

**Berichte der wasserwirtschaftlichen Planung
Band 81**

**Hilmar Zetinigg
Festschrift zum 60. Geburtstag**

von

Benischke, R. & Stadler, H.; Bernhart, A.; Edlinger, E. & Kollmann, W.F.H.;
Fabiani, E.; Fank, J.; Gamerith, W. & Stadler, H.; Goldbrunner, J.; Hacker, P.;
Harum, T. & Rock, G. & Leditzky, H.P.; Kaiser, Ch.; Meidl, B. & Schurl, P.;
Novak, H.; Pramberger, F. & Völkl, G. & Schimon, W.; Reichl, P.; Saurer, B.;
Schmid, Ch.; Schütter, F. & Gortan, P.; Suetter, G.; Ultes, W.; Uresch, E.;
Wehinger, K.; Wiespeiner, M.; Zojer, H.;

**Amt der Steiermärkischen Landesregierung
Fachabteilungsgruppe Landesbaudirektion
Fachabteilung IIIa - Wasserwirtschaft**

Graz 1997

INHALTSVERZEICHNIS

Hilmar Zetinigg zum 60. Geburtstag	1
Verzeichnis der wissenschaftlichen Arbeiten und Gutachten von H. Zetinigg (E. FABIANI u. G. SUETTE)	5

LAUDATIONES

Hilmar Zetinigg und der südliche Hochschwab (H. Novak)	15
Jahre der Zusammenarbeit und Freundschaft - aus dem Ministerium geblickt (F. PRAMBERGER, G. VÖLKL, W. SCHIMON)	17
Zwanzig Jahre Zusammenarbeit an der burgenländisch-steirischen Grenze (F. SCHÜTTER, P. GORTAN)	21
Grundwassersanierung im Leibnitzerfeld; 60 Jahre - Hilmar Zetinigg (W. ULTES)	23
Hilmar Zetinigg und die Wiener Wasserwerke (E. URESCH)	25
Erinnerungen an die gemeinsame Arbeit (K. WEHINGER)	27
Entstehungsgeschichte der Schongebietsverordnung Niederwechsel zum Schutze der Wasserversorgungsanlage der Marktgemeinde Pinggau und der Stadtgemeinde Pinkafeld (M. WIESPEINER)	29

WISSENSCHAFTLICHE FACHBEITRÄGE

Digitale Erfassung hydrologischer und chemisch-physikalischer Parameter am Hammerbach-Ursprung (Peggau, Steiermark) - Ein Beitrag zum Aufbau eines Quellenmeßnetzes (R. BENISCHKE & H. STADLER)	33
Massnahmen für die Erhaltung und Wiederherstellung einer grundwasserverträglichen Landbewirtschaftung in der Steiermark (A. BERNHART)	55
Hydrologische Untersuchungen an der Hochreichhartquelle, eine der größten Blockgletscherquellen der Niederen Tauern (W. GAMERITH & H. STADLER)	81
Die Thermalwassererschließungen Blumau 2 und 3 (J. GOLDBRUNNER)	91
Integriertes Schutzprogramm für eine Wasserversorgungsanlage im Schlieraquifer (P. HACKER)	99
Zum Einfluß der großen Murregulierung 1874-1891 auf das Grundwasser im Stadtgebiet von Graz - eine historisch-hydrologische Betrachtung (T. HARUM, G. ROCK & H.P. LEDITZKY)	125
Regenwassernutzung im Haushalt - ressourcenschonende Technologie oder Irrweg ? (Ch. KAISER)	155

Hochkulturen und deren geomedizinische Ursachen - eine noch zu überprüfende hydrogeologische Hypothese (E. EDLINGER & W. F.H. KOLLMANN)	173
Die Wasserwirtschaftliche Planung (B. MEIDL & P. SCHURL)	183
Hydrogeologische Untersuchungen im Raume Rettenegg in der nördlichen Oststeiermark (P. REICHL)	189
Hochauflösende Reflexionsseismik - eine geophysikalische Erkundungsmethode für artesische Horizonte (Ch. SCHMID)	203
Ein Überblick über in der Steiermark erstellte mathematische Grundwassermodelle (G. SUETTE)	211
Hydrogeologische Untersuchungen artesischer Wässer im Raum Grafendorf bei Hartberg (H. ZOJER)	217
Abschätzung der Grundwasserneubildung aus dem zeitlichen Verlauf des Grundwasserspiegels (J. FANK)	227
Verzeichnis der bisher erschienen Berichtsbände der Wasserwirtschaftlichen Planung	245

HILMAR ZETINIGG - 60 JAHRE

Im Landesdienst hat die Ehrung großer Persönlichkeiten anlässlich eines runden Geburtstages einen Seltenheitswert. Umso mehr ist es der sichtbare Ausdruck der Dankbarkeit und der Anerkennung all jener, die das Wirken von Hilmar ZETINIGG kennen und auch zu beurteilen imstande sind. Eine Landesverwaltung wie jene der Steiermark hat eine Reihe von hervorragenden Persönlichkeiten hervorgebracht; zu den markantesten von ihnen zählt zweifellos Regierungsoberbaurat Universitätsdozent Dr. phil. Hilmar ZETINIGG.

Am 25. Oktober 1937 in Graz geboren, absolvierte Hilmar ZETINIGG die Schuljahre in St. Paul im Lavanttal und Graz, wo er im Jahre 1956 die Reifeprüfung ablegte. Dem Studium der Geologie und Mineralogie an der Karl-Franzens-Universität in Graz folgte nach der Promotion im Jahre 1962 eine etwa dreijährige Tätigkeit in der Bibliothek der Universität.

Der Eintritt in den Landesdienst im Jahre 1965 führte ZETINIGG zunächst in die Fachabteilung IIIa - Wasserbau. Am 1. Jänner 1968 wurde er mit seinem damaligen Chef, Wirkl. Hofrat Dipl.-Ing. Dr. Lothar Bernhart, als Mitarbeiter des Referates für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung direkt der Landesbaudirektion zugeteilt. Als logischem Nachfolger wurde ihm nach der Ruhestandsversetzung von Bernhart im Jahre 1984 die Leitung des Referates übertragen.

Als mir mit 1. Jänner 1989 die Neuorganisation der Wasserwirtschaft in der Landesbaudirektion vom damals zuständigen politischen Referenten Landesrat Dipl.-Ing. Hermann Schaller übertragen wurde, war Hilmar ZETINIGG einer der ersten, den ich zur Mitarbeit einlud und dessen Rat und Erfahrung mir eine wesentliche Stütze war. Es war daher nicht nur aus fachlichen Gründen naheliegend, daß das Referat für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung mit dem Referatsleiter Hilmar ZETINIGG und seinen Mitarbeitern/innen Gunther Suetter, Andreas Turk (heute Walter Schild), Gerald Hochl, Werner Griesler, Walter Glettler, Elfrieda Kaier und Gerda Pflanzl zur neuen Fachabteilung IIIa - Wasserwirtschaft zurückkehrte.

Seit der Wasserrechtsgesetznovelle 1990 werden die mittlerweile in drei Fachbereiche aufgeteilten Planungsaufgaben in den Referaten „Wasserwirtschaftliche Planung - Wasserversorgung“ unter der Leitung von Hilmar ZETINIGG, „Wasserwirtschaftliche Planung - Abwasserentsorgung“ unter der Leitung von Johann Wiedner und „Wasserwirtschaftliche Planung - Oberflächengewässer“ unter der Leitung von Peter Fink wahrgenommen.

Zu vielfältig und fachspezifisch hat sich das Aufgabengebiet des wasserwirtschaftlichen Planungsorgans entwickelt, als daß es von wenigen Experten bewältigt werden könnte.

Das Tätigkeitsspektrum von Hilmar ZETINIGG allein erstreckt sich von der wasserwirtschaftlichen Konzeption und Planung über den Amtssachverständigendienst für Geologie und Hydrogeologie bis zur äußerst kompetenten Leitung von Arbeitskreisen im Rahmen des Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverbandes (ÖWAV), des Österreichischen Vereins für das Gas- und Wasserfach (ÖVGW) und der Österreichischen Geologischen Gesellschaft. Praxisorientierte Leit- und Richtlinien sowie Regelblätter sind das Ergebnis dieses Engagements.

Die im Jahre 1986 erfolgte Habilitation an der Montanuniversität Leoben im Fachgebiet Hydrogeologie vervollständigt die Vielseitigkeit ZETINIGGs und läßt ihn auch hier hohe wissenschaftliche Anerkennung zuteil werden. Lehraufträge an der Montanuniversität Leoben und an der Karl-Franzens-Universität Graz sind die Folge. Auf seine hervorragenden fachlichen Kenntnisse konnte verständlicherweise auch bei der internen Ausbildung des mittleren und höheren Baudienstes nicht verzichtet werden.

Im Rahmen seiner langjährigen Tätigkeit hat Hilmar ZETINIGG den Schwerpunkt seiner Arbeit in die Erkundung der Grund- und Quellwasservorkommen gelegt. Eine Vielzahl von Gutachten, die neben den direkten Auswirkungen zum Anlaßfall vor allem wertvolle Unterlagen in der weiterführenden wasserwirtschaftlichen Bearbeitung und Entwicklung der Steiermark darstellen, sind das vorläufige Resultat.

Der Rohstoff Wasser und die Bedeutung für den Menschen und dessen Lebensraum prägt in ZETINIGGs gesamter beruflicher Laufbahn sein Wirken. Diese Einstellung äußert sich auch in der Gutachtertätigkeit und in wissenschaftlichen Publikationen.

Darüber hinaus nehmen die Arbeiten über die artesischen und gespannten Grundwässer sowie die Heil- und Thermalwässer der Steiermark einen besonderen Stellenwert im Schaffen Hilmar ZETINIGGs ein. Beispielhaft seien hier folgende Publikationen angeführt:

ZETINIGG, H.: Die artesischen Brunnen der Südweststeiermark. - Ber. WWP, 26, Graz, 1973

ZETINIGG, H.: Die artesischen Grundwässer. - In BERNHART et al., Generalplan der Wasserversorgung Steiermarks (Entwurfsstand 1973), Ber. WWP, 29, Graz, 1974

ZETINIGG, H.: Die artesischen Brunnen im steirischen Becken. - Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum, 43, Graz, 1982

ZETINIGG, H.: Versuche zur Fassung der temperierten Schwefelquelle von Gams bei Hiefrau. - Exkursionsführer 5. Jahrestagung der ÖGG in Eisenerz, Graz-Wien 1984

ZETINIGG, H.: Die Mineral- und Thermalquellen der Steiermark. - Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum, 50/51, Graz, 1992/93

Größte Bedeutung hievon hat seine Arbeit über die artesischen Brunnen der Steiermark (1982), in welcher eine systematische Zusammenstellung unter Berücksichtigung der Anzahl, Lage und Bauart wiedergegeben wird und welche Arbeit auch die Grundlage für weiterführende Untersuchungen über die Vorkommen der Tiefengrundwässer im Steirischen Becken darstellt.

Die zweite Arbeit, die in diesem Zusammenhang erwähnt werden muß, ist jene über die Mineral- und Thermalquellen der Steiermark (1992/93), die nach HÖHN (1915) die erste zusammenfassende landeskundliche Darstellung beinhaltet. Hier legt er

besonderen Wert darauf, daß nicht nur anerkannte und genutzte Quellen, sondern auch als Heilmittel nicht anerkannte bzw. derzeit ungenutzte Quellen behandelt werden.

Das Element Wasser, seine Bedeutung als Lebens- und Heilmittel stehen im Mittelpunkt des beruflichen Wirkens des Praktikers aber auch des Wissenschafters Hilmar ZETINIGG. Seine Bemühungen um die Erforschung der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse und die Erschließung des Grundwassers, seine Initiativen zur Erhaltung und Verbesserung der Gewässergüte und sein Einsatz zur Bewahrung der Menge unseres steirischen Wassers als Basis der Trinkwasserversorgung im Lande sind Anlaß genug, Hilmar ZETINIGG diesen Band als Zeichen der uneingeschränkten Anerkennung und des großen Dankes zu widmen.

Seit 1989 schätze ich mich glücklich, Hilmar ZETINIGG zu meinen engsten Mitarbeitern zählen zu dürfen. Die ersten beruflichen Kontakte reichen aber bereits bis ins Jahr 1968 zurück, damals lernte ich ihn neben den weiteren späteren Mitarbeitern Florian Carli und Ernst Fabiani auf der gemeinsamen Schulbank anlässlich des Vorbereitungskurses für die Baudienstprüfung kennen und schätzen. Und damals wurde schon - ohne unsere beruflichen Entwicklungen voraussehen zu können - die Basis für eine weit mehr als nur kollegiale Zusammenarbeit gelegt. Sie hat sich zum Wohle des Landes Steiermark als überaus konstruktiv und zukunftsweisend herausgestellt. Und dafür möchte ich meinem Freund und Mitgestalter Hilmar ZETINIGG auch ganz persönlich danken.

Bruno Saurer

VERZEICHNIS* DER WISSENSCHAFTLICHEN ARBEITEN UND GUTACHTEN von H. ZETINIGG

von
E. FABIANI und G. SUETTE

Veröffentlichte Arbeiten

- *-*: Die Geologie des Grundwasserfeldes von Friesach. - Ber. WWP, 7, Graz 1966
- *-*: Die Bohrungen zur Untersuchung artesischer Wässer in Grafendorf und Seibersdorf (Oststeiermark). - Ber. WWP, 21, Graz, 1972
- *-*: Verzeichnis der artesischen Brunnen von Grafendorf und Seibersdorf (Oststeiermark). - Ber. WWP, 21, Graz 1972
- *-*: Die Hydrogeologie des südöstlichen Grazer Feldes. - Ber. WWP, 22, Graz 1973
- *-*: Die artesischen Brunnen der Südweststeiermark. - Ber. WWP, 26, Graz, 1973
- *-*: Die artesischen Grundwässer. - In BERNHART et al., Generalplan der Wasserversorgung Steiermarks (Entwurfsstand 1973), Ber. WWP, 29, Graz, 1974
- *-*: Neue Bohrungen nach artesischem Grundwasser in der Oststeiermark. - Ber. WWP, 33, Graz 1975
- *-*: Bemerkungen zur Gewinnung von Trink- und Nutzwasser aus Rutschhängen. - Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum, 35, Graz 1975
- *-*: Die hydrogeologischen Verhältnisse im Murtal bei St. Stefan o.L. und Kraubath. - Ber. WWP, 34, Graz 1976
- *-*: Bemerkungen zur Gewinnung von Trink- und Nutzwasser aus Rutschhängen. - Mitt. Abt. Geol. Landesmus. Joanneum, 35, Graz 1977
- *-*: Bemerkungen zu den geologischen Grundlagen der Schongebiete kommunaler Wasserversorgungsanlagen in Steiermark. - Ber. WWP, 36, Graz, 1977
- *-*: Hinweise zur Beurteilung von Quellen und Grundwasservorkommen in alpinen Bereichen. - Gas-Wasser-Wärme, 31, Wien 1977
- *-*: Grundwasseruntersuchungen in der Steiermark. - Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergbau Landesmus. Joanneum, 39, Graz 1978
- *-*: Grundwassererschließungen im Tale der Laßnitz, Sulm und Saggau zwischen Grundgebirge und Leibnitzer Feld. - Ber. WWP, 41, Graz, 1978
- *-*: Die Grundwassergewinnung im Kainachtal zwischen den Engen von St. Johann ob Hohenbrugg und Weitendorf. - Ber. WWP, 43, Graz 1979
- *-*: Die artesischen Brunnen im steirischen Becken. - Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum, 43, Graz, 1982
- *-*: Wassergewinnungsanlagen in der Steiermark. - Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergbau Landesmus. Joanneum, Graz 1982

* ohne absoluten Anspruch auf Vollständigkeit

- *.*: Wassergewinnungsanlagen in der Steiermark, - Mitt. Österr. Sanitätsverwaltung, Jg. 83, 1, Wien 1982
- *.*: Die Messungen der Fließgeschwindigkeiten des Grundwassers im Mur- und Mürztal. - Ber. WWP, 62, Graz 1983
- *.*: Die Erschließung von gespanntem und artesischem Grundwasser. - GAS/WASSER/WÄRME 37 (1983) 5, Wien 1983
- *.*: Folgerungen aus den Grundwasserverhältnissen für die Dimensionierung von Grundwasserschutzgebieten im Mur- und Mürztal. - Österr. Wasserwirtschaft, 35/1, Wien 1983
- *.*: Versuche zur Fassung der temperierten Schwefelquelle von Gams bei Hieflau. - Exkursionsführer 5. Jahrestagung der ÖGG in Eisenerz, Graz-Wien 1984
- *.*: Wasserversorgung im Land Steiermark - Entwicklung und Ziele. - Österr. Wasserwirtschaft, 37, 11/12, Wien 1985
- *.*: Bemerkungen zur Nutzung von Grundwasser für Wärmepumpen aus wasserwirtschaftlicher Sicht bezogen auf die hydrogeologischen Verhältnisse in der Steiermark. - GAS/WASSER/WÄRME 39 (1985) 6, Wien 1985
- *.*: Die Erschließung von gespanntem und artesischem Grundwasser. - GAS/WASSER/WÄRME 37 (1985) 5, Wien 1985
- *.*: Schutz der Wassergewinnung in Klein- und Einzelwasserversorgungsanlagen. - Wiener Mitt. Wasser - Abwasser - Gewässer, 71, S 31-37, Wien 1987
- *.*: Die nutzbaren Wasservorkommen in der Steiermark. - Steiermark Information, H 8, Graz 1988
- *.*: Die Nitratsituation in Österreich und spezielle Lösungsansätze am Modell der Steiermark. - Wiener Mitt. Wasser - Abwasser - Gewässer, 75, Wien 1988.
- *.*: Großräumige Lösungen in der Wasserversorgung in der Steiermark. - Wiener Mitt. Wasser - Abwasser - Gewässer, 87, Wien 1990
- *.*: Bemerkungen zur Entwicklung des Begriffes Hydrogeologie. - Mitt. Naturwiss. Ver. Stmk., 120, Graz 1990
- *.*: Sanierungsstrategien im Leibnitzer Feld aus wasserwirtschaftlicher Sicht. - Förderungsdienst, BMLF, Wien 1991
- *.*: Die Mineral- und Thermalquellen der Steiermark. - Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum, 50/51, Graz, 1992/93 (auch Habilitationsschrift)
- *.*: Die Bewässerung aus wasserwirtschaftlicher Sicht. - Obst - Wein - Garten, 62. Jg., Graz 1993
- *.*: Bemerkungen zur Zusammenarbeit des Grazer Wasserwerkes mit der wasserwirtschaftlichen Planung des Landes Steiermark. - Wasserspiegel, 35, Graz 1994
- *.*: Anpassung der Trinkwasserschutzgebiete an die heutigen Erfordernisse. - GAS/WASSER/WÄRME, 49 (1995) 7, Wien 1995.
- *.*: Hydrogeologie und Wasserwirtschaft - Die Situation in Österreich. - Mitt. Österr. Geol. Ges., 87 (1994), Wien, 1996
- *.*: Quellen in der Steiermark. - o. J.
- *.*: Wasserversorgung und Abwasserbehandlung in der Steiermark. - Wiener Mitt. Wasser - Abwasser - Gewässer, Wien o.J.
- ZETINIGG, H., I. ARBEITER, H. ERTL & H. KRÄINER: Grundwasseruntersuchungen im Murtal zwischen Knittelfeld und Zeltweg. - Ber. WWP 52, Graz 1980
- ZETINIGG, H., ARBEITER, I. & H. KRÄINER: Grundwasseruntersuchungen im unteren Sagautal. - Ber. WWP, 53, Graz 1980
- ZETINIGG, H., F. BAUER et al.: Die neuen Grundwasserschutzgebiete 1990 - 1995. - Ber. WWP, 77, Graz 1995

- ZETINIGG, H., L. BERNHART et al.: Grundlagen für Wasserversorgungswirtschaftliche Planungen in der Südweststeiermark. - Ber. WWP, 57, Graz 1981
- ZETINIGG, H.; W. GRIESSLER, Th. UNTERSWEIG, V. WEISSENSTEINER & Ch. MEIDL: Die Quellen des Schöcklgebietes. - Ber. WWP, 60, Graz 1982
- ZETINIGG, H., E. FABIANI et al.: Der Quellkataster der Steiermark. - Ber. WWP, 79, Graz 1996
- ZETINIGG, H, A. HUBER & M. PÖSCHL: Markierungsversuche in Karstgebieten der Steiermark. - Ber. WWP, 72, Graz 1991
- ZETINIGG, H. & M. PÖSCHL: Grundwasserschutz- und Nutzung in der Steiermark. - Ber. WWP, Sonderband 1, Graz 1988
- ZETINIGG, H & G. SUETTE: Beiträge zur Kenntnis der gespannten Grundwässer im Mittrenntal und Paltental. - Ber. WWP, 69, Graz 1988
- ZETINIGG, H., W. GRIESSLER, Th. UNTERSWEIG, V. WEISSENSTEINER & Ch. MEIDL: Die Quellen des Schöcklgebietes. - Ber. WWP, 60, Graz 1982
- ZETINIGG, H. & H. ZOJER: Beiträge zur Kenntnis der artesischen Wässer im Steirischen Becken. - Ber. WWP, 68, Graz 1987
- ZETINIGG, H., J. FANK, T. HARUM & H. ZOJER: Bemerkungen zu der von J. Lueger vorgeschlagenen Methode für die Abgrenzung von „Nitrat-Schutzgebieten“, ÖWAV 48 (1996), Heft 34. - ÖWAV-Mitt., Jg. 49 (1997) Heft 5/6, Wien 1997.

Unveröffentlichte Arbeiten

a) Allgemeine geologische und hydrogeologische Arbeiten

- *-* : Die Geologie des Pommersberges nordwestlich von Anger bei Weiz. - Unveröff. Diss., Univ. Graz, Graz 1962
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten betreffend den Einfluß der Saggau-Regulierung auf die Brunnen der Großfleischhauerei Wrolli in Groß-Klein Nr. 24. - Unveröff. Gutachten, Graz 28.2.1967
- *-* : Erhebungsbericht über die Beeinflussung des Brunnens Jauk in Hörmsdorf durch die Sprengarbeiten an der Radl-Paß-Bundesstraße. - Unveröff. Gutachten, Graz 9.11.1967
- *-* : Geologisches Gutachten betreffend die Wechselbundesstraße, Verunreinigung von Hausbrunnen im Bereich von km 57,05 - 57,5. - Unveröff. Gutachten, Graz 24.11.1967
- *-* : Die Situation auf dem Gebiet der Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung im Bereich Rannach - Kalkleiten in den Gemeinden Gratkorn und Stattegg. - Unveröff. Gutachten, Graz 5.2.1968
- *-* : Geologisches Gutachten betreffend die Beeinflussung von Brunnen durch die Ortskanalisation in Gleinstätten. - Unveröff. Gutachten, Graz 17.4.1968
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten über die Beeinflussung des Grundwassers in Blumau durch die Safenregulierung. - Unveröff. Gutachten, Graz 5.8.1968
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten, Neubau der Preßnitzbachbrücke in km 175,832 der Triester Bundesstraße Nr. 17; teilweises Versiegen eines Brunnens. - Unveröff. Gutachten, Graz 16.4.1969
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten zur Regulierung des Gnasbaches im Bereich der Gemeinde Deutsch Goritz. - Unveröff. Gutachten, Graz, 15.5.1970
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten betreffend die MG Gamlitz, Steinbachregulierung. - Unveröff. Gutachten, Graz 14.8.1970

- *-* : Hydrogeologisches Gutachten über die Auswirkungen der geplanten Verlegung des Petersbaches auf das Grundwasser. - Unveröff. Gutachten, Graz 14.1.1972
 - *-* : Hydrogeologisches Gutachten über die Beeinflussung des Brunnens der Liegenschaft Hatzendorf Nr. 138 durch die Errichtung des Lehrerwohnhauses. - Unveröff. Gutachten, Graz 7.2.1972
 - *-* : Hydrogeologisches Gutachten betreffend die Marktgemeinde Trofaiach; Friedauwerk-Quelle, Ausbau der Eisenbundesstraße. - Unveröff. Gutachten, Graz 9.2.1977
 - *-* : Hydrogeologisches Gutachten über die Auswirkungen der geplanten Wasserentnahme aus der Teigitsch auf das Grundwasser im Kainachtal. - Unveröff. Gutachten, Graz 8.7.1982
 - *-* : Hydrogeologisches Gutachten zur Versickerung des Leingrabenbaches in der KG. Winkl bei Kapfenberg. - Unveröff. Gutachten, Graz 28.7.1982
 - *-* : Geologischer Bericht über die Untergrundverhältnisse im Raabtal südlich Studenzen. - Unveröff. Gutachten, Graz 18.9.1973
 - *-* : Geologisches Gutachten betreffend die Sulmregulierung in Sulmeck - Greith; Brunnenrhebungen in Gasselsdorf. - Unveröff. Gutachten, Graz 10.7.1974
 - *-* : Hydrogeologisches Gutachten über die Auswirkungen der Regulierung des Safenbaches im Ortsbereich von Waltersdorf. - Unveröff. Gutachten, Graz 10.9.1974
 - *-* : Geologisches Gutachten zur Planung eines Badesees im Talboden Saggau westlich des Ortes Eibiswald. - Unveröff. Gutachten, Graz 14.9.1976
 - *-* : Hydrogeologisches Gutachten betreffend die Talkumwerke Naintsch; Bergbau Rabenwald, Rodung für die Nordwesthalde. - Unveröff. Gutachten, Graz 14.10.1977
 - *-* : Hydrogeologisches Gutachten betreffend die Wasserführung des Überleitungsstollens Vorau. - Unveröff. Gutachten, Graz 16.5.1980
 - *-* : Hydrogeologisches Gutachten betreffend den Steinbruch Drexler u. Co KG., Burgstall, Wasserführung im Untergrund. - Unveröff. Gutachten, Graz 5.9.1980
 - *-* : Hydrogeologisches Gutachten betreffend die Versalzung des Hausbrunnens In Deutschlandsberg, Wildbacher Straße 67. - Unveröff. Gutachten, Graz 7.11.1980
 - *-* : Hydrogeologisches Gutachten betreffend eine Teichanlage in der KG Graßnitz, Gemeinde Spielfeld. - Unveröff. Gutachten, Graz 6.5.1981
 - *-* : Hydrogeologisches Gutachten betreffend die B 70 - Packerstraße, Abschnitt „Kremser Berge“. - Unveröff. Gutachten, Graz 11.9.1981
 - *-* : Geologisches Gutachten zur Anlage eines Friedhofes in der Gemeinde Mitterdorf im Mürztal. - Unveröff. Gutachten, Graz 1.8.1982
 - *-* : Geologisches Gutachten betreffend die Abwasserentsorgung der Sonnschienhütte. - Unveröff. Gutachten, Graz 29.6.1983
 - *-* : Hydrogeologisches Gutachten betreffend „Nahwärme aus Biomasse Gleisdorf, Heizentrale, Grundwasserverhältnisse. - Unveröff. Gutachten, Graz 21.12.1988
 - *-* : Das Entwässerungssystem Seeau-Leopoldsteiner See aus wasserwirtschaftlicher und hydrogeologischer Sicht. -Unveröff. Gutachten, Graz 5.4.1996
- EBNER, F. & ZETINIGG, H.: Bericht über die Erhebung im Steinbruch der Firma Hinteregger in Glashütten. Unveröff. Gutachten, Graz 18.9.1974
- THURNER, A. & ZETINIGG, H.: Gutachten über das Grundwasserfeld des Raabtales zwischen Feldbach und Gniebing. - Unveröff. Gutachten, Graz 30.1.1968

b) Schutzgebiete, Schongebiete, Wasserversorgungsanlagen

- *-* : Hydrogeologisches Gutachten betreffend die Wasserversorgung der Landwirtschaftsschule Alt-Grottenhof. - Unveröff. Gutachten, Graz 26.1.1967
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten betreffend die Wasserversorgung der Volksschule in Jaßnitztal. - Unveröff. Gutachten, Graz 31.1.1967
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten zur Errichtung eines artesischen Brunnens in der Ortschaft Grötsch. - Unveröff. Gutachten, Graz 23.10.1967
- *-* : Geologisches Gutachten über den Neubau eines artesischen Brunnens in Fehring. Unveröff. Gutachten, Graz, 1967
- *-* : Gutachten über die Möglichkeit einer Erweiterung der Wasserversorgung von Feldbach. - Unveröff. Gutachten, Graz, 1967
- *-* : Hydrogeologische Hinweise zur Ausschreibung der Untersuchungsbohrungen für die Grundwassererschließung im Raum Gniebing - Feldbach. - Unveröff. Gutachten, Graz 31.1.1968
- *-* : Zusammenfassender Bericht über die Untersuchungsbohrung in Niklasdorf. - Unveröff. Gutachten, Graz 19.2.1968
- *-* : Hydrogeologische Stellungnahme zur Schutzzone I des Brunnens Moarhof in der Gemeinde St. Ilgen. - Unveröff. Gutachten, Graz 11.3.1968
- *-* : Geologisches Gutachten zur Wasserversorgung von Wundschuh. - Unveröff. Gutachten, Graz 13.3.1968
- *-* : Geologisches Gutachten betreffend die Wasserversorgung von St. Bartholomä. - Unveröff. Gutachten, Graz 15.5.1968
- *-* : Bericht über die Grundwasseruntersuchungen der Gemeinde Kobenz. - Unveröff. Gutachten, Graz 29.7.1968
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten betreffend die Brunnenerhebungen in Oberhaag, Frauenthal und Prarath. - Unveröff. Gutachten, Graz 19.8.1968
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten zur Erweiterung der Wasserversorgung von Stainz. - Unveröff. Gutachten, Graz 3.9.1968
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten betreffend die Wasserversorgung der geplanten Feriensiedlung Theresienkapelle in der Gemeinde Pistorf. - Unveröff. Gutachten, Graz 15.10.1968
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten betreffend den Rückgang der Ergiebigkeit beim artesischen Brunnen in Wettmannstätten 26, Zenzmühle. - Unveröff. Gutachten, Graz 29.10.1968
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten betreffend die Gemeinde St. Sebastian; Brunnaderquelle in der Grünau. - Unveröff. Gutachten, Graz 11.11.1968
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten zur Wasserversorgung von St. Nikolai i.S. - Unveröff. Gutachten, Graz 15.11.1968
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten zur Wasserversorgung der Gemeinde Halltal. - Unveröff. Gutachten, Graz 29.11.1968
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten betreffend die Brunnenanlagen der Fa. Hügelland in Gleinstätten. - Unveröff. Gutachten, Graz 5.12.1968
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten betreffend die Einzelwasserversorgung Slavik Henriette, Edelstauden. - Unveröff. Gutachten, Graz 18.6.1969
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten zur Erweiterung der Wasserversorgung von Wettmannstätten. - Unveröff. Gutachten, Graz 11.8.1969

