO ein Grundwasserfeld, und zwar der Talabschnitt des Murtales zwischen Kaisersberg und St. Michael i. O., für eine Detailuntersuchung ausgewählt und mit den Arbeiten im Jahre 1966 begonnen.

Wie W. TRONKO (1966) in der Einleitung zum Bericht über die Grundwasseruntersuchungen in Friesach mitteilt, sollte in St. Michael eine größere Anzahl von Untersuchungsmethoden auf ihre Eignung geprüft werden, um so zu einem allgemein anwendbaren Untersuchungsverfahren zur Erforschung und Erschließung derartiger Grundwasserfelder, wie sie im Mürztal oder Murtal gegeben sind, zu gelangen. Weiters wollte W. TRONKO nach Klärung der hydrogeologischen Gegebenheiten mit technischen Mitteln — die er jedoch aufgrund seines allzu frühen Ablebens, Mitte 1967, nicht mehr näher darstellen konnte — zu einer Regulierung des Grundwasserab- und -Durchflusses, also zu einer Bewirtschaftung dieses Grundwasservorkommens, gelangen.

W. TRONKO war ein Verfechter des „Teamworks" und versuchte alle geeignet erscheinenden Personen und Institutionen an der Lösung der jeweiligen Aufgabe zu interessieren bzw. dafür einzusetzen. Er bemühte sich damals, vor allem aufgrund der hohen Kosten, die Bohrungen verursachen, seismische Methoden für die Erfassung der Grundwassersohle heranzuziehen. Im Jahre 1966 gelang es ihm, F. WEBER, den Vorstand des Institutes für Erdölgeologie und angewandte Geophysik der Montanuniversität Leoben, dafür einzuschalten und die erste derartige Arbeit im Raume von Friesach, nördlich von Graz, durchführen zu lassen.

In diesem Abschnitt des Murtales waren aufgrund eines geologischen Gutachtens von J. STINI (1942) ab dem Jahre 1955 umfassende Untersuchungen der Grazer Stadtwerke AG — Wasserwerk, durchgeführt worden und damals nur mehr die Frage der endgültigen Situierung der beiden geplanten Horizontal-Filterbrunnen

offen. Vor allem aufgrund der Arbeiten von H. FLÜGEL (1960) über den praequartären Untergrund im Murtal, in dem eine Tiefenrinne zu erkennen ist, und der Diskussionen über diesen Gegenstand in der „Studienkommission für die Wasserversorgung von Graz" wollte man nun nach Möglichkeit die Brunnen im Bereich dieser Tiefenrinne — die durchaus nicht mit dem heutigen Flußlauf korrespondiert — errichten.

Im Mai 1966 wurden von F. WEBER (1966) refraktionsseismische Messungen mit einer Profillänge von 6,5 km und insgesamt 40 Schußpunkten durchgeführt und ausgewertet. Die Karte des praequartären Reliefs ließ dabei eine markante Tiefenrinne erkennen und die Brunnen wurden danach an von der ursprünglichen Planung abweichenden Stellen errichtet. Heute sind diese Brunnen bereits betriebsbereit, die Fördermenge der beiden Brunnen ist wasserrechtlich mit 550 l/s limitiert.

Die guten Ergebnisse der seismischen Messungen führten nun dazu, daß diese Methode auch in St. Michael, wo die Arbeiten noch im letzten Quartal 1966 begannen, eingesetzt wurde. Auch dort wurden die Erwartungen erfüllt. So kam es dann im Jahre 1967 zur Fortführung dieser Messungen von Friesach/Wörth bis an den südlichen Ortsrand von Deutschfeistritz. Die Ergebnisse dieser Messungen, an die aber in diesem Bereich keine weiteren Grundwasseruntersuchungen außer der Einrichtung eines Meßstellennetzes für die Grundwasserbeobachtung anschloß, wurden von F. WEBER (1969) dargestellt. Das Meßstellennetz wird heute von der Hydrographischen Landesabteilung betrieben und umfaßt 29 Stationen.

Gleichlaufend damit wurden derartige Messungen von H. JANSCHEK (1969) im Unterlauf des Übelbachgrabens durchgeführt, welche zeigten, daß in diesem Seitental des Murtales nur geringe Schottermächtigkeiten vorhanden sind. Dieses Ergebnis war, zusammen mit Bohrungen und Pumpversuchen, die von H. NOVAK (1971) im Auftrag der Bundesstraßenverwaltung mit dem Ziele der Verlegung der Brunnenanlage der Marktgemeinde Deutschfeistritz durchgeführt wurden, insofern wertvoll, als es eindeutig erkennen läßt, daß aus diesem Seitental kein nennenswerter Grundwasserstrom zum Murtal zieht. Zuvor war immer wieder, vor allem bei den Planungen der Grazer Wasserwerke, die Meinung geäußert worden, begründet durch eine wasserwirtschaftliche Studie von F. KNEBEL (1953), daß in diesen Seitentälern größere Grundwassermengen vorhanden wären. Obwohl dieser Vermutung schon von V. MAURIN in der „Studienkommission für die Wasserversorgung von Graz" widersprochen wurde, konnte dieser Gedanke erst allmählich endgültig aufgegeben werden. Dazu muß noch bemerkt werden, daß diese Hoffnungen damals auch auf andere Seitentäler des Murtales gerichtet waren. Die in Kürze in Betrieb gehende künstliche Grundwasseranreicherung durch Versickerung von 400 l/s Oberflächenwasser aus dem Stübingbach mittels eigener Sickerteiche für das Wasserwerk Friesach ist ein Ersatz für diese Hoffnungen.

Die letzten seismischen Messungen, die ohne anschließende umfassende Grundwasseruntersuchung durchgeführt wurden, stellen die Messungen im Bereich zwischen dem Nordausgang der Badlenge und Schloß Rabenstein bei Frohnleiten dar. Eine dort vorhandene Bohrung aus dem ersten Übersichts-Programm bildete, wie bereits erwähnt, die Grundlage für die zentrale Brunnenanlage der Marktgemeinde Frohnleiten, die mit 20 l/s konsentiert ist. Nach Einrichtung einiger Grundwasserbeobachtungsstellen — die inzwischen der Hydrographischen Landesabteilung übergeben wurden — wurden die Arbeiten in diesem Raum beendet. Das Ende der Untersuchungen in diesem Bereich war nun im

wesentlichen neben örtlichen Faktoren (Bau der Schnellstraße) vor allem durch eine Umorientierung der Zielsetzung für die Arbeit des Referates für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung bestimmt.

2.2 Die systematische Untersuchung der Grundwasservorkommen des Landes

Wie bereits erwähnt, verschied W. TRONKO im Jahre 1967. Mit 1. Jänner 1968 wurde nun das Referat für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung, nach Abtrennung von der Fachabteilung IIIa — Wasserbau zu einem selbständigen Referat im Rahmen der Landesbaudirektion. Mit seiner Leitung wurde L. BERNHART betraut. Nicht schnelle Aushilfe an Bedarfsschwerpunkten, wenn auch diese nicht außer acht gelassen werden durften, sondern eine systematische Erfassung der Wasservorkommen des Landes, die sich nicht nur auf Grundwasser, sondern auch auf Quell- und Karstwasser erstreckt, wurde nun angestrebt. So stellte L. BERNHART (1975) ausdrücklich fest, daß er die Auffassung vertrete, nur aufgrund der Kenntnis der Wasservorkommen — mit denen es zu wirtschaften gilt — planen zu können. Vor allem die Untersuchungen der Karstwasservorräte des Hochschwabgebietes, die heute noch laufen, wurden damals begonnen und absorbierten von da ab einen wesentlichen Teil der dem Referat zur Verfügung stehenden Mittel. Die Untersuchungen in St. Michael wurden zu Ende geführt, wobei ein Grundwasservorkommen in der Größenordnung von rund 250 l/s nachgewiesen werden konnte. Dieses Ergebnis beruht auf der Auswertung von Pumpversuchen durch E. P. NEMECEK (1968). Der Untersuchungsaufwand im Raume von St. Michael umfaßte neben 5 Bohrungen, davon eine als Filterrohrbrunnen von 250 mm Nennweite ausgebaut und 10 Pegelrohren, ein Grundwasserbeobachtungsnetz von 25 Meßstationen sowie refraktionsseismische Messungen und Messungen der Filtergeschwindigkeit und Strömungsrichtung nach der Einbohrloch-Methode. Anschließend wurde im Jahre 1970 der Talabschnitt bis zur Enge von Preg in Angriff genommen, worüber noch berichtet werden wird.

Hier scheint es notwendig, kurz darauf zu verweisen, daß am 10. März 1969 ein Regierungssitzungsbeschluß der Steiermärkischen Landesregierung gefaßt wurde, durch den das Referat für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung beauftragt wurde, eine Bestandsaufnahme aller Wasservorräte des Landes durchzuführen und einen Quellenkataster anzulegen. Wenn dieser Beschluß auch nicht direkt das „Talgrundwasser" betrifft, so zeigt er, daß die Bestrebungen zu einer systematischen Erfassung der Wasservorkommen des Landes auch von der Landesregierung als notwendig erkannt wurden.

2.2.1 Das nordöstliche Leibnitzerfeld

Nicht nur von Graz gegen Norden, sondern auch gegen Süden, und zwar im nordöstlichen Leibnitzerfeld, wurden Grundwasseruntersuchungen durchgeführt, die im Band 23/1973 der „Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung" eingehend dargestellt sind. Da im westlichen Teil dieses Feldes große Wasserentnahmen für die Wasserversorgung von Leibnitz und Wagna getätigt und weiters trotz einer Schongebietsverordnung für den Einzugsbereich dieser Brunnenanlagen gerade im nordwestlichen Bereich dieses Feldes zahlreiche Naßbaggerungen betrieben werden, beschränkten sich die Erschließungen auf den Nordosten. Für die Untersuchungsarbeiten konnte dabei die damals bereits vorliegende „Hydrogeolo-

gie des Leibnitzerfeldes" von J. ZÖTL (1968) als Grundlage herangezogen werden. Auch hier gelangten seismische Messungen durch F. WEBER (1973) zum Einsatz. Insgesamt wurden 11 Bohrungen niedergebracht und davon 8 mit Verrohrungen von 200 mm Nennweite ausgebaut. An 5 dieser Bohrungen wurden Dauerpumpversuche durchgeführt, bei denen Fördermengen bis zu 20 l/s erzielt wurden. Die von Th. GLANZ, E. P. NEMECEK und W. WESSIAK vorgenommene Auswertung der Pumpversuche, für die mehr als 30 kleinkalibrige (5/4" und 2") Pegelrohre geschlagen wurden, ergab eine je nach Lage des Grundwasserspiegels gewinnbare Grundwassermenge von 105 bis 125 l/s. Unmittelbar neben einer dieser Bohrungen wurde von der inzwischen gegründeten Leibnitzerfeld-Wasserversorgungs-Ges.m.b.H. eine große Brunnenanlage errichtet, für die von der Wasserrechtsbehörde ein Entnahmekonsens von 50 l/s erteilt wurde.

2.2.2 Das südöstliche Grazerfeld

Zur Wasserversorgung der südlich von Graz am linken Murufer gelegenen Gemeinden, die sich zum Wasserverband „Grazerfeld-Südost" zusammengeschlossen hatten, war es notwendig geworden, rasch eine Wasserspende ausfindig zu machen. Nach Überprüfung der hydrogeologischen Gegebenheiten in diesem Bereich war es klar, daß dafür nur Talgrundwasser in Frage kam. Durch ein Untersuchungsprogramm gelang es sozusagen in letzter Minute, bevor die Verbauung die letzten freien Flächen für einen Brunnen samt Schutzgebieten okkupiert hätte, einen geeigneten Brunnenstandort für die Gewinnung von Grundwasser ausfindig zu machen. Dieses Untersuchungsprogramm wurde in dem außerordentlich kurzen Zeitraum von knapp einem Jahr (1972/1973) durchgezogen und umfaßte neben der Errichtung von 3 Versuchsbrunnen mit 200 mm Nennweite der Verrohrung auch die Herstellung von 20 Pegelrohren zu 5/4" Nennweite für die anschließenden Pumpversuche. Einer der beiden Pumpversuche erstreckte sich über eine Dauer von 370 Stunden und erreichte eine Förderleistung von 18 l/s. Mangels einer geeigneten Vorflut für die Ableitung des geförderten Wassers mußten auch zwei Sickerbrunnen hergestellt werden. Im Anschluß an die Pumpversuche wurde unter Ausnutzung des Pegelnetzes zur Bestimmung der Parameter für die Abgrenzung der Schutzgebiete noch ein Markierungsversuch mittels Uranin durchgeführt, der eine maximale Abstandsgeschwindigkeit des Grundwassers von 17,2 m/d und eine mittlere von 6,5 m bis 9,6 m/d nachwies. Mit Hilfe des bestehenden Grundwasserbeobachtungsnetzes der Hydrographischen Landesabteilung konnten weiters Grundwassergleichen für den südöstlichen Teil des Grazerfeldes konstruiert werden. Der Verlauf der Untersuchungsarbeiten und ihre Ergebnisse sind im Band 22/1973 der „Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung" zusammengefaßt. Das praktische Ergebnis stellt die bereits fertiggestellte Brunnenanlage des obzitierten Wasserverbandes dar, für die von der Wasserrechtsbehörde eine Konsensmenge von 30 l/s festgelegt wurde.