- *-* : Hydrogeologisches Gutachten betreffend den Eigenheimbau- und Siedlerring Süd-Ost, Erweiterung der Wasserversorgungsanlage Graz-Andritz, Ursprungweg. - Unveröff. Gutachten, Graz 17.9.1969
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten zur Erschrotung artesischen Wassers in Fehring. - Unveröff. Gutachten, Graz, 1969
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten betreffend die Wasserversorgung der Villa Barbara in Neumarkt. - Unveröff. Gutachten, Graz 13.4.1970
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten betreffend die Wasserversorgung der Ortschaft Mochl, Gemeinde Kammern. - Unveröff. Gutachten, Graz 14.5.1970
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten betreffend die Begutachtung der Quellaufschließungsarbeiten für die Villa Barbara in Neumarkt. - Unveröff. Gutachten, Graz 21.5.1970
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten betreffend das Freibad Straßgang, Errichtung eines Brunnens. - Unveröff. Gutachten, Graz 17.6.1970
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten betreffend die Wasserversorgung von Unzmarkt. - Unveröff. Gutachten, Graz 20.8.1970
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten betreffend die Wasserversorgungsanlage Maria Pistolnig, St. Pongratzen 35. - Unveröff. Gutachten, Graz 2.10.1970
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten betreffend die Wasserversorgung von St. Anna ob Schwanberg, Gemeinde Garanas. - Unveröff. Gutachten, Graz 2.12.1970
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten betreffend den Brunnen für das Erholungszentrum Wundschuh. - Unveröff. Gutachten, Graz 28.12.1970
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten - Bad Gleichenberg, Ansatzpunkt für den vierten artesischen Brunnen. Unveröff. Gutachten, Graz, 1971
- *-* : Bericht über die Wasserversorgung Breitenau, Probebohrung. - Unveröff. Gutachten, Graz 21.3.1971
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten zur Erschließung der Quellen bei den Gehöften Piegler und Geier (Rabenwald) zwecks Erweiterung der Wasserversorgung der Marktgemeinde Pöllau. - Unveröff. Gutachten, Graz 17.8.1971
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten zur Erschließung der Quelle zunächst des Gehöftes Haas für die Wasserversorgung der Wassergenossenschaft Schirnhofer, Gemeinde Hintereggen bei Pöllau. - Unveröff. Gutachten, Graz 17.8.1971
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten betreffend die Wasserversorgung von Unterfeistritz, Gemeinde Floing. - Unveröff. Gutachten, Graz 31.8.1971
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten betreffend die Firma Hügelland in Gleinstätten, Industriebrunnen. - Unveröff. Gutachten, Graz 7.9.1971
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten zur Wasserversorgung der Gemeinde Gleinstätten. - Unveröff. Gutachten, Graz 7.9.1971
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten zur Wasserversorgung von St. Margarethen bei Knittelfeld. - Unveröff. Gutachten, Graz 22.9.1971
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten zur Erweiterung der Brunnenanlage des WV Ehrenhausen. - Unveröff. Gutachten, Graz 13.12.1971
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten, Wasserversorgung Wünschendorf, Gemeinde Hofstätten. - Unveröff. Gutachten, Graz, 1971
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten zur Abgrenzung eines Grundwasserschongebietes für die Wasserversorgung der Stadtgemeinde Fehring. - Unveröff. Gutachten, Graz, 1971
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten über den Siebenbrunn im Gradenbachtal bei Weißenbach im Ennstal. - Unveröff. Gutachten, Graz 29.1.1972
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten zur Grundwassererschließung auf Grundstück 2101 KG Mitterberg. - Unveröff. Gutachten, Graz 19.2.1972

- *-* : Bericht über die hydrogeologische Beratung vom 3.6.1972 zur Wasserversorgung von Rohrbach an der Lafnitz. - Unveröff. Bericht, Graz 3.6.1972
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten zur Grundwassererschließung im Saifental südlich von Pöllau. - Unveröff. Gutachten, Graz 19.4.1972
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten betr. Rupert Schlagbauer, Pischkberg, Quelluntersuchung. - Unveröff. Gutachten, Graz 21.4.1972
- *-* : Bericht über die derzeitige Wasserversorgung von Söchau. - Unveröff. Gutachten, Graz 26.4.1972
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten über etwaige Auswirkungen der geplanten Saggau-Regulierung auf die Brunnenanlage der Gemeinde Amfels. - Unveröff. Gutachten, Graz 16.5.1972
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten über die Winkler- und Zenzbauerquelle im Traibachgraben. - Unveröff. Gutachten, Graz 16.5.1972
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten zur Abgrenzung der Schutzgebiete für die Quellen der Wasserversorgungsanlage der Ortschaft Graßnitz. - Unveröff. Gutachten, Graz, 7.6.1972
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten zur Grundwassererschließung im Södingbachtal bei Stallhofen. Unveröff. Gutachten, Graz 17.10.1972
- *-* : Bericht über die Baumühl- und Paarquelle im Weizbachtal. - Unveröff. Bericht, Graz 13.11.1972
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten zur Grenzziehung der Schutzgebiet für die Wasserversorgungsanlage der Stadtgemeinde Köflach. - Unveröff. Gutachten, Graz, 12.12.1972
- *-* : Die artesischen Brunnen in der Marktgemeinde Gnas. - Unveröff. Gutachten, Graz, 1972
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten zur Abänderung des weiteren Schutzgebietes der Gamser St. Hubertusquelle. Unveröff. Gutachten, Graz 1972.
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten zur Abgrenzung eines Schongebietes für die Karstwasservorkommen im Sarsteinmassiv, Sandling und Loser. - Unveröff. Gutachten, Graz 8.1.1973
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten über den Brunnen der Wassergenossenschaft Rassach - Hocheck. - Unveröff. Gutachten, Graz 15.1.1973
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten über das Einzugsgebiet der Dürreggerquelle der Stadtgemeinde Oberwölz. - Unveröff. Gutachten, Graz 23.5.1973
- *-* : Die Fließgeschwindigkeiten des Grundwassers im Bereich der Brunnenanlage der Gemeinde Spielberg. - Unveröff. Gutachten, Graz 9.12.1973
- *-* : Bericht über die artesischen Brunnen in der Gemeinde Ludersdorf - Wilfersdorf. - Unveröff. Gutachten, Graz, 1973
- *-* : Hydrogeologische Gutachten zur Abgrenzung eines Schongebietes für die Quellvorkommen der Stupalpe im Raume der Gemeinde Salla. - Unveröff. Gutachten, Graz 29.1.1974
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten über die Quelle der Wassergenossenschaft Müllegg im Gamsbachgraben. - Unveröff. Gutachten, Graz 13.8.1974
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten über die Möglichkeit der Grundwassererschließung für die Gemeinde Gröbming. - Unveröff. Gutachten, Graz 4.11.1974
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten über das Einzugsgebiet des Stainzbaches und des Ligistbaches. - Unveröff. Gutachten, Graz 28.11.1974
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten über ein Quellvorkommen in Gröbming Winkel. -Unveröff. Gutachten, Graz 26.5.1975

- *-* : Hydrogeologisches Gutachten betreffend das Wasserwerk Friesach. - Unveröff. Gutachten, Graz 3.10.1975
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten zur Abgrenzung von Wasserschutzgebieten für den Filterrohrbrunnen der Gemeinde Gröbming in Gröbming Winkel. - Unveröff. Gutachten, Graz 28.6.1976
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten betreffend die Stadtgemeinde Leoben; Wasserwerk in St. Peter-Freienstein; Ausbau der Eisenbundesstraße. - Unveröff. Gutachten, Graz 16.2.1977
- *-* : Hydrogeologischer Bericht über die Quellen im Gebiete des Rabenwaldes. - Unveröff. Gutachten, Graz 18.7.1977
- *-* : Trink- und Nutzwasserversorgung Kurzentrum Loipersdorf, hydrogeologisches Gutachten. - Unveröff. Gutachten, Graz, 1977
- *-* : Bericht über die Grundwassererschließung im Tal des Södingbaches bei Stallhofen. - Unveröff. Bericht, Graz 11.6.1978
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten zur Erschließung von Grundwasser durch den Wasserverband Lannach - St. Josef. - Unveröff. Gutachten, Graz, 24.6.1978
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten über die Quellen im Graben des Hundsmühlbaches bei Friedberg. - Unveröff. Gutachten, Graz 26.6.1978
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten über die Grundwassererschließung der Gemeinde Stallhofen im Södingtal. - Unveröff. Gutachten, Graz 29.6.1978
- *-* : Grundwasseruntersuchungen der Marktgemeinde Stainz. - Unveröff. Gutachten, Graz 6.10.1978
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten über die Erschließung artesischen Grundwassers im Stampfgraben bei Gillersdorf. - Unveröff. Gutachten, Graz 1978
- *-* : Hydrogeologischer Bericht über die Quellen im Weinmeisterboden (Gemeinde St. Marein bei Knittelfeld). - Unveröff. Gutachten, Graz 5.2.1980
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten zu den Quellen der Wassergenossenschaft Langegg. - Unveröff. Gutachten, Graz 3.9.1980
- *-* : Erhebungsbericht über die Quellen Wieden im Gemeindegebiet Landl. - Unveröff. Gutachten, Graz 26.9.1980
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten über die Quelle von Patritz Buchegger, Reinberg 51 in Riegersbach. - Unveröff. Gutachten, Graz 12.3.1982
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten betreffend den Brunnen Johann Holzmeister, Mantscha 1, Riederhof, weiteres Schutzgebiet. - Unveröff. Gutachten, Graz 7.4.1982
- *-* : Erhebungsbericht über drei Quellen im Gemeindegebiet von Marhof. - Unveröff. Gutachten, Graz 23.2.1983
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten betreffend die Fuchssteinquelle und Kohlstattquelle in der Gemeinde Bad Mitterndorf. - Unveröff. Gutachten, Graz 9.3.1983
- *-* : Hydrogeologischer Bericht betreffend die Zetzquelle in der Marktgemeinde Anger. - Unveröff. Gutachten, Graz 29.5.1985
- *-* : Die Hydrogeologie der Quellen des Wasserverbandes Köflach - Voitsberg im Sallagraben. - Unveröff. Gutachten, Graz 1991 ?
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten betreffend Wald a. Schoberpaß, Quelle Veitl am Berg, Haberl Quellen I und II. - Unveröff. Gutachten, Graz 29.11.1994
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten betreffend die Schutzgebietsabgrenzung für die Mitterquelle, Wald am Schoberpaß. - Unveröff. Gutachten, Graz 14.9.1995
- *-* : Hydrogeologisches Gutachten betreffend die WG Schloßberg, Trinkwasser-Schutzgebiete. - Unveröff. Gutachten, Graz 14.11.1995

- : Die Hydrogeologie der Quellen des Wasserverbandes Köflach - Voitsberg im Sallagraben. - Unv. Manuskript, Graz o.J.

ZETINIGG, H. & A. THURNER: Geologisches Gutachten betreffend die Wasserversorgung von St. Nikolai i. Sausal. - Unveröff. Gutachten, Graz 2.4.1968

c) Hydrogeologische Gutachten zu Mineral- und Heilquellen

- : Hydrogeologisches Gutachten über die Schwefelquelle im Fölzgraben, Gemeinde Halltal. - Unveröff. Gutachten, 2.8.1971

- : Hydrogeologischer Bericht über die Solequelle in Weissenbach und Laussa. - Unveröff. Gutachten, Graz, 6.11.1973

d) Schigebietserschließungen und Beschneidungsanlagen

- : Hydrogeologisches Gutachten über die Abfahrtsprojekte 1979 im Bereich der Hochwurzten. - Unveröff. Gutachten, Graz 10.10.1979

- : Hydrogeologisches Gutachten über die geänderte Trasse der Aigner-Abfahrt (Planai), - Unveröff. Gutachten, Graz 16.10.1979

- : Hydrogeologisches Gutachten zum Streckenabschnitt Haberleiten der Krumholzabfahrt (Haus i.E.). Unveröff. Gutachten, Graz 16.10.1979

- : Wasserwirtschaftliche Stellungnahme zum Österreichischen Seilbahnkonzept im Bereich der Steiermark. - Unveröff. Gutachten, Graz o.J.

HAAS, H. & ZETINIGG, H.: Geologisches Gutachten zur Errichtung einer Schneeanlage für die Schiabfahrt von der Planai (WM 1982). - Unveröff. Gutachten, Graz 26.11.1980

e) Regelblätter des ÖWAV (vorm. ÖWWV) und ÖVGW

ÖWWV - Regelblatt 201, „Leitlinie für die Nutzung und den Schutz von Karstwasservorkommen für Trinkwasserzwecke“, Wien 1984.

ÖWWV - Regelblatt 202, „Tiefengrundwässer und Trinkwasserversorgung“, Wien 1986.

ÖWWV - Regelblatt 205, „Nutzung und Schutz von Quellen in nicht verkarsteten Bereichen“, Wien 1990.

ÖWWV - Regelblatt 206, „Klein- und Einzeltrinkwasserversorgungsanlagen“, Wien 1993.

ÖWWV - Regelblatt 208, „Bohrungen zur Grundwassererkundung“, Wien 1993.

ÖVGW - Richtlinie W 72 - Schutz- und Schongebiete, Wien 1995

Hilmar Zetinigg und der südliche Hochschwab

von

Hans Novak

Es war im Jahre 1969, als Dr. Hilmar Zetinigg mit mir den "südlichen Hochschwab" für eine zukünftige Wasserversorgung für das Land Steiermark zu erkunden begann und nachfolgend diese Wasservorkommen zu erschließen bzw. bei Bedarf zu nutzen.

Dr. Hilmar Zetinigg war nach einem kurzen Zwischenaufenthalt in Wien als Bibliothekar in der Nationalbibliothek Bediensteter, in der Landesbaudirektion, Referat für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung, wasserwirtschaftliches Planungsorgan.

Als solcher war er beauftragt die Erkundung von geeigneten und nutzbaren Wasservorkommen im und für das Land Steiermark durchzuführen.

Ich wurde als Vertreter der Grazer Stadtwerke AG, Bereich Wasserversorgung, mit dieser Aufgabe, vor allem im Einzugsgebiet Hochschwab-Süd beauftragt.

Dieser gemeinsame Arbeitsbereich ermöglichte es mir Dr. Zetinigg, wie bereits erwähnt, im Jahre 1969 (als also vor fast 30 Jahren) kennen zu lernen.

Es war für mich "Freundschaft auf den ersten Blick".

Abgesehen von seinen profunden, und ich möchte sagen, überdurchschnittlichem Fachwissen als Geologe und Hydrogeologe überraschte mich immer sein umfangreiches Allgemeinwissen, vor allem seine Geschichtskennntnisse und noch mehr sein Wissen über das Schiffahrtswesen. Ist ja auch schließlich einer seiner "Hobbys".

Neben seinem Fach- und Allgemeinwissen sei auch sein fein geschliffener Humor zu erwähnen.

Ich durfte dies immer wieder in seiner Gesellschaft genießen.

Damit war für mich auch eine amikale Basis für meine mit ihm durchzuführende fachliche Tätigkeit gegeben, wobei dabei bei ihm die Objektivität nie in den Hintergrund gestellt wurde oder verloren ging.

Ich durfte auch in meiner Tätigkeit als Zivilingenieur viele Jahre mit Hilmar Zetinigg zusammenarbeiten.

Im Auftrage des wasserwirtschaftlichen Planungsorganes war Hilmar Zetinigg bemüht um die Erkundung von Wasservorkommen zur Nutzung als Trinkwasser in der Steiermark.

Für die dazu notwendigen Pumpversuche war es für mich immer ein Vergnügen mit ihm zusammen zu arbeiten, vor allem wurde meine Arbeit durch sein umfangreiches geologisches und hydrogeologisches Wissen sehr unterstützt und konnten daher die Erkundungsergebnisse sehr abgerundet ausgewertet werden.

Die nunmehr für das Land Steiermark vorliegenden Ergebnisse, zum großen Teil aus seiner Feder veröffentlicht, sind, und das darf ich wohl heute sagen, auf seine Initiative zurückzuführen.

Es ist mir eine Ehre und auch ein Bedürfnis Dir, lieber Hilmar, als Freund und zum Teil auch als Lehrer, für Deine Zusammenarbeit mit mir herzlichst zu danken und gleichzeitig wünsche ich Dir, es mögen Deine Wünsche in Erfüllung gehen.

Ad multos annos, Glück auf!

Hans Novak

JAHRE DER ZUSAMMENARBEIT UND FREUNDSCHAFT - AUS DEM MINISTERIUM GEBLICKT

Komponenten einer hydrogräph-lichen Bilanz

von

F. Pramberger

Ein besonderes Anliegen Hilmar Zetiniggs war und ist die Unterstützung der Hydrographie. Im Wissen um die Bedeutung guter hydrographischer Daten für die wasserwirtschaftliche Planung und um die meist knappen finanziellen und personellen Möglichkeiten entwickelte sich eine für den Hydrographischen Dienst in der Steiermark erfolgreiche Kooperation über viele Jahre. Diese fand in den letzten Jahren ihre innovative Fortsetzung in einem gemeinsam zwischen Land Steiermark und dem Hydrographischen Zentralbüro im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft getragenen Pilotprojekt zur Optimierung von Grundwasserstandsmeßnetzen, das auch international erhebliches Interesse fand.

Meine sehr angenehmen persönlichen Erfahrungen gehen auch auf einen Arbeitsausschuß des ÖWAV - Bohrungen zur Grundwassererkundung - und auf seine Aktivitäten im Rahmen der Arbeitsgruppe Hydrogeologie der Österreichischen Geologischen Gesellschaft zurück. Bei diesen Gelegenheiten wurde immer wieder sein interdisziplinäres Denken, sein Bemühen, Wasserwirtschaft und Hydrogeologie zum Nutzen beider Fach- und Aufgabenbereiche zusammenzubinden, sichtbar und schlug sich in vielfältigen konkreten Maßnahmen wieder, so z.B. auch in vieljährigen hydrographisch wertvollen Beobachtungen an Quellen und Artesern.

Es ist im Interesse der Wasserreservenerkundung zu wünschen, daß - nach dem erfolgreichen Seminar im Juni 1996 in Kufstein zum Thema „Erkundung und Beobachtung von Quellen“ - insbesondere betreffen das komplexe Thema „Markierungsversuche“ wieder weitere praktisch handhabbare Regelwerke des ÖWAV entstehen werden.

Seine für neue Wege offene Haltung, sein stetes Bemühen um Kompromisse und Konsense sowie seine Perspektiven bei der Aufgabenbewältigung machen Hilmar Zetinigg zu einem Wasserwirtschaftler, dessen fachliche Kompetenz unbestritten ist und dessen Aktivitäten auch in den anderen Bundesländern richtungsweisend und beispielgebend waren und sind.

Der Bezug zum Karst

von

G. Völkl



Der Jubilar nimmt gemeinsam mit dem 1989 verstorbenen Hofrat Dr. Fridtjof Bauer die Huldigung eines Vertreters der lokalen Bevölkerung entgegen.

Der eigentliche Symbolcharakter des Bildes liegt aber im einträchtigen Nebeneinander der beiden. Doz. Zetinigg hatte zu Fridtjof Bauer stets ein konfliktfreies, auf gegenseitiger Hochachtung basierendes, freundschaftliches Verhältnis. Das adelt, denn damit gehört er zu einem sehr kleinen Personenkreis.

Der Karst und seine Hydrographie, die Quellen und ihr Einzugsgebiet, die Nutzung und der Schutz des unterirdischen Wassers waren - und sind Doz. Zetinigg stets ein wichtiges Anliegen. Eine Reihe von wertvollen Grundlagenuntersuchungen in der Steiermark gehen auf seine Initiative zurück. Durch seine tatkräftige Mitwirkung im ÖWAV sind wichtige Regelblätter entstanden und hochkarätige Seminarveranstaltungen abgehalten worden. Seine neue Funktion in diesem Verband läßt auf weitere Anlässe zur konstruktiven Zusammenarbeit hoffen.

Angesichts des Bildes, im Eingang der Koppenbrüllerhöhle aufgenommen und seinem starken Bezug zum Karstwasser, ist wohl der abgewandelte Bergmannsgruß der Höhlenforscher angebracht:

Glück tief Hilmar!

Blick auf eine vielfältige Zusammenarbeit

von

W. Schimon

Als ich meine Berufslaufbahn im „Hohen Ministerium“ begann, liefen aus meiner Sicht die Kontakte zur Steiermark zunächst sehr „zentriert“ über die Herren Bernhart und Dohlhofer. Doch sehr bald lernte ich Hilmar als Mitarbeiter im Referat der Wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung kennen. Dann wurde Hilmar Chef ebendieses Referates, und in dem Maße ich freier agieren konnte, wurden wir Partner in vielen Bereichen, in denen Bund und Länder zusammenarbeiten: Wasserbautenförderung, Wasserwirtschaftliche Planung und Erstellung von Fachgrundlagen und Richtlinien.

Zahlreiche Projekte wurden vom Land Steiermark und dem Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft gemeinsam nach dem Wasserbautenförderungsgesetz durchgeführt. Die Konzeption der Projekte, die Auftragserteilung und die Betreuung der Durchführung bewirkte eine enge, auch persönliche Zusammenarbeit. Zahlreiche Projekte zur Erkundung von Wasserreserven führten zu Schutzmaßnahmen nach dem Wasserrechtsgesetz. In diesem Zusammenhang möchte ich auch die wechselvolle Einbindung mit der damals noch zum Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft gehörigen Bundesanstalt für Wasserhaushalt von Karstgebieten erwähnen, die bei den Projekten Dachstein und Tennengebirge eine besonders intensive Kooperation mit den berührten Bundesländern mit sich brachte.

Die besondere fachliche Liebe Hilmars gehört den Karst-, Kluft- und Tiefenwässern als speziellen Ausprägungen des Grundwassers. Dieses besondere Interesse, die profunden Fachkenntnisse und der reiche Erfahrungsschatz führt Hilmar immer wieder in Fachgremien der wasserwirtschaftlichen Verbände, wo er meist leitend, oft auch mit gleichem Einsatz mitarbeitend Richtlinien zu diesen Themen maßgeblich gestaltet. Erwähnt seien u.a. Themen wie Karstwasser, Tiefengrundwasser, Quellen in nicht verkarsteten Bereichen, Klein- und Einzelwasserversorgungen, Grundwassererschließungen, Schutz- und Schongebiete und Trinkwassernotversorgung.

Derzeit arbeitet Hilmar als Vorsitzender eines Ausschusses des ÖWAV an einer Richtlinie „Nutzung artesischer und gespannter Grundwässer“. Damit soll eine Grundlage für den sinnvollen Umgang mit dieser hochwertigen Ressource geschaffen werden, die aufgrund ihrer relativ leichten Verfügbarkeit zur Verschwendung verleitet. Die Fertigstellung der Richtlinie ist in Kürze absehbar.

Seit neuestem hat Hilmar darüber hinaus den Vorsitz im ÖWAV - Fachausschuß Wasserwirtschaft - Wasserversorge, unter Stellvertretung durch meinen Kollegen Tomek inne. Damit sollte die Voraussetzung dafür geschaffen sein, daß die fachliche Zusammenarbeit auch einen absehbaren formalen Rückzug Hilmars aus dem aktiven Dienst überdauern wird.

In Vorbereitung der Würdigung von Freund Hilmar stöberte ich in den von ihm verfaßten Fachpublikationen. Dabei ist - meiner Meinung nach - keine andere imstande die Persönlichkeit von Hilmar Zetinigg in so treffender Weise bereits im äußeren Erscheinungsbild zu umschreiben, als „Die Mineral- und Thermalquellen der Steiermark“, mit umfassender Darstellung des Themas aus geologischer, wasserwirtschaftlicher und rechtlicher Sicht. Ein technisch-naturwissenschaftliches Buch dieses Titels würde vorerst eine Titelbild mit einem technischen Thema erwarten las-

sen. Doch nein, das wäre nicht Hilmar. Er wählte das Bild eines Henkelkrügleins aus geschliffenem Glas aus den Sechzigerjahren des vorigen Jahrhunderts, als Motiv die Constantinquelle Gleichenberg. Selbstverständlich fehlt auch eine exakte Beschreibung dieses Kurbechers in dem Buche nicht. So deutet die Publikation das breit gefächerte Interessensgebiet von Hilmar, seine profunde Fachkenntnis, wie auch seine Liebe zu schönen alten Dingen an.

„Das Wasser ist auch das einzige Getränk, welches wirklich den Durst stillt.“ Dieses Motto steht der Publikation „Die Mineral- und Thermalquellen der Steiermark“ voran. Ein Glück, daß sich Hilmar persönlich nicht immer an diese Vorgabe hält. Vielmehr ist selten ein fachlicher Anlaß gegeben, den Hilmar - nach erfolgreich erbrachter Arbeit - nicht in gemütlichem Rahmen bei einem Glas guten Weines ausklingen ließe. Diese Zusammensein haben uns auch auf der persönlichen Ebene einander nahe gebracht, aber in vielen Fällen wieder Grund für weitere fachliche Vorhaben und Zusammenarbeiten gelegt. Solche Gespräche sind mir anlässlich einer Tagung in Schloß Eggenberg, aber auch bei den „Wasserefachlichen Aussprachetagungen“ in Eugendorf in besonderer Erinnerung.

Hilmar Zetinigg ist ein Kollege und Freund, der es immer versteht, die Interessen der Wasserwirtschaft und der Wasservorsorge energisch und erfolgreich zu vertreten, ohne dabei „Krieg zu führen“ und in eiferische Animosität zu verfallen. Natürlich machte er sich nicht nur Freunde und seiner Berufslaufbahn - der Protest äußerte sich gelegentlich ganz profan in der Blochierung einer großlumigen Aufschlußbohrung mit einem Kürbis. Seine zutiefst menschliche Art, verbunden mit einem einzigartigen trockenen Humor, läßt ihn jedoch alle Situationen meistern.

Zwanzig Jahre Zusammenarbeit an der burgenländisch-steirischen Grenze

von

F. SCHÜTTER und P. GORTAN

Die Reichhaltigkeit unseres Lebens durchdringt ein Naturgut wie kein anderes, das Wasser. Die gesamte siedlungs- und wirtschaftsgeschichtliche Entwicklung ist mit ihm auf das engste verknüpft. Die Bedeutung des Wassers für die menschliche Gesellschaft und Wirtschaft ist durch Jahrhunderte hindurch aktuell geblieben.

Wachstum, Verdichtung und Mobilität der Bevölkerung, steigende Produktion, höherer Komfort und Lebensstandard sind die raumbeanspruchenden und raumbeeinflussenden Faktoren auf dem Weg zu steigenden Wasserverbrauchsziffern und zu immer gefährlicheren Eingriffen in den Wasserhaushalt.

Der Faktor Wasser ist aber eine vorgegebene und kaum veränderbare Größe. Das natürliche Wasserdargebot unterliegt nicht den Spielregeln von Angebot und Nachfrage, sondern es ist vielmehr so, daß einer wechselnden - heute ständig ansteigenden - Bedarfsgröße eine praktisch fixe Dargebotsgröße gegenüber steht.

Die sich ergebende Notwendigkeit der Bewirtschaftung der Wasserreserven bedingt eine genaue Kenntnis der vorhandenen Grund- und Quellwasservorkommen und natürlich eine enge Zusammenarbeit der Fachleute über die Landesgrenzen hinweg.

Da sowohl das südliche Burgenland als auch die Oststeiermark zu den wasserarmen Gebieten Österreichs zählen, wurde hier in den letzten Jahrzehnten unter Aufwendung bedeutender finanzieller Mittel eine entsprechend notwendige hydrogeologische Grundlagenforschung betrieben.

Es war daher gut und vorteilhaft, daß sich im Grenzbereich zwei Partner mit denselben Interessen trafen und sich das Burgenland auf die große Erfahrung der Steiermark - vor allem die artesischen Brunnen betreffend - stützen konnte.

So bekamen wir erstmals in den Jahren 1978 bis 1984 Kontakt mit Univ.Doz. Dr. H. Zetinigg vom Amt der Steiermärkischen Landesregierung.

In vielen Diskussionen vermittelte er uns sein Wissen und seine Erfahrungen, und stellte uns auch seine einschlägigen Untersuchungsberichte zur Verfügung.

Dies wurde erstmals im „Abschlußbericht der hydrogeologischen Untersuchungen zur Beurteilung der Wasserhöffigkeit im südlichen Burgenland“ der Geologischen Bundesanstalt (Verfasser: Dr. Walter Kollmann) vom September 1986 berücksichtigt.

Auch in den Jahren 1993 - 1994 im Rahmen der „Untersuchung artesischer Wässer beiderseits der burgenländisch-steirischen Landesgrenze“ (Projekt des Institutes für Hydrogeologie und Geothermie, Joanneum Research, Graz, Projektleiter: Dr. J. Goldbrunner) half er mit, die Fragen der Verbreitung der artesischen Grundwasserhorizonte im mittleren und unteren Lafnitztal zu klären, damit Aussagen über den Nutzungsgrad

dieser Wasservorkommen bzw. einer allfälligen Übernutzung derselben geklärt werden können.

Die Zusammenarbeit blieb. In den vielen Jahren gemeinsamer Gespräche und Erlebnisse, gemeinsamer Mitsprache und Mitverfügung, aber auch gemeinsamer Verantwortung wurde eine Plattform geschaffen, auf der die anstehenden Probleme in ruhiger, sachlicher und freundschaftlicher Atmosphäre behandelt werden konnten.

Die Verfasser danken daher dem Jubilar für seine hervorragenden Arbeiten und wünschen gute Gesundheit, damit er weiterhin zur Pflege der gutnachbarlichen Beziehungen, die viele Früchte zum Wohle und Gedeihen der Regionen Raab, Lafnitz und Wechsel hervorgebracht haben, beitragen kann.

Als Probe der besonderen fachlichen Kompetenz des Univ.Doz. Dr. H. Zetinigg, die die Zusammenarbeit an der Landesgrenze beflügelte, wird auf den Beitrag von M. WIE-SPEINER hingewiesen.

Grundwassersanierung im Leibnitzerfeld

60 Jahre - Hilmar Zetinigg

von

Walter Ultes

Für mich als wasserwirtschaftlichen Quereinsteiger, der von der Milch- zur Wasserbranche überwechselte, ist Dozent Dr. Hilmar Zetinigg eine derjenigen Persönlichkeiten, welche von Anfang an immer und jederzeit einfach da waren wenn man Hilfe nötig hatte.

Das Leibnitzerfeld hatte Hilfe nötig.

Gerade in den Jahren 1986 bis 1994 waren stürmische „Wasserwogen“ an der Tagesordnung.

Eine Grundwassersanierung im Leibnitzerfeld ohne den „ruhenden Pol“ Hilmar Zetinigg wäre aus heutiger Sicht schwer möglich gewesen.

Auf Grund seiner fachlichen Qualifikation, seiner Kompetenz und seiner Konzilianz ist es ihm auch in den brenzlichsten Situationen immer wieder gelungen die Übersicht und Ruhe zu bewahren und die Verhandlungspartner zu einem für alle tragbaren Konsens zu führen.

Für mich persönlich ist Hilmar nicht nur ein langjähriger Weggefährte und fachliches Vorbild, den ich über alles schätze, sondern auch ein Freund mit menschlichen und charakterlichen Vorzügen, welche ich nie und nimmer missen möchte.

Daß gerade diese menschlichen und freundschaftlichen Bindungen so gravierend zum Tragen kommen ist aber auch, so meine ich, dem gemeinsamen Interesse für die flüssige Nahrungsmittelkette zu verdanken.

Der Schwerpunkt liegt hier natürlich am Grundnahrungsmittel „Trinkwasser“, wobei ich aber hoffe, daß wir im fachlichen Freundeskreis noch so manches herrliche Tröpfel aus dem Südsteirischen Weinland gemeinsam verkosten werden können.

Im Namen der Leibnitzerfeld Wasserversorgungsges.m.b.H aber auch im Namen der Süd- und Südoststeirischen Trinkwasserversorgung sage ich unserem „Steirischen Wasserexperten“ ein großes Dankeschön für seinen einzigartigen Einsatz für die Wasserversorgung dieser Region sowie in der gesamten Steiermark.

Lieber Hilmar, zu Deinem 60. Geburtstag wünsche ich Dir aus ganzem Herzen alles Gute vor allem Gesundheit und hoffe, daß Du noch sehr lange Dein umfassendes Wissen für die Lösung der künftigen Aufgaben der Wasserversorgung zur Verfügung stellst.

Hilmar Zetinigg und die Wiener Wasserwerke

von
Ewald Uresch

Daß die Wasserwirtschaft in ihrer Vielfalt für ein Land von höchster Bedeutung ist, dürfte unbestritten sein. Damit diese Bedeutung nicht an Stellenwert verliert ist es, außer der allgemeinen Gesinnung, unverzichtbar, daß auch die jeweils zuständige öffentliche Verwaltung, die Behörden und sonstige Instanzen mit der Sicherstellung dieser Erfordernisse betraut sind.

Einen besonderen Fall stellt in diesem Zusammenhang die Wiener Wasserversorgung dar. Ein Großteil dieses Trinkwassers für Wien kommt aus der Steiermark. Für die wasserwirtschaftlichen Belange in der Steiermark ist sehr wesentlich ROBR Doz. Dr. Hilmar Zetinigg zuständig und dadurch auch für manche Bereiche der Trinkwasserquellen der I. und II. Wiener Hochquellenleitung.

In jedem einzelnen Fall dieser Problematik, sei es im Rahmen behördlicher Verfahren, im Zuge von Planungen, Forschungsarbeiten u.ä., bei dem Dr. Zetinigg involviert gewesen ist und noch immer ist, konnten und können die betroffenen Parteien und die Beteiligten davon ausgehen, daß er seine Position mit hohem Sachverstand, rein sachbezogen ohne regionale Emotion und kollegial, der jeweiligen Angelegenheiten dienlich, bezieht.

Auf diese Weise hat er auch immer wieder, auch bei der Behandlung von Angelegenheiten der Wiener Wasserversorgung in der Steiermark, in konstruktiver Weise mitgewirkt.

Im besonderen gibt es mit Doz. Dr. Zetinigg seit einigen Jahren eine fachliche Zusammenarbeit beim „Karstforschungsprojekt Hochschwab“, welches im Auftrag der Stadt Wien, des Landes Steiermark und der Republik Österreich, vor allem vom Joanneum Research Graz durchgeführt wird und an dem auch zahlreiche andere Institute, wie die Geologische Bundesanstalt, mitwirken.

Fachdiskussionen finden aber nicht nur während der offiziellen Teile von Tagungen, Seminaren, Symposien usw. statt, sondern im gesellschaftlichen Rahmen solcher Veranstaltungen. Bei solchen Gelegenheiten konnte in jedem Fall auch die angenehme und freundliche Wesensart des Jubilars festgestellt werden; es wurden dadurch nüchterne Sachthemen in einer ungezwungenen Art besprochen.

Als örtlich zuständiger Betriebsleiter der Wasserleitungsanlagen im Quellengebiet der II. Wiener Hochquellenleitung, möchte ich aus Anlaß seines 60. Geburtstages nicht nur die Gelegenheit zur herzlichen Gratulation wahrnehmen. Ich möchte mich auch besonders für das sehr gute persönliche Verhältnis im dienstlichen und privaten Bereich bei ihm bedanken.

Außerdem und abschließend wünsche ich Herrn ROBR Doz. Dr. Hilmar Zetinigg für noch viele Jahre beste Gesundheit und schöne Stunden im Familien-, Kollegen- und Freundeskreis.

Erinnerungen an die gemeinsame Arbeit

von
Konrad Wehinger

Schon der Gedanke anlässlich eines Geburtstages eine Schrift zu erstellen, symbolisiert die positive Wirkung, die vom Angesprochenen ausgeht. Die Aufgaben der wasserwirtschaftlichen Planung der Steiermark und Oberösterreich sind durch die Ländergrenze getrennt. Jeder ist in dieser fachlichen Tätigkeit für das „Eigene“, innerhalb liegende, verantwortlich und hat z.B. das Grundwasser zu hüten und zu pflegen. Gesetze begrenzen oder regeln unser Handeln, aber Lösungen entstehen durch brückenbauende Grenzüberschreitung und nicht durch Mißachtung der Grenzen. Dieses Brückenbauen ist dank der Tätigkeit von Zetinigg einerseits aufgrund seines Fachwissens und andererseits wegen seiner Konsensfähigkeit immer sehr gut gelungen.

Konkret seien hier die zwischen den Bundesländern geführten Diskussionen z.B. über die Karstgebiete, wie über das Tote Gebirge, den Dachstein, das Warscheneck usw. erwähnt, deren unterirdische Wasserscheiden sich vielfach nicht mit den oberirdischen decken, welche meist die Landesgrenzen darstellen.

Soweit mir bekannt ist, waren dies die Ursprünge für die ersten Kontakte mit Zetinigg. Man erwartet bei solchen Problemen meist harte Angriffe. Sie erfolgten aber nicht, weil zuerst das Ziel einer möglichst exakten Lösung angestrebt wurde. Das führt zu zahlreichen neuen Erkenntnissen und brachte akzeptable Ergebnisse.

Durch die Tatsache, daß Zetinigg nicht nur als Inhaber einer Funktion auftrat, sondern auch immer eine menschliche, freundliche Verhaltensweise zeigte, entstand zwischen den Hydrologen und den Geologen ein freundschaftliches Verhältnis, das dazu beitrug, daß viele gemeinsame Probleme, viele gemeinsame wichtige Projekte gelöst und bearbeitet werden konnten.

Dies erscheint mir auch deshalb besonders wichtig, weil die beiden Bundesländer Steiermark und Oberösterreich auch hydrogeologisch viele Übereinstimmungen zeigen, wie z.B. im Bereich der Geothermie, bei den Artesern, bei den Karstwassergebieten und beim Grundwasserschutz wie etwa bei den Schon- und Schutzgebieten.

Viele Ideen, Vorschläge und Anregungen konnten auf diese Weise ausgetauscht werden, wobei die „Federführung“ meist von der Steiermark kam.

Da Zetinigg sowohl fachlich als auch menschlich und in seinem Verantwortungsbewußtsein sehr korrekt handelte, war es immer angenehm, mit ihm schwierige Probleme offen zu diskutieren und Lösungen zu suchen. Zu bewundern ist auch sein Fleiß und seine Tätigkeit beim ÖWAV, wo so viele Grundlagen und Arbeitshilfen erarbeitet und Zielvorstellungen definiert wurden, die ohne sein Mitwirken nicht möglich gewesen wären.

Was auch hier zur Wissensvermehrung beitrug, waren sehr viele laufende Veröffentlichungen und Stellungnahmen zu verschiedenen fachlichen Themen, die im Bereich der Verwaltung zu lösen waren. Dadurch wurden viele Anregungen für wichtige, neu zu treffende Entscheidungen erleichtert. Allerdings erzeugte dies auch hier und bei mir ein schlechtes Gewissen, da wir und ich dies nicht in diesem Ausmaß im Bereich der Publikationen erreichen konnten.

Der Radius seines Wissens und Interesses, sein persönlicher Einsatz für Informationen, seine Kontaktfreudigkeit und sein Verständnis für die Mitarbeiter und

Mitarbeiterinnen, seine Bereitschaft zur Offenheit und Reform prägen sein gesamtes öffentliches Wirken.

Zetinig zu ehren gebietet an erster Stelle der Dank, den ich ihm schulde und den man ihm schuldet. Zugleich mit diesem Dank, der nichts abschließendes sein kann, gelten ihm alle Wünsche für die Zukunft sein Leben in der bisherigen Fülle noch möglichst lange weiterführen zu können.

K. Wehinger

Entstehungsgeschichte der Schongebietsverordnung Niederwechsel zum Schutze der Wasserversorgungs- anlage der Marktgemeinde Pinggau und der Stadtgemeinde Pinkafeld

M. Wiespeiner

Unter LGBl.Nr. 73/1993 wurde die Verordnung des Landeshauptmannes von Steiermark vom 21. Juni 1993, mit welcher ein Schongebiet zum Schutze der Wasserversorgungsanlage der Marktgemeinde Pinggau (Steiermark) und der Stadtgemeinde Pinkafeld (Burgenland) aufgrund der §§ 34 und 35 des Wasserrechtsgesetzes 1959, BGBl.Nr. 215 i.d.g.F., erlassen wurde, kundgemacht. Das Verfahren zur Erlassung dieser Schongebietsverordnung wurde im Jahre 1987 eröffnet und war Univ.-Doz. Dr. Hilmar Zetinigg als hydrogeologischer Amtssachverständiger sowie als Vertreter der wasserwirtschaftlichen Planung maßgeblich eingebunden.

Die Kenntnis der geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten ist wesentliche Voraussetzung dafür, um überhaupt in einem zu definierenden Einzugsbereich eines genutzten Wasservorkommens die gebotenen Schutzmaßnahmen im Interesse einer gesicherten Wasserversorgung auf Grundlage des Wasserrechtsgesetzes ergreifen zu können. So gesehen kommt dem hydrogeologischen Amtssachverständigen in der Rollenverteilung die Aufgabe zu, aus seiner Hinsicht in Hinblick auf das Einzugsgebiet der Wasserspenden unter Berücksichtigung der Untergrundverhältnisse die räumliche Ausdehnung eines Schon- bzw. Schutzgebietes festzulegen. Ohne diese Vorgabe ist die Durchführung von Verfahren zur Erlassung von Schon- und Schutzgebieten nach dem Wasserrechtsgesetz nicht möglich.

Doz. Dr. Zetinigg kam die Aufgabe zu, in diesem Sinne der Wasserrechtsbehörde die Grundlagen zur Einrichtung des Schongebietes am Niederwechsel zu erarbeiten. Daß eine Verordnung zur Einrichtung eines Schongebietes nach dem Wasserrechtsgesetz nicht innerhalb weniger Wochen oder Monate in Kraft gesetzt werden kann, liegt nicht nur an der verpflichtenden Bedachtnahme auf einzuhaltende formalgesetzliche Bestimmungen im Rahmen des sogenannten Anhörungsverfahrens, sondern vor allem an den Bemühungen, weitgehend einen Interessenausgleich zu ermöglichen. Selbstverständlich muß Zielsetzung die gebotene Obsorge zu Gunsten des Wasservorkommens sein, wobei aber insbesondere andere Grundstücksnutzungen, wie z.B. Land- und Forstwirtschaft, Gewerbe, Verkehrswege und dgl., wohl auch ihre Berechtigung haben müssen. In unzähligen gemeinsamen Erhebungen und Besprechungen mit den jeweiligen Interessenvertretungen bzw. mit diese Interessen wahrnehmenden Dienststellen und Einrichtungen war es letztlich möglich, diese Schongebietsverordnung am Niederwechsel „in weitgehendem Einvernehmen“ zu erarbeiten. Auch dabei leistete Doz. Dr. Zetinigg vielfach durch seine moderate sowie fachlich unwiderlegbare Ausdrucksweise große Unterstützung.

Die erste Niederschrift im Akt der Wasserrechtsbehörde (Amt der Stmk. Landesregierung), welche sich mit der „Änderung bestehender weiterer Quellschutzgebiete“ befaßt, stammt vom 29.7.1987. Einleitend ist aus dieser Niederschrift zu entnehmen, daß die Gemeinden Pinggau und Pinkafeld gemeinsam ihr Trink- und Nutzwasser aus ca. 40 gefaßten und wasserrechtlich bewilligten Quellen aus dem Gebiet des Niederwechsel beziehen.

Die jeweiligen weiteren Schutzgebiete für diese zur Wasserversorgungsanlage gehörende Quellen wurden mit einem Bescheid des Landeshauptmannes von Steiermark aus dem Jahre 1979 verfügt. Als Beschränkungen der Grundstücksnutzung der von diesen weiteren Schutzgebieten berührten Grundflächen wurden seinerzeit insgesamt 8 Maßnahmen bzw. Tatbestände angeführt, welche nur nach Bewilligung durch die Wasserrechtsbehörde bzw. nach deren Zustimmung gesetzt werden dürften. Diese seinerzeitige Regelung, im Rahmen eines Schutzgebietsbescheides Bewilligungspflichten zu statuieren, entsprach nicht der Rechtslage (§ 34 Abs. 1 WRG), da im Rahmen von Schutzgebieten nur Verbote und Wirtschaftsbeschränkungen verfügt werden können. Die Festlegung von bewilligungspflichtigen Tatbeständen bzw. Maßnahmen, welche nach dem Wasserrechtsgesetz selbst keiner Genehmigung unterliegen, ist nur in Form einer Schongebietsverordnung rechtlich zulässig. Insbesondere aufgrund der Tatsache, daß durch Grundstücksveräußerungen im Einzugsbereich der Quellen intensivere, insbesondere forstwirtschaftliche Nutzungen zu erwarten waren, drang die Behörde auf eine Neuregelung der Schutzeinrichtungen, um gegebenenfalls auf rechtlich einwandfreier Basis beabsichtigte Veranlassungen, welche eine Quellbeeinträchtigung zur Folge haben könnten, verhindern zu können.

In dieser Niederschrift ist aber noch keine Rede von der Erlassung einer Schongebietsverordnung. Vorrangig sind die zu berücksichtigenden Kriterien behandelt, welche bei Erlassung neuer weiterer Schutzgebiete (anstelle der Regelung 1979) beachtet werden müßten.

Im folgenden haben sich sodann die Gemeinden bemüht, unter Einbeziehung der land- und forstwirtschaftlichen Interessenvertretung, Vorschläge zur Änderung der weiteren Quellschutzgebiete zu erarbeiten. Die Problematik lag in rechtlicher Hinsicht aber seinerzeit noch darin, daß Abänderungen vorhandener Quellschutzgebiete bzw. der in diesen geltenden Regelungen „wegen entschiedener Sache“ eigentlich nicht, sondern allenfalls ausschließlich im Einvernehmen zwischen den Beteiligten möglich gewesen wären. Erst seit der seit 1.7.1990 in Kraft getretenen Novelle zum Wasserrechtsgesetz, BGBl.Nr. 252/1990, ist die Änderung von Schutzgebietsverordnungen zulässig. Über Aufforderung der Wasserrechtsbehörde teilten die Gemeinden Ende 1990 mit, daß Projektsunterlagen vom Landeswasserbaubezirksamt Oberwart im Einvernehmen mit der Fachabteilung IIIa beim Amt der Steiermärkischen Landesregierung - Wasserwirtschaftliche Planung - erstellt würden.

Nach weiteren örtlichen Begehungen und Detailbesprechungen haben sodann die Fachabteilung IIIa und das Wasserbauamt Oberwart gemeinsam einen Entwurf für die Schongebietsverordnung am Niederwechsel erstellt und der Wasserrechtsbehörde vorgelegt, wobei dieser Entwurf die räumliche Ausdehnung des Schongebietes, den Verordnungstext sowie den Motivenbericht, aus welchem die Begründung entnommen werden konnte, beinhaltete. Im Rahmen des Anhörungsverfahrens kam es dann am 29.9.1992 im Gemeindeamt Pinggau zu einer offiziellen Erörterung, bei welcher seitens der Forstwirtschaft vor allem die Frage der Verwendung von Pflanzenschutzmittel aktualisiert wurde. Die Einbeziehung der Landesforstdirektion des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung in dieses Verfahren war nunmehr notwendig geworden.

Hinsichtlich der räumlichen Ausdehnung des Schongebietes fand bereits eine nächste Erhebung und Besprechung am 8.10.1992 statt. Ursprünglich war vorgesehen, die sogenannten Sandwegquellen außerhalb des geschützten Bereiches zu belassen und auf eine Einbeziehung dieser in die Schongebietsregelung zu verzichten, um das Flächenausmaß

des Schongebietes möglichst klein zu halten. Insbesondere aus hydrogeologischer Sicht schien es jedoch vorteilhafter, ein einheitliches, sämtliche genutzte Quellen umfassendes Schongebiet einzurichten. Diese (geringfügige) räumliche Ausweitung des Schongebietes wurde in einem ergänzenden Anhörungsverfahren behandelt.

Die abschließende Stellungnahme zur Verwendung von Pflanzenschutzmitteln durch die Fachabteilung für das Forstwesen langte bei der Wasserrechtsbehörde im Jänner 1993 ein und wurde bei der Endfassung des Verordnungstextes entsprechend berücksichtigt.

Mit Schreiben vom 23.4.1993 hat sodann die Wasserrechtsbehörde die Fachabteilung IIIa beim Amt der Steiermärkischen Landesregierung ersucht, die kartographische Darstellung des Schongebietes in die Wege zu leiten. Weiters wurde der Verfassungsdienst des Landes Steiermark zur Unterstützung bei der endgültigen Formulierung des Verordnungstextes ersucht.

Am 21.5.1993 hat sodann die Rechtsabteilung 3 beim Amt der Steiermärkischen Landesregierung als Wasserrechtsbehörde die Schongebietsverordnung zwecks Unterzeichnung dem zuständigen Regierungsmitglied Landesrat Erich Pörtl in Vorlage gebracht. Bereits am 1.7.1993 konnte die unterschriebene Schongebietsverordnung samt kartographischer Darstellung zur Einschaltung im Landesgesetzblatt weitergeleitet werden, wo sie unter LGBl.Nr. 73 mit 1. Oktober 1993 in Kraft getreten ist.

Die durch diese Schongebietsverordnung nunmehr überholten weiteren Schutzgebiete wurden ersatzlos mit einem gesonderten Bescheid der Wasserrechtsbehörde aufgehoben.

Der eigentliche Zeitrahmen zwischen der Überlegung, keine Anpassung bzw. Änderung der weiteren Schutzgebiete vorzunehmen, sondern eine Schongebietsverordnung für die regional bedeutende Wasserversorgung Pinggau-Pinkafeld vorzusehen, betrug demnach ca. 2 ½ Jahre. Diese kurze Zeitdauer für ein derartiges Verfahren liegt völlig außerhalb des sonst üblichen Ablaufes, wobei zugegebenermaßen die Problematik wohl kaum mit der bei intensiv landwirtschaftlich oder industriell genutzten Einzugsgebieten von zentralen Grundwassergewinnungsanlagen vergleichbar war. Die Vermittlung der Notwendigkeit, vorausschauend den genutzten Wasservorkommen am Niederwechsel mittels Schongebiet besonderen Schutz zu gewähren, war der Wasserrechtsbehörde und den beiden Gemeinden Pinggau und Pinkafeld nicht zuletzt durch die tatkräftige Unterstützung und die fachlichen Grundlagen des Jubilars ermöglicht.

Digitale Erfassung hydrologischer und chemisch-physikalischer Parameter am Hammerbach-Ursprung (Peggau, Steiermark)

EIN BEITRAG ZUM AUFBAU EINES QUELLENMESSNETZES

von

R. BENISCHKE & H. STADLER

1. EINLEITUNG

Die Suche nach nutzungsfähigen Wasservorräten führte in der Vergangenheit zu zahlreichen von der öffentlichen Hand beauftragten Untersuchungen, die letztlich zeigten, daß ohne verstärkte und zeitlich hochaufgelöste Erfassung hydrologischer und chemisch-physikalischer Parameter eine gezielte Wasserwirtschaft im Bereich der Trinkwasserversorgung nicht mehr möglich sein wird. Die Bedarfsdeckung mit einwandfreiem Trinkwasser wird in zunehmendem Maße vor allem in Ballungsräumen zu einem Problem, welches zusätzlich noch von der Forderung überlagert wird, neben konsequenter Vermeidung von Wasservergeudung auch eine sinnvolle Verteilung nutzbarer Wasservorräte anzustreben. Innerhalb des Bundesgebietes sind die Vorkommen nutzbarer Wasservorräte räumlich sehr ungleichmäßig verteilt, sodaß z.B. Landesteile als typische Mangelgebiete andere als Überschußgebiete ausgewiesen werden können. Neben den zeitbezogenen Änderungen der Wasservorräte kommen heute mehr und mehr qualitative Aspekte hinzu. Grundwasservorkommen in landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten erfüllen z.T. die Qualitätsanforderungen nicht mehr oder es sind letztere nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand einzuhalten. Wasser aus den Bergregionen (sog. "herrlich frisches Quellwasser") ist in vielen Fällen qualitätsmindernden Einflüssen schutzloser ausgeliefert als Porengrundwasservorkommen.

Es wurde daher von den öffentlichen Planungsorganen schon frühzeitig die Notwendigkeit erkannt, überregional Grundlagen über Quantität und Qualität der heimischen Wasserreserven zu erarbeiten, die z.B. für die Steiermark in einen "Generalplan der Wasserversorgung Steiermarks" (L. BERNHARDT et al., 1973) mündeten.

Während bisher schon jeweils entsprechend dem technischen Standard aber doch zeitlich lückenlos eine Registrierung hydrologischer Parameter (z.B. Wasserstände, Niederschläge, Temperaturen) möglich war, konnte die Erfassung von Qualitätsparametern nur mit teurer, aufwendiger Technik und dann auch nur zeitlich punktuell (z.B. durch Entnahme von Wasserproben oder Vor-Ort-Messung chemisch-physikalischer Kennwerte) erfolgen. Das Aufkommen und die Weiterentwicklung der elektronischen Datenverarbeitung mit einer heute fast unübersehbaren Zahl an Anwendungsmöglichkeiten, sowohl an reinen Rechenanlagen, an Datenübertragungsmöglichkeiten, an Möglichkeiten zur Kopplung von chemisch-physikalischen Sensoren und deren Entwicklung für verschiedenste chemische Inhaltsstoffe des Wassers und einer Signalverarbeitung in Echtzeit, als auch die Entwicklung der unterschiedlichsten Rechenprogramme zur Verarbeitung und gezielten Auswertung der un-

geheuren Datenmengen, führten dazu, daß auch die wasserwirtschaftlichen Planungsorgane sich verstärkt der neuen Möglichkeiten bedienen.

Ausdruck dieses neuen Bewußtseins war schließlich die Wassergüte-Erhebungsverordnung 1991 (BGBl. Nr. 338, vom 27.6.1991) des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft. Diese Verordnung (im folgenden WGEV genannt) sieht vor, sog. Grundwassergütemeßstellen im Porengrundwasser und an Quellen ebenso einzurichten wie an Fließgewässern. Im Anhang der Verordnung werden u.a. die zu messenden Parameter und die für die Bestimmung notwendigen normengerechten Methoden aufgelistet. Für die überwiegende Zahl der Parameter stehen bis heute noch keine kostengünstigen automatisierten Meßverfahren zur Verfügung, zumindest aber für eine eingeschränkte Zahl an Basisparametern, die ohnedies - auch bei Messung mit Handgeräten - vor Ort und/oder in situ gemessen werden müssen.

Das durch die WGEV initiierte Programm ist ein langfristiges und daher eines, daß jeweils nach dem Stand der verfügbaren Technik an die Anforderungen angepaßt werden kann. Die weiter oben skizzierte technische Entwicklung stimmt optimistisch, was die Herstellung entsprechender vor Ort einsetzbarer, d.h. geländetauglicher, gegen Witterungseinflüsse robuster und darüber hinaus auch ausreichend genauer Meßverfahren und Meßgeräte samt Sensoren anbelangt. Selbstverständlich kann eine Meßstation nicht sofort für alle möglichen Parameter ausgestattet werden; dies kann nur schrittweise erfolgen und es wird - wie in der WGEV vorgesehen - im Einzelfall zu prüfen sein, für die Messung welcher Parameter eine konkrete Meßstelle ausgestattet wird.

Als Parameter bieten sich in einer ersten Ausbaustufe solche an, für die es schon länger brauchbare Meßgeräte und Sensoren gibt; zusätzlich ist für die Berechnung von Frachten an Quellabflüssen oder in Fließgewässern auch die Wasserführung oder die Wassermenge zu erfassen, sei es in Form von Wasserstandsaufzeichnungen und/oder nachträglicher Berechnung von Abflußmengen. Somit bieten sich folgende Parameter an:

- Wasserstand oder adäquater Parameter zur Erfassung der Mengenänderung
- Elektrische Leitfähigkeit als Summenparameter für die Gesamtmineralisierung
- Wassertemperatur
- Trübung
- pH-Wert
- Gelöster Sauerstoff

Während die ersten drei Parameter als Mindestausstattung angesehen werden müssen, kann bei den letzten drei Parametern je nach Fragestellung variiert werden. Bei vielen Quellen wird z.B. die Trübung ein wichtiger Parameter sein, schließlich soll bei einer Nutzung suspendiertes Material nicht in die Versorgungsleitung gelangen. Manche Quellwasserversorgungsanlagen steuern mit der Trübungsmessung die Ausleitung in ein Oberflächengerinne, falls ein bestimmter Trübungswert überschritten wird. Gelöster Sauerstoff und pH-Wert werden für Porengrundwasser-Meßstellen größere Bedeutung haben als für Quellen. So können pH-Wert-Änderungen bzw. Sauerstoffdefizite oder -überschüsse im Grundwasser zur Mobilisierung oder Adsorption von Metallspezies führen und Brunnenanlagen empfindlich beeinträchtigen. Bei geochemischen Fragestellungen sind diese beiden Parameter in jedem Falle von Interesse und notwendig.

Die Realisierung derartiger Meßstationen hängt im Einzelfall sehr von den örtlichen Gegebenheiten ab. Die Verfügbarkeit von an sich brauchbaren Meßgeräten und Sensoren bedeutet aber noch lange nicht, daß bei Einsatz im Gelände und am konkreten Meßort auch brauchbare Ergebnisse erzielt werden können. Grundsätzlich handelt es sich um ein ähnliches Problem wie z.B. bei der Messung von chemischen Parametern im Labor, bei denen die davorliegende Probenahme und der Probentransport eine Rolle spielt. Ein schlecht eingebauter Leitfähigkeitssensor in einem stagnierenden Teil des Gerinnes wird nicht die

Leitfähigkeitscharakteristik des Gerinnes widerspiegeln und ein Temperatursensor, welcher - obwohl unter Wasser befindlich - zeitweise der direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt ist, wird einen Tagesrhythmus anzeigen, der mit der Wassertemperatur nicht allzuviel zu tun hat. Es kommt also den Meßbedingungen eine entscheidende Bedeutung zu, was dazu führt, daß brauchbare Meßstationen auch einen entsprechenden infrastrukturellen Aufwand erfordern.

Im folgenden soll am Beispiel der Meßstation Hammerbach-Ursprung (Peggau, Stmk.), an einer typischen Karstquelle des Mittelsteirischen Karstes, gezeigt werden, wie eine derartige Station beschaffen sein könnte und welche Erfahrungen mit den einzelnen Meßgeräten und Sensoren bislang gemacht wurden. Der Kurzbeschreibung der örtlichen Situation unter Anführung der Basisdaten folgt eine Beschreibung der verschiedenen Meßeinrichtungen mit der beispielhaften Darstellung und Interpretation von Meßergebnissen.

Die Wahl fiel deswegen auf diese Meßstelle, da von ihr schon bisher langjährige Meßreihen vorliegen und für den Ausbau zu einer WGEV-Quellmeßstation von der Infrastruktur her gute Voraussetzungen herrschen. Hintergrundinformationen bieten die Artikel von V. MAURIN (1994) zur Geologie und Karstentwicklung sowie von R. BENISCHKE & T. HARUM (1994) zur Hydrologie und Hydrogeologie.

2. BEISPIELE VON ONLINE-MESSUNGEN IN DER LITERATUR

Der Wunsch, an einer Meßstelle mehrere insbesondere auch chemisch-physikalische Parameter zu erfassen und aufzuzeichnen, reicht nach bisheriger Kenntnis zumindest bis an den Beginn dieses Jahrhunderts zurück. So war es schon lange üblich, mittels mechanischer Schreibgeräte den Wasserstand an Flüssen zu registrieren und auf Papier aufzuzeichnen. Die Erfassung chemisch-physikalischer Parameter war allerdings wegen der technischen Umsetzungsschwierigkeiten und der Umständlichkeit naßchemischer oder wegen des Aufwandes physikalischer Verfahren kaum möglich.

Erste praktische Erfahrungen erfolgten 1942 bei hydrogeologischen Untersuchungen in Warstein/Westfalen im Auftrag des damaligen Reichsamtes für Bodenforschung (G. RICHTER, 1944). Dabei ging es darum, in einem geologisch relativ gut bekannten Gebiet mit verkarsteten mitteldevonischen Kalken unterschiedliche Markierungsmethoden einzusetzen und an Ort und Stelle des jeweils vermuteten Austritts alle Untersuchungsmethoden anzuwenden, die einen plausiblen Nachweis der Markierungsmittels zu erbringen imstande waren.

G. RICHTER schreibt von einem Markierungsversuch vom 13.11. - 2.12.1942, bei dem alle Untersuchungen bis auf die Bakteriologie im Gelände direkt oder zumindest in einem adaptierten Labor vor Ort durchgeführt wurden. Neben der klassischen Methode mit Probenahme und nachfolgender Untersuchung im Labor wurden erstmals Prototypen ionenselektiver Elektroden (damals als Wahlelektroden bezeichnet) wie z.B. für Chlorid im Gelände eingesetzt. Eine Feldkalibration erfolgte damals noch nicht, doch wurden parallel zu den jeweils abgelesenen Meßwerten Proben entnommen, auf herkömmliche Weise durch Titration analysiert, und der so erhaltene Konzentrationswert dem Meßsignal der Elektrode wieder zugeordnet. Schon damals wurde das Potential dieser Methodik erkannt, vor allem im Hinblick auf die Einsparungsmöglichkeiten an Personal und an Analysenaufwand. So wurden die Meßsignale bis zu 300 m zu einer Zentralstelle geleitet, wo dann nur eine Person die Anlage überwachen mußte.

Bei diesem Versuch wurden das als Tracer eingesetzte Natriumchlorid auf ± 2 mg/l und das Ammoniumsulfat auf ± 0.2 mg/l reproduzierbar gemessen. Der in den Quellen auftretende Konzentrationsbereich zwischen ca. 1 und 10 mg/l Sulfat wurde somit mit einer für damalige Verhältnisse durchaus akzeptablen Nachweisempfindlichkeit erfaßt. Damit konnte erstmals ein Verfahren gefunden werden, daß bei niedrigen Konzentrationen im Aufwand der damals üblichen gravimetrischen Sulfatbestimmung überlegen war. Neben diesen Para-

metern wurde noch der elektrische Gesamtwiderstand, die Härte und der pH-Wert gemessen. Aufgrund der Erfahrungen mit der neuen elektrochemischen Methode wurde sogar überlegt, auch Phosphat, Nitrat und Azetat in gleicher Weise zu messen.

Eine ausführliche Darstellung der meßtechnischen Voraussetzungen brachte D. MITOFF ebenfalls im Rahmen der von G. RICHTER vorgestellten Studie. MITOFF testete verschiedene selbst hergestellte Elektroden, wie für Chlorid, Jodid, Bromid und Sulfat. Für die (nach heutigem Sprachgebrauch) als "Online-" oder "Vor-Ort-Messung" in diesem Falle auch "In-Situ-Messung" zu bezeichnende Anordnung möge die nachfolgende Abbildung aus der Arbeit von D. MITOFF (1944) dienen (Fig. 1).

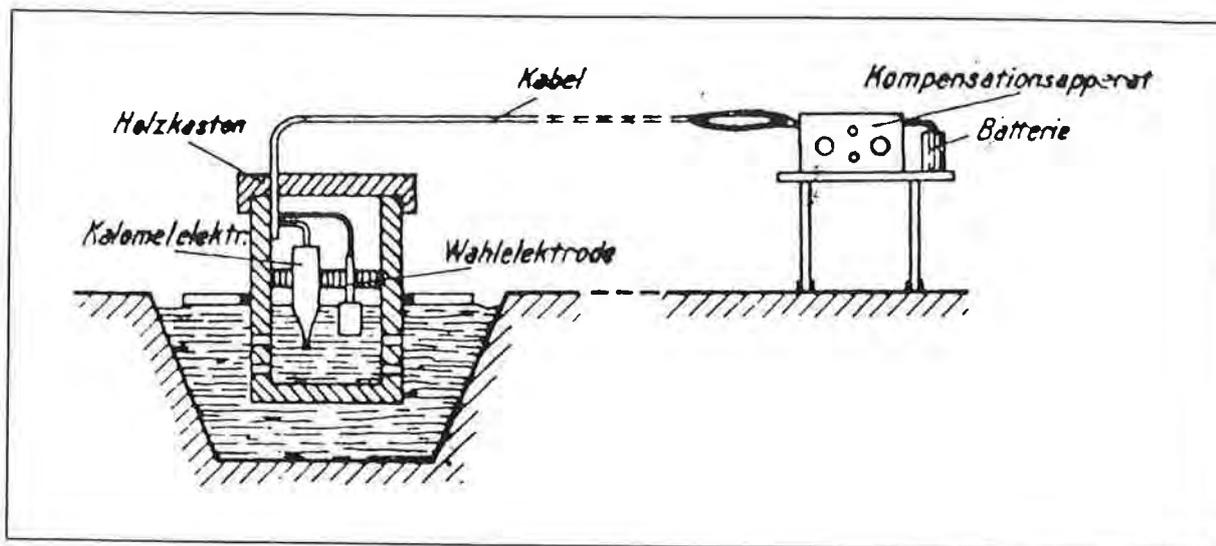


Fig. 1: Einsatz ionenselektiver Elektroden in einem Gerinne zur In-situ-Messung (aus D. MITOFF, 1944).

Während die Meßanordnung und die Übertragung der Meßsignale an eine Zentralstation offensichtlich gelöst waren, wurden die Werte von den damals verfügbaren Analoggeräten abgelesen und in Listen eingetragen. Eine kontinuierliche Aufzeichnung mittels Schreiber erfolgte nicht.

Eine ähnliche Vorgangsweise erfolgte 1952 beim Markierungsversuch in der Lurgrotte Semriach anlässlich der sog. "2. Lurbach-Chlorierung" mit der Messung des elektrischen Widerstandes. Auch hier wurden die Elektroden direkt in das Gewässer eingebracht und die Meßwerte abgelesen. Auch hier erfolgte noch keine automatische Aufzeichnung (A. SCHOUPPE, 1952).