2.2.3 Das untere Murtal

Anschließend an die Untersuchungen im Leibnitzerfeld wurden im Hinblick auf die Schwierigkeiten bei der Wassergewinnung in der Oststeiermark die Grundwasseruntersuchungen im unteren Murtal begonnen und der Talabschnitt zwischen Spielfeld und Radkersburg in Angriff genommen. Dabei wurden insgesamt 18 Bohrungen mit Verrohrungen von 200 mm Nennweite sowie eine große Zahl von kleinkalibrigen Pegelrohren hergestellt. Weiters wurden mehrere Dauerpumpversuche mit Fördermengen bis zu 20 l/s durchgeführt. Durch dieses Untersuchungs-

programm konnten im Raume von Lichendorf, Gosdorf und Radkersburg gewinnbare Grundwassermengen in der Höhe von rund 300 l/s nachgewiesen werden. Ein Bericht darüber befindet sich in Ausarbeitung. In diesem Raume wurden zu dem bestehenden Grundwasserbeobachtungsnetz der Hydrographischen Landesabteilung noch eine größere Zahl von Meßstationen bzw. ein Schwerpunktnetz errichtet, das vom Referat für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung betrieben wird. Dieses Meßprogramm (Schwerpunktnetz) wird, wie in allen anderen derartigen Fällen, erst nach Fertigstellung des abschließenden und zusammenfassenden Berichtes — der hier noch ausständig ist — eingestellt.

2.2.4 Das Murtal zwischen St. Stefan o. L. und Kraubath

Nach Beendigung der Untersuchungsarbeiten im Raume St. Michael-Kaisersberg wurden vor allem aufgrund der Straßenplanungen, die eine zukünftige Nutzung des Grundwassers in diesem Bereich ungünstig erscheinen ließ, die Untersuchungen nach Westen über St. Stefan ob Leoben — Kraubath bis zur Enge von Preg fortgesetzt. Da eine unmittelbare Nutzung, wie im südöstlichen Grazerfeld, von keiner Seite angestrebt wurde und nur Interessensbekundungen vom Wasserverband Hochschwab-Süd einlangten, wurden die Arbeiten schrittweise im Zeitraum von 1969 bis 1975 durchgeführt. Neben refraktionsseismischen Messungen wurden vier Versuchsbrunnen von 200 mm Nennweite sowie 10 Pegelrohre zu 2" für Pumpversuche hergestellt. Durch zwei Pumpversuche wurde sodann ein Wasserdargebot von mindestens 100 l/s nachgewiesen. Zur Ergänzung wurden weiters noch von der Bundesversuchs- und Forschungsanstalt Arsenal, Wien, Messungen der Filtergeschwindigkeit nach der Einbohrloch-Methode sowie der Vertikalströmung (flowmeter) vorgenommen. Das Grundwasserbeobachtungsnetz reichte für die Konstruktion von Grundwassergleichen nicht aus, so daß die Ergebnisse der Messungen an den 10 Beobachtungsstationen nur für die Darstellung der Bewegungen des Grundwasserspiegels und seiner Abhängigkeit von der Vorflut Verwendung fanden. Die Ergebnisse der gesamten Untersuchungen sind in Band 34/1976 der „Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung" veröffentlicht. Eine Nutzung dieses Grundwasservorkommens, abgesehen von den damals bereits in Betrieb befindlichen zentralen Brunnenanlagen der Gemeinden St. Stefan ob Leoben und Kraubath, erfolgt noch nicht.

2.2.5 Der Raum Aichfeld-Murboden

Mit den Grundwasseruntersuchungen im Raume Aichfeld-Murboden wurde, aufbauend auf die Arbeiten von E. Worsch (1963 und 1972) im Jahre 1975 begonnen. Insgesamt wurden 9 Bohrungen niedergebracht und mit Filterrohren von zum Teil 200 und zum Teil 250 mm Nennweite ausgebaut. Von diesen Bohrungen liegen 7 in der holozänen Flur zwischen Zeltweg und Knittelfeld, so daß diese damit eingehend untersucht werden konnte. Die guten Ergebnisse in diesem Bereich führten dazu, daß beim Murhof in Großlobming im Jahre 1977 ein Versuchsbrunnen von 500 mm Durchmesser errichtet wurde. An diesem wurde nach Ausbau eines Pegelnetzes (6 Pegel zu 2" ∅) ein Pumpversuch von ca. 200 Stunden Dauer mit einer Spitzenleistung von 120 l/s gefahren. Der Wasserverband Aichfeld-Murboden ist derzeit mit den Planungen für den Ausbau eines Brunnens, insbesondere aber mit den dafür notwendigen Grundstücksbeschaffungen, befaßt. Messungen der Filtergeschwindigkeit durch die Bundesversuchs- und Forschungsanstalt Arsenal, Wien, die an mehreren dieser Versuchsbrunnen durchgeführt wurden, sollen später behandelt werden.

Zwei Bohrungen wurden im Bereich der Würmterrasse bei Maria Buch und Pausendorf niedergebracht. Die Pumpversuche zeigten günstige Ergebnisse, doch ist eine jeweils den ganzen Terrassenbereich umfassende Schlußfolgerung aufgrund der Großflächigkeit dieser Terrassen nicht möglich.

Die Bohrungen im Großrunstfeld zwischen St. Marein und Feistritz bei Knittelfeld zeigten, daß dort nur eine geringmächtige Schotterdecke über tertiärem Untergrund (Grundwassersohle) liegt und eine Wasserbeschaffung nur im Ausmaß von ca. 1 l/s möglich erscheint. Die Anwendung chemisch-physikalischer Untersuchungsmethoden, wie Ionenaustausch, Härte- und Leitfähigkeitskartierungen, lassen gerade im Raume Aichfeld-Murboden eine markante Untergliederung einzelner Grundwasserbereiche zu.

2.2.6 Weitere Untersuchungsgebiete

Auch in den weststeirischen Tälern, die durch einen geringmächtigen Grundwasserleiter (bis maximal 10 m) ausgezeichnet sind, wurden Untersuchungen durchgeführt. Im Tal der Schwarzen Sulm zwischen St. Martin i. S. und Schwanberg wurden im Jahre 1973 insgesamt 6 Bohrungen niedergebracht, wovon aber nur 3 mit Filterrohren von 200 mm ∅ ausgebaut wurden. Nur ein Pumpversuch, und zwar bei Kerschbaum, zeigte ein Ergebnis in Form einer gewinnbaren Wassermenge von 2 bis 3l/s. Für diesen, sowie einen zweiten, leider erfolglosen Pumpversuch bei Moos, wurden insgesamt 15 Pegelrohre hergestellt.

In diesen Tälern spielt die Wasserqualität, vor allem der Chemismus, eine große Rolle. Ein hoher Eisengehalt macht diese Grundwässer häufig unbrauchbar für die Verwendung als Trinkwasser. Die Grundwassererschließung hat also in diesen Bereichen sowohl in quantitativer als auch qualitativer Hinsicht mit rasch wechselnden Gegebenheiten und mit insgesamt unbefriedigenden Ergebnissen zu rechnen. Ähnliches zeigte sich auch im Kainachtal.

Ein weiteres Untersuchungsprogramm umfaßte das Kainachtal von Mooskirchen bis Weitendorf sowie seinen Mündungsbereich ins Grazerfeld. Im Zuge dieses Programmes wurden in den Jahren 1974 bis 1975 insgesamt 16 Bohrungen mit einer Verrohrung von 200 mm Nennweite hergestellt. Anschließend wurden an 11 Bohrungen Pumpversuche durchgeführt. Nur bei zwei Versuchsbohrungen rechtsufrig der Kainach bei Muttendorf konnte einwandfreies Grundwasser in einer Menge von rund 10 l/s nachgewiesen werden, ohne daß es gelang, den Bereich genau abzugrenzen. Die ufernahe Lage zur Kainach mahnt dabei zur Vorsicht bezüglich einer Verwendung. Vier Bohrungen dieses Programms liegen bereits im südwestlichen Grazerfeld, und zwar nördlich und südlich der Ortschaft Weitendorf. Dort brachte nur eine Bohrung südlich von Weitendorf ein akzeptables Ergebnis, rund 8 l/s, in einwandfreier Qualität.

Es wird nochmals bemerkt, daß auch bei den systematischen Untersuchungen die Reihenfolge vom Interesse und Bedarf der Gemeinden abhängig war, da die beschränkten Mittel immer nur die Bearbeitung begrenzter Talabschnitte erlauben. Gerade im unteren Murtal wurde im Hinblick auf das oststeirische Wassermangelgebiet der längste zusammenhängende Talabschnitt, und zwar der von Spielfeld bis Radkersburg, bearbeitet.

Nach diesem kurzen Überblick über die vom Referat für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung durchgeführten Grundwasseruntersuchungen soll, nach Darlegung der Ziele dieser Untersuchungen, die Methodik dargestellt und über die, für das Murtal und Mürztal allgemein gültigen, bisher gewonnenen Erkenntnisse referiert werden.

3 Die Ziele der Untersuchungsarbeiten

Da alle vom Referat für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung durchgeführten Untersuchungen bei positivem Ausgang letztlich ein nutzbares Grundwasservorkommen nachweisen, muß die Untersuchung bereits auf eine zukünftige Nutzung abgestimmt werden. Dabei ist immer davon auszugehen, daß Wassergewinnungsanlagen für die Trinkwasserversorgung ständig und auf Dauer Wasser in ausreichender Menge und einwandfreier Qualität liefern müssen. Wird eine Wasserversorgungsanlage geplant und ist als Wasserspender ein Brunnen, der Talgrundwässer erschroten soll, vorgesehen, so ergeben sich daraus für die Projektierungsarbeiten weitere, ganz bestimmte, konkrete Fragen über die Eignung und Beschaffenheit des dafür vorgesehenen Grundwasservorkommens. Die erste, wichtigste und immer auftretende Frage ist die der dauernd gewinnbaren Wassermenge, also einer Wassermenge, die laufend regeneriert wird.

So haben sich im Laufe der Zeit bei den systematischen Untersuchungen (Abschnitt 2.2) zwei aufeinanderfolgende Ziele ergeben, und zwar:

1. Die Schaffung eines Überblickes über die Grundwasservorkommen mit einer generellen Charakteristik unter Angabe der gewinnbaren Wassermenge, wie z. B. im Raume St. Stefan o. L.
2. Die Fortführung der Untersuchungen bis zur Festlegung von Brunnenstandorten, einschließlich der zu erwartenden Ergiebigkeiten, hydrogeologischen Grundlagen für die Ausführung des Bauwerkes und der Parameter für die Abgrenzung der Brunnenschutzgebiete, wie z. B. im südöstlichen Grazerfeld. Dieses zweite Ziel erfordert die konsequente Fortführung der Untersuchungen nach Punkt 1., wobei zahlreiche weitere Einzelergebnisse gewonnen werden müssen.

Die Frage nach dem Standort eines Brunnens kann natürlich nicht nur allein nach den hydrogeologischen Gegebenheiten beantwortet werden. Hier sind Verbauung, Verkehrsweg etc., also alle Arten der Bodennutzung, bestimmend und schränken die Möglichkeit der Grundstücksbeschaffung für die Grundwassernutzung ein, so daß die Platzwahl für den Brunnen zum schwierigst zu lösenden Problem wird. Die Auswahl des Standortes soll daher mit der Raumplanung abgestimmt sein. Bei der Errichtung einer derartigen Wassergewinnungsanlage geht es ja nicht nur um den geringen Raumbedarf für die Brunnenanlage selbst, sondern vor allem um die Flächen für die Brunnenschutzgebiete. Heute ist es notwendig, die vom engeren Brunnenschutzgebiet beanspruchten Grundstücke zu erwerben, da sie bei den derzeit üblichen Vorschreibungen vom Eigentümer praktisch nicht mehr genutzt werden können. Es sei nur erinnert, daß eine der wesentlichsten Vorschreibungen für engere Brunnenschutzgebiete jede Verletzung des sogenannten „gewachsenen Bodens" verbietet. Selbstverständlich ist auch immer ein Bauverbot ausgesprochen.

Für die Festlegung der räumlichen Ausdehnung von Schutzgebieten sind Strömungsrichtung und Fließgeschwindigkeit des Grundwassers die wichtigsten Kriterien. Nach den Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete (DVGW. Technische Regeln, Arbeitsblatt W 101, Februar 1975) des Deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern wird für die, ungefähr unserem weiteren Schutzgebiet entsprechende Schutzzone II die sogenannte 50-Tage-Grenze gefordert. Dies bedeutet, daß das Grundwasser von der Grenze dieser Schutzzone bis zu seinem Eintreffen in der Fassungsanlage noch 50 Tage im Untergrund verweilen soll. Bei

hohen Fließgeschwindigkeiten des Grundwassers kann sich daraus ein enormer Flächenbedarf ergeben.

Grundsätzlich kann daher festgestellt werden, daß aus nachstehenden Gründen eine sehr sorgfältige Abgrenzung von Schutzgebieten unbedingt notwendig ist. Eine Trinkwassergewinnungsanlage entspricht nur dann den Erfordernissen, wenn, wie bereits erwähnt, ständig und auf Dauer Wasser einwandfreier Beschaffenheit und ausreichender Menge gewonnen werden kann. Zur Erhaltung der geforderten Qualität und Quantität der Grundwasservorkommen ist aber die Einrichtung von Schutzgebieten unbedingt erforderlich, die eine dafür ausreichende Größe haben müssen. Weiters ist die Einrichtung solcher Schutzgebiete meist mit einem großen Flächenbedarf verbunden, der wieder entsprechend große Kosten verursacht, so daß auch eine Überdimensionierung aus Kostengründen vermieden werden muß. Daraus folgt, daß gerade die diesbezüglichen Kriterien, die auch die Mächtigkeit und Beschaffenheit der den Grundwasserspiegel überdeckenden Gesteinsschicht — meist kurz „Deckschicht" bezeichnet — umfaßt, besonders sorgfältig zu untersuchen sind.

Zusammenfassend ergibt sich, daß von der Hydrogeologie für die Errichtung einer Brunnenanlage folgende Angaben über das dafür vorgesehene Grundwasservorkommen verlangt werden:

1. Ausdehnung, Mächtigkeit und Beschaffenheit des Grundwasserleiters samt Abgrenzung des Einzugsgebietes,
2. Beschaffenheit und Formung der Grundwassersohle (Relief),
3. Beschaffenheit und Mächtigkeit der Deckschicht über dem Grundwasserspiegel,
4. Fließrichtung und Fließgeschwindigkeit des Grundwassers sowie Ausmaße der Schwankungen des Grundwasserspiegels,
5. gewinnbare Wassermenge unter Berücksichtigung der Regeneration,
6. günstige Brunnenstandorte.

Auch bezüglich der chemischen und bakteriologischen Beschaffenheit des Grundwassers, die meist im Zuge der hydrogeologischen Untersuchung erfaßt wird, hat sich der Geologe zumindest um die Auswahl der Stellen für die Probenahme zu kümmern, da diese für einen größeren Bereich repräsentativ sein und zu einer Gesamtbeurteilung des Vorkommens führen sollten.

Bei der Auswahl von Brunnenstandorten ist unter den hydrogeologischen Gegebenheiten besonders auf zwei Kriterien zu achten, und zwar auf die Mächtigkeit und die Durchlässigkeitsverhältnisse (k_f-Werte) des Grundwasserleiters. So wünschenswert es ist, den Brunnen im Bereich der größten Mächtigkeit des Grundwasserleiters — der Tiefenrinne in der Grundwassersohle — zu situieren, darf doch nicht auf die k_f-Werte vergessen werden. Nur Bereiche mit günstigen k_f-Werten lassen ergiebige Brunnen erwarten. Der Standort eines Brunnens wird daher heute immer durch einen Kompromiß zwischen verschiedenen Forderungen (Tiefenrinne, k_f-Wert, freie Flächen für Schutzgebiete, Entfernung von der Vorflut, Strömungsverhältnisse) bestimmt.

4 Die zur Verfügung stehenden Untersuchungsmethoden

Im Laufe der früher geschilderten Untersuchungen wurde nun eine größere Zahl von Methoden ausprobiert und allmählich eine mehr oder weniger einheitliche Vorgangsweise für die Durchführung einer Grundwasseruntersuchung für den speziellen Typ eines alpinen Flußtales, wie es das Murtal oder Mürztal darstellt,

gefunden. Hiebei ist für engere Talabschnitte, wie z. B. das Murtal bei St. Stefan o. L. und breite Talbecken, wie das Leibnitzerfeld, zum Teil eine unterschiedliche Vorgangsweise notwendig. Es sei darauf verwiesen, daß H. SCHNEIDER (1973) eine umfassende Darstellung aller heute zur Verfügung stehenden Untersuchungsmethoden gibt, hier aber nur einige davon behandelt werden.

4.1 Erhebung der Unterlagen, Kartierung und Brunnenerhebung

Ist nun ein Talabschnitt für die Untersuchung ausgewählt, so muß zuerst die talabwärtige und talaufwärtige Grenze mehr oder weniger willkürlich fixiert werden. Hiefür eignen sich von den Naturgegebenheiten her vor allem Engstellen. Die seitliche Grenze der Untersuchung ist meist durch die Grenze zwischen dem Grundwasserleiter (Quartär) und auftauchendem Grundgebirge gegeben. Für das Untersuchungsgebiet müssen nun alle vorhandenen geologischen Karten ausfindig gemacht werden. Diese sind hernach, wenn nötig, durch eine quartärgeologische Kartierung zu ergänzen. Für das Untersuchungsgebiet ist sodann eine hydrogeologische Arbeitskarte herzustellen, für die vor allem das Grundgebirge vereinheitlichend zusammenzufassen ist. Demgegenüber ist aber eine möglichst gute Differenzierung der quartären Ablagerungen von Vorteil; dabei ist vor allem auf eine genaue Ausscheidung von Terrassen und Schwemmkegeln, da diese oft besondere Grundwasserbereiche darstellen, zu achten. Wenn möglich, sollten auch Altarme und Mäander regulierter Flüsse kenntlich gemacht werden; Karstbereiche im Grundgebirge sind besonders zu beachten.

Gleichlaufend mit diesen Arbeiten sollen Erkundigungen über die in diesem Gebiet abgeteuften Bohrungen durchgeführt und die Bohrprofile ausfindig gemacht werden, wobei meist Bohrergebnisse von Straßen- und Brückenbau erhältlich sind. Dadurch ist es möglich, erste Anhaltspunkte über die Mächtigkeit des Grundwasserleiters zu erhalten und weiters die Tiefe der später notwendig werdenden Bohrungen für die Einholung der Anbote abzuschätzen. Die Untersuchungsergebnisse bzw. Erfahrungen bei bestehenden größeren Brunnenanlagen können weitere wertvolle Hinweise über die hydrogeologischen Verhältnisse liefern. Vor Fertigstellung der hydrogeologischen Arbeitskarte ist im gesamten Talabschnitt eine Brunnenerhebung durchzuführen, wobei auch die Hausbrunnen, wenn nicht lückenlos so doch generell, zu erfassen sind. Diese Erhebung gibt den ersten Überblick über die Grundwasserführung, insbesondere aber über die Lage des Grundwasserspiegels. Außerdem wird dadurch erst die Einrichtung eines Grundwasserbeobachtungsnetzes ermöglicht. Nach Sammlung dieses Materials kann eine erste hydrogeologische Beurteilung erfolgen und ein Untersuchungsprogramm erstellt werden.

4.2 Einrichtung und Betrieb des Grundwasserbeobachtungsnetzes

Aufgrund der oben erwähnten Brunnenerhebung sind nun eine größere Anzahl von Brunnen für regelmäßige Messungen des Grundwasserspiegels auszuwählen und, wenn notwendig, durch Aufschlußbohrungen, die verrohrt werden, zu ergänzen. Die Auswahl hat folgendermaßen zu erfolgen:

a) Prüfung der bestehenden Brunnen bezüglich ihrer Eignung zum Einbau eines Meßgerätes. Erhebung von Durchmesser, Tiefe und Brunnenart (Schachtbrunnen, Bohrbrunnen) sowie der installierten Pumpen und ihres Betriebes.

b) Rücksichtnahme auf geologische Grenzen, insbesondere Grenzen von Terrassen und Schwemmfächern.
c) Anordnung der Meßpunkte in Dreiecken, um Grundwassergleichen konstruieren zu können.

Die rasche Einrichtung des Meßstellennetzes ist notwendig, um einen möglichst langen (mehrjährigen) Beobachtungszeitraum zu erhalten. Es sollen ja für die Beurteilung eines Grundwasserfeldes möglichst extreme Wasserstände erfaßt werden. Ist die Dichte des Netzes für die Konstruktion von Grundwassergleichen zu gering, so können zumindest die Bewegungen des Grundwasserspiegels genau erfaßt und beschrieben sowie die Abhängigkeit vom Vorfluter untersucht werden, wie es I. Arbeiter (1976) zeigt.

Sind nun die Meßstellen ausgewählt, so kann für die laufende Beobachtung ein einfaches Meßgerät eingebaut werden. Hiefür eignet sich das von der Steirischen Hydrographischen Landesabteilung entwickelte Gerät besonders gut. Dieses Gerät besteht aus einer Rolle, die in einem Rohrstutzen befestigt ist und über die ein Maßband mit Schwimmer und Gegengewicht läuft. Der Rohrstutzen wird meist in die Brunnenabdeckplatte eingebaut. Bei Rohrbrunnen kann die Rolle im Standrohr montiert werden. An diesen Meßstellen soll nun durch örtliche Beobachter — meist die Eigentümer der Brunnen oder der Grundstücke, auf denen sich die Versuchsbrunnen befinden — ein- oder zweimal wöchentlich das sogenannte Abstichmaß (von Rohroberkante bis Brunnenwasserspiegel) abgelesen und listenmäßig festgehalten werden. Einmal monatlich ist eine Kontrolle mit Kabellichtlot angebracht, um die Meßeinrichtung zu überprüfen.

Um eine möglichst lückenlose Aufzeichnung des Ganges des Grundwasserspiegels zu erhalten, ist die Einrichtung einiger automatischer Meßstationen wünschenswert. Davon soll zumindest für jeden vermuteten eigenen Grundwasserbereich (Terrassen, holozäne Fluren etc.) je eine Station errichtet werden. Gut bewährt hat sich vor allem der Vertikalregistrierpegel z, mit elektrischem Uhrwerk und 32 Tagen Umlaufzeit für den Registrierstreifen. Die Montage erfolgt nach Möglichkeit in verrohrten Bohrungen mit einem Durchmesser von mehr als 100 mm oder in ungenutzten Schachtbrunnen.

Insgesamt wird in der Steiermark bei Grundwasseruntersuchungen des Referates für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung die Einrichtung des Meßstellennetzes und sein Betrieb nach den Richtlinien der Hydrographischen Landesabteilung durchgeführt. Bei den nicht automatisierten Meßstellen erfolgt die Ablesung durch örtliche Beobachter jeden Montag und Donnerstag. Einer ministeriellen Weisung entsprechend, wurde im Jahre 1977 von der Hydrographischen Landesabteilung die Ablesung an einer Anzahl von Meßstellen auf einmal pro Woche reduziert.

Faßt man zusammen, so dient die Grundwasserbeobachtung im Zuge einer großräumigen Untersuchung nachfolgend angeführten Zwecken:

a) Erfassung der Bewegung des Grundwasserspiegels; dieser kommt bei geringmächtigen Grundwasserleitern eine erhöhte Bedeutung zu, da ein starkes Absinken des Grundwasserspiegels zu einer nicht kompensierbaren Ergiebigkeitsminderung führt.
b) Erfassung der Strömungsverhältnisse des Grundwasserspiegels durch Konstruktion der Grundwassergleichen.
c) Erfassung der Beeinflussung des Grundwassers durch Vorfluter (wobei auch diese mit Pegel zu versehen sind) oder in Betrieb befindliche Grundwasserentnahmen.

d) Erfassung der Grundwasserneubildung aus den Bewegungen des Grundwasserspiegels.
e) Erfassung der Überforderung eines Grundwasservorkommens durch dauernde Entnahme mit Hilfe langjähriger regelmäßiger Messungen.

Zu Punkt d) wird auf das von O. BURRI (1960) entwickelte Verfahren zur Ermittlung der Grundwasserneubildung aus den Bewegungen des Grundwasserspiegels verwiesen. Diese Methode wurde in der Steiermark bisher nur einmal, und zwar von J. ZÖTL (1968) für das Leibnitzerfeld angewandt. Diese Methode kann als „Einzelverfahren" mit einer Summierung aller Bewegungen des Grundwasserspiegels oder als „summarisches Verfahren" mit einer generalisierten Ganglinie, die nur die Maxima und Minima des Jahresganges berücksichtigt, durchgeführt werden. Eine Grundbedingung für dieses Vorhaben ist die Kenntnis der Wasseraufnahmefähigkeit des Untergrundes (nutzbarer Hohlraumgehalt). Auf diese Art wurde von J. ZÖTL für das Leibnitzerfeld ein je nach Talbereichen (Terrassen) und Niederschlägen, also örtlich und zeitlich unterschiedlicher Grundwasserzugang ermittelt.

4.3 Bohrungen und ihr Ausbau zu Versuchsbrunnen

Wie die erwähnten Brunnenerhebungen meist zeigen, sind von vornherein weder eine genügende Anzahl Brunnen, um ein ausreichend dichtes Meßstellennetz einrichten, noch ausreichend kalibrierte Brunnen, um große Pumpversuche mit hohen Fördermengen durchführen zu können, vorhanden. Es ist daher die Herstellung von Pegeln und Versuchsbrunnen notwendig. Weiters sind die räumliche Ausdehnung und Mächtigkeit des Grundwasserleiters sowie die Beschaffenheit der Grundwassersohle möglichst genau zu erfassen. Bezeichnet man diese räumlichen Verhältnisse als „Geometrie des Grundwasserleiters", so kann diese nur durch Bohrungen ausreichend sicher erfaßt und durch geophysikalische Messungen ergänzt werden.

Im Gegensatz zur Baugrundgeologie hat die Bohrung bei Grundwasseruntersuchungen sohin nicht nur ein möglichst gutes Bohrprofil, sondern auch und vor allem einen möglichst großkalibrigen Aufschluß des Grundwassers zu liefern, so daß neben Wasserspiegelmessungen und Probenahmen für chemisch-bakteriologische Wasseruntersuchungen auch Unterwasserpumpen mit großen Förderleistungen (zumindest einige 10 l/s) für Pumpversuche eingebaut werden können. Dies macht den Ausbau der Bohrungen mit einer dauerhaften Verrohrung notwendig. Vor allem, wenn Pumpversuche beabsichtigt sind, ist weiters die Einbringung von Filterkies zwischen Bohrlochwand und Verrohrung erforderlich, was wiederum eine weitere Vergrößerung des Bohrkalibers bedingt. Eine derart ausgestaltete Bohrung kann zumindest für den Zeitraum des Pumpversuches als Versuchsbrunnen bezeichnet werden, da sie in diesem Fall zu dauernden Wasserentnahmen geeignet ist.

Zusammenfassend haben die Bohrungen bei einer Grundwasseruntersuchung nachfolgende Aufgaben zu erfüllen:
a) Möglichkeit für die Herstellung eines Filterrohrbrunnens (Versuchsbrunnens) zur Durchführung von Pumpversuchen und zur Einrichtung von Meßstellen. (Messung des Grundwasserspiegels, Entnahme von Wasserproben etc.).
b) Lieferung eines Bohrprofils, eventuell unter Einsatz von Bohrlochgeophysik. (Anschlußpunkt für geophysikalische Messungen wie Refraktionsseismik oder Geoelektrik).

c) Lieferung von Bodenproben für Laboruntersuchungen (k_f-Wert, Porenvolumen, Kornverteilung).