Eine weitere interessante Anwendung, stellt die direkte CO_2 -Messung in Wässern dar, deren meßtechnische Voraussetzungen von A. GROHMANN (1973) ausführlich beschrieben wurden. U. a. wurde eine Meßelektrode zur Messung von $p(\text{CO}_2)$ vorgestellt. Durch den Anschluß eines Schreibers wurden die Meßwerte aufgezeichnet und damit eine Online-Messung einschließlich Datenregistrierung durchgeführt. Eine Direktmessung des gelösten freien CO_2 im Wasser wurde im Rahmen eines Forschungsprojektes am Hammerbach durchgeführt und die Meßdaten auf Datensammler aufgezeichnet (R. BENISCHKE et al., 1996).

Mit dem Aufkommen wartungsfreundlicherer Elektroden stieg auch die Bereitschaft zum Einsatz bei Markierungsversuchen zur Registrierung und Überwachung eines Tracerdurchganges. Gleichzeitig wurden die Aufzeichnungsgeräte einfacher handhabbar, obwohl noch immer Schreiber eingesetzt werden mußten. Beispiele dafür lieferte aus dem Schweizer Jura I. MÜLLER (1977, 1980) mit einer Natrium-selektiven Elektrode, wobei zusätzlich ein Jahr lang die elektrische Leitfähigkeit und die Temperatur über Schreiber aufgezeichnet

wurde. Zugleich mit Schreibpegelaufzeichnungen des Schüttungsverlaufes konnte damit die natürliche Natrium-Ganglinie erfaßt werden (Fig. 2).

Damit führte zum ersten Mal eine kombinierte Anwendung von Meßsensoren zu einer Auswertemöglichkeit nach chemisch-physikalischen Parametern, welche die Hydrodynamik des untersuchten Aquifers besonders gut repräsentierte. Die einzelnen Komponenten, die über die genannten Parameter erfaßbar sind, stellen daher natürliche Tracer dar und lassen somit detailliertere Schlüsse auf den zugrundeliegenden Aquifer zu.

Alle Anwendungsbeispiele zeigen, daß es für die Bereitschaft zum Einsatz solcher Systeme besonders auf die Handhabungssicherheit, die Wartungsfreundlichkeit und die Stabilität des Meßsystems sowie auf die Aufzeichnungsmöglichkeit bzw. Datenspeicherung ankommt.

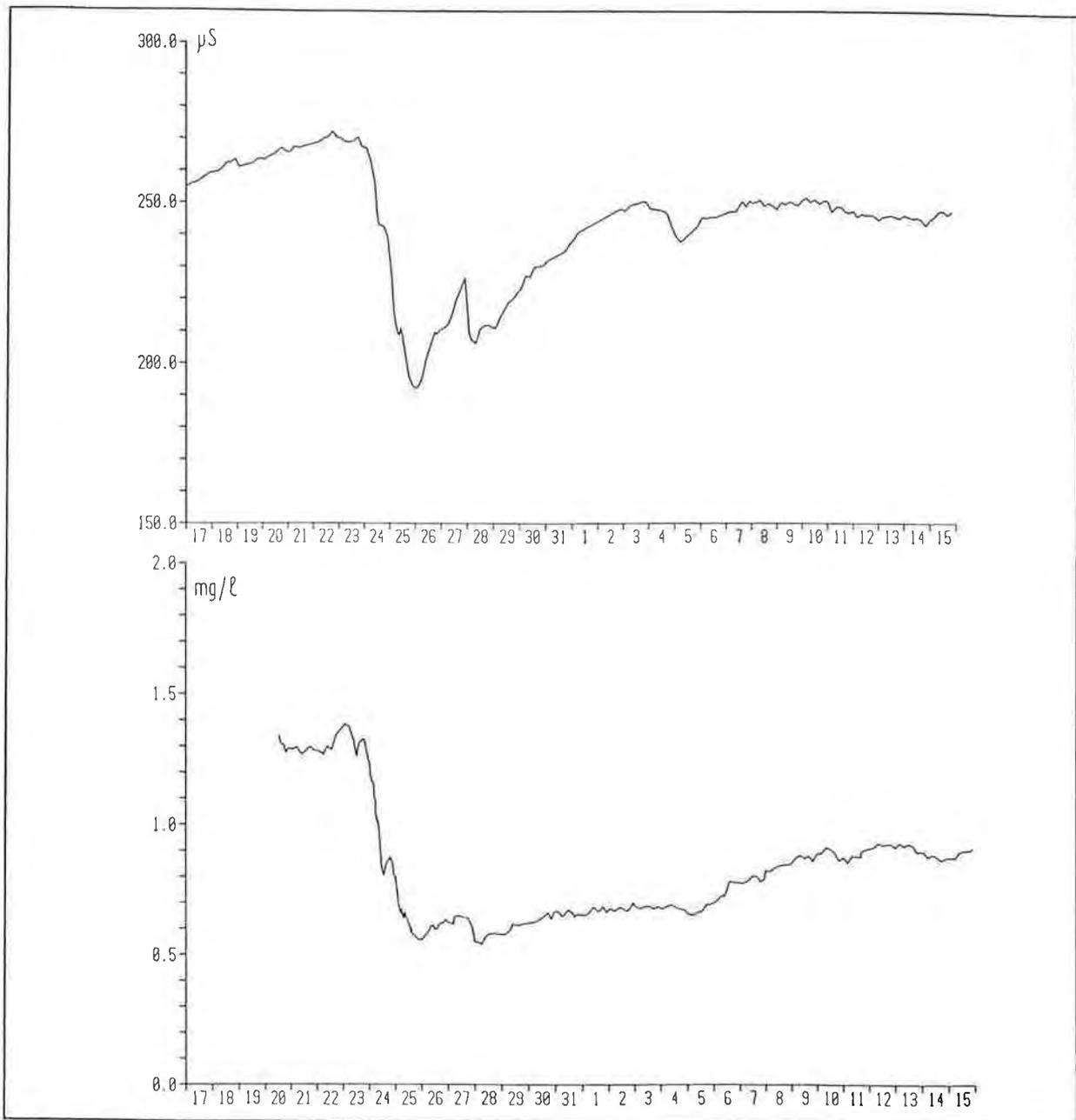


Fig. 2: Beispiel der kontinuierlichen Aufzeichnung (Dezember 1977- Jänner 1978) von Natriumkonzentration und elektrischer Leitfähigkeit der Areuse-Quelle im Schweizer Jura (aus I. MÜLLER, 1980).

3. BEGRIFFSKLÄRUNG ZUR ART DER MESSWERTERFASSUNG

In der neueren Literatur werden im Rahmen der Meßmethodik und einzelner Meßverfahren, darüber hinaus für ganze Meßprogramme, Begriffe aus dem Englischen übernommen, jedoch oft falsch verwendet. Um eine ausufernde Begriffsdiskussion zu vermeiden, wurde im Titel der vorliegenden Arbeit nur das Spezifische der Meßwerterfassung - nämlich die digitale Erfassung - hervorgehoben. Im folgenden sollen nur kurz die gängigen Begriffe erläutert werden, die ursprünglich im Rahmen der Prozeßüberwachung aus der Verfahrenstechnik stammen. Unterschiede in den Begriffen ergeben sich durch den Ort, die Zeit und die Art der Meßwerterfassung.

Ziel des Ganzen wird in den meisten Fällen, insbesondere bei den fest installierten Quellmeßstationen, eine Langzeitbeobachtung sein, bei der unter standardisierten Bedingungen Meßwerte gewonnen, ausgewertet und schließlich in geeigneter Form dargestellt werden, um Momentanzustände, Verläufe oder Trends für spezifische chemisch-physikalische Parameter zu erfassen. Diese allgemeine Art der Datensammlung, Auswertung und Darstellung wird unter dem Begriff des **Monitoring** verstanden (WMO, 1988; R. HELMER, 1994).

Monitoring beinhaltet bei Wasserqualitätsuntersuchungen Probenahmetechniken und Direktmessungen. Je nach dem wo gemessen oder beprobt wird und ob das zu messende Medium zum Meßgerät oder ein geeigneter Sensor zum Meßmedium gebracht wird oder in dieses eintaucht, lassen sich verschiedene methodische Ansätze unterscheiden.

Die Entnahme einer diskreten Probe und ihr Transport ins Labor wäre die klassische Vorgangsweise und wurde als **Offline-Messung** charakterisiert. Die Entnahme einer diskreten Probe (manuell oder aber auch mittels Pumpe und Rohrleitung) und ihre Analyse in unmittelbarer Nähe des Entnahmeortes bietet den Vorteil rasch verfügbarer Information. In der Prozeßkontrolle wurde dafür der Begriff **Atline-Messung** geprägt, sofern eine Einzelprobe gemessen und nur ein einziger Meßwert erhalten wird. Sobald jedoch die diskrete Probenahme entfällt und ein kontinuierlicher Strom des Meßmediums zu einem Meßgerät mit Durchflußzelle geleitet wird, welches analog oder nach einem einstellbaren Meßintervall arbeitet, beginnt der Bereich der **Online-Messung**. Dort, wo ein Transport des Meßmediums zum Meßgerät nicht mehr nötig ist, sondern über geeignete Sensoren direkt im Meßmedium gemessen wird, spricht man in der Prozeßkontrolle von **Inline-Messung** (G. STEINER, 1997). Etwas allgemeiner und für den Anwendungsfall einer Quellmeßstation kann von einer **In-situ-Messung** gesprochen werden. In den beiden letzteren Fällen wird also nur mehr das für einen ausgewählten Parameter spezifische physikalische Meßsignal (meist analog) zu einem Meßgerät geleitet und dort bewertet. Die konkrete Darstellung des Meßsignals kann weiterhin analog oder digital erfolgen. Während streng genommen nur beim Analogsignal und seiner analogen Darstellung von kontinuierlicher Meßwerterfassung gesprochen werden kann, während bei digitaler Darstellung dies nicht der Fall ist, kann mit den heutigen gerätetechnischen Voraussetzungen für Digitalgeräte eine quasi-kontinuierliche Aufzeichnung erzielt werden, da die Verfeinerung der zeitlichen Auflösung kein grundsätzliches Problem darstellt.

4. DIE STATION HAMMERBACH URSPRUNG

4.1. Historische Anmerkungen

Die Tatsache, daß der Hammerbach der Haupt-Wiederaustritt des in der Semriacher Lurgrotte bzw. knapp oberhalb versinkenden Lurbaches ist, führte schon am Beginn dieses Jahrhunderts zu Erforschungsversuchen. Eine ausführliche Beschreibung über die geschichtliche Kenntnis des Hammerbach-Ursprunges und mit ihm zusammenhängende Erforschungsversuche bringt V. WEISSENSTEINER (1969). Trotz wiederholter Versuche, den Quellsiphon zu durchtauchen, blieben diese im Ansatz stecken und die weitere Kennt-

nis der karsthydrographischen Zusammenhänge des Hammerbaches mit dem Lurbach bis heute auf hydrologisch-hydrogeologische Untersuchungen beschränkt.

1929 wurde der Quellaustritt nach dem Naturhöhlengesetz unter Schutz gestellt. In den Kriegsjahren 1943-1944 wurde das Gelände im Rahmen eines Projektes "Felschütte Peggau" mit dem Ziel der Einlagerung kriegswichtiger Güter bzw. der Verlagerung der Produktionsstätten der damaligen Puchwerke grundlegend verändert und eine dem ursprünglichen Schutzzweck zuwiderlaufende Fassungsanlage (Betonbunker mit Laufgräben) errichtet. In den Quellablauf sollte eine Turbine zur Stromerzeugung für die darüberliegenden Hammerbachstollen eingebaut werden. Da die Gesamtanlage bis Kriegsende nicht fertiggestellt war, erfolgte auch keine Inbetriebnahme. Eine der Auswirkungen dieser Bautätigkeiten war, daß unmittelbar im Bereich des heutigen Austrittes auf einige Meter ein betonierter Kanal verläuft, der sich für Durchflußmessungen bzw. Wasserstandsaufzeichnungen oder Meßsonden für chemische-physikalische Parameter bestens eignet.

4.2. Lage und Basisdaten

Bezeichnung:	Hammerbach-Ursprung	
Kürzel:	HA	
Kennung des Hydrographischen Dienstes:	HZB-EDV: 395855	
Bundesmeldenetz:	aus ÖK, Blatt 164	X 230 588 Y 675 131
Seehöhe des Austrittes (m ü. A.):	410.96	(vermarkter Bezugspunkt in der Mauer an der orographisch rechten Seite des Ausflusses)
Seehöhe d. Wehroberkante (m ü. A.)	411.251	
Bezirkshauptmannschaft:	Graz-Umgebung	
Gemeinde:	Peggau (Gmde. 6 06 32)	
Katastralgemeinde:	Peggau, Nr. 63 019	
Katastralmappenblatt:	6824-77/1	
Grundstücksnummer:	501/3	
Eigentümer d. Liegenschaft:	Augustiner Chorherrenstift Vorau	
Bez. im Österr. Höhlenverzeichnis:	Hammerbach	
Synonyma:	Felsenbach, Marktbach, Peggauer Bach, Ursprung	
Nr. im Österr. Höhlenverzeichnis:	2836/34	
Schutzstatus:	Naturdenkmal gem. Bescheid des Bundesdenkmalamtes vom 4.6.1929 (Zl. 3513/D ex 1929) nach dem Naturhöhlengesetz BGBl. Nr. 169/1928 v. 26.6.1928.	
Nutzung:	neben dem Betrieb einer hydrographischen Meßeinrichtung keine weitere Nutzung am Austritt.	
Betreiber:	Hydrographische Landesabteilung, Fachabteilung IIIa, Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Stempfergasse 7, 8010 Graz (für Basisinstallation der Energieversorgung, Datensammler und Meßsonden für Wasserstand, elektrische Leitfähigkeit, Wassertemperatur und Wassertrübung) sowie Joanneum Research, Institut für Hydrogeologie und Geothermie, Elisabethstr. 16/II, 8010 Graz (für übrige Infrastruktur und sonstige Meßeinrichtungen)	

4.3. Die Messeinrichtung, Geräteausstattung und Blitzschutz

Meßgerinne:	Rechteckförmiger offener Betonkanal mit Rechtecküberfall (scharfkantige Stahlplatte).	
Schwimmerrohr:	orographisch rechts für Schreibgerät vorgesehen, derzeit nicht in Betrieb.	
Lattenpegel:	Maßstab mit mm-Teilung, am Schwimmerrohr befestigt.	
Meßsonden:	Wasserstand:	Drucksonde PDCR 830 (SN: 640378; DRUCK Ltd., GB)
	Elektr. Leitfähigkeit:	Leitfähigkeitselektrode TETRACON 96A-4 (WTW, BRD)

Wassertemperatur:	Integriert in Leitfähigkeitselektrode
Wassertrübung:	Trübungssonde CUS-1 (SN: 20075; ENDRESS & HAUSER, BRD)
pH-Wert:	pH-Einstabmeßkette SensoLyt SEA mit pH-Armatur SensoLyt AVK/T-7 mit integriertem Temperaturfühler; (WTW, BRD)
CO ₂ -Partialdruck:	CO ₂ -Sensor Modell 95-02 (ORION, USA)
O ₂ -Sättigung und Konzentration:	Sauerstoffsensor COS3 (SN: 053274X6; ENDRESS & HAUSER, BRD)
Luftdruck:	Halbleitersensor Typ: MPX4115 (MOTOROLA, USA), integriert im Datensammlerinterface.
Relative Luftfeuchte und Lufttemperatur:	ROTRONIC Typ MP405A-T4-W4, kombinierter Feuchte- und Temperaturfühler, Schweiz.
Datenregistrierung: Datensammler:	GEALOG S (SN: 22 538; LOGOTRONIC, Wien).

Bei dem eingesetzten Meß- und Datenaufzeichnungssystem handelt es sich um einen Datensammler mit direkt gesteuertem Bussystem. Dies ermöglicht die individuelle Ansteuerung einzelner Meßkanäle ohne Einsatz eines Personal-Computers.

Der Datensammler besitzt eine zentrale Steuerstelle, die folgende Komponenten beinhaltet:

Prozessoreinheit:	Taktfrequenz Hauptprozessor 10 Mhz.
Echtzeituhr:	Quarzuhr mit einer Taktung von 30.768 Hz.
Stromversorgung:	Bleiakkumulator, Solarversorgung oder Netzbetrieb
Memory refresh Batterie:	Versorgung des Speichers und der Uhr.
Feldbusschnittstelle:	Über diesen seriellen Bus werden von der Bedieneinheit die einzelnen Meßinterfaces zur Messung aufgefordert und die Meßwerte anschließend abgeholt. Zur Koppelung der einzelnen Meßinterfaces an den Feldbus dient die Feldbusanschalteneinheit (FBA). Neben der digitalen Datenübertragung wird auch die Stromversorgung für die Meßinterfaces über den Feldbus geführt.
Display:	2-zeiliges LCD-Display.
Tastatur:	16 Zeichen (numerisch mit Sonderzeichen und Steuertasten)
Memory Card Interface:	Der Meßwertspeicher kann ohne Notebook-PC auf diese Karten ausgelesen werden.
Meßinterface:	In der zentralen Steuerstelle können an die FBA bis zu 7 Meßinterfaces angebracht werden. Insgesamt sind 32 Meßkanäle belegbar.

Die Verbindung zwischen der zentralen Steuereinheit und den abgesetzten Stationen erfolgt über Feldbusanschalteneinheiten (FBA). Die Entfernung zwischen Datensammler und abgesetzter Station kann einige Kilometer betragen. Die Meßsignale werden auf dieser Strecke über ein vierpoliges Kabel (4-Draht-Feldbuskabel) digital übertragen. Dadurch kommt es auf den Übertragungstrecken zu keinen Meßwertverfälschungen. Das System kann mehrere "abgesetzte" Stationen und 32 Meßkanäle besitzen. Der schematische Aufbau der Station ist in Fig. 4 dargestellt.

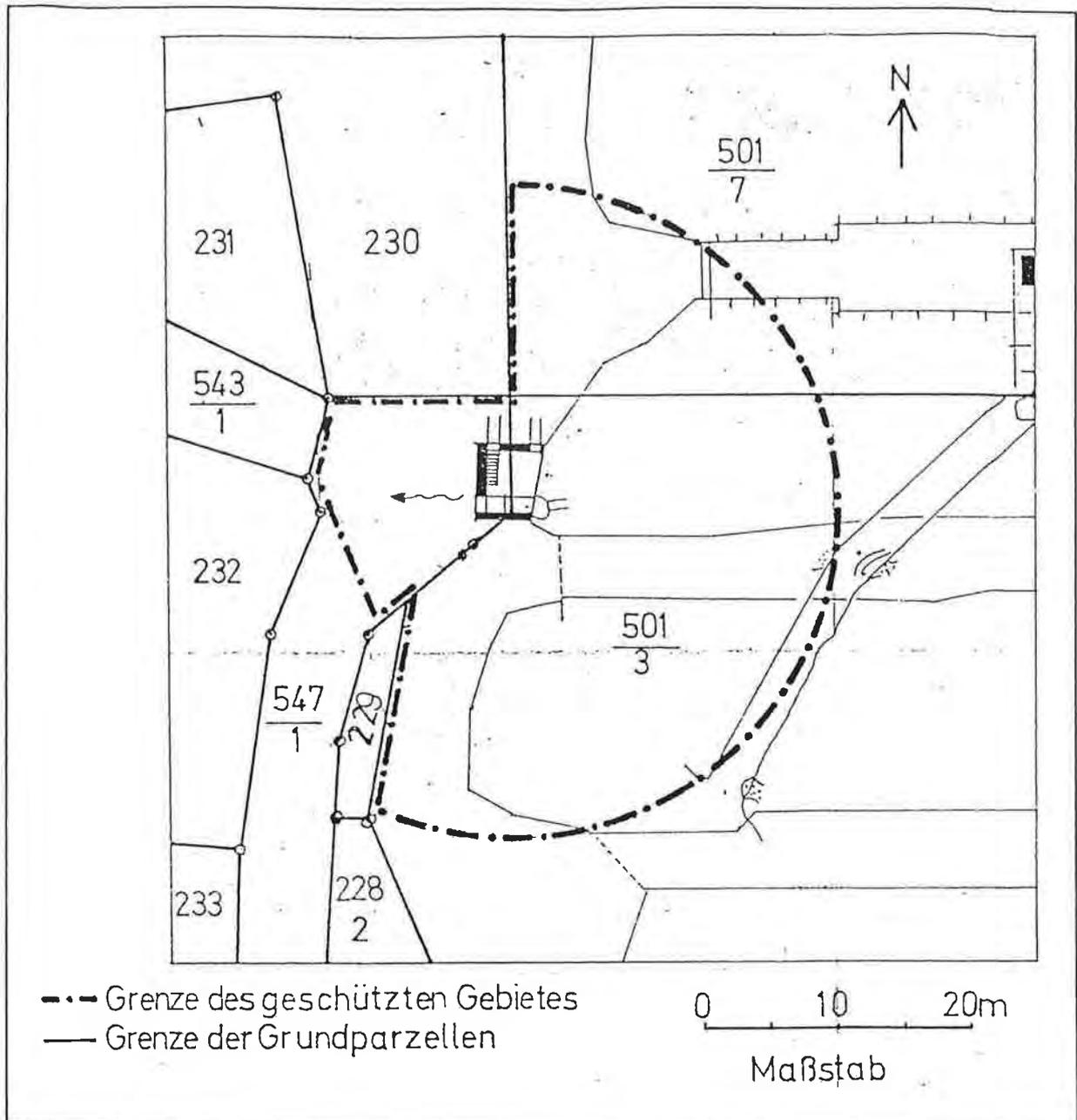


Fig. 3: Hammerbachursprun, Ausschnitt aus der Katastralmappe der K.G. Peggau.

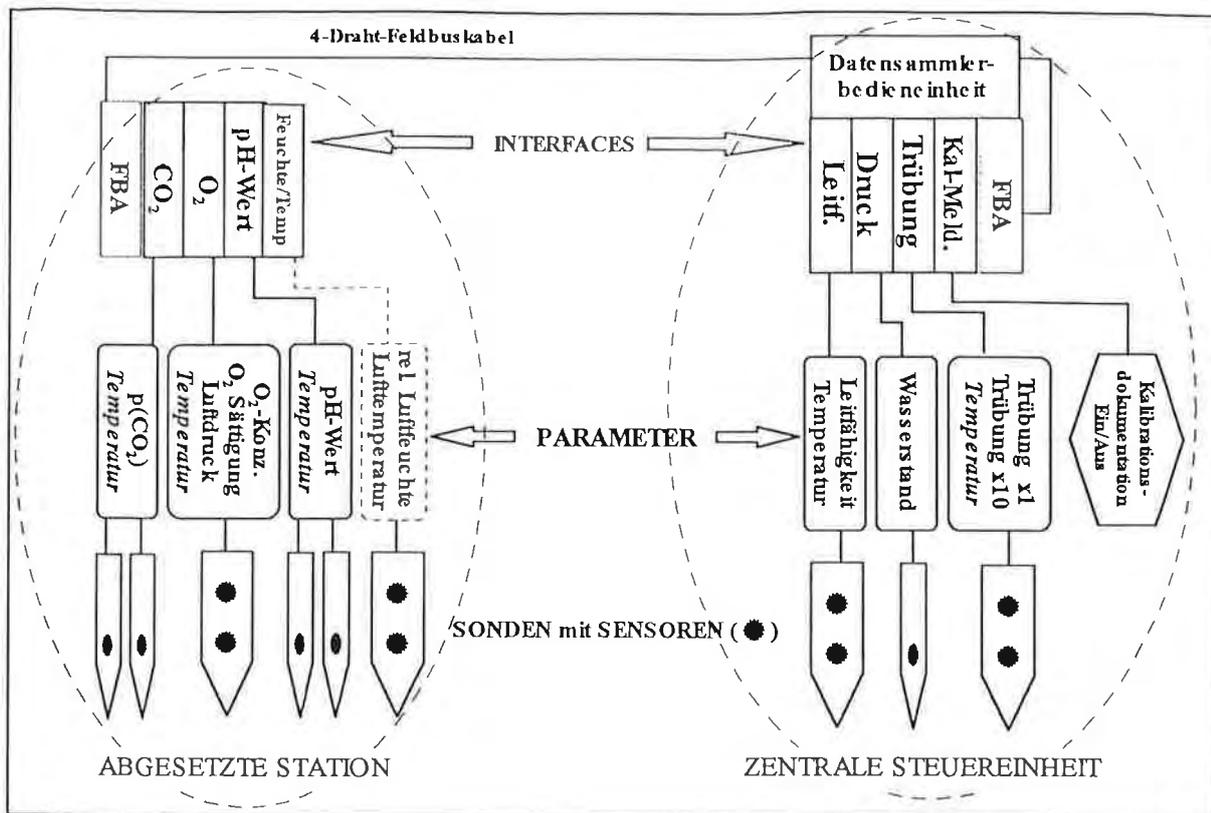


Fig. 4: Schematischer Meßstellenaufbau der Station Hammerbach.

In der derzeitigen Konfiguration sind in der zentralen Steuerstelle die Interfaces für Leitfähigkeit und Temperatur, Druck (Wasserstand) und Trübung untergebracht. Ferner besteht hier die Möglichkeit zur Kalibrationsdokumentation im 1-minütigen Intervall mittels eines Meldungseinganges. In einer abgesetzten Station sind die Interfaces für pH-Wert, Sauerstoff, CO₂, Luftfeuchte (geplant) und Lufttemperatur (geplant) untergebracht.

Blitzschutzeinrichtungen

Die Notwendigkeit von Blitzschutzeinrichtungen für elektronische Meßsysteme liegt auf der Hand. Die Meßsonden für hydrologische Parameter tauchen in der Regel in das Meßmedium Wasser ein, das elektrischen Strom leiten kann. Des weiteren befindet sich die Meßeinrichtung sehr oft im Freien; aber auch Quellstuben bieten nicht immer ausreichende Sicherheit gegen Blitzschlag, da durch Blitzschlag hervorgerufene Induktionsströme auch dem Wasser in Klüften folgen kann.

Der Ausfall einer Meßstation durch Blitzschlag bringt nicht nur den materiellen Schaden, sondern auch den Verlust unwiederbringlicher Daten.

Es muß vorausgeschickt werden, daß alle im folgenden beschriebenen Blitzschutzeinrichtungen nur Schutz gegen indirekten Blitzschlag (Induktionsströme, Überspannungsspitzen, Potentialdifferenzen) gewährleisten, direkte Blitzschläge bewirken die Zerstörung der Meßstation.

Fig. 5 zeigt beispielhaft die Potentialverteilung bei einem nahen Blitzeinschlag. Dabei verteilt sich der Blitzstrom symmetrisch nach allen Seiten im Erdreich (bei homogenem spezifischen Erdwiderstand). Die Einschlagstelle wird auf hohe Spannungen gegenüber der fernen Umgebung angehoben (J. WIESINGER, 1995).

Das Gefahrenpotential für die elektronische Meßeinrichtung besteht darin, daß einzelne Sensoren einen direkten Stromfluß im Meßmedium bewirken (z.B.: Leitfähigkeitssonde) oder das Eindringen externer Spannungen in das Meßsystem ermöglichen (z.B.: piezo-

elektrische Drucksonde ohne Ölisolierung). Besonders anfällig sind Meßstationen mit mehreren derartigen Sonden, die räumlich getrennt eingebaut sind (z.B.: ein Datensammler mit zwei Leitfähigkeitssonden, die weit voneinander entfernt eingebaut sind).

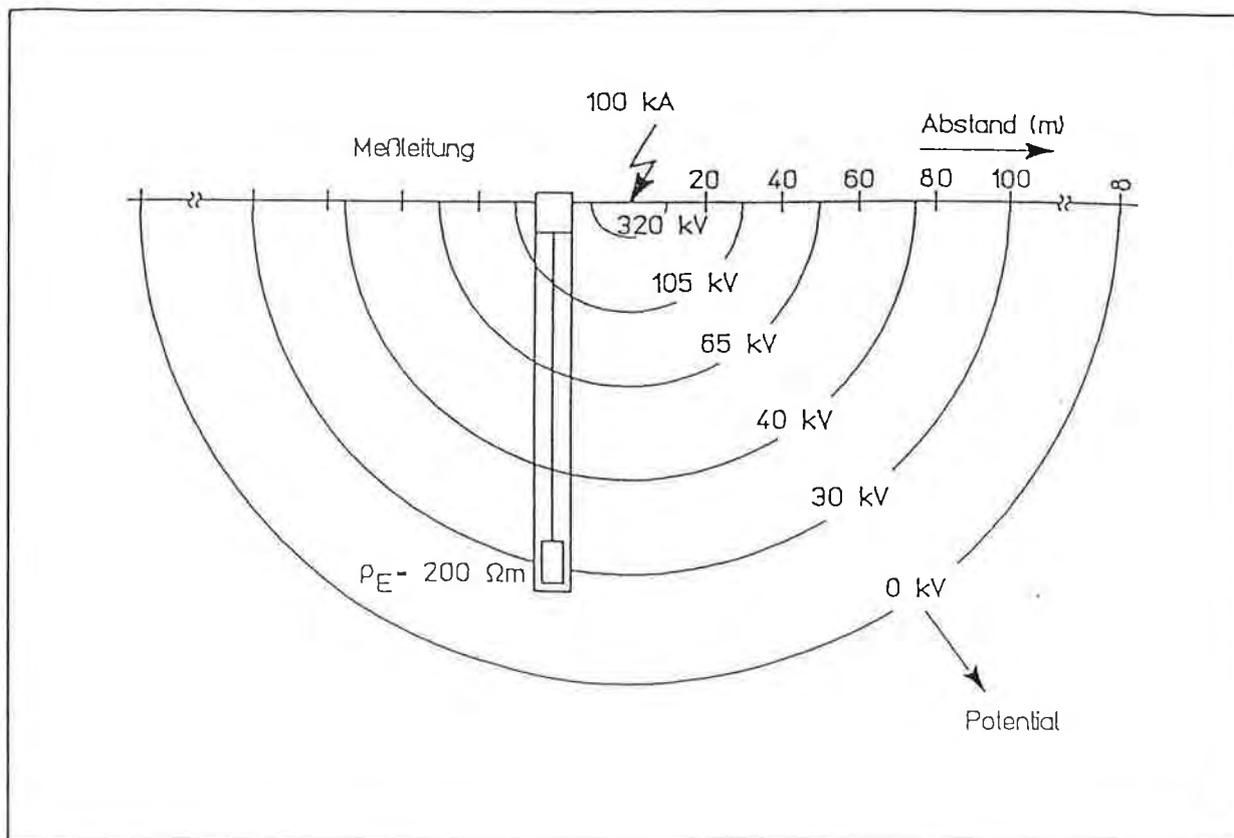


Fig. 5: Beispiel zur Potentialverteilung bei nahem Blitzschlag (aus J. WIESINGER, 1995).

Erfolgt nun ein Blitzeinschlag in der Nähe der Meßeinrichtung, ergeben sich Überspannungen an den Sensoren und Potentialdifferenzen zwischen den Sensoren, die zur Zerstörung der Meßeinrichtungen führen können. Gefahrenquellen bilden aber auch Meß- und Übertragungsleitungen, die durch Induktionsströme und Spannungsüberschläge gefährdet sind. Auch die Stromversorgung der Meßeinrichtung aus dem öffentlichen Stromnetz kann, besonders wenn Freileitungsstrecken vorliegen, zu einer Störquelle werden:

Schutz dagegen bilden gemeinsame Erdungspunkte von Datensammler, abgesetzten Stationen und elektrisch aktiven Sonden. Dafür werden zwischen diesen Punkten Kabel mit großem Querschnitt verlegt (mindestens 16 mm^2) und zu einem gemeinsamen Erdungspunkt geführt. Des weiteren werden besonders sensible Sonden (z. B. Leitfähigkeit) in einem Faraday'schen Käfig eingebaut, der ebenfalls in dieses Erdungssystem integriert ist. Die Wirkung des Faraday'schen Käfigs im elektrisch leitenden Medium (Wasser) beruht auf dem unterschiedlichen spezifischen Widerstand von Metallen (hier Nirosta-Stahl) und Wasser. Es ist daher auf gute elektrische Kontakte im Erdungssystem zu achten (Kontaktkorrosion).

Innerhalb der Meßeinrichtung werden auftretende Überspannungen durch zweistufige Überspannungsableitungselemente (Grob- und Feinschutz) gegen Erde abgeleitet. Parallel dazu werden entsprechend dem Verlauf der auftretenden Überspannung Versorgungspotentiale für einzelne Bauteile angehoben, um dadurch Überspannungen zu vermeiden.

In speziellen Fällen ist die Verwendung von Schirmseilen oder das Ummanteln der Sonden und Kabel durch Edelstahlschläuche notwendig.

4.4. Meßvorgang und Kalibration

4.4.1. Meßvorgang und Meßwertbildung

Der Ablauf von der physikalischen Meßgröße bis zur Meßwertausgabe ist in Fig. 6 schematisch dargestellt.

Der Ablauf erfolgt in drei Stufen. Im Bereich der Konfiguration wird der jeweilige Aufbau der Station realisiert. Dies geschieht durch das Anfügen von Interfaces mit den dazugehörigen Sonden an den Feldbus. Die Meßalgorithmen und die Umwandlung analoger Meßwerte in digitale erfolgt bereits im Interface. Die Kalibrationsumrechnungen der sondenspezifischen Werte erfolgen bereits im Datensammler. In der letzten Stufe (Parametrierung) wird vom Benutzer der gewünschte Meßbereich festgelegt und die Meßwertausgabe realisiert.

Der Zeitablauf des Meßvorganges wird von der zentralen Steuereinheit des Datensammlers kontrolliert. Im folgenden wird ein für analog/digital Interfaces typischer Meßvorgang bei fixer Speicherrate am Beispiel der Leitfähigkeitsmessung beschrieben. Ein Analog/Digital-Interface wandelt die vom Sensor erhaltenen Analogwerte (Spannungen oder Ströme) in digitale Werte um. Die meisten Sensoren im hydrologischen Bereich besitzen Sensoren, die analoge Werte liefern (Leitfähigkeit, Druck, pH-Wert, CO₂-Partialdruck, Temperatur, ...). Digitale Signale werden von Winkelkodierern, Windgeschwindigkeitsmessern, Wasserzählern und ähnlichen Geräten geliefert. Neben der fixen Abspeicherrate besteht auch die Möglichkeit, eine ereignisabhängige Abspeicherrate zu wählen. Dabei wird das Intervall durch Meldungseingänge oder Schwellwerttriggerung auf einen anderen voreingestellten, in der Regel geringeren Wert, verändert.

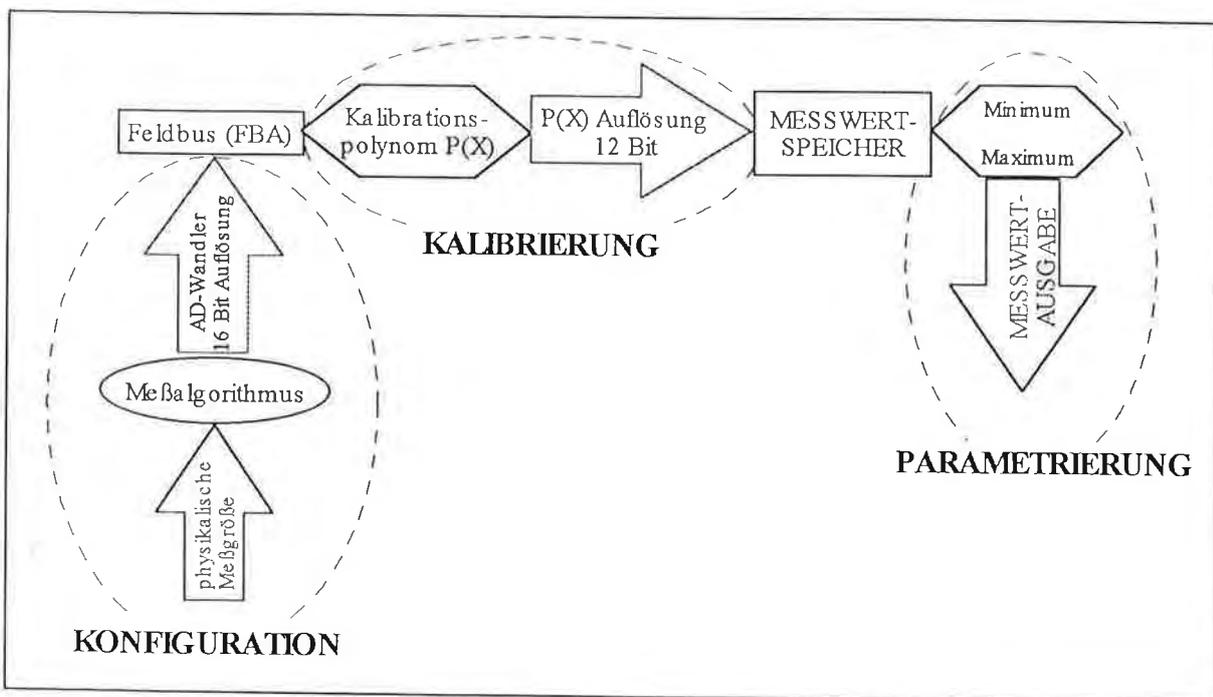


Fig 6: Schematischer Ablauf der Meßwertfassung

Der Meßbeginn wird über den Feldbus durch ein Signal der zentralen Steuereinheit an alle angeschlossenen Interfaces ausgelöst. Die weitere Steuerung des Meßalgorithmus über-

nimmt der Prozessor jedes Interfaces, der eine Taktfrequenz von 4 MHz besitzt, selbst. Das Leitfähigkeitsinterface beginnt mit einem Kompensationsmeßzyklus, der Temperatureinflüsse auf elektronische Bauteile und deren Alterungserscheinungen ausgleicht, sowie die Funktionsfähigkeit der Bauteile überprüft. Daran anschließend folgt der Meßzyklus der Leitfähigkeit, der etwa 100 Millisekunden dauert und 18 Meßwerte liefert. Von diesen Meßwerten werden das Minimum und das Maximum eliminiert, von den verbleibenden 16 Werten wird ein Mittelwert mit einer Auflösung von 16 Bit erzeugt und in einem Zwischenspeicher zur Abholung durch die Steuereinheit abgelegt. Es folgt der Kompensationsmeßzyklus des Temperaturkanals, der ebenfalls eine Sekunde dauert. Der daran anschließende Temperaturmeßzyklus erfolgt nach demselben Algorithmus und dauert ebenfalls 100 Millisekunden. 5 Sekunden nach dem Start des Meßzyklusses werden die bereitgestellten Meßwerte von der Steuereinheit abgeholt.

Die Synchronizität der Meßwerte Leitfähigkeit und Temperatur ist also innerhalb von etwa 2,2 Sekunden gegeben. Bei physikalisch getrennten Interfaces ist in der Regel die Gleichzeitigkeit der Meßwerte noch besser, da der Start des Meßzyklusses für den jeweils ersten Parameter jedes Interfaces zur selben Zeit beginnt. Eine Ausnahme davon bildet das Trübungsinterface, dessen Meßzyklus etwa 30 Sekunden dauert. Digitale Kanäle, wie Windgeschwindigkeit oder Impuls- und Frequenzzähler besitzen andere Meßalgorithmen, die auf der kontinuierlichen Registrierung (=Zähler) beruhen.

Die nun zur Verfügung stehenden Leitfähigkeits- und Temperaturwerte werden im Datensammler weiter verarbeitet. Der Temperaturwert wird über eine lineare Kalibrationsgleichung umgerechnet und mit 12 Bit Auflösung abgelegt. Das Leitfähigkeitssignal wird sowohl temperaturkompensiert (Polynom 6-ten Grades) als auch mit einem linearen Kalibrationspolynom umgerechnet und anschließend ebenfalls mit 12 Bit Auflösung abgespeichert. Ob die Speicherung der so ermittelten Meßwerte in einem Zwischenspeicher oder bereits im eigentlichen Meßwertespeicher durchgeführt wird, ist konfigurationsabhängig, da es bei diesem System möglich ist, einzelne Meßwerte, Mittelwerte oder Extremwerte über einen bestimmten Zeitraum abzuspeichern. So ist es z. B. möglich, den Momentanwert alle 5 Minuten abzuspeichern, oder den Mittelwert 5-minütiger Messungen alle 30 Minuten, und/oder die Extremwerte, die innerhalb der 30 Minuten bei den jeweils 5-minütigen Messungen aufgetreten sind, abzuspeichern.

In einem dritten Schritt erfolgt die Meßwertausgabe über das benutzerdefinierte Filter der Parametrierung. Dabei wird im wesentlichen der Meßbereich der jeweiligen Sonde definiert und der gespeicherte 12 Bit-Wert auf den Meßbereich der Sonde linear umgerechnet. Die Meßwertausgabe kann als Graphik auf dem PC-Bildschirm, in Tabellenform oder in entsprechenden Filestrukturen zur EDV-gestützten Weiterverarbeitung erfolgen.

4.4.2. Kalibration der Meßsysteme

Um verwertbare Ergebnisse zu erhalten, ist die regelmäßige Kalibration eines Meßsystems unabdingbar, umso mehr, wenn es sich um ein Feldmeßsystem handelt, das anderen und wahrscheinlich extremeren Umwelteinflüssen unterliegt. Im folgenden wird kurz auf die Kalibrationsprozedur eingegangen, deren Aufwand je nach Sensor unterschiedlich ist. Insbesondere bei den elektrochemischen Sensoren, d.h. bei pH-, Redox- und ionenselektiven Elektroden kann der Aufwand beträchtlich steigen und es ist letztlich ein Kompromiß zwischen Ziel der Messung und dem notwendigen Aufwand für eine normgerechte zumindest plausible Messung zu finden.

Temperatur

Der in die Leitfähigkeitssonde integrierte Temperatursensor wurde mit einem Handgerät referenziert, wobei für letzteres wiederum eine Temperaturkennlinie über ein geeichtes Laborthermometer erstellt wurde.

Elektrische Leitfähigkeit

Die Kalibration der Leitfähigkeit erfolgt nach den Vorschriften des Herstellers und den Richtlinien der entsprechenden Normen zuerst im Labor. Nachkalibrationen erfolgen bei Feststellen signifikanter Abweichungen vor Ort.

In Fig. 7 sind die Datensammleraufzeichnungen und Kontrollmessungen mit zwei unterschiedlichen Leitfähigkeitsmeßgeräten (WTW LF96) dargestellt. Die als Rhomben eingetragenen Einzelmessungen stammen von jenem Handmeßgerät, auf das das Meßsystem des Datensammlers kalibriert wurde. Die als Kreise eingetragenen Werte stammen von einem nicht kalibrierten Gerät. Es ist ersichtlich, daß nicht kalibrierte Meßgeräte zu Kontrollzwecken nicht geeignet sind. Die großen Abweichungen nach unten entstanden durch versehentliches Umschalten der Referenztemperatur am Handgerät. Die Abweichungen des zur Kalibration herangezogenen Handgerätes zeigen keinen einheitlichen Trend. Die Abweichungen nach oben oder unten entstehen durch mangelnde Angleichung an die vor Ort herrschenden Umgebungsbedingungen, zusätzlich zu den Fehlern, die sich durch falsche Handhabung und Veränderungen der Batteriekapazität ergeben.

Die pH-Elektrode erfordert zur Kalibration entsprechende pH-Pufferlösungen, die definierte pH-Werte liefern. Diese Pufferlösungen müssen daher für den Geländeeinsatz eine entsprechende Haltbarkeit aufweisen. Für die Praxis gibt es daher im Handel sog. technische Pufferlösungen, die gegen Standardpufferlösungen nach Norm vermessen worden sind. Während ein pH-Wert der Standardpufferlösung schon aufgrund seiner chemischen Zusammensetzung exakt definiert ist, der definitorische Wert im Labor auch weitgehend realisiert werden kann, erfolgt bei den technischen Puffern zu ihrer Definition eine konkrete Messung. Sie sind daher i.a. in ihrer Zusammensetzung ungenauer, was in der Praxis allerdings kaum eine Rolle spielt.

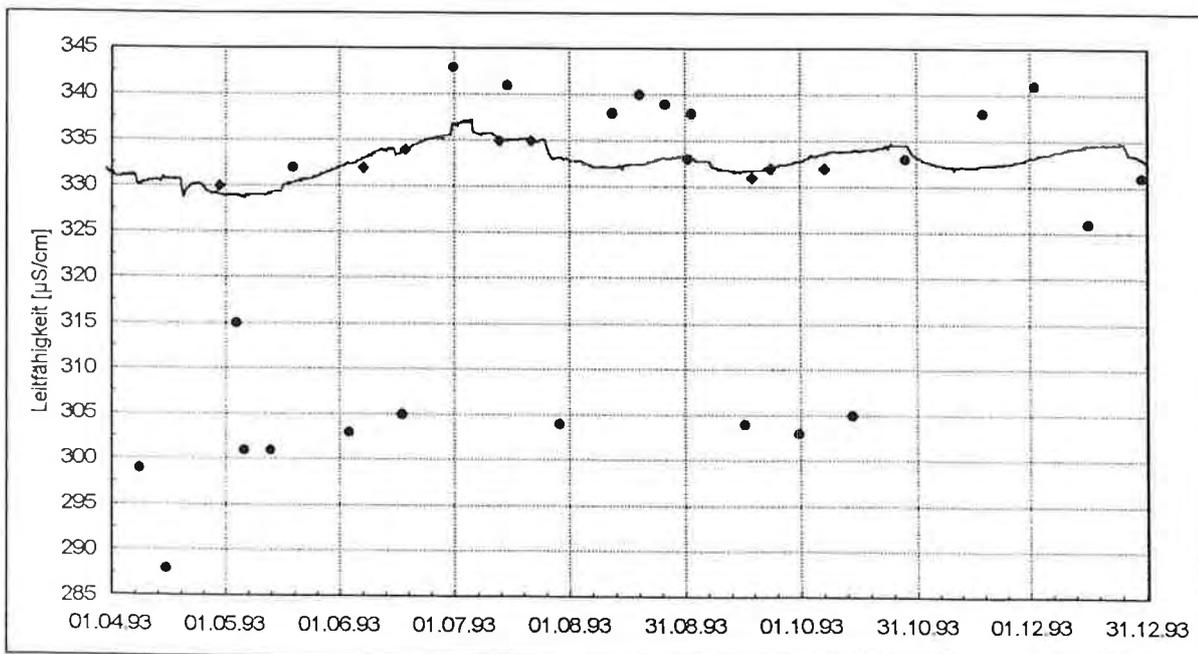


Fig. 7: Datensammleraufzeichnungen und Kontrollmessungen der elektr. Leitfähigkeit.

pH-Wert

Für die Messung am Hammerbach konnte unter genauester Beachtung der Kalibrationsvorschriften bei der Messung der Pufferlösungen eine Standardabweichung von <0.02 pH-Einheiten eingehalten werden (R. BENISCHKE et al., 1996), bei den Messungen des Quellwassers unmittelbar vor und nach der Kalibration immerhin noch < 0.04 pH-Einheiten, wobei hier die unvermeidliche Elektrodendrift zum Tragen kommt. Gleichzeitig erwies sich das Hammerbachwasser als so gut gepuffert, daß auch über einen längeren Zeitraum die pH-Verhältnisse als stabil anzusehen waren.

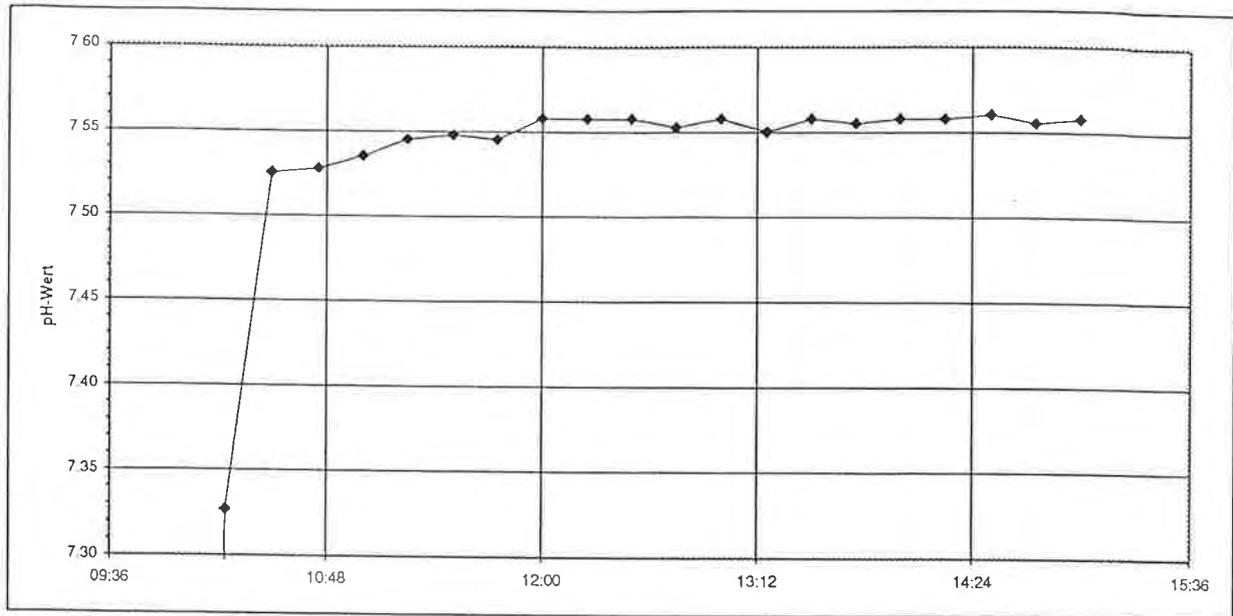


Fig. 8: Beispiel für das langsame Angleichen der pH-Elektrode beim Wiedereinbau nach einer Kalibration.

Der steile Anstieg am Beginn (Fig. 8) stammt von der Umstellung der zuvor in Puffer 4 eingetauchten Elektrode auf den pH-Wert des Hammerbaches. Die weitere Drift ist temperaturbedingt und spiegelt den Zeitverlauf der Gleichgewichtseinstellung der Elektrode wider.

Ionen- und gaselektive Elektroden

Für die Sauerstoffmessung steht durch den Elektrodenhersteller (WTW) eine sehr einfache Prozedur durch Kalibration in wasserdampfgesättigter Luft zur Verfügung, die ausreichend Genauigkeit bietet. Bei den übrigen Elektrodensystemen sind für das Gelände und den zu erwartenden Konzentrationsbereich entsprechende Standards vorzubereiten.

Die wichtigsten bei der Kalibration zu beachtenden Punkte sind:

- Verwendung frischer, unkontaminierter Puffer- und Standardlösungen (keine Verwendung alter Puffer oder Standards, Beachtung der Haltbarkeit)
- Ausreichendes Äquilibrieren der Elektroden im jeweiligen Puffer oder Standard
- Soweit als möglich Angleichung der Kalibrationstemperatur an die Temperatur des späteren Meßmediums (für pH-Werte sollte die Temperaturdifferenz $< 5^{\circ}\text{C}$ sein).

Trübung

Als problematisch erwies sich die normgerechte Kalibration der Trübungssonde, da das Normverfahren vorsieht, mit Formazin zu kalibrieren. Um das Hantieren mit größeren Mengen der giftigen Lösung zu vermeiden, wurde ein Handgerät mit Formazin kalibriert, und dann die viel größere Trübungssonde in einem Eimer Wasser mit gesundheitlich unbe-

denklichen Suspensionen unterschiedlicher Konzentration, die wiederum gegen Formazin im Handgerät gemessen wurden, kalibriert.

Drucksensoren

Die Drucksonden sind vom Hersteller oder Händler vorkalibriert und werden bei Feststellen signifikanter Abweichungen (eindeutiger Trend im Vergleich zur Ablesung vom Lattenpegel) zur Kalibration eingeschickt.

4.5. Datenauswertung

4.5.1. Namenskonvention für Datenträger

Bei der Fülle der aufgezeichneten Daten ist eine übersichtliche Gliederung der Datenbestände absolut notwendig. Dies wird erreicht, wenn zuvor ein Schema erstellt wird, in welchem jedem Meßkanal eine eindeutige Kennung und in der Folge ein eindeutiger Filename zugewiesen wird. Die untenstehende Zusammenstellung verdeutlicht dies am Beispiel Hammerbach.

Mess-Kanal	Parameter	Auswerteeinheit	Anzeige-einheit	Kennung	Filename
1	Wasserstand	cm	cm	P	HA_Pyymm.GWD
2	Elektr. Leitfähigkeit	µS/cm b. 25°C	µS/cm	L	HA_Lyymm.GWD
3	Wassertemperatur	°C	°C	T	HA_Tyymm.GWD
4	pH-Wert	pH-Einheit	pH-Einheit	E	HA_Eyymm.GWD
5	O ₂ -Konzentration	mg/l	mg/l	J	HA_Jyymm.GWD
6	p(CO ₂)	hPa	mV	C	HA_Cyymm.GWD
7	Trübung x10	TEF	TEF	B	HA_Byymm.GWD
8	Trübung x1	TEF	TEF	F	HA_Fyymm.GWD
9	Lufttemperatur	°C	°C	K	HA_Kyymm.GWD
10	Meldungseingang	Ein/Aus	0/1		
11	relative Luftfeuchte	%	%	M	HA_Myymm.GWD
12	Luftdruck	hPa	hPa	N	HA_Nyymm.GWD
13	O ₂ -Sättigung	%	%	V	HA_Vyymm.GWD

Anmerkungen: Die Nummer des Meßkanals bezieht sich auf die Konfiguration des verwendeten Datensammlers GEALOG S. Die Meßeinheit TEF bedeutet Trübungeinheit-Formazin. Der Filename besteht aus dem Kürzel für die Station, aus dem Buchstaben für die Parameterkennung und aus dem Jahr (yy) und dem Monat (mm). Die Fileerweiterung GWD weist auf die Filestruktur hin und entspricht der, wie sie für die Weiterverarbeitung notwendig ist.

4.5.2. Abgeleitete Daten

Von hydrographischem Interesse ist die Weiterverarbeitung des Wasserstandes. Über eine Schlüsselkurvenfunktion der Form

$$Q = a * (W - c)^b$$

erfolgt die Umrechnung in Schüttungen. Aus den bisherigen Durchflußmessungen ergaben sich beim Hammerbach für diese Umrechnung folgende Parameter:

Q =	Schüttung (l/s)
W =	Wasserstand (cm)
a =	1.47743575
b =	2.26910466
c =	- 0.65

Parameter	Meßeinheit	Kennung	Filename
Schüttung	l/s	Q	HA_Qyymm.GWD

4.5.3. Behandlung von Störungen (Korrekturen, Geräteausfälle, Lücken)

Ein Meßstellenstammdatenblatt dient zur Dokumentation von Einbaumaßnahmen, Umbauten, Kalibrationen, Sondentausch und Geräte- oder Sondenausfällen. Auf dieser Basis werden die Daten der weiteren Auswertung zur Verfügung gestellt. In ähnlicher Weise werden Kalibrationsparameter dokumentiert, um das Langzeitverhalten der jeweiligen Sonden erkennen zu können.

Die in den Files abgelegten Daten werden auf Konsistenz überprüft. Bei abnormalen Ausreißern, z.B. hydraulisch nicht erklärbar, abrupte Wasserstandsänderungen innerhalb etwa 0.5-1.5 h mit nachfolgender Rückkehr des Wertes auf den Ausgangswert oder Ausreißer, die durch die Kalibration der Meßsonden beim Herausnehmen aus dem Meßgerinne entstehen, werden entfernt. Bei allen bisherigen Ausreißerkorrekturen betrug der Zeitraum weniger als 1.5 h. Während die Parameter Wasserstand, elektrische Leitfähigkeit und Wassertemperatur über den bisherigen Auswertzeitraum plausible Zeitreihen ergaben, mußte beim Parameter Trübung zunächst ein nicht zufriedenstellender Betriebsverlauf festgestellt werden, welcher jedoch nach Umbauarbeiten des Lieferanten und Neukalibration behoben werden konnte. Dabei wurden zwei Meßkanäle zur Trübungsregistrierung mit unterschiedlichem Meßbereich konfiguriert.

Für den Fall einer notwendigen nochmaligen Korrektur und Auswertung stehen die unkorrigierten Datensammler-Rohwerte am Institut für Hydrogeologie und Geothermie zur Verfügung.

4.6. Bisheriger Datenbestand

Die bisher am Hammerbach durchgeführten Untersuchungen lassen sich in folgende Gruppen gliedern:

- Hydrographische Aufzeichnungen
- Hydrochemische Untersuchungen
- Markierungsversuche
- Isotopenhydrologische Untersuchungen

Im vorliegenden Artikel sollen nur die hydrographischen Aufzeichnungen und jene chemisch-physikalischen Parameter behandelt werden, die vor Ort gemessen werden müssen.

Schon F. WONISCH (1908) regte an, regelmäßig Abflußmengen sowohl in Peggau als auch in Semriach zu messen, um Fragen der Wasserbilanz des Tannebenstockes zu klären. Soweit bekannt, kam es zu keiner Verwirklichung dieses Wunsches. Beim Markierungsversuch in der Lurgrotte Semriach von G. KYRLE im Jahre 1928 wurden schon Überfallwehre am Badlbach, am Schmelzbach-Ursprung und an der Laurinsquelle in der Lurgrotte Peggau errichtet, und durch Gefäßmessungen an geeigneten Meßauschnitten die Schüttung erfaßt (G. KYRLE, 1928). Am Lurbach in Semriach und am Hammerbach verhinderten die technischen und finanziellen Möglichkeiten die Errichtung von Meßstationen, sodaß die Wassermenge an mehreren Profilen des Gerinnebetts aus der Oberflächengeschwindigkeit errechnet wurde.

Bei der Wiederholung des Versuches von 1928 durch V. MAURIN im Jahre 1952 wurde auch an der Station am Hammerbach, allerdings etwa 300 m unterhalb des Quellaustrittes, ein Überfallwehr eingebaut und an den Meßausschnitten mit Gefäß und Stoppuhr die Wassermenge gemessen (V. MAURIN, 1952).

Ab dem Jahre 1965 wurden systematische Aufzeichnungen am Hammerbach durch die Errichtung einer Schreibpegelanlage durchgeführt. Diese wurde bis Ende 1975 betrieben, danach blieb die Anlage selbst weiterbestehen, jedoch ohne die Aufzeichnungen auszuwerten. Im Rahmen von Postgraduate-Kursen für Markierungsversuche und bei Einzeluntersuchungen wurde die Anlage jedoch immer wieder für kurze Zeit aktiviert. Im April 1985 wurde schließlich vom Grundeigentümer die Bewilligung eingeholt, die etwa 100 m unterhalb des Austrittes liegende Station in den Bunker am Hammerbach-Ursprung selbst zu verlegen. Schließlich wurde ein scharfkantiger Rechtecküberfall aus einer Stahlplatte in das Betongerinne im Bunker eingebaut und der dahinterliegende Siphon einige Zentimeter überstaut. Dadurch kam es zu einer besonders guten Strömungsberuhigung, sodaß für die Wasserstandsaufzeichnung zunächst mittels Monatspegelschreiber, später mittels Bandschreiber, beste Voraussetzungen vorhanden waren. Diese Konfiguration bestand bis zum Aufkommen der ersten felddauglichen (und preislich günstigen) Datensammler mit Drucksonden zur Wasserstandregistrierung.

Die folgende Übersicht bringt eine Zusammenstellung über den Datensammlerbetrieb. Die Änderung der Bezeichnungsweise wurde bei Änderungen der Gerätekonfiguration durchgeführt und ermöglicht eine einfachere Datenarchivierung.

Bezeichnung	Gerät	Beginn	Ende	Datenarchivierung bei:
HAMMERB	GEALOG Probegerät.	22.04.1992	19.05.1992	IHG
HAMMERB3	GEALOG Nr. 22175	03.09.1993	14.07.1994	IHG
HAMMERBA	GEALOG Nr. 22538	14.07.1994	18.03.1996	HD, IHG
HAMMER	GEALOG Nr. 22538	18.03.1996	04.07.1996	HD, IHG
HAMMERB4	GEALOG Nr. 22538	04.07.1996	laufend	HD, IHG

4.7. Beispiele von Aufzeichnungsergebnissen am Hammerbach

In Fig. 9 ist die Pegelganglinie eines Bandschreibers im Vergleich zu den Aufzeichnungen des Datensammlers dargestellt.

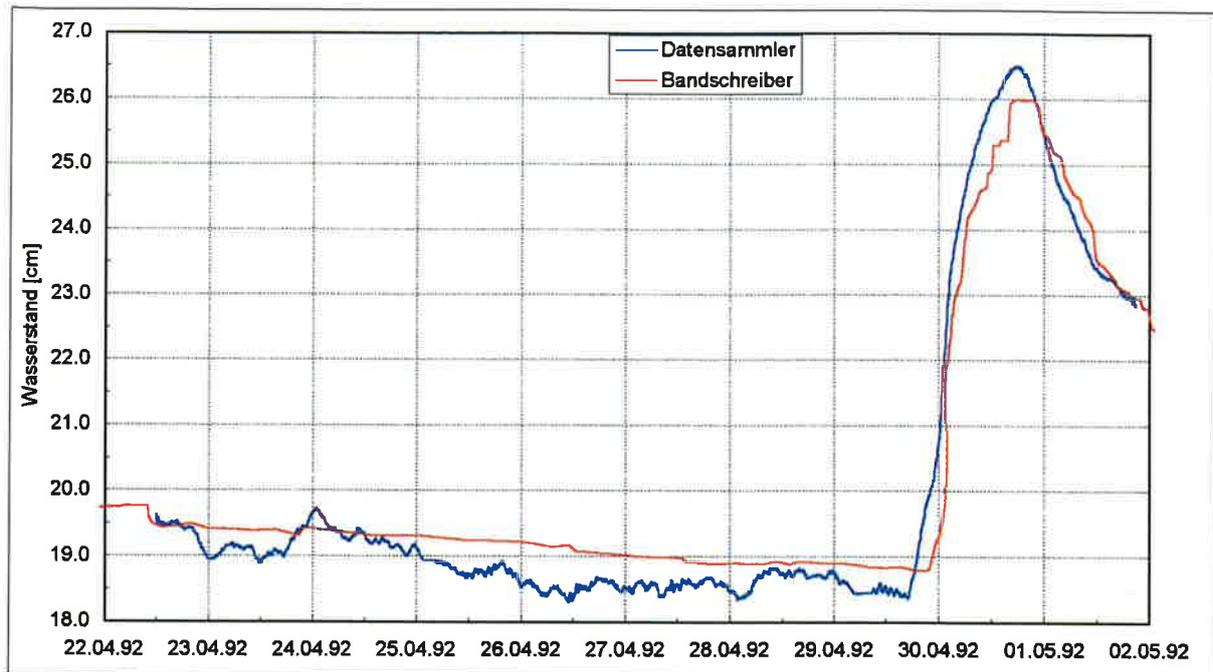


Fig. 9: Vergleich der Datensammleraufzeichnungen des Wasserstandes mit denen eines Bandschreibers.

Deutlich zu erkennen ist die höhere Auflösung der Datensammleraufzeichnungen, die in der Lage ist, auch Kleinstereignisse zu erfassen. Besonders bemerkenswert ist die Trägheit des Schwimmer/Gegengewichtsystems gegenüber der Drucksonde. Weiters zeigt die Datensammleraufzeichnung deutliche Änderungen der Steigung des Schüttungsanstieges, die vom Bandschreiber nicht mehr aufgelöst werden können. Die Trägheit des mechanischen Systems zeigt sich auch in der Ausbildung der Schüttungsspitze.

Fig. 10 zeigt die Veränderung der Parameter Schüttung, elektr. Leitfähigkeit, pH-Wert und Temperatur während eines Ereignisses. Während die Schüttungsänderung sehr deutlich ist (150 l/s bis 730 l/s), ist die Schwankungsbreite der anderen Parameter unterschiedlich. Die pH-Werte schwanken während des Ereignisses nur um 0.1 pH-Einheiten, die Temperatur nur um 0.5 °C. Die Leitfähigkeit hingegen schwankt während dieses Ereignisses um etwa 55 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Der Verlauf des Ereignisses wird durch die hohe zeitliche Auflösung des Meßsystems sehr genau dokumentiert.