Es soll hier ausdrücklich darauf verwiesen werden, daß einerseits zur Erfassung der Mächtigkeit des Grundwasserleiters und andererseits zur Herstellung eines „vollkommenen Brunnens" die jeweilige Bohrung bis zur Grundwassersohle abgeteuft werden muß. Nur Pumpversuche an einem „vollkommenen Brunnen" bei gleichzeitiger Kenntnis des gesamten durchströmten Talquerschnittes (Geometrie des Grundwasserleiters) erlauben die mathematische Erfassung der dauernden Ergiebigkeit eines Grundwasservorkommens bzw. des Grundwasserdurchsatzes in einem bekannten Talquerschnitt.

Die Verrohrung soll Sumpfrohre mit Bodenkappe, Filterrohre und Aufsatzrohre umfassen, wobei letztere über Terrain zu führen sind (Standrohr). Gerade bei Pumpversuchen sind Sumpfrohre für den Einbau der Pumpen wünschenswert. Das Sumpfrohr soll knapp ober der Grundwassersohle beginnen und in diese reichen. Das Filterrohr soll ungefähr bis zu einer angeschätzten tiefen Grundwasserspiegellage führen. Der Schwankungsbereich muß nicht verfiltert werden. Wichtig ist die Einbringung eines Lehmschlages zwischen Bohrlochwand und Verrohrung bis ca. 2 m unter Terrain, um das Eindringen von Verunreinigungen hintanzuhalten. Selbstverständlich dürfen verschließbare Brunnenabdeckkappen nicht vergessen werden.

Es sollen hier aber auch noch einige Worte zur Auswahl der Bohrmethode gesagt werden. Geht man davon aus, daß in den bisher untersuchten Talabschnitten des Mur- und Mürztales nach einer sandig-lehmigen Deckschichte ein Komplex von Schottern, Kiesen und Sanden mit einzelnen großen Geröllen oder kaum gerundeten Blöcken (ab ca. 20 cm ∅) — die als Findlinge bezeichnet werden — sowie Konglomeratbänken folgen, so ist bei den notwendigen großen Bohrkalibern (ca. 300 mm ∅) die Schlagbohrung zu bevorzugen. Gerade in diesen porösen Lockermaterialien ist bei Verwendung einer Spülflüssigkeit für eine Rotationsbohrung ein zu großer Spülungsverlust zu befürchten. Weiters ist im Hinblick auf den späteren Einbau der Verrohrung die Verwendung von Bohrrohren vorteilhaft. Der Einsatz von Dickspülungen mit hohem spezifischen Gewicht ist im Hinblick auf die Funktion als Brunnen problematisch.

Die hauptsächlichen Schwierigkeiten mit der Schlagbohrung treten beim Antreffen von Findlingen auf, die oft schon fälschlicherweise als Grundwassersohle (Festgestein) angesprochen wurden und zum vorzeitigen Abbruch der Bohrarbeiten führten. In diesen Fällen wird eine zu geringe Mächtigkeit des Grundwasserleiters festgestellt. Weiters ist bei Schlagbohrungen, in der aus Festgesteinen bestehenden Grundwassersohle, mit einem besonders langsamen Bohrfortschritt und mit erhöhten Kosten durch Meißelarbeit zu rechnen. Erwartet man als Grundwassersohle sehr harte Festgesteine, so sollte man zum Nachweis derselben ab Liegendgrenze der Lockergesteine ca. 1 bis 2 m Kernbohrung vorsehen. Insgesamt ist es angezeigt, die Grundwassersohle mindestens über eine Strecke von 1—2 m durch die jeweilige Bohrung zu erschließen, um sie sicher nachzuweisen. Im Zuge des Ausbaues einer Bohrung mit Filterrohren wird diese Strecke in der Grundwassersohle ohnehin für den Einbau der Sumpfrohre benötigt. Die obigen Zahlenangaben sind für das Mur- und Mürztal zutreffend, werden aber bei anderen geologischen Verhältnissen entsprechend abzuändern sein.

Abschließend sei noch auf die zusammenfassende Darstellung der Bohrmethoden und der Ausbaumöglichkeiten von Versuchsbrunnen und Pegelrohren, die E. Bieske (1965) in seinem Handbuch des Brunnenbaues gibt, verwiesen.

4.4 Refraktionsseismik

Dieser Abschnitt soll kurzgehalten werden, da über die Anwendungsmöglichkeit und Aussagekraft dieser Methode eine eingehende Darstellung von F. WEBER (1976) vorliegt, die auch einen Überblick über die bisher bearbeiteten Talabschnitte in der Steiermark bietet.

Grundsätzlich soll aber festgestellt werden, daß refraktionsseismische Messungen nur in Kombination mit Bohrungen eine ausreichend sichere Zuordnung der einzelnen Gesteinsschichten (lehmige Deckschicht, trockener und grundwasserführender Lockergesteinskörper, Grundwassersohle) ermöglichen. Die seismischen Meßergebnisse sind daher sozusagen am Bohrprofil, für dessen Qualität der Geologe verantwortlich ist, zu eichen. Weiters empfiehlt es sich, dem Geophysiker möglichst gute Unterlagen, insbesondere Karten über das Grundgebirge — also den Festgesteinsrahmen —, das unter dem Grundwasserleiter folgt und die Grundwassersohle bildet, zu geben. Es können dann von der Seismik Angaben über die Lithologie der Grundwassersohle erwartet werden. Hier ist besonders das Erkennen und die Abgrenzung klüftiger Gesteine oder von Karbonatgesteinen von Vorteil. Gerade die Kenntnis von Karbonatgesteinen ist hinsichtlich der Feststellung allfälliger Karsteinflüsse besonders wichtig.

Bei den refraktionsseismischen Messungen für das Referat für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung erfolgte die Auswertung bisher immer in dreifacher Hinsicht mit Darstellung in nachfolgend angeführten Karten:

a) Relief des Grundgebirges bzw. praequartären Untergrundes (Formung der Grundwassersohle)
b) Mächtigkeitskarte des Quartärs (Lockergesteinskörper)
c) Isogeschwindigkeitskarte des Grundgebirges bzw. der Grundwassersohle (Lithologie des Grundgebirges).

Weiters sind meist noch Längs- und Querprofil den Linien der Schußpunkte folgend angeschlossen, die die lithologischen Verhältnisse ausweisen. Diese Karten schließen die Lücken zwischen den punktförmigen Aufschlüssen der Bohrungen und lassen aufgrund der flächenhaften Darstellung unter Einbeziehung von Quer- und Längsprofilen des Tales ein räumliches Bild des Grundwasserleiters entstehen.

Für den mit einer Grundwasseruntersuchung befaßten Geologen ist es wichtig zu wissen, daß — falls die Mächtigkeit eines Horizontes (z. B. der Grundwasserleiter) in Relation zum Hangenden bzw. Liegenden einen bestimmten kritischen Wert unterschreitet — dieser nicht mehr unterschieden werden kann. Bei geringen Quartärmächtigkeiten (wenige Meter) treten daher bei der Interpretation der Messungen Schwierigkeiten auf.

H. JANSCHEK (1969) zeigt diese Schwierigkeiten anhand der Messungen im Übelbachtal. Dort gelangt er erst durch Korrekturen bzw. zusätzliche Annahmen zur Ausscheidung einer geringmächtigen grundwasserführenden Lockergesteinsschicht, die bei „oberflächlicher Interpretation" unterdrückt worden wäre. Weitere Schwierigkeiten sind in Engtälern zu erwarten, da es dort zu Reflexionen von den Talflanken kommen kann, so daß Tiefenrinnen in der Grundwassersohle nicht erfaßt werden können. Aus all diesem ergibt sich klar die Wichtigkeit von Bodenaufschlüssen für die Interpretation der seismischen Messungen. Bei der Interpretation sind jedenfalls die geologischen Grundkenntnisse über das jeweilige Gebiet unbedingt zu berücksichtigen.

Selbstverständlich soll die Linienführung der seismischen Profile auf die jeweilige hydrogeologische Fragestellung (Talquerschnitt zur Ermittlung des

Grundwasserdurchsatzes) abgestimmt und nach Möglichkeit einvernehmlich zwischen Geophysiker und Geologen festgelegt werden. Es sei hier noch darauf verwiesen, daß Verkehrswege, elektrische Leitungen und verbaute Flächen Störfaktoren darstellen, die gerade in engen Talabschnitten die Anwendungsmöglichkeit dieser Methode einengen, ja überhaupt vereiteln können.

4.5 Pumpversuche und ihre Auswertung

Um die Ergiebigkeit eines Grundwasservorkommens festzustellen, ist derzeit der Pumpversuch am besten geeignet. Es werden dafür eine oder mehrere möglichst großkalibrig verrohrte Versuchsbohrungen, die den gesamten Grundwasserleiter bis zur Grundwassersohle erschließen, herangezogen. In der Folge werden zur gegenseitigen Überprüfung meist mehrere Leistungsstufen mit zunehmender Fördermenge, die in Abhängigkeit von den technischen Möglichkeiten nach Erfahrungen in ähnlichen Fällen geplant werden sollen, gefahren. Der Betrieb der einzelnen Leistungsstufen wird dabei solange aufrechterhalten, bis bei einer konstanten Entnahmemenge die Absenkung des Brunnenwasserspiegels über einen längeren Zeitraum gleich bleibt. Um zu möglichst genauen Ergebnissen zu gelangen, werden meist einige kleinkalibrige Pegelrohre hergestellt (wenige cm ∅), die in der Strömungsrichtung bzw. Richtung des Gefälles des Grundwasserspiegels und senkrecht dazu, in verschiedenen Abständen, angeordnet werden. Diese Pegel sollen den durch die Wasserentnahme erzeugten Absenkungstrichter des Grundwasserspiegels erfassen. Diese Pegel brauchen die Grundwassersohle nicht zu erreichen, nur muß die Absenkung des Grundwasserspiegels in Brunnennähe berücksichtigt werden.

Um den Stationärzustand des Brunnenwasserspiegels bei den einzelnen Leistungsstufen zu erkennen, ist es notwendig, die durch die Entnahme unbeeinflußte Bewegungstendenz des Grundwasserspiegels zu kennen. Dafür ist zumindest eine im gleichen Grundwasserbereich aber außerhalb des Einflußbereiches des Versuchsbrunnens gelegene Pegelstation notwendig. Die Meßintervalle während des Pumpversuches sind zu Beginn des Versuches, während der Leistungssteigerung und nach Beendigung des Pumpversuches (Aufspiegelung) möglichst klein zu halten. Im übrigen sind die Meßintervalle der Geschwindigkeit, der Änderung der Lage des Grundwasserspiegels jeweils anzupassen bzw. so zu wählen, daß die Absenkung und Aufspiegelung des Wasserspiegels sowohl in ihrer Amplitude als auch in ihrer zeitlichen Abfolge möglichst genau festgehalten wird.

Aus den Meßergebnissen (Absenkung und Aufspiegelung des Wasserspiegels im Versuchsbrunnen und in den Pegelrohren) kann nun nach verschiedenen Verfahren auf mathematischem Wege der k_f-Wert und die Transmissibilität des Feldes ermittelt werden. Außerdem stellt natürlich jeder Pumpversuch einen Leistungstest für den jeweiligen Versuchsbrunnen dar.

Der aus einem Pumpversuch gewonnene k_f-Wert ist ein aus dem Einzugsbereich des Brunnens resultierender Mittelwert, der Inhomogenitäten innerhalb des Grundwasserleiters nicht gesondert ausweist.

Dieser k_f-Wert erlaubt nun weiters, wie im nächsten Abschnitt gezeigt wird, nach Bestimmung des Gefälles des Grundwasserspiegels und der Porosität des Grundwasserleiters, die mathematische Feststellung einer mittleren Fließgeschwindigkeit des Grundwassers. Diese ist jedoch heute für die Abgrenzung von Schutzgebieten nicht immer als ausreichend anzusehen, da bevorzugte Wasserbah-

nen, die sich bei Markierungsversuchen in der sogenannten maximalen Fließgeschwindigkeit manifestieren, dabei nicht berücksichtigt werden.

Ist nun aufgrund von Bohrungen und seismischen Untersuchungen der vom Grundwasser durchströmte Talquerschnitt bekannt, so läßt sich mit Hilfe des k_f-Wertes die durchziehende Grundwassermenge (Grundwasserdurchsatz) ermitteln. Auch die bei Vorhandensein eines Pegelnetzes bestimmbare Einzugsbreite eines Brunnens kann zumindest in flächenmäßiger Hinsicht mit der Breite des Tales im Querschnitt des Brunnens verglichen werden, wobei sich dann zeigt, ob der gegenständliche Brunnen bereits die gesamte Talbreite als Einzugsbereich benötigt oder nicht.

Zur Mengenmessung des geförderten Grundwassers während der Pumpversuche sei vermerkt, daß diese im Hinblick auf die oft beträchtliche Sandförderung aus derartigen Versuchsbrunnen am besten mittels eines Meßkastens mit Tauchwänden zur Beruhigung des Wasserspiegels und einem Rechtecküberfall erfolgt. In den Meßkasten kann sich der Feinsand absetzen und ist überdies auch mengenmäßig kontrollierbar. Die genaue Messung der Sandförderung erfolgt mittels eines Absetzglases.

Bei Pumpversuchen ist auch die chemisch-bakteriologische Untersuchung des geförderten Wassers einzuplanen. Je nach Länge des Pumpversuches kann eine einmalige Probenahme nicht ausreichen. Diese muß während verschiedener Leistungsstufen bzw. unmittelbar vor Beendigung des Pumpversuches wiederholt werden. Eine Änderung der chemischen Beschaffenheit läßt Auswirkungen allfälliger Verunreinigungen im Einzugsbereich bzw. die Beanspruchung entfernterer, anders beschaffener Grundwasserbereiche erkennen. Die laufende Kontrolle der Wassertemperatur und der elektrolytischen Leitfähigkeit kann diesbezüglich erste Hinweise geben.

Bei Pumpversuchen muß auch darauf geachtet werden, daß das geförderte Wasser nicht im Einzugsbereich des Versuchsbrunnens zur Versickerung gelangt und so ein „Kreislauf" entsteht. Abschließend wäre hier noch zu vermerken, daß die chemischen und bakteriologischen Untersuchungen der Grundwässer bei allen Untersuchungsprogrammen von der Fachabteilung Ia, Referat für Gewässergüteaufsicht, ausgeführt werden.