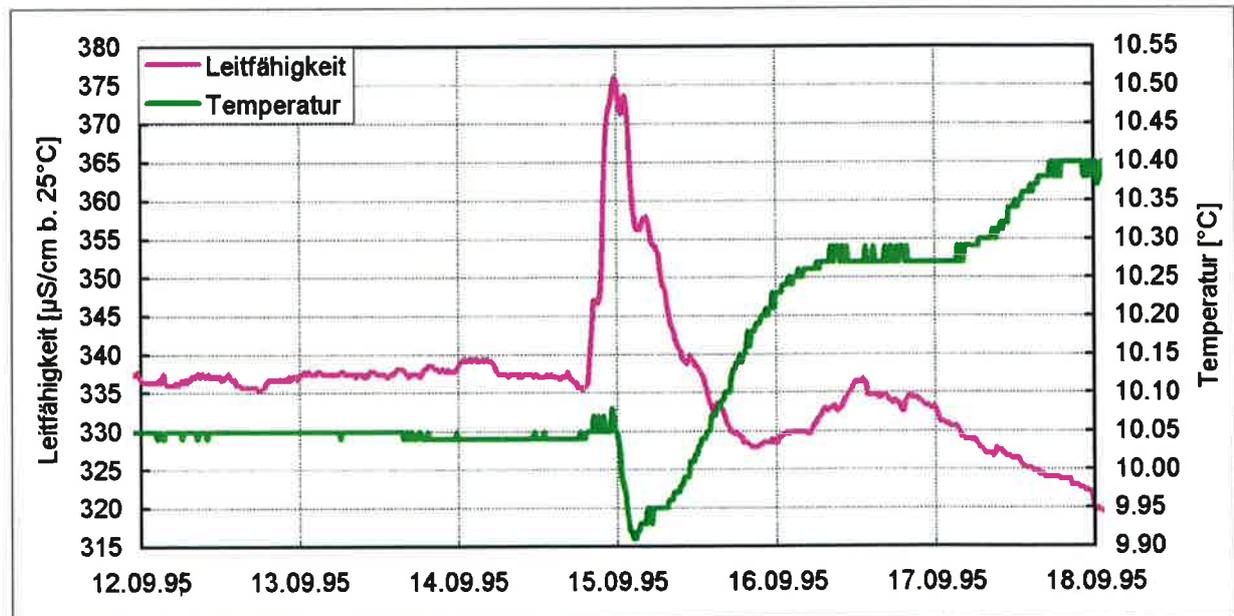
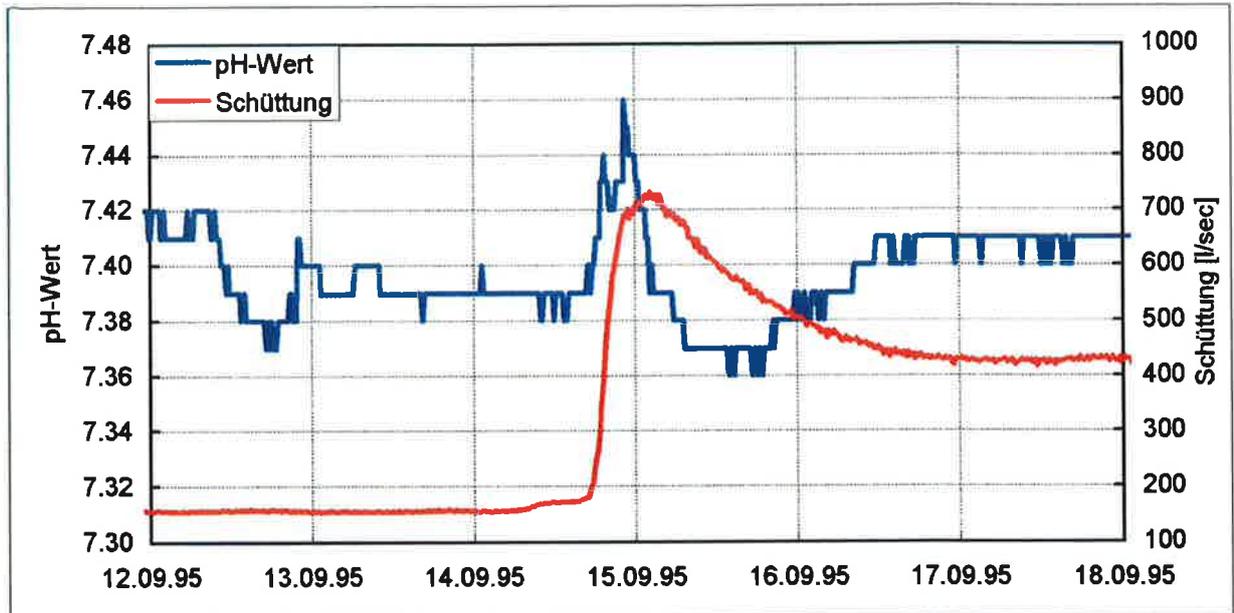


Fig. 10: Schüttung, Leitfähigkeit, pH-Wert und Temperatur am Hammerbach während eines Ereignisses im September 1995

Als ein Beispiel für eine Jahresübersicht der Parameter Schüttung und elektr. Leitfähigkeit möge Fig. 11 dienen, wodurch eine lückenlose Dokumentation von reinen hydrographischen Daten mit Qualitätsparametern möglich ist.

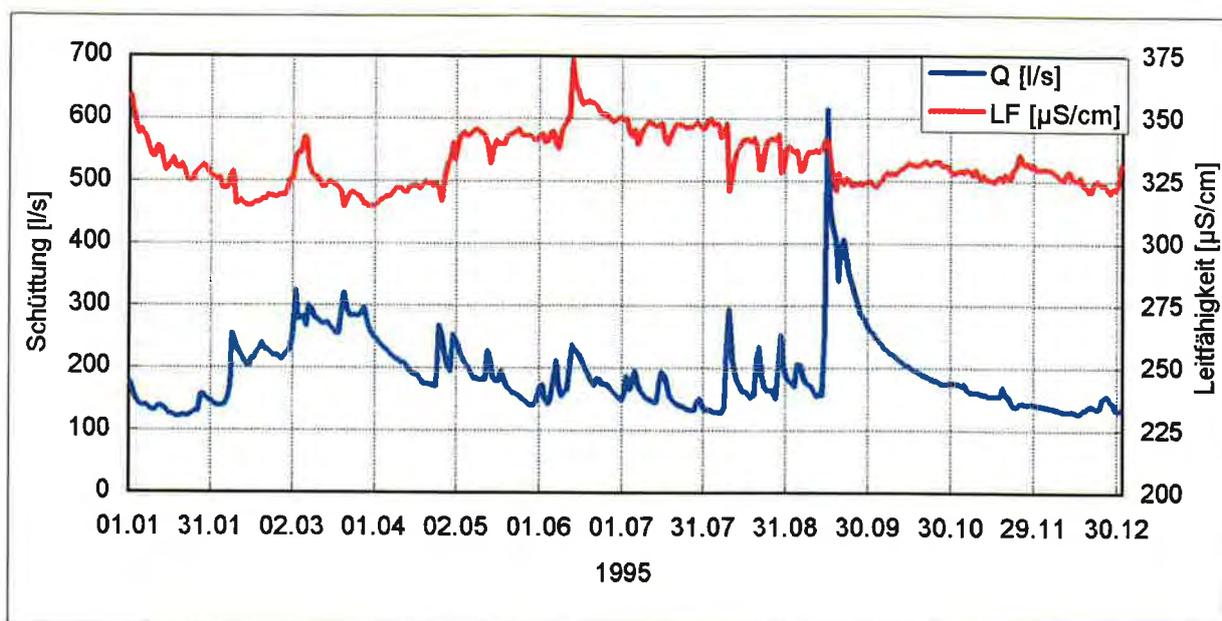


Fig. 11: Jahrgang der Parameter Schüttung und elektr. Leitfähigkeit.

5. AUSBLICK

Die Station Hammerbach wurde im Juli 1995 in das Quellmeßnetz des Hydrographischen Dienstes aufgenommen, da sie sich aufgrund der lagemäßigen und infrastrukturellen Voraussetzungen dafür besonders eignet. Schon bisher wurden an dieser Station im Rahmen hydrogeologischer Forschungsprojekte unterschiedliche Meßdaten erhoben und ausgewertet. Aus diesem Grunde ist auch für die Zukunft geplant, neben dem Betrieb im Quellmeßstellennetz Neuentwicklungen von Meßsonden und Datenaufzeichnungssystemen im Hinblick auf Qualitätsfragen, Frühwarnsysteme oder wissenschaftliche Fragestellungen (Hydrogeochemie, Isotopenhydrologie) zu testen.

6. LITERATUR UND UNTERLAGEN

- BENISCHKE, R. & HARUM, T. (1994):** Zur Hydrologie und Hydrogeologie des Gebietes Peggau - Tanneben - Semriach.- Festschrift Lurgrotte 1894-1994, 143-181, 10 Fig., Taf. 6-7, Graz.
- BENISCHKE, R., HARUM, T., STADLER, H. & ZOJER, H., TRETTNAK, W., DOLEZAL, C., KOLLE, C. & REININGER, F. (1996):** Online-Meßverfahren in der Hydrogeologie. Entwicklung von Vorrichtungen für eine Optimierung der Wasserwirtschaft und zum Aufbau von Frühwarnsystemen.- Unveröff. Forschungsbericht, Joanneum Research, Inst. f. Hydrogeologie & Geothermie, Inst. f. Chemische & Optische Sensorik, Graz.
- DVWK (1994):** Grundwassermeßgeräte. DVWK Schriften, **107**, 241 S., Bonn.
- GROHMANN, A. (1973):** pH-Pufferung und die Möglichkeiten der kontinuierlichen Messung von freier Kohlensäure, CO_2 (Qc) und m-Wert.- Vom Wasser, **40** (1973), 19-33, 8 Abb., 3 Tab., Weinheim (VCH).
- HELMER, G. (1994):** Water quality monitoring: national and international approaches.- In: PETERS; N. E., ALLAN, R. J. & TSIRKUNOV, V. V. (Eds.), Hydrological, Chemical and Biological Processes of Transformation and Transport of Contaminants in Aquatic Environments, IAHS-Publ., **219**, 3-17, 3 Tab., Wallingford.
- MAURIN, V. (1952):** Ein Beitrag zur Hydrogeologie des Lurhöhlensystems. Die zweite Chlorierung des Lurbaches.- Mitt. Nat.-wiss. Verein Strmk., **81/82**, 169-180, Graz.
- MAURIN, V. (1994):** Geologie und Karstentwicklung des Raumes Deutschfeistritz - Peggau - Semriach.- Festschrift Lurgrotte 1894-1994, 103-137, 10 Fig., Graz.

- MITOFF, D. (1944):** Potentiometrische Messungen an Karst- und anderen Wässern.- Hydrogeologische Forschungen, Abh. d. Reichsamtes f. Bodenforschung, 209, 337-344, 3 Abb., Berlin.
- MÜLLER, I. (1977):** Jaugeage chimique des cours d'eau à l'aide d'électrode ionique spécifique.- Wasser, Energie, Luft - Eau, énergie, air, **69** (1/2), 4-6, 3 Fig.
- MÜLLER, I., KIRALY, L., SCHOTTERER, U. & SIEGENTHALER, U. (1980):** Untersuchung des Neuenburger Jura.- In: MÜLLER, I & J. ZÖTL (1980): Karsthydrologische Untersuchungen mit natürlichen und künstlichen Tracern im Neuenburger Jura (Schweiz).- Steir. Beitr. z. Hydrogeologie, **32**, 17-30, Fig. 8-24, Tab 2, Graz.
- RICHTER, G. (1944):** Zur Kennzeichnung unterirdisch fließender Wässer. Untersuchungen an der Range und anderen Karstquellen bei Warstein (Westfalen).- Hydrogeologische Forschungen, Abh. d. Reichsamtes f. Bodenforschung, **209**, 299-336, 8 Abb., Taf. 3, Berlin.
- SCHOUPPE, A. (1952):** Elektrische Widerstandsmessungen zur Feststellung der Verbindungswege in Höhlen-gewässern.- Mitt. Nat.-wiss. Verein Stmk., **81/82**, 183-186, Graz.
- STEINER, G. (1997):** NIR-Spektroskopie: Vom Labor zur Prozessbeherrschung.- LaborPraxis, **21** (6), 40-42, Würzburg.
- TRONKO, W. (1963):** Automatische Abwassermessung. Die Entwicklungsstation für automatische Abwasser-meßgeräte "ST1" an der Mur in Graz.- Österr. Wasserwirtschaft, **15** (5/6), 108-109, 2 Abb., Wien.
- WEISSENSTEINER, V. (1969):** Der Hammerbach bei Peggau (Steiermark, Kat.-Nr. 2836/34).- Die Höhle, **20** (4), 113-123, 3 Abb., Wien.
- WIESINGER, J. (1994):** Blitzschutz von Grundwassermeßgeräten. DVWK Materialien 4/1995,75-77, 2 Abb., Bonn.
- WMO (1988):** Manual on Water Quality Monitoring.- Operational Hydrology Report 27, Genf (WMO).
- WONISCH, F. (1908):** Hydrologisches vom Lurloch.- Mitt d. Deutschen nat.-wiss. Ver. beider Hochschulen in Graz, **XXIV** (2), 1-5, 1 Skizze, Graz.

Massnahmen für die Erhaltung und Wiederherstellung einer grundwasserverträglichen Landwirtschaft in der Steiermark

von

A. Bernhart

Der folgende Beitrag befaßt sich mit den durch die geänderten Bewirtschaftungsverhältnisse in der Landwirtschaft bedingten Veränderungen in der Beeinflussung der Grundwasserqualität und den hiezu in der Steiermark getroffenen Maßnahmen einerseits zur Verringerung der bereits vorhandenen Belastungen des Grundwassers und andererseits zum Ausbau eines wirksamen vorbeugenden Grundwasserschutzes. Der Beitrag ist Herrn Univ.Doz. OBR. Dr. Hilmar Zetinigg für seine Verdienste im Bemühen um die Einrichtung zeitgemäßer Schutz- und Schongebiete zur Erreichung der Reinhalteziele des Wasserrechtsgesetzes gewidmet.

1. Veränderungen in der landwirtschaftlichen Bodennutzung seit der WRG-

Novelle 1959:

In den drei Jahrzehnten zwischen der WRG-Novelle 1959, durch welche die widerlegbare Rechtsvermutung, daß die übliche land- und forstwirtschaftliche Bodennutzung bis zum Beweis des Gegenteils zu keiner Beeinträchtigung der Beschaffenheit der Gewässer führt, eingeführt wurde und der WRG-Novelle 1990, bei welcher der Begriff der üblichen Bodennutzung durch Kriterien der ordnungsgemäßen Nutzung definiert wurde, haben sich in der Landwirtschaft bedingt durch gesellschaftspolitische und volkswirtschaftliche Entwicklungen in der gesamten marktwirtschaftlich ausgerichteten westlichen Welt gravierende Veränderungen vollzogen, die es zuvor in diesem Tempo nie gab. Das wirtschaftliche Führen landwirtschaftlicher Betriebe war an die Steigerung der Flächen- und Arbeitsproduktivität gebunden. Die Ausgaben der Haushalte für Lebensmittel und Ernährung sollten so gering wie möglich gehalten werden. Zwangsläufig führte dies in der Landwirtschaft unter ausschließlicher Orientierung an ökonomischen Prinzipien zu einer Steigerung der Flächenerträge durch verstärkte Düngung mit Zunahme der mineralischen Düngung von ca. 20 kg N je ha (1960) auf ca. 60 kg N je ha im Durchschnitt (1990), durch Intensivierung der tierischen Erzeugung je Flächeneinheit mit verstärktem Wirtschaftsdüngeranfall, durch nahezu gänzliche Beseitigung des Dauergrünlandes in den wichtigsten Grundwasservorkommen der Tallagen, aber auch durch Einführung des Ackerbaues in Hanglagen und durch eine Führung einer einseitigen Fruchtfolge mit Anbau von Kulturen, welche sich durch eine schlechte Stickstoffeffizienz bei hoher Ertragsintensität auszeichnen, ohne dabei auf Belange des Gewässerschutzes ausreichend Bedacht zu nehmen.

Die Folge ist, daß die Belastung der österreichischen Grundwasservorkommen, aber auch der Oberflächenwässer durch die landwirtschaftliche Bodennutzung, wenn auch regional unterschiedlich von nicht unerheblicher Bedeutung ist. Die Gesamtfläche mit durch Stickstoffkomponenten verunreinigten Grundwässern, welche als Sanierungsgebiete zu be-

zeichnen sind, beläuft sich gemäß Wassergüteehebung derzeit österreichweit auf 595.960 ha.

In der Steiermark stellt sich die Entwicklung der Grundwasserqualität wie folgt dar:

*** Grundwassergebiete des Murtales von Graz bis Radkersburg:**

Grazerfeld:

Nitrat:	Schwellenwertüberschreitung bei ca. 50 % der Meßstellen
Atrazin: "	" " 74 % " "
Desethylatrazin "	" " 82 % " "

Leibnitzerfeld:

Nitrat:	Schwellenwertüberschreitung bei ca. 66 % der Meßstellen
Atrazin: "	" " 84 % " "
Desethylatrazin "	" " 93 % " "

Unteres Murtal:

Nitrat:	Schwellenwertüberschreitung bei ca. 50 % der Meßstellen
Atrazin: "	" " 84 % " "
Desethylatrazin "	" " 92 % " "

Dies bedeutet, daß ca. 28.000 ha einer Grundwassersanierung hinsichtlich Nitrat, Atrazin und Desethylatrazin in diesem Bereich zu unterziehen sind.

*** Grundwassergebiete in den übrigen Tallagen der Steiermark:**

Tal:	Schwellenwertüberschreitung:
Raabtal:	Ammonium Nitrit Atrazin Desethylatrazin
Feistritztal:	Nitrat Atrazin Desethylatrazin
Ilztal:	Nitrat Atrazin Desethylatrazin
Pinkatal:	Ammonium Kalium
Lafnitztal:	Ammonium Nitrit Desethylatrazin
Kainachtal:	Ammonium Nitrit Atrazin Desethylatrazin
Laßnitztal:	Kalium Ammonium Nitrit Orthophosphat
Saggautal:	Kalium Ammonium Atrazin Desethylatrazin
Sulmtal:	Atrazin Desethylatrazin
Lendvatal:	Ammonium Atrazin

Dies bedeutet, daß ca. 40.000 ha Grundwasserflächen einer Sanierung hinsichtlich der angeführten Grundwasserinhaltsstoffe zu unterziehen sind.

Somit sind für die Steiermark für ca. 70.000 ha Grundwasserfläche Grundwassersanierungsmaßnahmen erforderlich.

2. Anforderungen an die Qualität und Güte des Grundwassers gemäß Wasserrechtsgesetz und Lebensmittelrecht:

Aus den o.a. Gründen wurde auch das rechtliche Instrumentarium des Wasserrechtsgesetzes zur Erhaltung und Wiederherstellung einer gewässerverträglichen Bodennutzung im Zuge der WRG-Novelle 1990 wesentlich ausgebaut. Als gewässerverträglich ist die Bodennutzung nach dem WRG dann anzusehen, wenn sie zu keiner Beeinträchtigung des bestimmungsgemäßen Gebrauches der Gewässer führt. Dieser bestimmungsgemäße Gebrauch besteht darin, daß Grund- und Quellwasser als Trinkwasser verwendet, Tagwasser zu gewerblichen Zwecken benutzt, Fischwasser erhalten und ganz allgemein die Gesundheit von Mensch und Tier nicht gefährdet werden. Die Frage der Trinkwasserqualität ist mangels näherer Definition im WRG anhand anderer gesetzlicher Bestimmungen einschließlich des EU-Rechtes zu beantworten.

Die Trinkwasserqualität ist gemäß Lebensmittelgesetz im Kodex-Kapitel B 1 des Lebensmittelbuches sowie in der Nitrat- und Pestizidverordnung sowie weiters in der EU-Richtlinie 80/778/EWG über die Qualität des Wassers für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserrichtlinie) wie folgt festgelegt:

Nitrat-Verordnung, BGBl.Nr. 557/1989:

50 mg Nitrat/l ab 1.7.1994

(EU: 50 mg Nitrat/l ab 1.1.1995)

Pestizid-Verordnung, BGBl.Nr. 448/91:

0,1 µg Pestizide/l ab 1.7.1995

0,5 µg f.d.Sa der Pestizide je l Trinkwasser

(EU: 0,1 µg Pestizide/l ab 1.1.1995)

Trinkwasserausnahme-Verordnung, BGBl.Nr. 384/1993:

Befristete Ausnahme für das Überschreiten der Grenzwerte bei Pestizide, gilt nicht für Nitrat!

Änderung der Nitratverordnung mit BGBl.Nr. 287/96:

Der Grenzwert mit 30 mg Nitrat pro l ab 1.7.1999 ist entfallen; es gilt unbefristet der Grenzwert von 50 mg Nitrat pro l.

Änderung der Nitratverordnung mit BGBl.Nr. 714/96:

Einführung einer Informationspflicht für die Betreiber von Trinkwasserversorgungsanlagen über die Ergebnisse der Trinkwasseruntersuchung.

Schwellenwertverordnung, BGBl.Nr. 502/1991 (basierend auf § 33 f WRG):

Damit wurden Alarmwerte unterhalb der Grenzwerte nach dem Lebensmittelgesetz für 34

Stoffe bzw. Stoffgruppen festgelegt; derzeit Änderung der Verordnung im Hinblick auf die Änderung der Nitratverordnung im Gange.

Das Österreichische Lebensmittelbuch Kodex-Kapitel B 1 gilt derzeit jedoch nur als Verwaltungsanweisung und ist im Hinblick auf die Rechtsprechung des Europäischen Gerichtshofes anzupassen und in den Verordnungsrang zu Erreichung der Drittwirkung zu erheben.

Die anzutreffende Ansicht, daß der Trinkwasserbegriff des Wasserrechtsgesetzes nicht durch lebensmittelrechtliche Bestimmungen auszulegen sei, ist schon unabhängig von den obigen (internationalen) Vorgaben deshalb verfehlt, weil damit flächendeckende Belastungen des Grundwassers vorerst akzeptiert würden und die Sanierung des Grundwassers im

Sinne einer Wiederherstellung der Verwendbarkeit für das Inverkehrbringen als Lebensmittel geradezu provoziert werden würde.

Für die Landwirtschaft ergibt sich daraus, daß sie die Verwendbarkeit des Grundwassers als Trinkwasser nicht beeinträchtigen und die Gesundheit von Mensch und Tier nicht gefährden darf.

3. Rechtliche Bestimmungen zur Erhaltung einer grundwasserverträglichen Landbewirtschaftung:

3.1. Allgemeine wasserrechtliche Sorgfaltspflicht gemäß § 31 WRG:

Nach § 31 Abs. 1 WRG hat sich jedermann mit der gebotenen Sorgfalt so zu verhalten, daß eine nicht erlaubte Einwirkung auf die Gewässerbeschaffenheit vermieden wird. Diese allgemeine Schutzbestimmung (vergleiche § 1 a Abs. 2 Wasserhaushaltsgesetz der BRD, 1986) findet auch auf das Sammeln, Aufbewahren, Bereitstellen und Ausbringen von Düngemittel- und Pflanzenschutzmitteln Anwendung und gilt für jedermann, weil jeder im Rahmen seiner beruflichen oder privaten Tätigkeit Gewässerverunreinigungen verursachen oder durch entsprechende Sorgfalt und oft ganz einfache Maßnahmen Verunreinigungen vermeiden kann.

Bei Gefahr einer Gewässerverunreinigung hat die Wasserrechtsbehörde die erforderlichen Maßnahmen dem Verpflichteten aufzutragen oder bei Gefahr im Verzug unmittelbar auf Kosten des Verpflichteten durchführen zu lassen. Im Rahmen der landwirtschaftlichen Bodennutzung könnte diese Bestimmung im Bereich der Grundstückszustandshaftung bei aufgetretenen Bodenverunreinigungen etwa durch unsachgemäße Düngung Relevanz erlangen.

3.2. Generelle Vorsorge vor Grundwasserverunreinigungen durch Einwirkungen aus der land- und forstwirtschaftlichen Bodennutzung:

3.2.1 Abgrenzung von wasserrechtlich bewilligungsfreier und bewilligungspflichtiger Bodennutzung:

Einwirkungen auf die Beschaffenheit der Gewässer (Oberflächen- und Grundwasser) sind gemäß § 32 WRG grundsätzlich wasserrechtlich bewilligungspflichtig. Dies gilt unabhängig davon, ob das Gewässer bereits belastet ist oder nicht. Ausgenommen von der Bewilligungspflicht ist u.a. die ordnungsgemäße land- und forstwirtschaftliche Bodennutzung, die bis zum Beweis des Gegenteils nicht als Beeinträchtigung der Gewässerbeschaffenheit gilt. Damit unterliegen nur bloß geringfügige Einwirkungen der Bewilligungsfreiheit. Aber auch geringfügige Einwirkungen können wasserrechtlich bewilligungspflichtig werden, wenn in einem Grundwassergebiet z.B. durch eine Vielzahl solcher geringfügiger Einwirkungen ein Summationseffekt entsteht. Was geringfügig ist, sagt das Gesetz nicht. Eine geringfügige Einwirkung wird jedoch dann anzunehmen sein, wenn unter Berücksichtigung von Summenwirkung und Intensität der Grundwasserbelastung keine tröstliche Annäherung zum betreffenden Grundwasserschwellenwert (BGBl.Nr. 502/1991) erfolgt und somit keine Grundwassersanierung hervorgerufen wird. Beurteilungskriterien dazu sind die Lage, Standortverhältnisse, Kulturart, Klima sowie die örtlichen wasserwirtschaftlichen Verhältnisse etc.. D.h., es sind auch jene Grundwasserbelastungen in der Landwirtschaft, durch die

Trinkwassergrenzwerte gerade noch nicht überschritten werden, nicht ohne weiteres zulässig.

3.2.2 Kriterien einer ordnungsgemäßen land- und forstwirtschaftlichen Bodennutzung:

Mit der WRG-Novelle 1990, BGBl.Nr. 252, wurde die Frage der ordnungsgemäßen Bodennutzung rechtlich näher definiert. Sie liegt dann vor, wenn sie unter Einhaltung der bezugshabenden landes- und bundesrechtlichen Vorschriften und in Berücksichtigung der standörtlichen Verhältnisse erfolgt. Als bestimmende Vorschriften sind die Bodenschutzgesetze, landwirtschaftliche Chemikaliengesetze und Klärschlammbestimmungen der Länder sowie das Forstgesetz zu nennen. Danach ist z.B. gemäß Stmk. Bodenschutzgesetz, LGBl.Nr. 66/1987, von Düngung nur dann auszugehen, wenn bei der Bemessung der Düngermengen auf die Standortverhältnisse sowie auf alle für die Pflanzenernährung relevanten Nährstoffquellen Bedacht genommen wird und sich der Zeitpunkt der Aufbringung sowie die Staffelung der Menge des aufzubringenden Düngers nach der Wirkungsweise des Düngers im Boden und der Vegetationsentwicklung anpaßt.

Die Ausbringung von Wirtschaftsdüngern (z.B. Gülle) im Herbst nach der Ernte der Feldfrüchte ohne unmittelbar folgendem Anbau einer Winterbegrünung ist daher nicht als Düngung anzusehen und daher als nicht ordnungsgemäße landwirtschaftliche Bodennutzung wasserrechtlich bewilligungspflichtig, da damit von vornherein nach dem natürlichen Lauf der Dinge mit Beeinträchtigungen des Grundwassers zu rechnen ist, welche das Maß der Geringfügigkeit überschreiten. Als weitere Beispiele einer nicht ordnungsgemäßen Bodennutzung wäre die Düngerbemessung über den Nährstoffbedarf der Pflanzen bzw. ohne Rücksicht auf den Vegetationsstand anzuführen.

Für die Standortfrage sind folgende Einflußfaktoren zu nennen:

- Wasserdurchlässigkeit
- Wasserspeichervermögen (Feldkapazität)
- Grundwasserflurabstand
- Klimatische Wasserbilanz

Diese Faktoren üben auf das Nährstoffrückhaltevermögen und damit auf die gewässerträchtige Bodennutzung einen erheblichen Einfluß aus. Die Feldkapazität ist umso höher, je größer der Feinanteil im Boden ist. Durch höhere Humusgehalte wird das Wasserspeichervermögen ebenfalls erhöht, während größere Grobanteile im Boden die Feldkapazität reduzieren. Ebenso ist die Wasserdurchlässigkeit stark von der Bodenstruktur abhängig. Demnach weisen Böden mit geringem Wasserspeichervermögen, hoher Durchlässigkeit, geringem Grundwasserflurabstand mit großer Grundwasserneubildungsrate eine sehr hohe Austragsgefährdung für wasserlösliche Stoffe auf.

Damit ist z.B. bei Maisanbau (bzw. Kulturen mit weitem Reihenabstand) auf Böden mit hoher Durchlässigkeit und geringem Nährstoffrückhaltevermögen auch bei Stickstoffdüngergaben von unter 170 kg N je ha eine mehr als geringfügige Einwirkung auf das Grundwasser zu erwarten.

3.2.3 Ist die ordnungsgemäße land- und forstwirtschaftliche Bodennutzung grundwasserträchtig?

Auch eine ordnungsgemäße Bodennutzung kann zu einer mehr als geringfügigen Einwirkung auf das Grundwasser führen. Dies ist nach derzeitigem Erkenntnisstand vornehmlich

an der Tatsache des Fehlens einer Fruchtfolge mit Einbau von Mindestanteilen ganzjährig bodenbedeckender Kulturen der Fall. Wenn bei offensichtlich ordnungsgemäßer Bodennutzung mit hohem Anteil an Kulturen mit schlechter Stickstoffeffizienz eine Beeinträchtigung der Gewässerbeschaffenheit eintritt, so besteht für diese Nutzungsform wasserrechtliche Bewilligungspflicht. Der aus wasserwirtschaftlicher Sicht zum Schutz öffentlicher Interessen zu fordernde Anteil anderer, möglichst ganzjährig bodenbedeckender Kulturen in der Fruchtfolge wird daher vom Standort und der Nutzungsintensität der Kulturarten abhängen. Die Frage, welche mehr als geringfügige wasserrechtlich bewilligungspflichtige Einwirkung aus der Bodennutzung auch wasserrechtlich bewilligungsfähig ist, ist nach der Vereinbarkeit mit dem öffentlichen Interesse (§ 105 WRG) der Vermeidung einer dauerhaften Beeinträchtigung der Verwendung des Grundwassers als Trinkwasser und damit der Vermeidung gesundheitlicher Folgen zu beantworten.

3.2.4 Landwirtschaftliche Bewässerung und Gewässerschutz:

Mit der WRG-Novelle 1990 wurde die Benutzung der Gewässer strengeren Anforderungen durch strikte Bedarfsprüfung in sachlicher und zeitlicher Hinsicht, Beachtung des Standes der Technik und der konkreten wasserwirtschaftlichen Verhältnisse unterworfen. Die Bewilligungsdauer für Bewässerungszwecke wurde mit maximal 10 Jahren festgelegt. Mit der Erteilung der wasserrechtlichen Bewilligung zur Bewässerung ist aber auch die qualitative Seite einer möglichen Beeinträchtigung des Gewässers zu prüfen. Sind aufgrund der Standortverhältnisse und der zu bewässernden Kulturen sowie deren angestrebtes Ertrags- (Dünger) niveau mehr als geringfügige Einwirkungen zu erwarten, was in jedem Einzelfall zu prüfen ist, so ist die Beregnung auch als Einwirkung auf das Gewässer wasserrechtlich bewilligungspflichtig. In Grundwassersanierungsgebieten können derartige Maßnahmen unter Umständen sogar unzulässig sein, nämlich dann, wenn es nicht möglich ist, durch entsprechende Auflagen Vorkehrungen gegen eine unzulässige Beeinträchtigung der Gewässerbeschaffenheit im Hinblick auf das Sanierungsziel zu treffen. Ältere wasserrechtliche Bewilligungen, welche keinen hinreichenden Schutz für das öffentliche Interesse an der Gewässerreinigung darstellen, sind seit der WRG-Novelle 1990 anpassungspflichtig geworden.

3.2.5 Zusammenstellung der wasserrechtlich bewilligungspflichtigen Bodenbewirtschaftungsmaßnahmen:

- Nicht ordnungsgemäße Bodennutzung
- Ordnungsgemäße Bodennutzung mit mehr als geringfügigen Einwirkungen auf die Gewässer
- Ordnungsgemäße Bodennutzung mit Summationswirkung von nur geringfügigen Einwirkungen
- Ausbringung höherer Düngermengen als 175/210 kg N je ha LN
- Halten größerer Tierbestände als 3,5 DGVE je ha LN
- Einwirkungen aus Beregnungsmaßnahmen
- Einwirkungen aus Drainagen
- Allfällige Tatbestände nach Schongebietsverordnungen

3.2.6 Herstellung des gesetzmäßigen Zustandes bei Mißachtung der Bewilligungspflicht (konsenslose Bodennutzung) und verwaltungsstrafrechtliche Konsequenzen:

Wenn diese Bewilligungspflichten nicht beachtet werden, hat die Wasserrechtsbehörde unabhängig von Bestrafung und Schadenersatz, wenn das öffentliche Interesse es erfordert oder ein Betroffener es verlangt, den Verpflichteten zu verhalten, auf seine Kosten u.a. konsenslos vorgenommene Bodenverunreinigungen zu beseitigen oder durch geeignete Maßnahmen zu sichern. Bei Bewilligungsfähigkeit der konsenslosen Einwirkung hat die Wasserrechtsbehörde, sofern kein Verlangen Dritter vorliegt, eine angemessene Frist zu bestimmen, innerhalb deren entweder um die erforderliche wasserrechtliche Bewilligung nachträglich anzusuchen oder die eigenmächtige Neuerung (Bodenverunreinigung) zu beseitigen ist. Derartige wasserpolizeiliche Aufträge setzen ein entsprechendes Ermittlungsverfahren im konkreten Einzelfall voraus. Als Beweismittel kommt gemäß § 46 AVG alles in Betracht, was zur Feststellung des maßgeblichen Sachverhaltes geeignet und nach Lage des Einzelfalles zweckdienlich ist. Die Beiziehung eines entsprechenden Sachverständigen wird dabei unerlässlich sein. Während für den Beweis des Vorliegens einer mehr als geringfügigen Einwirkung auf das Gewässer aus der landwirtschaftlichen Bodennutzung im grundstücksbezogenen Einzelfall entweder durch Untersuchungen, Messungen an Bodenleitprofilen i.V.m. der Beurteilung der Bewirtschaftungsart oder durch physikalisch-chemische Ableitungen aus der effektiv nutzbaren Feldkapazität des Wurzelraumes i.V.m. der Bewirtschaftungsart zumindest im Wege der fachkundigen Schätzung zu erbringen sein wird, genügt bei Vorliegen von nicht ordnungsgemäßer Bodennutzung die Feststellung, daß nach dem natürlichen Lauf der Dinge mit Gewässerverunreinigungen zu rechnen ist. Gemäß ständiger Rechtsprechung des Verwaltungsgerichtshofes ist für die Bewilligungspflicht solcher Maßnahmen der tatsächliche Eintritt einer Gewässerverunreinigung irrelevant.

Eine Einwirkung auf Gewässer ohne die gemäß § 32 WRG erforderliche wasserrechtliche Bewilligung oder entgegen einer solchen stellt eine Verwaltungsübertretung gemäß dem Wasserrechtsgesetz dar.

3.2.7 Umwetzung der generellen Vorsorgebestimmungen des Wasserrechtsgesetzes in der Steiermark:

In den Grundwassergebieten des Leibnitzerfeldes und Unteren Murtales wurden zahlreiche Wasserrechtsverfahren zur Überprüfung der ordnungsgemäßen bzw. gewässerverträglichen Bodennutzung von amtswegen durch die zuständigen Behörden durchgeführt. Dabei zeigte sich, daß hinsichtlich der Überprüfung der Einhaltung der Tierbestandsgrenzen und der anfallenden Wirtschaftsdünger die Beweisführung weniger schwierig ist, daß jedoch hinsichtlich der ordnungsgemäßen Ausbringung der Wirtschaftsdünger in zeitlicher und mengenmäßiger Hinsicht, der Berücksichtigung der Standortverhältnisse sowie der eingesetzten mineralischen Düngermittel mangels Bestehen von Aufzeichnungspflichten Schwierigkeiten bei der Sachverhaltsfeststellung gegeben waren. In nahezu allen Überprüfungen waren die Betriebe vor Anberaumung der Verhandlung nicht im Besitz der für die Beurteilung der ordnungsgemäßen landwirtschaftlichen Bodennutzung erforderlichen Bodenkarten, insbesondere der Bodenschätzungsreinkarte im Katastemaßstab, obwohl hiezu eine Verpflichtung seit 1.7.1990 gemäß WRG und seit 1.1.1991 gemäß den Schongebietsverordnungen zusätzlich besteht. Mit den vom Referat für Gewässeraufsicht in Auftrag gegebenen Untersuchungen über den gelösten Bodenstickstoff (N-min-Untersuchungen) nach der Maisernte im Herbst konnten jedoch Nachweise über das Vorliegen der grundwasserunverträglichen Bodennutzung erbracht werden, insbesondere der Nachweis für eine

(unzulässige, weil in diesen Fällen nicht erlaubte) Gefährdung des Grundwassers nach § 31 WRG. Allerdings sind derartige Untersuchungen aufwendig und wurden sie daher nur in sehr begrenztem Umfang durchgeführt. Diese Untersuchungen sollen jedoch künftighin durch Kostenbeteiligung der Wasserversorgungsunternehmen ausgebaut werden. Bei Nachweis der Gefährdung des Grundwassers bzw. der Grundwasserverunreinigung besteht Kostenregressanspruch gegenüber dem Grundeigentümer bzw. Bewirtschafter.

3.2.8 Beurteilung der Effizienz und Wirksamkeit des geltenden Regelungssystems

zur Erhaltung einer gewässerverträglichen Bodennutzung:

Das vorhandene generelle Vorsorgeinstrumentarium zur Erhaltung einer bestimmungsgemäßen Grundwasserqualität ist insgesamt als ineffizient und schwer vollziehbar anzusehen. Durch die bereits in vielen Grundwasserbereichen eingetretene Überschreitung diverser Grundwasserschwellenwerte, welche mit der landwirtschaftlichen Bodennutzung korrelieren, wären eine Vielzahl landwirtschaftlicher Betriebe wasserrechtlich bewilligungspflichtig, was jedoch gänzlich unadministrativ ist. Anstelle des Regelungssystems im Wege der Bewilligungspflicht wäre die Aufstellung eines Kriterienkataloges sinnvoll, welcher für die Bewirtschafter Regeln enthält, bei deren Einhaltung keine Gewässerverunreinigung zu erwarten ist.

3.3 Spezielle Gewässervorsorge im Bereich der genutzten Grundwasservorkommen (§ 34 WRG):

Das Wasserrechtsgesetz sieht als Vorsorgeinstrumente vor Beeinträchtigungen der Ergiebigkeit bzw. Qualität des Grundwassers im Einzugsbereich von Trinkwassergewinnungsanlagen spezielle Regelungen durch Schutz- und Schongebiete vor.

Als Mitte der 80er Jahre das Problem der Grundwasserverunreinigungen durch Nitrat und Atrazin durch die geänderten landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsbedingungen sowie durch unzulässige Abwasserbeseitigungen vor allem im Leibnitzerfeld akut wurde, versuchte man zunächst durch einen strengeren Vollzug der allgemeinen Bestimmungen des § 32 WRG eine Verbesserung der Situation zu erreichen (Gülleerlaß mit Gülleausbringungsverbot im Winter, Beschleunigung von Abwasserbeseitigungsprojekten). Gleichzeitig wurde in Erfüllung des Stmk. Grundwasserschutzprogrammes vom Dezember 1987 mit der Überarbeitung der Schutz- und Schongebiete begonnen. Die Schutzgebiete waren bis zu dieser Zeit durchwegs in unzureichender räumlicher Bemessung mit dem Hauptinhalt des Verbotes von Mineralöllagerungen eingerichtet. Die landwirtschaftlichen Nutzungsbeschränkungen in den Schutzgebieten entsprachen in keiner Weise den geänderten Bodennutzungsverhältnissen. Mit der WRG-Novelle, BGBl.Nr. 252/1990, wurde die Möglichkeit des Eingriffes in rechtskräftig angeordnete Schutzgebiete geschaffen.

Die Schongebiete waren zwar für einige genutzte Wasservorkommen ausreichend dimensioniert, jedoch erschöpfte sich der Inhalt ebenfalls hauptsächlich in Regelungen über den Ausschluß von Gefährdungen durch unsachgemäße Mineralöllagerung und -anwendung sowie die Vermeidung von Einwirkungen durch die Abwasserbeseitigung aus Betrieben. Für viele Einzugsgebiete von Trinkwassergewinnungsanlagen waren überhaupt keine Schongebiete eingerichtet.

3.3.1 Schutzgebiete

Zum Schutz von Wasserversorgungsanlagen gegen Verunreinigungen oder gegen eine Beeinträchtigung ihrer Ergiebigkeit kann die zuständige Wasserrechtsbehörde durch Bescheid besondere Anordnungen über die Bewirtschaftung oder sonstige Benutzung von Grundstücken und Gewässer treffen, die Errichtung bestimmter Anlagen untersagen und entsprechende Schutzgebiete bestimmen. Schutzgebiete sind somit wasserpolizeiliche Vorkehrungen, die im Interesse einer einwandfreien Wasserversorgung überall dort anzuordnen sind, wo dies aufgrund der gegebenen Bewirtschaftungsverhältnisse im Brunneneinzugsgebiet für den Widmungszweck der Wasserversorgung erforderlich ist. Mit dem Schutzgebiet sollen Gefährdungen und Restrisiken ausgeschlossen werden und gehen somit die Schutzgebietsanordnungen über das Maß einer gewässerverträglichen Bodennutzung hinaus.

Gegenstand solcher Schutzgebietsanordnungen können u.a. sein:

Nutzungsregelungen zur Vermeidung von Bracheflächen, Verbot des Anbaues bestimmter Kulturen wie Hackfrüchte, Mais und Gemüse bzw. Kulturen mit weiten Reihenabständen, verpflichtender Anbau ganzjähriger Gründdecken, Verbot der Ausbringung von organischen Düngemitteln in bestimmten Schutzgebieten aus hygienischen Gründen, Beschränkung von Dünge- und Pflanzenschutzmittelausbringung in zeitlicher und mengenmäßiger Hinsicht, Verbot der Anlage von Feldmiststapeln, Bauverbote.

Die Abgrenzung solcher Schutzgebiete richtet sich vor allem nach den hydrogeologischen Verhältnissen, wie Richtung und Geschwindigkeit der Grundwasserströmung, der Verweildauer von eingebrachten Substanzen sowie der Bodenbeschaffenheit.

Schutzgebietsanordnungen haben Vorsorgecharakter und sind auch dann zu treffen, wenn zum Zeitpunkt der Verfügung dieser Anordnungen der bestimmungsgemäße Gebrauch des Grundwassers noch möglich ist. Andernfalls würde es sich im Sinne des WRG 1959 um Sanierungsmaßnahmen handeln.

Eine Interessensabwägung zwischen den nach § 34 Abs. 1 WRG 1959 künftig erforderlichen Maßnahmen und den damit verbundenen Eingriffen in die Rechte Dritter sieht das Gesetz nicht vor, weil Schutzanordnungen gemäß § 34 keine Zwangsrechte im Sinne des 6. Abschnittes des WRG sind und daher die Enteignungsbestimmungen dieses Abschnittes keine Anwendung finden.

Wohl aber ist die Erforderlichkeit der Schutzgebietsanordnungen genau zu prüfen, da derartige Maßnahmen nur in dem Ausmaß getroffen werden dürfen, in dem sie im öffentlichen Interesse an einer einwandfreien Wasserversorgung erforderlich sind. Regelungen über den Ausschluß von fachkundig zu besorgenden (abstrakten) Gefährdungen sind jedoch zulässig. Diese Prüfung wird sich daher an den hygienischen Qualitätsanforderungen des Trinkwassers zu orientieren haben und ist diese Frage insbesondere durch einen ärztlichen und landwirtschaftlichen Sachverständigen vor Anordnung der Maßnahmen zu klären. Stellt sich nach Verfügung solcher Anordnungen heraus, daß diese dem durch das bezeichnete öffentliche Interesse bestimmten Erfordernis nicht adäquat waren und auch weiterhin nicht sind, so ist die Behörde durch den letzten Satz des § 34 Abs. 1 WRG 1959 in die Lage versetzt, entsprechend zu reagieren, das heißt in Durchbrechung der Rechtskraft die ursprünglich getroffenen Anordnungen zu verschärfen oder zu lockern. Gemessen an der Einschränkung der Eigentümerbefugnis können Schutzgebietsanordnungen Anzeigepflichten, Gebote und Verbote zum Inhalt haben, nicht jedoch Maßnahmen einer Bewilligungspflicht unterwerfen, ebenso wenig ist es möglich, die Entfernung bestehender Baulichkeiten anzuordnen oder das Wasserversorgungsunternehmen zum Erwerb fremder Grundstücke zu verpflichten.

Einschränkungen der rechtmäßigen Bodennutzung sind gemäß § 34 Abs. 4 WRG angemessen zu entschädigen.

3.3.1.1. Die Neuordnung der Grundwasserschutzgebiete in der Steiermark.

Die Notwendigkeit zur Anpassung der Schutzgebiete in der Steiermark ergab sich aus den Qualitätsparametern der laufenden Untersuchungen unter Berücksichtigung aktueller hydrogeologischer Erkenntnisse und den im Einzugsbereich der Brunnenanlagen bestehenden Bodennutzungen sowie pedologischen und geologischen Verhältnisse. Die Wasserrechtsbehörde hat daher in den überarbeiteten Schutzgebieten zunächst eine amtswegige Überprüfung der bestehenden Schutzgebiete sowohl in hydrogeologischer als auch inhaltlicher Hinsicht durchgeführt. In den meisten Fällen erwiesen sich die bestehenden Schutzgebiete im Hinblick auf das Einzugsgebiet, die 60-Tage-Grenze und die Grundwasserneubildungsraten als zu klein. Da in den früheren Schutzgebietsanordnungen in landwirtschaftlicher Hinsicht nahezu keine Bestimmungen enthalten waren, war bei allen bestehenden Schutzgebieten eine Anpassung des Inhalts der Anordnungen an die heutigen Bewirtschaftungsverhältnisse erforderlich. Auf Basis dieser Überprüfung wurden die Wasserversorgungsunternehmen beauftragt, entsprechende Projektunterlagen gemäß § 103 lit.i auszuarbeiten. Mit Grundlage dieser erstellten Projektunterlagen wurde sodann durch die Wasserrechtsbehörde eine wasserrechtliche Vorprüfung durchgeführt, in welcher die vorgeschlagenen Schutzgebietsgrenzen in fachlicher Hinsicht begutachtet und die erforderlichen Inhalte, insbesondere in landwirtschaftlicher und hygienischer Hinsicht festgelegt wurden. Die Wasserrechtsbehörde hat auf Basis dieser Festlegung der Schutzgebietsinhalte ein Entschädigungsgutachten zur Ermittlung angemessener Entschädigungen für die erforderlichen Nutzungsbeschränkungen in Auftrag gegeben. Auf der Grundlage des für das jeweilige Schutzgebiet erstellten individuellen Entschädigungsgutachtens wurde in der Folge zur Festlegung der Schutzgebiete und der Nutzungsbeschränkungen sowie zur Festsetzung angemessener Entschädigungen für die Einschränkungen in der Bewirtschaftung der Grundstücke eine Wasserrechtsverhandlung anberaumt.

7.14 Entschädigungsleistungen in den Schutzgebieten

Innerhalb der Schutzgebiete werden von den Wasserversorgungsunternehmen nachstehend aufgelistete Entschädigungszahlungen geleistet:

Wasserverband oder Gemeinde	Brunnen oder Katastralgemeinde	Bescheid GZ. bzw. Gutachten	Datum	Summe der Entschädigungen
Wasserverband Grazerfeld Südost	Gössendorf	3-33 Go 31-94/251	21.10.1994	169.368,00
Wildon	Brunnen I bis III	3-33 Wi 3-92/132	4.3.1992	77.885,00
Wasserverband Lannach / St. Josef	Breitenbach	3-33.10 L 1-94/4	12.12.1994	202.525,00
Leibnitzerfeld Wasserversorgungsges.m.b.H.	St. Georgen I	3-33 Le 106-94/292	19.7.1994	792.259,00
	St. Georgen II	3-33 Le 112-93/39	3.9.1993	180.473,00
Ragnitz	Ragnitz	3-33 Ra 82-93/61	12.1.1993	363.538,00
Lebring-St. Margarethen	Peterl I und II	3-33.10 L 5-95/5	24.1.1995	117.767,00
Leibnitzerfeld Wasserversorgungsges.m.b.H.	Leibnitz I, Kaindorf I - III	3-33 Le 102-94/142	13.12.1994	782.466,00
Leibnitzerfeld Wasserversorgungsges.m.b.H.	Leitring	3-33 Le 6-93/134	11.6.1993	128.730,00
Retznei	Wagna	3-33 Re 2-92/21	25.8.1992	104.444,00
Ehrenhausen	Brunnen I	GA	26.11.1994	243.776,00
Arnfels	Saggau	3-33 A 23-92/34	21.12.1992	144.223,00
Mureck	Brunnen 1 und 2	GA	6.5.1991	58.988,00
Wasserverband Grenzland Südost, Gem. Gosdorf	Gosdorf	3-33 Go 80-91/49	7.1.1992	3.106,00
Bad Radkersburg	Zentralbrunnen	3-33 Ra 60-93/189	24.9.1993	274.708,00
Bad Radkersburg	Dedenitz	GA	9.7.1993	218.912,00
SUMME				3.863.168,00

Derzeit werden im Rahmen der Erfüllung der wasserrechtlichen Bestimmungen nachstehende Grundwasserschutzgebiete überarbeitet:

Brunnenanlage:

Kalsdorf
Andritz
Friesach
Feldkirchen
Leutschach
Mürzhofen
Judendorf-Straßengel

Rechtsträger:

Wasserverband Umland Graz
Grazer Stadtwerke
Grazer Stadtwerke
Grazer Stadtwerke
Gemeinde
Gemeinde
Gemeinde

Flächenausmaße der neu geregelten Schutzgebiete: ca. 600 ha (Zonen 1, 2, 3)

Betroffene Grundeigentümer in Schutzgebieten: ca. 1.350

3.3.2 Schongebiete

Soweit mit Anordnungen aus Schutzgebieten der Schutz von Wasserversorgungsanlagen nicht hinreichend bewirkt werden kann, sind durch Verordnung ein näher zu bezeichnender Teil des Einzugsgebietes als Schongebiet zu bestimmen und Maßnahmen, die die Beschaffenheit, Ergiebigkeit oder Spiegellage des Wasservorkommens zu gefährden vermögen, der Anzeige- oder Bewilligungspflicht zu unterwerfen bzw. gänzlich oder in bestimmter Weise für unzulässig erklären. Sinn und Zweck solcher Schongebietsverordnungen ist u.a. die Schaffung zusätzlicher, im WRG 1959 grundlegeter und der Ausführung im Verordnungsweg überlassener Bewilligungstatbestände zum Schutz des Wasservorkommens. Diese gesetzliche Grundlage ermöglicht daher die Wasserrechtsbehörde, Maßnahmen einer Bewilligungspflicht zu unterwerfen, die nach dem WRG selbst nicht bewilligungspflichtig sind. Während § 32 Abs. 1 WRG eine Bewilligungspflicht nur dann statuiert, wenn nach dem natürlichen Lauf der Dinge mit nachteiligen Einwirkungen auf die Beschaffenheit der Gewässer zu rechnen ist, die bloße Möglichkeit einer Einwirkung dagegen noch keine Bewilligungspflicht auslöst, genügt nach § 34 Abs. 2 WRG die bloße Möglichkeit der Gefährdung der Beschaffenheit des Wasservorkommens, um solche mögliche Gefährdungen bewirkende Maßnahmen durch Verordnung der Bewilligungspflicht zu unterwerfen bzw. bei konkreten Gefährdungen zu untersagen. Einschränkungen der rechtmäßigen Bodennutzung sind gemäß § 34 Abs. 4 WRG angemessen zu entschädigen.

3.3.2.1 Historischer Überblick über die Errichtung von Grundwasserschongebieten in der Steiermark (Porengrundwässer):

Für die Grundwasserbrunnen des westlichen Leibnitzerfeldes wurde mit LGBl.Nr. 24/1972 und für die Brunnen des Wasserverbandes Ehrenhausen mit LGBl.Nr. 65/1979 ein Schongebiet eingerichtet. Hauptinhalte dieser Regelungen waren Maßnahmen für den Ausschluß von Gefährdungen durch Mineralöllagerungen und Manipulationen. Hinsichtlich der landwirtschaftlichen Bodennutzung waren keine Maßnahmen vorgesehen. Allerdings nahm z.B. der Mineraldüngereinsatz an Stickstoff in der Zeit von 1960 bis 1980 von 20 kg/ha auf 70 kg/ha landwirtschaftlicher Nutzfläche zu.

In der Steiermark wurden daher ab 1.1.1989 in den agrarisch besonders intensiv bewirtschafteten Gebieten des Murtales aufgrund der akuten Nitratproblematik vier Schongebiete neu geregelt (bzw. neu eingerichtet).

Westliches Leibnitzerfeld, LGBl.Nr. 62/1988

Nordöstliches Leibnitzerfeld, LGBl.Nr. 63/1988

Ehrenhausen, LGBl.Nr. 61/1988

Kalsdorf, LGBl.Nr. 94/1989

Hauptinhalte dieser neuen, auf zwei Jahre befristeten Schongebiete war die Einführung der wasserrechtlichen Bewilligungspflicht für eine den Nährstoffbedarf der landwirtschaftlichen Kulturen übersteigende Stickstoffdüngerausbringung, für den Anbau von Mais im Ausmaß von mehr als 75 % der Ackerfläche sowie unter bestimmten Voraussetzungen für die Ausbringung von Fäkalien und die Errichtung von Anlagen zur Sammlung und Lagerung von Festmist, Gülle und Jauche.

Die Wirkung dieser neuen Schongebietsverordnungen lag vor allem in einer breiten Bewußtseinsbildung in der bäuerlichen Bevölkerung über die Zusammenhänge zwischen Dün-

gung-Boden-Grundwasser, wenngleich meßbare Erfolge über eine Reduzierung des Nitratgehaltes im Grundwasser in dieser kurzen Zeit nicht zu verzeichnen waren.

Daher wurden mit Wirkung 1.1.1991 auf Basis der neuen Regelungsmöglichkeiten nach der WRG-Novelle, BGBl.Nr. 252/1990, im Murtal von Graz bis Radkersburg sieben Grundwasserschongebiete neu festgelegt.

Es sind dies:

Westliches Leibnitzerfeld, LGBl.Nr. 86/1990
Nordöstliches Leibnitzerfeld, LGBl.Nr. 87/1990
Ehrenhausen, LGBl.Nr. 88/1990
Kalsdorf, LGBl.Nr. 92/1990
Mureck, LGBl.Nr. 89/1990
Gosdorf, LGBl.Nr. 90/1990
Bad Radkersburg, LGBl.Nr. 91/1990.

Mit Wirkung 1.10.1995 wurde zum Schutz des Brunnens Ragnitz ein Grundwasserschongebiet durch Verordnung, LGBl.Nr. 67/1995, neu eingerichtet.

Diese Grundwasserschongebiete umfassen zusammen folgende Flächen:

Gesamtfläche der Schongebiete (laut Fachabt. IIIa, LBD): 10.450 ha

Landwirtschaftliche Nutzflächen (laut Angabe der Landeskammer): 5.700 ha

Ackerflächen: ca. 4.650 ha

In den einzelnen Schongebieten werden die Ackerflächen wie folgt geschätzt:

Grundwasserschongebiet	geschätzte Ackerfläche
Kalsdorf	1.575 ha
Westliches Leibnitzerfeld	1.253 ha
Nordöstliches Leibnitzerfeld	388 ha
Ehrenhausen	450 ha
Mureck	353 ha
Gosdorf	159 ha
Radkersburg	379 ha
Ragnitz	100 ha

3.3.2.2. Die Schongebietsnovelle 1996:

Die bisher bestehenden Schongebiete waren durch die Novelle LGBl.Nr. 93/1996, welche mit 1.1.1997 in Kraft trat, teilweise neu zu regeln, da mittlerweile aufgrund der lebensmittelrechtlichen Vorgaben zur Trinkwasserqualität Wasser mit einem Nitratwert über 50 mg/l nicht mehr an die Verbraucher abgegeben werden darf und die Bewirtschaftungsverhältnisse in der Landwirtschaft sich durch die geänderte Marktlage (EU etc.) ebenfalls verändert haben.

Schwerpunkte dieser Novelle sind die Vorschreibung einer pflanzenbedarfsgerechten Düngung, die Erweiterung der verbotenen Pflanzenschutzmittel zur Vermeidung von Verunreinigungen mit Pestiziden sowie eine Anbaubeschränkung für Mais und Ölkürbis.

Die bis zur Novelle 1996 weit verbreitete Praxis, auch im Herbst nach der Ernte und im zeitigen Frühjahr Düngemittel, insbesondere die Wirtschaftsdünger auszubringen, ohne daß gleichzeitig eine Zwischen- oder Hauptfrucht angebaut wurde, ist heute aus fachlicher Sicht nicht mehr vertretbar und führen solche Maßnahmen zu direkten Grundwasserverunreinigungen. Mit dem vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft mit Verordnung BGBl.Nr. 859/1995 erlassenen Regeln der guten fachlichen Praxis sind nunmehr diese in der Forschung gewonnenen Erkenntnisse bundesweit anerkannt. Sie waren wesentliche Grundlage für die Neuregelung in den Grundwasserschongebieten, wobei Abweichungen durch die besonderen Erfordernisse des Grundwasserschutzes im Einzugsbereich von kommunalen Brunnenanlagen begründet sind.

Hinsichtlich der Düngung zum Anbau von Mais sah die bisherige Regelung lediglich die Teilung der Stickstoffdüngergabe durch mindestens zwei Teilgaben vor. Da jedoch die Bemessung der Düngergaben zum Anbau von Mais aus Sicht des Grundwasserschutzes insbesondere im Hinblick auf die Gülleausbringung nach wie vor zu hoch erfolgt, war in der Schongebietsnovelle eine entsprechende Sorgfaltsklausel aufzunehmen. Die Bedachtnahme auf die Standortverhältnisse und den Nährstoffbedarf der Kulturpflanzen wurde dabei besonders hervorgehoben, ebenso die zwingende Inanspruchnahme der Fachberatung. Der Abstand zwischen Gülleausbringung und Anbau von Mais soll nach der Neuregelung möglichst kurz, maximal eine Woche betragen.

Bis 31.12.1996 war der Anbau von Mais mit über 75 % der im Schongebiet gelegenen Flächen wasserrechtlich bewilligungspflichtig. Seit 1995 ist durch hier nicht näher zu erörternde Umstände auch in den Grundwasserschongebieten eine Umstellung in der Fruchtfolge auf eine fast ausschließliche Fruchtfolge mit Mais und Hackfrüchten (überwiegend Ölkürbis) festzustellen. Aus Sicht des Grundwasserschutzes ist insbesondere in der Zeit der Jugendentwicklung von Mais und Hackfrüchten und in der Reifeperiode eine teilweise geschlossene Begrünung der Grundwasserfelder zur Vermeidung von Nitratausträgen erforderlich. Dieser Anteil an geschlossenen Pflanzendecken wurde 1990 bei Erlassung der gegenständlichen Schongebietsverordnungen mit einem Ausmaß von 25 % als grundwasserträglich angenommen und hat sich diese Annahme durch die deutliche Senkung der Nitratwerte i.V.m. den anderen Maßnahmen bislang bestätigt. Bei einem Anteil von Mais bzw. Ölkürbis von über 75 % in der Fruchtfolge ist jedoch mit einer Nitratbelastung des Grundwassers zu rechnen, welche auch durch optimale Düngerbemessung nicht kompensiert werden kann. Aus diesem Grund besteht bei Anbau von Mais und Ölkürbis im Ausmaß von mehr als 75 % der Ackerfläche im Schongebiet wasserrechtliche Bewilligungspflicht. Diese entfällt, wenn der Ölkürbisbau i.V.m. einer Begrünung erfolgt.

Zur Frage der Winterbegrünung wird festgehalten, daß eine Verpflichtung zur Anlage einer winterharten Gründecke mit der Novelle 1996 nicht eingeführt wurde, da derzeit vor allem die mögliche Unvereinbarkeit mit der Inanspruchnahme von Förderungsprogrammen nicht restlos abgeklärt ist. Vorläufig wird daher im Wege der Beratung und Förderung auf freiwilliger Basis versucht, eine entsprechende Mindestbegrünung in der vegetationsarmen Zeit zu erreichen.

3.3.2.4 Zusammenstellung der Grundwasserschongebiete der Steiermark für das ungespannte Grundwasser

Grundwasserschongebiete in der Steiermark - Ungespanntes Grundwasser

Stand: 01.02.1997

Lfd.Nr.	Bezeichnung	LGBI.	BGBI.	Nov.	Gden.	Anmerk.
G1	Feldkirchen		41/1962		Attendorf, Feldkirchen b.G., Graz, Pirka, Gössendorf, Seiersberg	ww.RV.
G2	Friesach b. Graz	75/1963	58/1963		Deutschefeistritz, Gratkorn, Peggau, Semriach	ww.RV.
G3	Leoben-Winkl	39/1965			Leoben, St.Michael i.Oberstmk., St. Peter-Freienstein	
G4	Graz-Andritz	139/1971			Gratkorn, Graz, Judendorf-Straßengel, St. Radegund b.G., Stattegg, Weinitzen	
G5	Kalsdorf	92/1990		92/1991 12/1992 38/1995 93/1996	Feldkirchen b. G., Kalsdorf, Pirka, Seiersberg, Unterpremstätten, Wundschuh, Zettling	ehem. LGBI. 36/1984, 94/1989
G6	westl. Leibnitzerfeld	86/1990		92/1991 12/1992 38/1995 93/1996	Gralla, Kaindorf a.d.S., Lang, Lebring-St. Margarethen, Leibnitz, Tillmitsch, Wagner	ehem. LGBI. 24/1972, 62/1988
G7	Ehrenhausen	88/1990		92/1991 12/1992 38/1995 93/1996	Gabersdorf, Obervogau, St.Veit a.V., Vogau	ehem. LGBI. 65/1979, 61/1988
G8	nordöstl. Leibnitzerfeld	87/1990		92/1991 12/1992 38/1995 93/1996	Allerheiligen b.W., St. Georgen a.d.St., Stocking	ehem. LGBI.63/1988
G9	Murek	89/1990		92/1991 12/1992 38/1995	Eichfeld, Murfeld, Weinburg a.S.	

				93/1996		
G10	Gosdorf	90/1990		92/1991 12/1992 38/1995 93/1996	Gosdorf, Ratschendorf	
G11	Radkersburg	91/1990		92/1991 12/1992 38/1995 93/1996	Bad Radkersburg, Radkersburg-Umgebung	
G12	Bruck a.d.Mur - Oberdorf					in Bearbeitung.
G13	Aichfeld - Murboden					in Bearbeitung.
G14	Judenburg					in Bearbeitung.
G15	Gössendorf					in Bearbeitung.
G16	Ragnitz	67/1995		93/1996	Ragnitz	
G17	Hafendorf	3/1997			Kapfenberg, St. Marein i.M.	

Anpassungsbedarf der Schongebiete in räumlicher Hinsicht:

Aufgrund von durch das Joanneum Research im Auftrag der Fachabteilung IIIa durchgeführten Überprüfungen sind folgende Grundwasserschongebiete in der räumlichen Dimensionierung abzuändern:

Kalsdorf
Ehrenhausen
Mureck
Gosdorf
Radkersburg

3.3.2.6 Beurteilung der Vorsorgeinstrumente der Schutz- und Schongebiete anhand der Entwicklung der Grundwasserqualität der kommunalen Wasserversorgungsanlagen:

Die Überarbeitung der Schutz- und Schongebiete in räumlicher und inhaltlicher Hinsicht zeigt unterschiedliche Auswirkungen auf die Verbesserung der Grundwasserqualität in Abhängigkeit von der Intensität der Bodennutzung, der Ausgangsbelastung mit Verunreinigungen zum Zeitpunkt der Inkraftsetzung sowie allfälliger Einflüsse aus Grundwasserbelastungen außerhalb der zu gering dimensionierten Schongebiete und nicht zuletzt dem Grad der Umsetzung der Schongebietsbestimmungen.