4.6 Messung der Fließgeschwindigkeit und Strömungsrichtung des Grundwassers

Zur Messung der Fließgeschwindigkeit und Strömungsrichtung des Grundwassers stehen heute mehrere Methoden zur Verfügung. Die Auswahl der Methoden soll aufgrund ihrer Vor- und Nachteile, vor allem nach den jeweiligen Verhältnissen im Untersuchungsgebiet, erfolgen. In der Folge sollen nun die einzelnen Methoden kurz dargelegt werden. Hiezu wird noch ausgeführt, daß es sich dabei um die vielfach als „Abstandsgeschwindigkeit" bezeichnete Bewegung des Grundwassers handelt, die nach A. Wechmann (1964) die Geschwindigkeit des Grundwassers zwischen zwei in der Bewegungsrichtung gelegenen Punkten ist.

4.6.1 Der Markierungsversuch

Diese Methode ist wohl die älteste und daher erprobteste Methode. Sie bedarf eines für die Einspeisung des Markierungsmittels ausreichend kalibrierten Pegels und grundwasserstromabwärts mehrerer Pegel zur Probenahme. Diese Pegel

werden meist in einem Kreissektor angeordnet, wobei dazu die Strömungsrichtung bzw. die Richtung des Gefälles des Grundwasserspiegels annähernd bekannt sein muß. Da als Markierungsmittel ursprünglich vor allem Farbstoffe, wie Rhodamin, Uranin oder Fluoreszein verwendet wurden, wird diese Methode vielfach auch als „Färbeversuch" bezeichnet. Die bisher am häufigsten verwendeten farblosen Markierungsmittel waren Kochsalz und Kalisalz, wobei der Durchgang auch durch Leitfähigkeitsmessungen festgestellt wurde.

Der Markierungsversuch stellt derzeit die sicherste aber bezüglich Versuchseinrichtung (Pegelrohre) aufwendigste Methode dar. Bei tiefliegendem Grundwasserspiegel ist sie daher auch kaum anwendbar, was letztlich der Anlaß zur Entwicklung der Einlochbohrmethode war.

Die Meßergebnisse bei Markierungsversuchen werden davon abhängen, inwieweit die Beschaffenheit des Grundwasserleiters zwischen der Einspeisungsstelle des Markierungsmittels und den Entnahmepegeln als repräsentativ für den zu beurteilenden Talbereich anzusehen ist. In sehr inhomogenen Grundwasserleitern, wie sie die Talfüllungen alpiner Flußtäler (Mur, Mürz usw.) darstellen, sind zumindest Distanzen von mehreren Metern anzustreben. Die Vergrößerung der Distanz zwischen Einspeisungsstelle und den Stellen für die Probenahme bringt andererseits aber größeren versuchstechnischen Aufwand, ja zum Teil sogar Schwierigkeiten mit sich. Bei geringen Abstandsgeschwindigkeiten werden sehr lange Beobachtungszeiträume notwendig und damit eine große Zahl von Wasserproben zur Untersuchung anfallen. Außerdem ist die Frage nach der notwendigen Menge des Markierungsmittels nur schwer zu beantworten.

Die Auswertung derartiger Versuche erfolgt in quantitativer Hinsicht durch eine Konzentrations-Zeit-Kurve. Dabei zeigt sich, daß in kiesig-sandigen Grundwasserleitern, wie sie in den hier behandelten Tälern vorliegen, generell zwei Abstandsgeschwindigkeiten unterschieden und gemessen werden können, und zwar:

a) die maximale Abstandsgeschwindigkeit nach dem Zeitpunkt des ersten Auftretens des Markierungsmittels in einem der Beobachtungspegel,
b) die mittlere Abstandsgeschwindigkeit nach dem Zeitpunkt des Auftretens des Konzentrationsmaximums des Markierungsstoffes in einem Pegel.

Diese beiden Geschwindigkeiten zeigen, daß an bevorzugten Wasserbahnen ein geringer Teil des Grundwassers der Hauptmasse desselben vorauseilt. Die maximale Abstandsgeschwindigkeit wird daher bei Fragen des Grundwasserschutzes, die mittlere bei Bestimmung der Durchflußmenge in einem bestimmten Talquerschnitt, also bei Fragen des Grundwasserdargebotes, zu verwenden sein.

Nach experimentellen Untersuchungen von W. Beyer (1964) kann die maximale Fließgeschwindigkeit beim Durchfluß durch ein poröses Medium fast doppelt so groß wie die mittlere Abstandsgeschwindigkeit sein. Dieses Ergebnis könnte für die Grundwasserleiter unserer Täler, die ja Porengrundwasserleiter darstellen, bis zum Vorliegen neuer Erkenntnisse als „Faustregel" verwendet werden. Ergebnisse von Färbeversuchen aus dem Mur- und Mürztal fügen sich gut in diese „Faustregel" ein.

4.6.2 Die Verdünnungsmethode

Um mit einem möglichst geringen Aufwand an Pegelrohren auszukommen, wurde die Einbohrlochmethode (W. Drost et al. 1972) entwickelt. Bei dieser Methode wird in einer „Filterstrecke", also in einer verrohrten Bohrung, ein

gewisser, nach oben und unten abgeschlossener Bereich bzw. ein Wasservolumen radioaktiv markiert und die Konzentrationsabnahme der Aktivität als Folge der Durchströmung gemessen. Daraus resultiert auch die zweite Bezeichnung „Verdünnungsmethode". Aus dem Konzentrations-Zeit-Diagramm wird die Filtergeschwindigkeit (V_f) ermittelt. Bei dieser Methode wird meist gleichzeitig die Strömungsrichtung mittels eines richtungsempfindlichen Detektors, der die räumliche Verteilung des radioaktiven Markierungsmittels feststellt, gemessen.

Die Nachteile dieser Methode bestehen in dem fast auf einen Punkt reduzierten Meßbereich. Dies kann durch die Anordnung mehrerer Meßbereiche oder Meßpunkte über die Teufenerstreckung des Grundwasserleiters zumindest einen teilweisen Ausgleich erfahren. Der Erfassung einer größeren Horizontaldistanz innerhalb des Grundwasserkörpers durch den Markierungsversuch (nach Abs. 4.6.1) steht die Möglichkeit zur Erfassung einer größeren Vertikaldistanz im Bohrloch durch die Einbohrlochmethode gegenüber.

Die für unsere Talbereiche wesentlichsten Nachteile bestehen jedoch in der auf einen Punkt beschränkten Aussage. Messungen an mehreren Bohrungen und kritische Abstimmung mit den hydrogeologischen Kenntnissen über das jeweilige Untersuchungsgebiet können dabei einen gewissen Ausgleich bringen.

Unsicherheiten bezüglich des Ergebnisses dieser Methode werden weiters von seiten der Hydraulik angemeldet. Die Auswirkungen des Kiesmantels der Bohrung sowie von Störungen im Boden in unmittelbarer Umgebung der Verrohrung durch die Bohrarbeiten oder durch das übliche Entsandungspumpen sind noch nicht vollständig geklärt.

Diese Methode wird daher vor allem bei sehr tief liegendem Grundwasserspiegel einzusetzen sein (Senkung der Kosten für Bohrungen).

Abschließend sei noch bemerkt, daß bei dieser Methode als Meßergebnis die Filtergeschwindigkeit (V_f) gewonnen wird und die Abstandsgeschwindigkeit (wahre Fließgeschwindigkeit V_w) erst nach der Beziehung

$$V_f = \varepsilon \cdot V_w$$

ermittelt werden muß. Die Größe ε stellt das Porenvolumen dar. Dieses wird, wie Gutachten der Bundesversuchs- und Forschungsanstalt Arsenal zeigen, vielfach nur angeschätzt. Hier ist es daher angezeigt, das Porenvolumen aus Bodenproben labormäßig zu ermitteln und so die Feststellung der Abstandsgeschwindigkeit wenigstens von dieser Seite her zu erhärten.

Bei der nach obzitierter Beziehung ermittelten Abstandsgeschwindigkeit handelt es sich nach W. Beyer (1964) um eine „mittlere Fließgeschwindigkeit". Bei Fragen des Grundwasserschutzes ist daher eine kritische Verwendung angebracht.

4.6.3 Indirekte Methoden zur Ermittlung der Fließgeschwindigkeit

Grundwasseruntersuchungen sind meist mit Pumpversuchen gekoppelt, deren Auswertung vor allem die Bestimmung des k_f-Wertes umfaßt. Ist nun der k_f-Wert bekannt, so läßt sich daraus die Filtergeschwindigkeit nach der Beziehung

$$V_f = k_f \cdot J$$

ermitteln; mit Hilfe der bereits erwähnten Beziehung

$$V_f = \varepsilon \cdot V_w \text{ bzw. } V_w = \frac{K_f \cdot J}{\varepsilon}$$

gelangt man dann endlich zur Abstandsgeschwindigkeit oder wahren Fließgeschwindigkeit. Dieses Ergebnis ist natürlich auch abhängig von der Genauigkeit der Ermittlung des Gefälles des Grundwasserspiegels (J) und des Porenvolumens (ε).

Wie Pläne der Grundwassergleichen aus Abschnitten unserer Täler zeigen, ist das Spiegelgefälle sehr unterschiedlich. Bezüglich des Porenvolumens kann man annehmen, daß es im Mur- und Mürztal generell zwischen 20 und 30% liegt. Nur in Ausnahmefällen wird es darüber oder darunter liegen. Die starke Variation dieser Faktoren in unseren Grundwasserfeldern führt dazu, daß hier immer Mittelwerte verwendet werden müssen. Diese Methode gestattet nur die Ermittlung einer „mittleren Abstandsgeschwindigkeit", die vor allem bei Fragen der Durchflußmenge Verbindlichkeit besitzt.

Bei dieser indirekten Methode wird es daher wesentlich sein, wie man zu den Werten für J und ε gelangt und für welchen Bereich des Grundwasserleiters diese letztlich Gültigkeit haben.

4.6.4 Messung der Strömungsrichtung des Grundwassers

Die bewährte Methode zur Bestimmung der Strömungsrichtung des Grundwassers ist die Konstruktion von Grundwassergleichen. Diese lassen sich aus zumindest drei Grundwasseraufschlüssen (hydrologisches Dreieck) bzw. Meßstellen gewinnen. Die Grundwassergleichen geben ein flächenhaftes Bild des Grundwasserspiegels und lassen sein Gefälle sowie die Strömungsrichtung erkennen. Es muß hier darauf aufmerksam gemacht werden, daß bei einem inhomogenen und daher anisotropen Grundwasserleiter, wie er in Alpentälern vorliegt, auch in der Vertikalen, ohne an der Lithologie erkennbarer Stockwerksgliederung, eine Änderung der Strömungsrichtung eintreten kann, die oft auch mit einer Änderung der Fließgeschwindigkeit verbunden ist.

Bei Konstruktion der Grundwassergleichen ist darauf zu achten, daß Meßstellen gleicher Grundwasserbereiche zu hydrologischen Dreiecken zusammengefaßt werden und dabei auf die Terrassengliederung bzw. auf lithologische und geomorphologische Unterschiede Rücksicht genommen wird. Die Verbindung von Meßpunkten über große Abstände oder geologische Grenzen (Terrassengrenzen) ist zu vermeiden.

Für die Abgrenzung der Grundwasserschutzgebiete sind gerade die auf diese Art ermittelten Isohypsenpläne gut geeignet, da sie ein flächenhaftes Bild geben. Je dichter das Meßstellennetz ist, desto eher werden kleine Differenzierungen der Strömungsrichtung erfaßt. Geht man davon aus, daß jede Verunreinigung von der Oberfläche her zuerst auf den Grundwasserspiegel trifft, so sind sicherlich vor allem die Strömungsverhältnisse im Bereich des Grundwasserspiegels für Schutzgebiete als maßgebend anzusehen. Bei Aussagen über zuströmende Wassermengen ist dagegen Vorsicht am Platze.

Als zweite Methode zur Ermittlung der Strömungsrichtung des Grundwassers dient ebenfalls die Verdünnungs- oder Einbohrlochmethode. Eine nach oben und unten abgeschlossene Wassersäule in einer verfilterten Bohrung wird mit einem radioaktiven Tracer markiert. Durch die Strömung des Grundwassers wird dieser Tracer allmählich verdünnt bzw. abtransportiert. Die Verteilung des Tracers im Boden bzw. die von der Filterstrecke ausgehende Tracerfahne wird, wie bereits erwähnt, durch einen richtungsempfindlichen Detektor gemessen. Hier erhält man nur punktförmige Angaben der Strömungsrichtung und muß daher — außer bei einem dichten Meßstellennetz — auf ein zusammenhängendes flächenhaftes Bild

verzichten. Als Vorteil ist dabei die Möglichkeit zur getrennten Erfassung verschiedener Teufenbereiche innerhalb eines Grundwasserleiters hervorzuheben. Dies mag zur Klärung spezieller Fragen, insbesondere zur Anordnung der Filterstrecken eines Brunnens, notwendig sein, ist aber bei Grundwasseruntersuchungen, die zur generellen Erfassung eines Vorkommens dienen, nicht vorteilhaft. Diese Methode wird daher vor allem bei tiefliegendem Grundwasserspiegel, der die Herstellung eines Pegelnetzes zu aufwendig macht, einzusetzen sein.

4.7 Chemisch-physikalische Untersuchungen des Grundwassers

Hier soll nicht die umfassende chemische Wasseranalyse, die in Verbindung mit der bakteriologischen Untersuchung der hygienischen Beurteilung des Wassers dient, behandelt, sondern nur ein kurzer Hinweis zur Verwendung chemischer und physikalischer Parameter des Grundwassers zur Ergänzung der Untersuchungen bzw. zur Abgrenzung von Teilbereichen innerhalb eines Grundwasservorkommens gegeben werden. Bezüglich Grundwasserchemie sei auf die umfassende Arbeit von G. MATTHESS (1973) verwiesen.

Die bisherigen Untersuchungen im Murtal haben gezeigt, daß z. B. aufgrund von Messungen der *Wassertemperatur*, der *elektrolytischen Leitfähigkeit* und *Gesamthärte* des Grundwassers eine Differenzierung einzelner Teilbereiche gut möglich ist. Diese Teilbereiche decken sich meist weitgehend mit der Terrassengliederung und mit den Schwemmfächern der Seitenzubringer, wobei sie sich auch in den Grundwassergleichen abbilden. Es ist daher zu überprüfen, ob eine Übereinstimmung mit dem Strömungsbild des Grundwassers gegeben ist. Für diese Messungen, die im Gelände ausgeführt werden können, sollen als Grundlage die Meßstellen des jeweiligen Grundwasserbeobachtungsnetzes herangezogen werden.

Auch Untersuchungen über *Ionenaustauschvorgänge* zwischen Grundwasser und Grundwasserleiter können wichtige Hinweise bringen. Unter Ionenaustausch versteht man die Fähigkeit bestimmter als Permutite wirkender Minerale, gewisse Ionen aus dem Grundwasser zu nehmen und in ihr Kristallgitter einzubauen (G. MATTHESS, 1973). Dafür wird aber eine äquivalente Menge andersartiger Ionen in Lösung, also in das Grundwasser, abgegeben. Da als Permutit in den gegenständlichen Lockerablagerungen vorwiegend Tonminerale auftreten, eignet sich der Ionenaustausch zum Nachweis von „Verlehmungen" im Grundwasserleiter, die wiederum auf ungünstige k_f-Werte schließen lassen. Besonders gut eignet sich hiefür die Bestimmung des Verhältnisses der Erdalkaliionen CA^{++} und Mg^{++} zu den Alkaliionen Na^{+} und K^{+}, da bei Vorhandensein von Tonmineralen erstere vom Grundwasserleiter aufgenommen und letztere an das Grundwasser abgegeben werden. Diese Methode wurde im Jahr 1977 im südwestlichen Grazerfeld (H. ZOJER, 1977) und im Raume Aichfeld-Murboden mit Erfolg angewandt; sie bestätigte die Ergebnisse der Bohrungen und ergänzte sie in flächenmäßiger Hinsicht.

Für die Nutzung von Grundwasser ist die Härte des Wassers von Bedeutung, die aber auch noch andere wichtige Hinweise geben kann. Ein sehr hoher Härtegrad des Grundwassers kann ein Anzeichen für Verunreinigungen sein. Diesbezüglich sei auf die Arbeit von L. ZWITTNIG (1964) über die Aufhärtung des Grundwassers durch Mülldeponien, in der konkrete Beispiele aus dem Grazerfeld angeführt werden, verwiesen.

4.8 Verschiedene weitere Untersuchungsmethoden

Die hier geschilderten Untersuchungsmethoden bilden, wie bereits erwähnt, nur einen Ausschnitt aus dem heute zur Verfügung stehenden reichhaltigen Arsenal von Untersuchungsmethoden, wie es H. SCHNEIDER (1973) in seiner Monographie „Die Wassererschließung" darstellt. Abschließend sollen daher noch einige in der Steiermark in Einzelfällen angewandte Methoden kurz gestreift werden. Unter den geophysikalischen Bohrlochmessungen, die vor allem bei Tiefbohrungen bzw. Spülbohrungen heute unersetzlich sind, stellt das Temperaturlog die am einfachsten und am billigsten durchzuführende Messung dar und wurde daher auch bei den seichten Bohrungen (bis ca. 50 m) im Murtal zum Einsatz gebracht. Weitere Bohrlochmessungen (wie z. B. γ-Log, Widerstands-Log) wurden in den Lockergesteinen des Mur- und Mürztales noch nicht durchgeführt und werden daher hier nicht berücksichtigt.

4.8.1 Das Temperaturlog

In verrohrten bzw. verfilterten und auch unverrohrten, standfesten Bohrungen können mit an Kabeln eingeführten Thermistoren punktweise Temperaturmessungen in geringen Abständen (1 m) mit einer absoluten Genauigkeit von ± 0,05°C durchgeführt werden. Nach H. JANSCHEK (1976) bringen diese Messungen folgende verwertbare Ergebnisse:

a) Die Grundwassertemperatur und ihren Verlauf mit der Teufe.
b) Einen Hinweis auf die Annäherung an die Grundwassersohle.
c) Das Erkennen getrennter Grundwasserstockwerke.
d) Die Unterscheidung durchströmender Teufenintervalle von solchen ohne Wasserzirkulation, da sich bei bewegtem Wasser kein oder fast kein Temperaturgradient ausbildet.

Grundlegend für Punkt b) ist, daß der vom Grundwasser durchströmte Schotterkörper stets tiefere Temperaturen und einen niederen Temperaturgradienten aufweist als das darunter liegende dichte Grundgebirge (Grundwassersohle), dessen Oberkante sich durch einen Sprung im Temperaturprofil manifestiert. Dies kann zur Überprüfung, ob die Bohrung tatsächlich die Grundwassersohle erreicht hat oder nur auf einem „Findling" endet, dienen.

Wenn auch diese Temperaturmessungen alleine noch keine ausreichend sicheren Aussagen erlauben, so können sie doch als zusätzliche Methoden zur Verifizierung von auf andere Art gewonnenen Ergebnissen herangezogen werden. Der Vorteil dieser Methode liegt, wie bereits erwähnt, im geringen apparativen Aufwand.

4.8.2 Die Messung der Vertikalströmung in Versuchsbrunnen

Werden durch eine Bohrung unter verschiedenen Druck stehende Grundwasserbereiche erschlossen und damit untereinander in Verbindung gebracht oder verlaufen die Potentiallinien des Grundwasserstromes nicht orthogonal zur Bohrlochachse, so treten in einer verfilterten Bohrung (Versuchsbrunnen) Vertikalströmungen auf. Die Verteilung der Geschwindigkeit dieser Vertikalströmungen ermöglicht Aussagen sowohl über die Beschaffenheit des Grundwasserleiters als auch den technischen Zustand des Versuchsbrunnens. Während kleine Geschwindigkeiten durch Verfolgung eines radioaktiv markierten Wasserpaketes gemessen

werden, können Geschwindigkeiten über 3 cm/s durch mechanische Meßgeräte erfaßt werden, die auf dem Prinzip des hydraulischen Flügels beruhen. Derartige Geschwindigkeiten werden, vor allem während Wasserentnahmen aus dem Versuchsbrunnen (Pumpversuchen), erreicht. Wird dabei die Umdrehungszahl des vertikal gelagerten Flügelrades in verschiedenen Teufenbereichen gemessen, so läßt sich daraus der unmittelbare Beitrag dieser Teufenbereiche des Grundwasserleiters zur geförderten Wassermenge ermitteln. Inhomogenitäten des Grundwasserleiters werden gut kenntlich gemacht. Diese Methode läßt daher die Fixierung der Teufenbereiche, die bei der Herstellung eines Brunnens zu verfiltern sind, zu.

4.8.3 Die Geoelektrik

Nach F. Weber (1976) haben sich neben der Refraktionsseismik die Geoelektrik und dabei besonders die Widerstandsverfahren in der Praxis für die Feststellung grundwasserführender Schichten gut bewährt. Die Interpretation ist aber noch schwieriger, da die grundlegende Meßgröße, der spezifische elektrische Widerstand, in den einzelnen Schichten wesentlich größere Schwankungen aufweist als die für die Seismik maßgeblichen elastischen Eigenschaften. Auch hier muß die Korrelation mit Bodenaufschlüssen gewährleistet sein.

Weiters sei noch bemerkt, daß die mit diesem Verfahren mögliche Erfassung des Grundwasserspiegels gegenüber der Erkundung der Grundwassersohle als sekundär anzusehen ist, da der Grundwasserspiegel eine variable Lage besitzt und bei den meisten Untersuchungsprogrammen durch das Grundwasserbeobachtungsnetz ausreichend genau mit seiner Schwankung erfaßt wird. Bei den bisherigen Untersuchungen des Referates für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung gelangte diese Methode daher nur im Leibnitzerfeld zum Einsatz.

Beispiele für die erfolgreiche Anwendung geoelektrischer Methoden wurden z. B. von M. F. Schuch (1973) im Tullnerfeld gegeben.

5 Die Ergebnisse der bisherigen Grundwasseruntersuchungen

Bei den eingangs aufgezählten Grundwasseruntersuchungen wurden neben der Erfassung der örtlichen Besonderheiten auch generelle, für große Talabschnitte gültige Feststellungen gemacht, die nun kurz zusammengefaßt werden sollen, da sie von allgemeinem Interesse zu sein scheinen.

5.1 Die Grundwassersohle

Die in den bearbeiteten Talabschnitten durch Bohrungen und Refraktionsseismik erfaßte Grundwassersohle, die entweder aus verschiedenen kristallinen Gesteinen, tertiären tonig-schluffig-feinsandigen Schichten oder paläozoischen Karbonatgesteinen und diversen Schiefern besteht, zeigt durchwegs ein starkes Relief. Ein Charakteristikum dieses Reliefs ist nun eine mehr oder weniger stark ausgeprägte Tiefenrinne, die, wie zu erwarten, mit dem heutigen Flußlauf nicht übereinstimmt. Diese Tiefenrinne ist für die Hydrogeologie insofern von großer Bedeutung, als in ihr meist die größte Quartärmächtigkeit und daher auch die größte Grundwassermächtigkeit auftritt. Die Situierung von Brunnen, wie bereits

erwähnt, ist daher immer dann im Bereich der Tiefenrinne erstrebenswert, wenn auch bezüglich k_f-Wert günstige Bedingungen herrschen. Ansonsten ist bei der Situierung, wie bereits erwähnt, unter Berücksichtigung der Raumordnung eine optimale Abstimmung zwischen Tiefenrinne und k_f-Wert-Bereichen anzustreben.

Die Tiefenlinie des Felsuntergrundes in Flußtälern beschäftigt schon seit langem die praktisch tätigen Geologen. Es sei diesbezüglich daran erinnert, daß bereits J. STINY (1938) eine Untersuchung über die Lage des Felsuntergrundes in den Alpentälern durchgeführt hat, für die die Anregung von Berichten über den Felsuntergrund in einem kleinen Talabschnitt des Mürztales von H. P. CORNELIUS (1936) und von H. VETTERS (1932) im Donautal (bei Zwentendorf) ausging. STINY hebt dabei hervor, daß vor allem für die Errichtung von Talsperren und Wasserfassungsanlagen die Kenntnis der Schottermächtigkeit unbedingt notwendig ist.

Die Bearbeitung dieses Fragenkomplexes ist nun sicherlich von der Anzahl der Aufschlüsse, die bis zum Grundgebirge reichen, sowie von der Möglichkeit zum Einsatz seismischer Methoden abhängig. Mit der Zunahme des Baugeschehens, insbesondere von Tiefbauten aller Art, war auch eine Vermehrung der dafür maßgeblichen Aufschlüsse eingetreten. Da durch einzelne Großbauvorhaben wie Stauwehre (für Laufkraftwerke) und nach dem Zweiten Weltkrieg durch die Forcierung des Straßen- und Brückenbaues sowie durch Prospektionsarbeiten (Failing-Bohrungen für Seismik) der Rohöl-Aufsuchungs-AG im Grazer- und Leibnitzerfeld viel neues Material angefallen war, versuchte H. FLÜGEL (1960) dies erstmalig zu einer zusammenfassenden Darstellung des Reliefs der Grundwassersohle für einen großen Talabschnitt des Murtales auszuwerten. Hiebei gelang ihm neben der Erfassung der Tiefenrinne auch die Feststellung, daß in gewissen Talbereichen obertägige Terrassenleisten (Terrassenabfälle) ein Äquivalent im Terrassensockel (Grundgebirge) besitzen.

Durch die refraktionsseismischen Messungen im Zuge der Grundwasseruntersuchungen gelangte man in der Zwischenzeit über die auf Bohrungen beruhenden Talquerprofile hinaus zu flächenhaften Darstellungen des praequartären Untergrundes. Im Zuge dieser seismischen Untersuchungen wurden mehrfach in der Längsachse gelegene Übertiefungen der Tiefenrinne festgestellt. Schon zu den Ergebnissen der Messungen im Raume Friesach von F. WEBER (1966) hat H. FLÜGEL darauf aufmerksam gemacht, daß bei fluviatiler Erosion jede erfaßte Maximaltiefe des präquartären Untergrundes eine Fortsetzung im Sinne des Gefälles haben muß und daher keine Übertiefungen vorhanden sein dürften. Für einzelne Fälle dieser Übertiefung, wie z. B. im Raume von St. Stefan ob Leoben, scheint die Ursache in der lithologischen Beschaffenheit des Grundgebirges zu liegen. Dort befinden sich zwei ca. 10 m betragende Übertiefungen im Bereich sandigen Tertiärs, das gegenüber den quartären, ebenfalls sandigen Lockermaterial wahrscheinlich keinen ausreichenden Geschwindigkeitskontrast beim Durchgang der seismischen Wellen gibt. Eine Klärung der Ursache aller bisher festgestellten Übertiefungen, die meist nur wenige Meter betragen, würde nur durch eine größere Anzahl von Bohrungen möglich sein, wofür aber die Mittel nicht aufgebracht werden können, da in praktischer Hinsicht, zumindest, soweit es den angestrebten Überblick über die Grundwasservorkommen betrifft, dadurch kein wesentlicher Vorteil zu erwarten ist.

Die systematischen Untersuchungen haben weiters für die breiten Talbecken, wie das Grazerfeld und Leibnitzerfeld, für das es bereits von J. ZÖTL (1968) nachgewiesen wurde, gezeigt, daß die Mächtigkeiten der quartären Lockergesteine

generell von der flußaufwärtigen zur flußabwärtigen Talenge bzw. Beckengrenze abnehmen. Dies bedeutet, daß die Schotterlieferung in der Hauptsache aus den flußaufwärts gelegenen Engtälern erfolgte, also aus dem Haupttal stammt.

Abschließend sei noch eine Bemerkung zu dem gleichsinnigen Verlauf von Terrassenabfall und Terrassensockel gemacht. Die bisherigen Untersuchungen zeigen, daß dieses Phänomen vor allem in den breiten Talbecken, wie dem Grazerfeld oder Leibnitzerfeld, zu bemerken ist. In engeren Talabschnitten, wie im Raume Murhof-Rabenstein oder St. Stefan o. L. bis Kraubath, ist eine derartige Stufung des praequartären Untergrundes nicht merkbar. Allerdings sind dort würmeiszeitliche Terrassen nur in Resten vorhanden. Die Ausbildung dieser Stufung mag mit den besseren Bedingungen für die Seitenerosion in den breiten Talbecken zusammenhängen, doch müssen diesbezüglich noch weitere Ergebnisse abgewartet werden.

Diese Stufung ist auch gleichlaufend mit den Abfällen der Terassen der breiten weststeirischen Täler (Laßnitztal, Sulmtal) zu bemerken. Dort wird sie durch Reihen von Quellen angezeigt. Das beste Beispiel gibt hiefür aber der südliche Teil der Kaiserwaldterrasse, einer altpeistozänen Terrasse, die das Grazerfeld im Westen begrenzt. Durch ein Querprofil von Schußbohrungen für die Erdölprospektion ist erwiesen, daß der praequartäre Untergrund dieser Terrasse — der die Grundwassersohle darstellt — höher liegt als die angrenzende Schotterflur des Grazerfeldes und des Kainachtales. Aus diesem Grunde wird das Grundwasser zum Austritt entlang des Terrassenrandes gezwungen. Wie eine Quellenkartierung von H. P. Leditzky (1975) gezeigt hat, ist der Fuß des Südteiles der Kaiserwaldterrasse durch eine reihenförmig angeordnete große Zahl von Quellen ausgezeichnet. Die Verschneidung der Grundwassersohle einer höheren Terrasse mit dem Terrassenabfall zur nächst tieferen Flur wird also bei grundwasserführenden Terrassen oft durch Quellen markiert.

5.2 Der Grundwasserleiter

Der Grundwasserleiter besteht aus quartären Lockergesteinen in Form von Schottern, Kiesen und Sanden, die von einer Deckschicht sehr unterschiedlicher Mächtigkeit (wenige dm bis einige m) überlagert wird. Diese Deckschicht, die bereichsweise nahezu fehlt, besteht vor allem in der holozänen Flur aus Auflehmen und feinsandigen Ablagerungen, während die Schotterkörper der älteren Terrassen durch Staublehme bzw. Löss von mehreren Metern Mächtigkeit überlagert werden.

Der Lockergesteinskörper, der in einem mehrphasigen Geschehen abgelagert wurde, spiegelt in seinem Aufbau und in seiner Terrassierung das Wechselspiel zwischen fluviatiler Akkumulation und Erosion wieder, auf die ja auch das Relief der Grundwassersohle zurückzuführen ist. Nach allgemeiner Ansicht fand, wie H. Flügel (1975) aufführt, die Akkumulation in Kaltzeiten und die Erosion in Warmzeiten statt, wodurch ineinander verschachtelte Terrassenkörper geschaffen wurden, die umso höher liegen, je älter sie sind. Dementsprechend ist der lithologische Aufbau auch uneinheitlich, und zu den früher erwähnten Schottern, Kiesen und Sanden kommen noch Konglomeratbänke, Blockwerk (Findlinge) und überdeckte Bodenhorizonte. In der holozänen Flur sind die Ablagerungen als typische Überschwemmungsprodukte kenntlich. Gerade diese Flur ist durch ein ausgeprägtes Relief des Geländes ausgezeichnet, das vor allem durch Seiten- und Altarme, die durch die Regulierung der Flüsse funktionslos geworden sind, geschaffen wurde.

Nahezu alle Schottergruben in diesen Lockerablagerungen zeigen die für fluviatile Akkumulation typische Kreuzschichtung. Die älteren Terrassen weisen weiters durch die Entwicklung von Muldentälchen eine deutliche Untergliederung auf.

Wesentlich ist auch der Einfluß der großen Seitengräben, die, soweit sie aus dem Gebirge kommen, meist die Flußterrassen unterbrechen, diese zum Teil ausgeräumt und dafür wieder eigene, aus dem typischen, besonders inhomogenen Wildbachschutt bestehende Schwemmfächer und -kegel eingeschüttet haben. Kleine Seitengräben sind an flachen, auf Terrassen auflagernden und vornehmlich lehmigen Schwemmfächern kenntlich.

Überall dort, wo tertiäre Schichten die Umrahmung des Talbeckens bilden, wie z. B. entlang des östlichen Randes des Grazerfeldes und Leibnitzerfeldes, sind Schleppenhänge und Rutschungen zu bemerken. Die lehmige Deckschicht ist in den angrenzenden Terrassenbereichen mächtiger und selbst im Terrassenkörper ist eine Einstreuung lehmigen Materials aus der Umrahmung zu bemerken, die wesentlich ungünstigere k_f-Werte bewirkt.

Aus all diesen Überlegungen kann gefolgert werden, daß diese quartären Grundwasserleiter einen inhomogenen Aufbau besitzen, der sich auch in einer Richtungsanisotropie manifestiert. Sowohl die im Labor ermittelten k_f-Werte und Kornverteilungsanalysen, wie auch die aus Pumpversuchen gewonnenen diesbezüglichen Ergebnisse zeigen, daß die k_f-Werte generell in den Größenordnungen von 10^{-2} bis 10^{-4} m/s liegen. Die erstere Größenordnung ist in Bereichen besonders reiner und locker gelagerter Schotter zu finden und gewährleistet natürlich besonders gute Förderleistungen der dort situierten Brunnen. Der Nachteil ist bei entsprechendem Gefälle des Grundwasserspiegels in großen Fließgeschwindigkeiten des Grundwassers, die Schwierigkeiten bei der Abgrenzung der notwendigen Schutzgebiete mit sich bringen, zu sehen. Diese Bereiche sind daher für die Trinkwassergewinnung nicht als optimal anzusehen.

Hier muß weiters auch aufmerksam gemacht werden, daß diese inhomogenen Lockerablagerungen durch feinsandig-schluffige Zwischenlagen sowie grobes Blockwerk bohrtechnische Schwierigkeiten mit sich bringen. Mächtige Feinsandschichten können zu grundbruchartigen Erscheinungen durch übermäßige Materialförderung im Zuge des Bohrens oder Pumpens führen. „Findlinge" haben bei vielen Bohrungen zu einem vorzeitigen Ende geführt. Gerade durch „Findlinge" wurden oft Schäden an Bohrrohren hervorgerufen.

Zur Qualität der für die k_f-Wert-Untersuchungen im Labor verwendeten Bodenproben ist zu bemerken, daß es sich hiebei aufgrund des verwendeten Bohrverfahrens — der Schlagbohrung — durchwegs um gestörte Bodenproben handelt. Die Bodenproben wurden mittels Greifer, Kiesbüchsen und Sandpumpen gewonnen. Dies bedeutet, daß die ursprüngliche Dichte der Lagerung verloren ist und überdies eine Sortierung der Körnung stattgefunden hat. Feinmaterial wird im Grundwasserbereich ausgewaschen, Grobmaterial vielfach zerkleinert. Bei der Auswertung sind sohin die Ergebnisse der Pumpversuche, die ja wieder einen k_f-Wert aus ungestörten, in natürlicher Lagerung befindlichen Bereichen ohne Differenzierung nach der Teufe bringen, damit zu vergleichen und beide aufeinander abzustimmen.

Die Messungen der Vertikalströmung im Brunnen helfen dabei, günstige von ungünstigen Teufenbereichen zu trennen und die Ergebnisse der Pumpversuche teufenmäßig einzuengen. J. Novak (1976) hat dies bei der Auswertung der Pumpversuche aus dem Talabschnitt von St. Stefan o. L. bis Kraubath versucht.

Als letztes bleibt noch das Porenvolumen, das letztlich für die Speicherkapazität verantwortlich ist, zu behandeln. Die bisherigen Untersuchungen zeigen, daß dieses im Murtal zwischen 20 und 30 Prozent variiert und fügt sich damit ungefähr in das Bild, das A. THURNER (1967) gibt, wobei er etwas abweichend von 25 bis 35 Prozent spricht. Auch dafür gelten die Vorbehalte bezüglich der gestörten Bodenproben, aus denen es bestimmt wird. Es darf nicht vergessen werden, daß das Porenvolumen als offener Hohlraumgehalt einer bestimmten Raumeinheit der jeweiligen Lockermasse nur angibt, wieviel Wasser insgesamt aufgenommen werden kann. Die Abgabefähigkeit ist demgegenüber aber geringer und hängt wesentlich von der Porengröße ab, da mit abnehmender Porengröße die Reibungswiderstände zunehmen. Dadurch bleibt ein immer größerer Teil des Wassers als Haft- und Porenwinkelwasser an den Gesteinskörpern haften. Der nutzbare Hohlraumgehalt oder das „wirksame Porenvolumen" nimmt daher mit der Zunahme des Feinkornanteiles ab, obwohl das absolute Porenvolumen sich vergrößert. Die Fließgeschwindigkeit ist davon ebenso abhängig.

5.3 Das Grundwasser

In diesem soeben geschilderten Lockergesteinskörper bewegt sich nun das Grundwasser — das Ziel aller dieser Untersuchungen. Die Möglichkeiten zur Feststellung von Strömungsrichtung und Fließgeschwindigkeit wurden bereits eingehend behandelt. Die Grundwasserschichtenlinien-Pläne für große Talabschnitte — es sei hier auf die Grundwasserkarte des Grazerfeldes von I. ARBEITER (1971) verwiesen — zeigen, daß im Bereich der Flußaue das Grundwasser in die Tal- bzw. Flußrichtung einschwenkt. Wenn auch die Beobachtungsnetze gerade in Flußnähe meist nicht ausreichend dicht mit Meßstationen besetzt sind, so sind doch genügend Anzeichen vorhanden, daß die übliche Wechselbeziehung zwischen Vorfluter und Grundwasser vorherrscht. Dies bedeutet, daß bei Tiefständen des Grundwasserspiegels eine Alimentation aus dem Fluß und bei Hochständen des Grundwassers, die mit einem Niederwasser im Fluß konform gehen, ein Ausströmen von Grundwasser in den Fluß stattfindet. Im Raume von St. Michael i. O. können dementsprechend während der winterlichen Niederwasserführung der Mur entlang des Flußufers Grundwasseraustritte (Quellen) beobachtet werden, die jeweils nur geringe Wassermengen (einige l/min) schütten, dafür aber in großer Zahl auftreten. Als Beweis für diese Zusammenhänge sind weiters noch die Ganglinien der Grundwassermeßstellen im Bereich von St. Stefan o. L. und Kraubath (I. ARBEITER, 1976) sowie zahlreiche chemische Befunde von Wasserproben flußnaher Brunnen anzuführen. Im Bereich der Enge von Weinzödl wurde im Jahre 1977 dieser Zusammenhang bei Grundwasseruntersuchungen für die Errichtung eines Flußkraftwerkes eindeutig nachgewiesen.

Auch größere Seitenzubringer bewirken eine Beeinflussung des Grundwasserspiegels. Besonders deutlich macht sich der Einfluß des Ingeringbaches und des Granitzenbaches (E. WORSCH, 1963 und 1972) im Aichfeld und Murboden bemerkbar. Im Grazerfeld ist die Alimentation des Grundwassers aus den Seitenzubringern durch ihr fast vollständiges Versickern im Bereich der Schotterflur bewiesen.

In den Bereichen der würmeiszeitlichen Terrassen bzw. der flußferneren Terrassen ist im allgemeinen ein Gefälle des Grundwasserspiegels gegen die Talmitte bzw. die Vorflut hin gegeben. Gerade im Hinblick auf die größere

Ergiebigkeit der holozänen, vom Fluß durchzogenen Flur muß angenommen werden, daß die Strömungsrichtung im Grundwasserkörper mit der Teufe variiert. Untersuchungen nach der Verdünnungsmethode, die in verschiedenen Teufenintervallen durchgeführt wurden, bestätigen diese Vermutung. Man kann daher einschränken, daß das Gefälle des Grundwasserspiegels und die sich daraus ergebende Strömungsrichtung vor allem für die Schutzgebietsabgrenzung von Belang ist, wenn man davon ausgeht, daß von der Oberfläche eindringende Verunreinigungen zuerst auf den Grundwasserspiegel treffen müssen.

Sowohl die Grundwasseruntersuchungen (Pumpversuche) des Referates für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung als auch die Erfahrungen mit schon lange in Betrieb befindlichen Brunnen zeigen in den flußnahen Bereichen die größten Brunnenergiebigkeiten. In hydrogeologischer Hinsicht kann dies wohl durch das günstigere Porenvolumen der jüngsten und am wenigsten verdichteten Lockergesteinsablagerungen sowie durch zeitweilige Alimentation aus dem Vorfluter erklärt werden. Weiters muß noch bemerkt werden, daß im Bereich der holozänen Flur der Lockergesteinskörper meist bis knapp unter Terrain Grundwasser führt (seichte Lage des Grundwasserspiegels), was meist eine große Mächtigkeit des Grundwasserkörpers mit sich bringt. Im Bereich höherer Terrassen ist aufgrund der tiefen Lage des Grundwasserspiegels trotz eines mächtigen Lockergesteinkörpers vielfach nur eine geringe Grundwassermächtigkeit gegeben.

Ein derzeit offenes Problem ist noch der Zusammenhang der einzelnen Teilbecken des Mur- und Mürztales bzw. die Menge des durch die Talengen strömenden Grundwassers. Diese Frage erlangt im Hinblick auf die zunehmende Nutzung des Grundwassers immer größere Aktualität.

Zur Fließgeschwindigkeit sei kurz bemerkt, daß darüber Meßergebnisse nach allen zuvor dargelegten Methoden und aus verschiedensten Teilbereichen des Mur- und Mürztales vorliegen. Entsprechend der festgestellten Inhomogenität und Anisotropie des Grundwasserleiters variieren die Meßergebnisse zwischen wenigen Dezimetern pro Tag und 200 m/d (linkes Murufer beim Weinzödl-Wehr nördlich Graz, Salzungsversuch vom 5. März 1957 durch das Grazer Wasserwerk). Im Jahre 1976 wurden mit der Verdünnungsmethode durch die Bundesversuchs- und -forschungsanstalt Arsenal, Wien, im Aichfeld und Murboden noch größere Fließgeschwindigkeiten gemessen, wie z. B. zwei Messungen in der holozänen Flur bei Großlobming zeigen.

Bei einem Porenvolumen von 30 Prozent — 579 m/d bzw. von 20 Prozent — 864 m/d

Bei einem Porenvolumen von 30 Prozent — 145 m/d bzw. von 20 Prozent — 255 m/d.

Hier vermutet man aber, an den Grenzen der Leistungsfähigkeit der Methode angelangt zu sein. Im Durchschnitt wird man, bezogen auf größere Talabschnitte, wohl Fließgeschwindigkeiten von 10 bis 20 m/d annehmen können. Es ist ja letztlich zu vermuten, daß bevorzugte Wasserbahnen, die derart hohe Fließgeschwindigkeiten ermöglichen, sich nur über kurze Distanz erstrecken.

Hohe Fließgeschwindigkeiten sind weiters auf besondere hydraulische Verhältnisse zurückzuführen, wie z. B. beim Weinzödl-Wehr. Im Jahre 1977 durchgeführte Untersuchungen der Steirischen Elektrizitäts AG haben gezeigt, daß im Oberwasser dieser Wehr starke Infiltrationen vom Fluß in das Grundwasser erfolgen, während im Unterwasser Exfiltrationen zu bemerken sind. Es ist dies ein Vorgang, der ein starkes Gefälle des Grundwasserspiegels und damit eine höhere Fließgeschwindigkeit verursacht, so daß diese zuvor erwähnte große Fließgeschwindigkeit (200 m/d)

eine plausible Erklärung findet. Die geringen Fließgeschwindigkeiten (< 1 m/d) treten vor allem in vorflutferneren Bereichen mit geringem Gefälle des Grundwasserspiegels und ungünstigen k_f-Werten auf.

6 Der Generalplan für die Wasserversorgung der Steiermark

Gleichlaufend mit diesen Untersuchungsarbeiten wurde von L. BERNHART (1974) das eigentliche Ziel der Referatsarbeit, nämlich die Erstellung eines Generalplanes der Wasserversorgung der Steiermark, konsequent verfolgt. Zur Unterstützung seiner Arbeit bestellte er ein Team, bestehend aus J. ZÖTL, E. KAUDERER, E. FABIANI und dem Verfasser dieser Arbeit. Dieser Generalplan konnte in einer 1. Stufe, dem Entwurfstand 1973, im Jahre 1974 der Öffentlichkeit vorgestellt werden. Die Ergebnisse der bis zu diesem Zeitpunkt durchgeführten Grundwasseruntersuchungen wurden dabei als Grundlage für diese Planungen verwendet.

Dieser Generalplan weist nach Darstellung der Wasservorkommen — nach dem damaligen Stand der Kenntnisse — den Bedarf der steirischen Gemeinden aus. Die industrielle und gewerbliche Wasserversorgung ist dabei ausgeklammert. Nach einer Wertung einzelner Landschaftsteile bezüglich ihres „Wasserreichtums" erfolgt eine Zuordnung von Wassergewinnungsgebieten zu Bedarfsgebieten. Das wichtigste Ergebnis dieser Planung ist die Feststellung, daß in Zukunft nur durch einen großräumigen Ausgleich bzw. durch eine Bezuschussung wasserarmer Bereiche aus Gebieten mit ergiebigen Wasservorkommen die kommunale Wasserversorgung sichergestellt werden kann. Damit ist der Gedanke der Verbundwirtschaft für die Steiermark auch in den Bereich der Wasserversorgung übernommen. Die letzte Tafel dieses Generalplanes gibt einen ersten skizzenhaften Entwurf für die Linienführung eines derartigen Verbundnetzes. Dieses wiederum läßt die überragende Bedeutung, die dem „Talgrundwasser" für die kommunale Wasserversorgung zukommt, deutlich erkennen, woraus sich die Notwendigkeit der geschilderten Untersuchungsarbeiten ergibt und damit auch der immerhin beachtliche finanzielle Aufwand gerechtfertigt wird.

Durch die hier dargelegten Grundwasseruntersuchungen wurden also neben der unmittelbaren Hilfe für einzelne Gemeinden und Wasserverbände wertvolle Planungsgrundlagen geschaffen. Es ist weiters zu hoffen, daß die Zunahme der Kenntnisse über die Talgrundwässer auch einen wirksamen Schutz derselben ermöglichen und damit wesentlich zur Erhaltung dieser Basis der Trinkwassergewinnung beitragen wird.

7 Verwendete Literatur

ABWESER, C.: Wasserwirtschaftliche Planung Mürztal, Bodenuntersuchungs-Ergebnisse, Teil 1 und 2. — Unveröffentl. Gutachten, Bad Ischl 1962 und 1963.

ABWESER, C.: Wasserwirtschaftliche Planung Murtal, 1. und 2. Teil, Bodenuntersuchungs-Ergebnisse. — Unveröffentlichtes Gutachten, Bad Ischl 1963 und 1964.

ARBEITER, I.: Grundwasserkarte des Grazerfeldes 1 : 50.000. — In: Land Steiermark, Regionalplanung für den politischen Bezirk Graz-Umgebung, Kartenband, Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Graz 1971.
ARBEITER, I.: Grundwasserbeobachtungen im Murtal zwischen St. Stefan o. L. und Kraubath. — Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, Band 34, S. 64—80, Graz 1976.
BERNHART, L. et al: Generalplan der Wasserversorgung Steiermarks (Entwurfsstand 1973). — Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, Band 29, Graz 1974.
BERNHART, L.: „Wozu dient die wasserwirtschaftliche Rahmenplanung?" — Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, Band 32, S. 3—46, Graz 1975.
BEYER, W.: Die Erfassung von Grundwasserfließvorgängen mittels Farbstoffen in Verbindung mit Pumpversuchen. — Zeitschrift für angewandte Geologie, Heft 6, S. 295—301, Berlin 1964.
BIESKE, E.: Handbuch des Brunnenbaues, Teil 1 und 2. — Berlin 1965.
BURRE, O.: Untersuchungen über die Berechnung der dem Grundwasser von den Niederschlägen zugehenden Wassermengen aus den Bewegungen des Grundwasserspiegels. — Abhandlung des hessischen Landesamtes für Bodenforschung, Heft 30, 68 S., Wiesbaden 1960.
CORNELIUS, H. P.: Anstehender Fels im Flußbett der Mürz. — Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, S. 225—226, Wien 1936.
DROST, W., MOSER, H., NEUMAIER F., RAUERT, W.: Isotopenmethoden in der Grundwasserkunde. — Informationsheft des Büro Eurisotop, Monographien 16, 178 S., Brüssel 1972.
FLÜGEL, H. W.: Die jungquartäre Entwicklung des Grazer Feldes (Steiermark). — Mitteilung der Österreichischen Geographischen Gesellschaft, Band 102, H. 1., S. 52—64, Wien 1960.
FLÜGEL, H. W.: Die Geologie des Grazer Berglandes. — 2. neubearbeitete Auflage, Mitteilung Abt. Geol., Paläont. u. Bergbau, Landesmuseum Joanneum, SH 1, Graz 1975.
JANSCHEK, H.: Temperaturmessungen in den Bohrungen im Murtal zwischen St. Stefan o. L. und Kraubath. — Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, Band 34, S. 47—52, Graz 1976.
KNEBEL, F.: Betrachtung wasserwirtschaftlicher Zusammenhänge im Raume Graz — Frohnleiten. — Unveröffentlichtes Gutachten, Graz 1953.
LEDITZKY, H. P.: Bericht über die hydrogeologische Bearbeitung der Kaiserwaldterrasse. Unveröffentlichte Studie, Graz 1975.
MATTHESS, G.: Die Beschaffenheit des Grundwassers. In: Richter, W.: Lehrbuch der Hydrogeologie, Band 2, Berlin 1973.
NEMECEK, E. P.: Grundwasserfeld St. Michael, Gutachten. — Unveröffentlichtes Gutachten, Graz 1968.
NOVAK, J.: Wasserversorgung Deutschfeistritz, Pumpversuch in den Bohrungen B 4.22, B 4.23, B 4.24. — Unveröffentlichtes Gutachten, Graz 1971.
NOVAK, J.: Die Pumpversuche im Murtal bei St. Stefan o. L. — Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, Bd. 30, S. 49—66, 2 Taf., Graz 1975.
STINY, J.: Die Lage des Felsuntergrundes in unseren Alpentälern. — Geologie und Bauwesen, 10. Jg., S. 54—58, Wien 1938.
STINY, J.: Vorläufiges geologisches Gutachten betreffend die Ergänzung der Wasserversorgung der Stadt Graz. — Unveröffentlichtes Gutachten, Wien 1942.
SCHNEIDER, H.: Die Wassererschließung. — 2. neubearbeitete und erweiterte Auflage, Essen 1973.
SCHUCH, M. F.: Beiträge zur Hydrogeologie des Tullnerfeldes. — Verh. Geol. Bundesanstalt, Jg. 1973, Heft 2, S. 337—349, Wien 1973.
TRONKO, W.: Die wasserwirtschaftliche Rahmenplanung im Mürztal. — Steirische Beiträge zur Hydrogeologie, Jg. 1962, S. 5—57, Graz 1963.
TRONKO, W.: Einleitung. — In: Seismische Untersuchungen im Grundwasserfeld Friesach nördlich von Graz. Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, Band 7, S. VII—XI, Graz 1966.
THURNER, A.: Die Grundwasserfelder der Mur von St. Michael bis Bruck a. d. Mur (Versuchsbohrungen). — Unveröffentlichtes Gutachten, Graz 1963.
THURNER, A.: Hydrogeologie. — New York, Wien 1967.
WEBER, F.: Die refraktionsseismischen Messungen in der Murebene bei Friesach. — Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, Band 7, S. 20—38, 10 Taf., Graz 1966.
WEBER, F.: Die refraktionsseismischen Messungen im Murtal zwischen Peggau und Eggenfeld (Mittelsteiermark) und ihre Bedeutung für die hydrogeologische Erforschung der quartären Schotterbecken. — Steirische Beiträge zur Hydrogeologie, Jg. 1969, S. 5—25, Graz 1969.
WEBER, F.: Beiträge zur Anwendung geophysikalischer Methoden bei Problemen der angewandten Geologie. — Mitteilungen Abt. Geol. Paläont. u. Bergbau Landesmuseum Joanneum, H. 36, S. 1—48, Graz 1976.
WECHMANN, A.: Hydrogeologie. — München — Wien 1964.
WORSCH, E.: Geologie und Hydrologie des Aichfeldes. — Mitteil. Mus. f. Bergbau, Geol. u. Techn. Landesmuseum Joanneum, Heft 25, 1—46, Graz 1963.

WORSCH, E.: Geologie und Hydrologie des Murbodens. — Mitteil. Abt. Geol. Paläont. u. Bergbau Landesmuseum Joanneum, Heft 32, S. 7—115, Graz 1972.
ZOJER, H.: Bericht über eine hydrogeologische Bearbeitung des Grazerfeldes. Unveröffentlichtes Gutachten, Graz 1977.
ZÖTL, J.: Das Grundwasser im Leibnitzerfeld (Steiermark). — Steirische Beiträge zur Hydrogeologie, Jg. 1968, S. 99—151, Graz 1968.
ZÖTL, J.: Wasser und Gewässer in Steiermark. — In: Die Steiermark, Land, Leute, Leistung, 2. Aufl., S. 94—141, Graz 1971.

Die Grundwasseruntersuchungen des Referates für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung sind, soweit sie das hier behandelte Talgrundwasser betreffen, in nachfolgend angeführten Berichten des Referates dargestellt:

1. Seismische Untersuchungen im Grundwasserfeld Friesach nördlich von Graz. — Band 7, X und 41 S., 21 Taf., Graz 1966.
2. Grundwasseruntersuchungen im südöstlichen Grazerfeld. — Band 22, 87 S., 13 Taf., Graz 1973.
3. Grundwasseruntersuchungen im nordöstlichen Leibnitzerfeld. — Band 22, 509 S., zahlreiche Taf. und Tab., Graz 1973.
4. Das Grundwasservorkommen im Murtal bei St. Stefan o. L. und Kraubath. — Band 34, 103 S., 33 Taf., Graz 1976.

Eine zusammenfassende Darstellung der Talgrundwässer des ganzen Landes Steiermark findet sich weiters im:
Generalplan der Wasserversorgung Steiermarks (Entwurfsstand 1973). — Band 29, 206 S., 25 Taf., Graz 1974.

Anschrift des Verfassers: ROBR. Dr. Hilmar ZETINIGG, Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Fachabteilungsgruppe Landesbaudirektion, Referat für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung, 8010 Graz, Landhausgasse 7.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitteilungen der Abteilung Geologie Paläontologie und Bergbau am Joanneum

Jahr/Year: 1978

Band/Volume: 39

Autor(en)/Author(s): Zetinigg Hilmar

Artikel/Article: Grundwasseruntersuchungen in der Steiermark 109-139