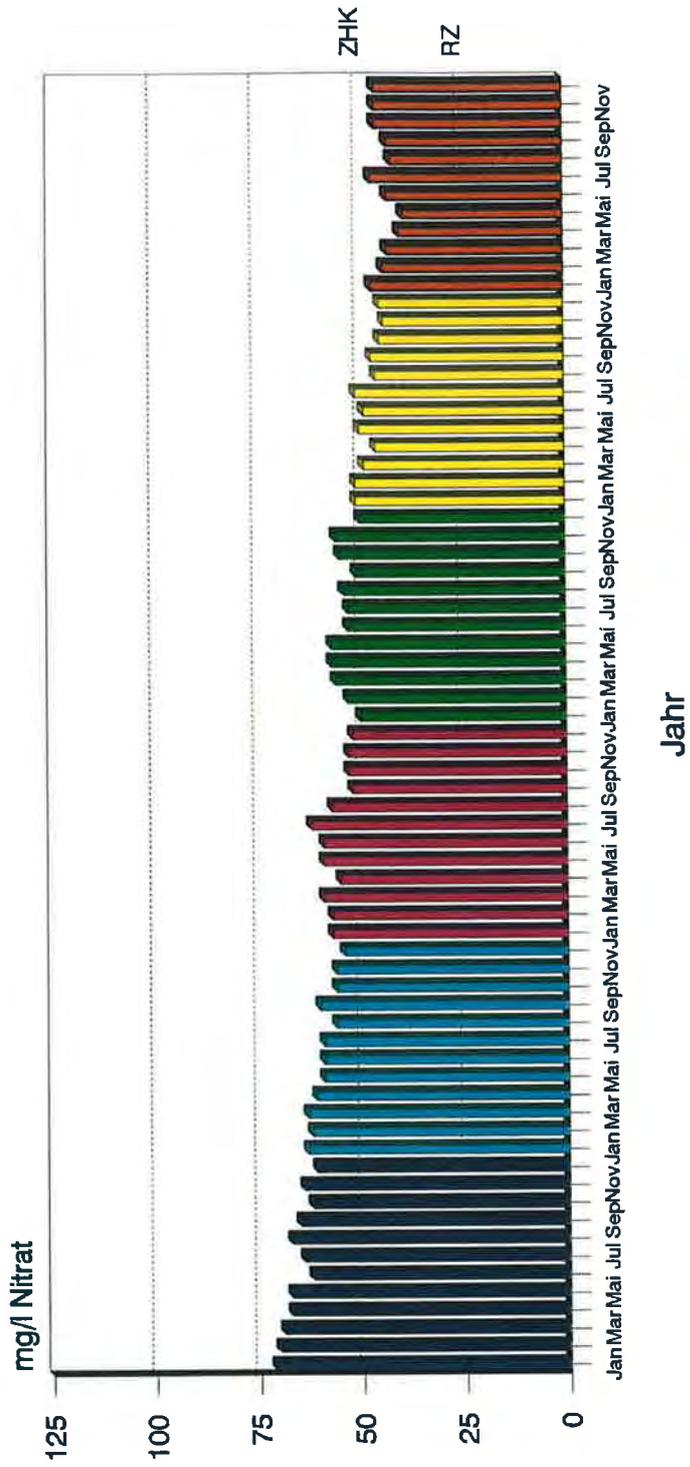
Nachstehende Beurteilung soll einen Überblick hierzu geben:

Schongebiet westliches Leibnitzerfeld:

Die Auswirkungen für eine Verbesserung der Grundwasserqualität sind hier am deutlichsten, wofür vor allem die extensive Intensität und Art der Bodennutzung maßgeblich ist. In diesem Schongebiet war z.B. im Herbst 1996 eine Winterbegrünung von ca. 55 % der Ackerflächen vorhanden, während dieses Ausmaß in keinem anderen Grundwasserschongebiet erreicht wurde.

NITRATMESSUNGEN 1991 - 1996

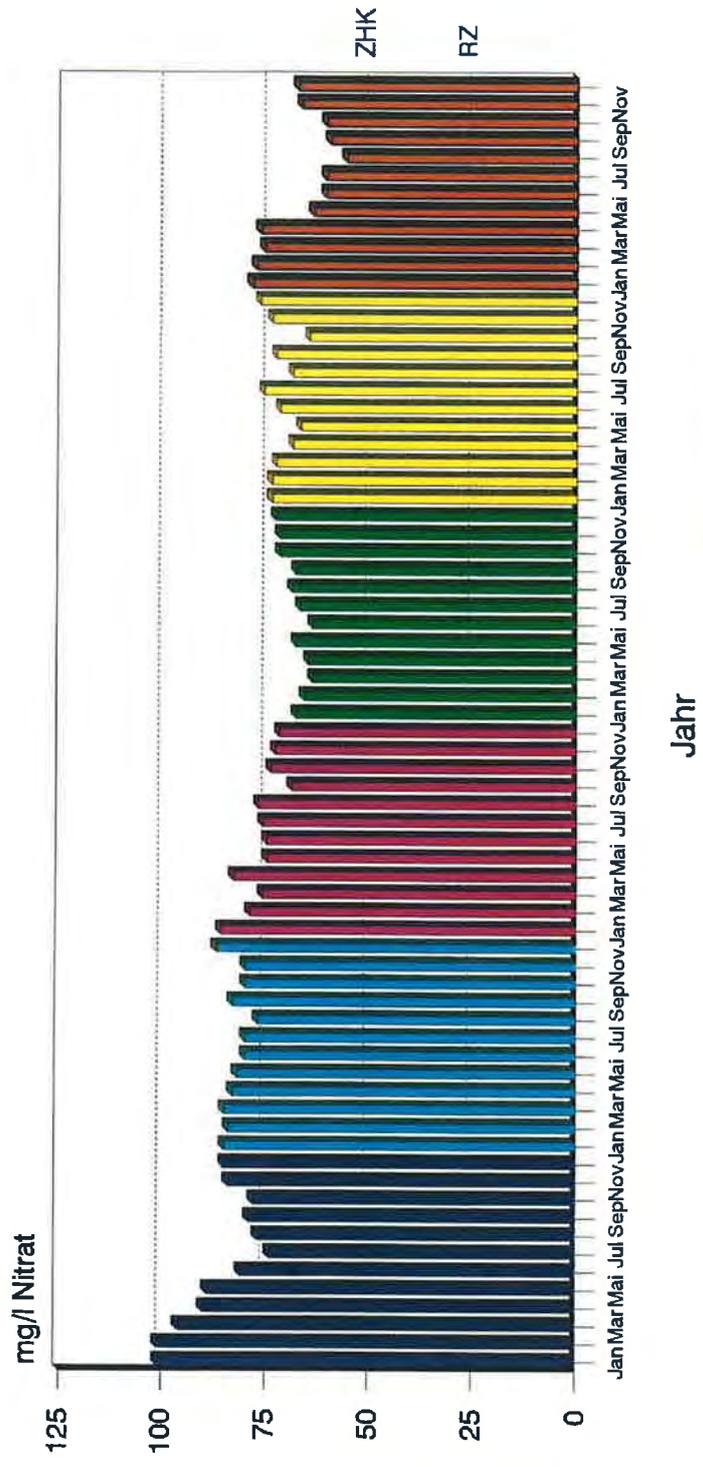
BRUNNEN 12, KAINDORF I



Richtzahl (RZ) 25 mg/l
 Zulässige Höchstkonzentration (ZHK) 50 mg/l



NITRATMESSUNGEN 1991 - 1996 BRUNNEN 22, ST. GEORGEN I



■ 1991 ■ 1992 ■ 1993 ■ 1994 ■ 1995 ■ 1996

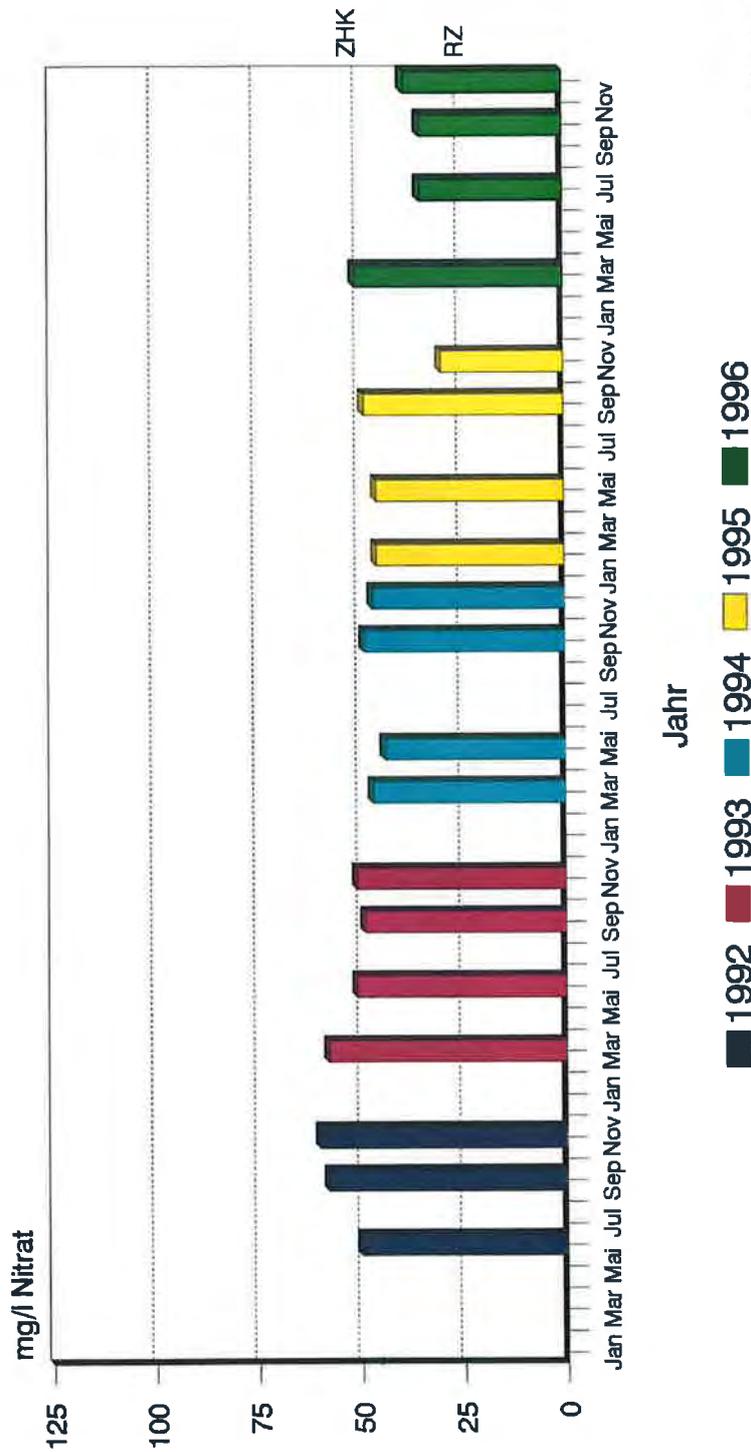
Jahr

Richtzahl (RZ) 25 mg/l
Zulässige Höchstkonzentration (ZHK) 50 mg/l



NITRATMESSUNGEN 1992 - 1996

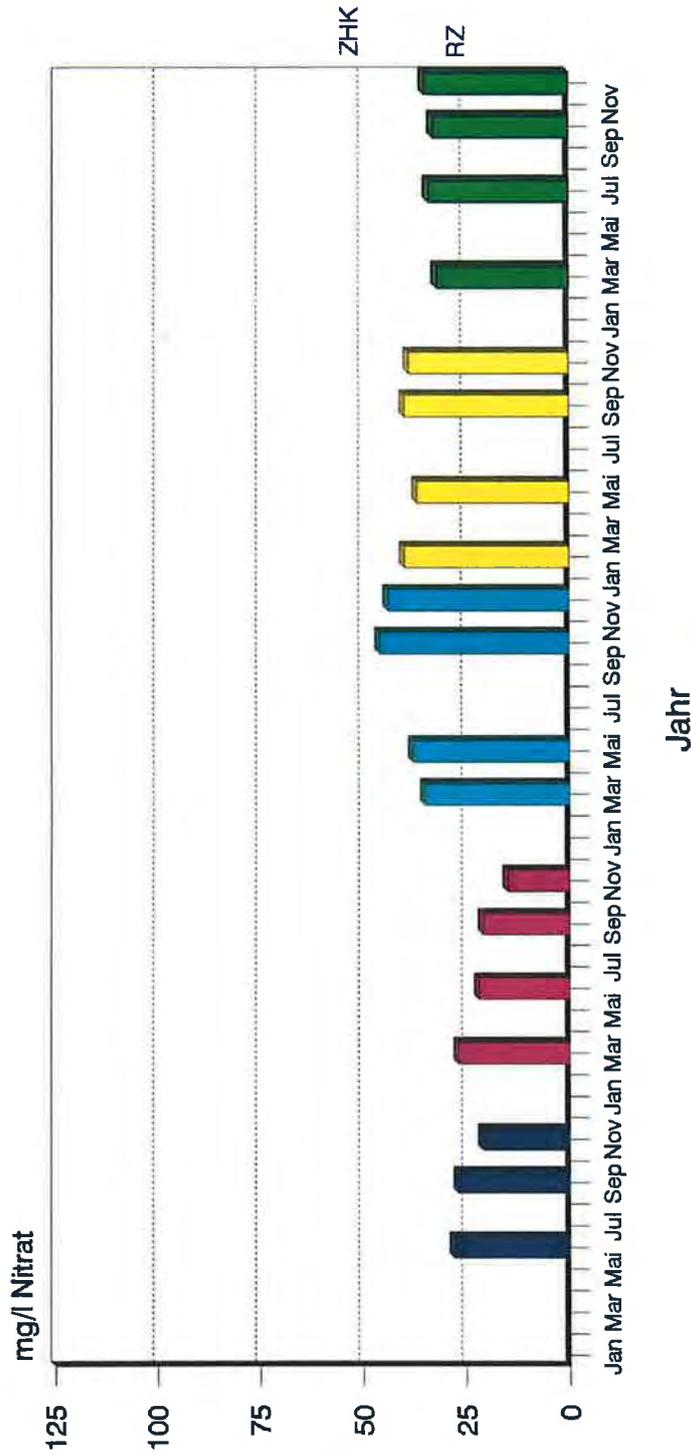
Mureck Brunnen 1



Richtzahl (RZ) 25 mg/l
 Zulässige Höchstkonzentration (ZHK) 50 mg/l

NITRATMESSUNGEN 1992 - 1996

Brunnen Bad Radkersburg



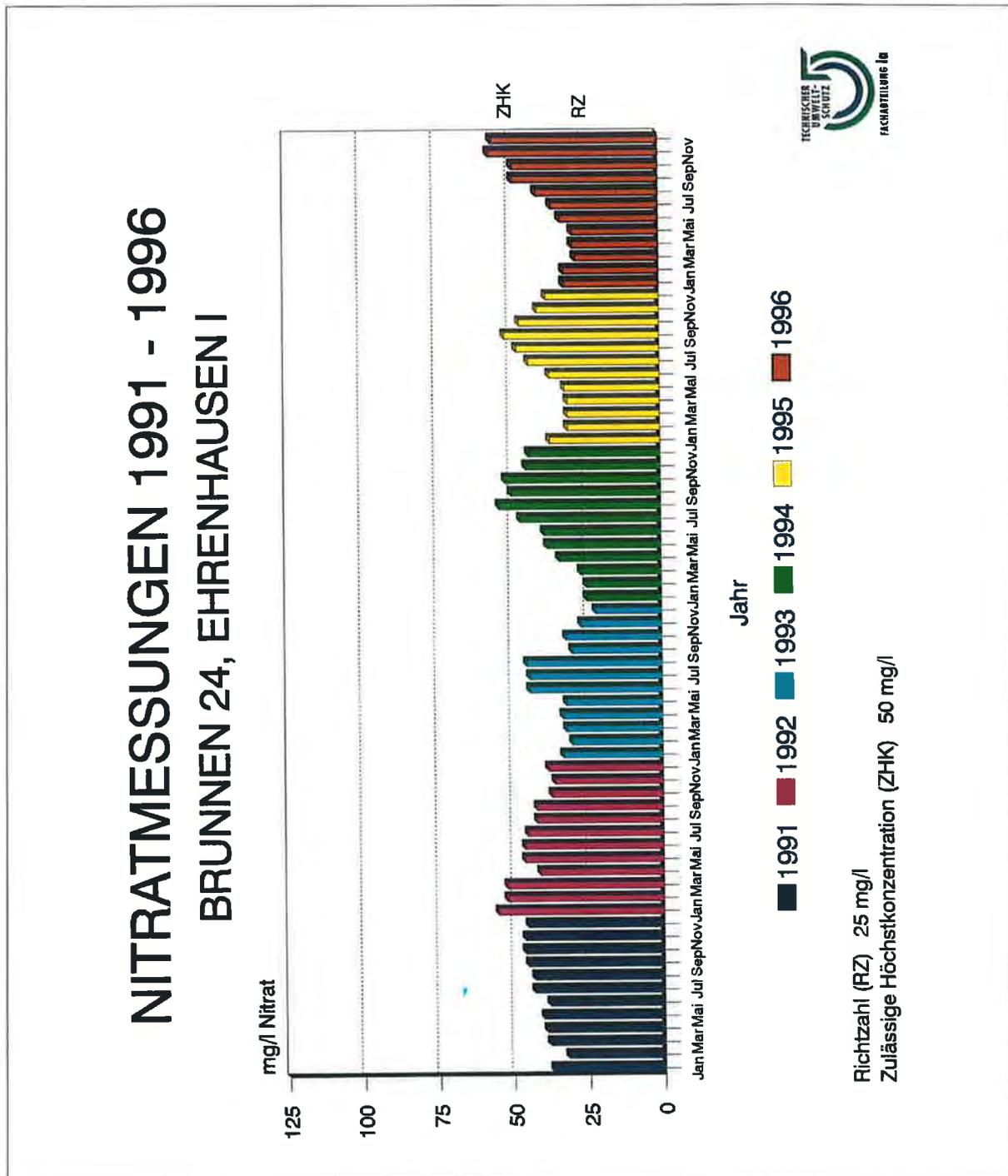
Legend: 1992 (dark blue), 1993 (red), 1994 (light blue), 1995 (yellow), 1996 (green)

Richtzahl (RZ) 25 mg/l
Zulässige Höchstkonzentration (ZHK) 50 mg/l



Schongebiet Ehrenhausen:

Die Brunnen I und II des Wasserverbandes Leibnitzerfeld Süd (vormals Ehrenhausen) zeigen alljährlich ab Herbst bis Winter einen temporären Anstieg der Nitratwerte von 25-30 mg/l auf ca. 50 mg/l, wobei im Herbst/Winter 1996/97 erstmals seit 1990 der Grenzwert von 50 mg/l überschritten wurde. Durch neuere Untersuchungen wurde nachgewiesen, daß für die ggstl. Brunnen auch Grundwasser aus der Helfbrunner und Wagendorfer Terrasse, welches eine auffallen hohe Nitratkonzentration aufweist (130 mg/l), zuströmt und eine Erhöhung des Nitratwertes bei den Brunnen Ehrenhausen bewirkt. Damit zählen auch Teilbereiche der Helfbrunner und Wagendorfer Terrasse zum Einzugsbereich der Brunnen Ehrenhausen und ist dieses Schongebiet entsprechend auszudehnen.



3.4. Besonderer Schutz vor Grundwasserschäden gem. § 48 WRG:

§ 48 Abs. 2 lit.d WRG 1959 ermächtigt die Wasserrechtsbehörden im Verordnungsweg zur Vermeidung von Wasserschäden für bestimmte Grundwasserbereiche die Verwendung näher zu bezeichnender Stoffe zur Düngung und Schädlingsbekämpfung zu untersagen oder zu regeln, soweit dies notwendig ist. Das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft stellt in seinem Durchführungserlaß zur WRG-Novelle 1990 klar, daß Wirtschaftsbeschränkungen zum Schutz von Grundwasserbereichen auch ohne Bezug zu einem obertägigem Gewässer - ungeachtet der Überschrift zum IV Abschnitt des WRG (vergleiche Rossmann, Wasserrecht 2. Auflage 1993) - nach dieser Bestimmung angeordnet werden können.

Derartige Regelungen dürfen sich jedoch nicht auf Grundwasserschongebiete erstrecken. Bedingt durch die eingangs in diesem Beitrag angeführte Entwicklung in der Landwirtschaft sind auch Grundwassergebiete außerhalb der Einzugsgebiete von Wasserversorgungsanlagen bereits mit Stickstoffkomponenten und Pestiziden in einem Maß verunreinigt, daß dieses Grundwasser, welches vorwiegend über Hausbrunnen der Versorgung mit Nutz- und Trinkwasser dienen soll, nicht mehr Trinkwasserqualität aufweist. Der Verlust der Trinkwasserqualität ist im Sinne § 48 WRG jedoch als Schädigung des Grundwassers zu qualifizieren. Es handelt sich dabei vor allem um die Tallagen der Ost-, Süd- und Weststeiermark mit intensivem Maisanbau und hohem Düngungsniveau sowie großflächigem chemischem Pflanzenschutz.

Die Notwendigkeit zur Regelung der Stickstoffdüngung ergibt sich durch die in diesen Gebieten weit verbreitete Praxis der Ausbringung von Stickstoffdüngern, vorwiegend im Herbst nach der Maisernte ohne nachfolgende Winterbegrünung, im Frühjahr durch die Gülleausbringung in zu großen Abständen vor dem Maisanbau und durch die nicht bedarfsgerechte Mengenbemessung gemäß der Vegetationsentwicklung. Die Notwendigkeit zur Regelung der Pflanzenschutzmittelausbringung ergibt sich aus der großflächigen Anwendung von Herbiziden zur Unkrautbekämpfung im Maisbau, wobei auch Mittel eingesetzt werden, die leicht aus dem Boden ausgewaschen werden und eine große Langlebigkeit aufweisen.

Die einzelnen der Regelung unterworfenen Grundwassergebiete sind nach hydrogeologischen Kriterien abzugrenzen. Nach den vorhandenen Datengrundlagen sind folgende Gebiete für eine Verordnung gem. § 48 WRG in Vorbereitung:

- * Gebiete mit ausreichender Datengrundlage (Grundwassergebiete des Grazerfeldes, Leibnitzerfeldes und Unteren Murtales)
- * Gebiete ohne derzeit ausreichende Datengrundlagen im Einzugsgebiet der Mur (oststeirische Grabenlandtäler)
- * Gebiete ohne derzeit ausreichende Datengrundlagen im Einzugsgebiet der Raab
- * Gebiete ohne derzeit ausreichende Datengrundlagen im Einzugsgebiet der Mur im weststeirischen Becken und den windischen Büheln

Für Einschränkungen in der Bewirtschaftung der Grundstücke als solchen Verordnungen sind keine Entschädigungen zu leisten.

4. Maßnahmen zur Wiederherstellung einer grundwasserverträglichen Landwirtschaft

4.1 Grundwassersanierung gem. § 33f WRG:

Aufgrund der Ergebnisse der flächendeckenden Gewässergütebeobachtung wiesen in der Steiermark bereits zahlreiche Grundwasservorkommen nicht mehr Trinkwasserqualität auf. Viele Gewässer (ob genutzt oder ungenutzt ist im Hinblick auf § 30 WRG belanglos) werden bei Fortsetzung der herrschenden Bodenbewirtschaftungsintensität und -art über kurz oder lang die Trinkwasserqualität verlieren.

Dieser Tatsache Rechnung tragend wurde mit der WRG-Novelle 1990, BGBl.Nr. 252, das Instrumentarium der Grundwassersanierung gem. § 33f WRG eingeführt. Dieses Prinzip ist zwar in dieser Form EU-weit einzigartig, jedoch gibt es auch im EU-Recht vergleichbare Einrichtungen wie z.B. die EU-Nitratrichtlinie 676/91 EWG - Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat.

Gemäß dieser Richtlinie haben die Mitgliedstaaten innerhalb von zwei Jahren zumindest jene Gebiete, in denen das Grundwasser einen höheren Nitratgehalt als 50 mg/l aufweist, als gefährdete Gebiete auszuweisen, in welchen dann Aktionsprogramme mit detaillierten Vorgaben zur Belastungssenkung durchzuführen sind. Wenn jedoch derartige Aktionsprogramme flächendeckend festgelegt werden, entfällt die Verpflichtung zur Ausweisung von gefährdeten Gebieten.

Nach der Systematik der Grundwassersanierung des österreichischen Wasserrechtes hat zunächst der Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft für Stoffe, durch die das Grundwasser für Zwecke der Trinkwasserversorgung ungeeignet zu werden droht, Schwellenwerte festzusetzen. Mit der Verordnung, BGBl.Nr. 502/1991, wurden für 34 Stoffe bzw. Stoffgruppen Grundwasserschwellenwerte festgelegt, bei deren flächenhafter nicht nur vorübergehender Überschreitung (über 25 % der Meßwerte an einer Meßstelle und gleichzeitig an mehr als 25 % der Meßstellen eines Grundwassergebietes in einem zumindest zweijährigen Beobachtungszeitraum) auch nur eines solchen Stoffes der Landeshauptmann das betreffende Grundwassergebiet als Grundwassersanierungsgebiet zu bezeichnen hat. Die Schwellenwerte orientieren sich an § 30 WRG (Grundwasser = Trinkwasser) und vor allem an lebensmittelrechtlichen Vorgaben, wie z.B. dem österreichischen Lebensmittelbuch, Kodex Kap. B 1, der Nitratverordnung, BGBl.Nr. 557/1989, der Pestizidverordnung, BGBl.Nr. 448/1991.

Die Voraussetzungen für die flächendeckende Gewässergütebeobachtung, welche wiederum Voraussetzung für die Bezeichnung von Grundwassersanierungsgebieten ist, wurden durch die Wassergüteehebungsverordnung, BGBl.Nr. 338/1991, auf Basis des mit BGBl.Nr. 252/1990, novellierten Hydrographiegesetzes geschaffen. Für die Beurteilung der Schwellenwertüberschreitung können aber auch andere Untersuchungsergebnisse, etwa nach dem §§ 57, 58, und 134 WRG oder nach dem Hydrographiegesetz beachtlich sein.

In der Grundwassersanierungsgebietsverordnung des Landeshauptmannes sind auch die zur Ermittlung der Ursachen für die Schwellenwertüberschreitung notwendigen Anordnungen zu treffen. Dies jedoch nur insofern, als die Ursache der Schwellenwertüberschreitung nicht ohne unverhältnismäßigem Aufwand ermittelt werden kann. Lassen sich die Ursachen der Grundwasserbelastung mit den maßgeblichen Werten gemäß Grundwasserschwellenwertverordnung nicht durch einschlägige amtsbekannte Befunde, Erhebungen, Gutachten etc. feststellen, sind Überprüfungs-, Aufzeichnungs- und Bekanntgabepflichten für Maßnahmen und Handlungen im Grundwassergebiet, durch die die festgestellten Schadstoffe in das Grundwasser gelangen können, in zumutbarem und erforderlichem Umfang anzuord-

nen. Mißachtungen derartiger Verpflichtungen stellen eine Verwaltungsübertretung dar und sind zwangsweise durchsetzbar.

Nach Feststellung der Ursachen der Schwellenwertüberschreitung sieht § 33f Abs. 3 WRG zunächst eine Prüfung vor, inwieweit die Ursachen der maßgeblichen Schwellenwertüberschreitung gegenüber den festgestellten Verursachern mit den normalen Mitteln des WRG (insbesondere §§ 31 Abs. 3 bis 6, 138 i.V.m. 32, 21a, 50) zur Gänze behoben werden können.

Aufgrund der WRG-Novelle, BGBl.Nr. 796/96, ist weiters zu prüfen, ob die Ursache der Schwellenwertüberschreitung aufgrund von eingegangenen vertraglichen Verpflichtungen aufgrund von Umweltprogrammen oder gleichgerichteten Maßnahmen zur Gänze behoben werden kann.

§ 4 Abs. 4 der Grundwasserschwellenwertverordnung sieht § 33f Abs. 3 WRG zunächst darüber hinaus ausdrücklich vor, daß bei punktuellen Grundwasserverunreinigungen mit Schwellenwertüberschreitung nur nach den Bestimmungen des WRG, also nicht durch Maßnahmen der Grundwassersanierungsmaßnahmenverordnung gem. § 33f Abs. 3 WRG vorzugehen ist. Es wird daher in jedem Einzelfall zu prüfen sein, ob den festgestellten Verursachern der Schwellenwertüberschreitung mit individuellen Maßnahmen des WRG derart effektiv begegnet werden kann, daß mit einer Schwellenwertüberschreitung voraussehbar auf Dauer nicht mehr zu rechnen sein wird. Am Beispiel der Schwellenwertüberschreitung in bestimmten Grundwassergebieten bei den Stoffen Nitrat und Atrazin zeigt jedoch die praktische Erfahrung, daß bedingt durch die flächenhaften Einträge dieser Schadstoffe, insbesondere durch die landwirtschaftliche Bodennutzung eine gänzliche Beseitigung der Ursachen der Schwellenwertüberschreitung z.B. mit wasserpolizeilichen Aufträgen unmöglich ist, da eine Vielzahl von Verursachern beteiligt ist, die nahezu ausnahmslos über keine wasserrechtliche Bewilligung verfügen. Für die Prüfung der Frage, ob die Schwellenwertüberschreitung mit den normalen Mitteln des WRG zur Gänze behoben werden kann, wird daher die Durchführung eines umfassenden Ermittlungsverfahrens unter Beiziehung der erforderlichen Sachverständigen in Anlehnung an das Verwaltungsverfahren notwendig sein, ebenso hinsichtlich der Beteiligung der im potentiellen Sanierungsgebiet befindlichen Landwirte an den angebotenen Umweltprogrammen, insbesondere gem. ÖPUL und dessen Spezialprogrammen in der Steiermark.

Wenn die Behebung der Schwellenwertüberschreitung gegen festgestellte Verursacher nach den allgemeinen Bestimmungen des WRG oder durch Förderungsprogramme nach einwandfreier Prüfung vorhersehbar nicht zur Gänze möglich ist, dann hat der Landeshauptmann als Wasserrechtsbehörde gem. § 33 f Abs. 3 WRG durch Verordnung die Nutzungsbeschränkungen und Reinhaltemaßnahmen anzuordnen, die nach fachkundiger Beurteilung erforderlich sind, um die Belastung des Grundwassers dauerhaft unter den Schwellenwert zu senken. Übertretungen dieser Verpflichtungen stellen Verwaltungsübertretungen dar und sind zwangsweise durchsetzbar.

Schließlich sieht das Instrumentarium der Grundwassersanierung für die dadurch bedingten schwerwiegenden wirtschaftlichen Nachteile, insbesondere durch die allenfalls erforderliche Einschränkung der ordnungsgemäßen bzw. der grundwasserverträglichen Bodennutzung die Einrichtung eines Förderungssystems vor, wofür für 20 % der Einkommensminderung ein Selbstbehalt des Verursachers normiert ist. Auf die Förderung besteht laut Gesetz kein Rechtsanspruch. In der Praxis wird jedoch im Hinblick auf die teilweise erforderliche gravierende Umstellung der Art und Intensität der Nutzung, insbesondere im Bereich der landwirtschaftlichen Bodennutzung bei einer erforderlichen Sanierung des Grundwassers bei den Hauptnährstoffen der pflanzlichen Produktion ein effektives Förderungssystem eine unerläßliche Begleitmaßnahme darstellen.

Ziel der Grundwassersanierung ist die dauerhafte Unterschreitung der maßgeblichen Schwellenwerte. Demnach ist die Grundwassersanierungsgebietsverordnung außer Kraft zu setzen, wenn der für ihre Erlassung maßgeblichen Schwellenwert drei Jahre lang unterschritten wird.

In der Steiermark sind die fachlichen und rechtlichen Vorbereitungen hinsichtlich der Erlassung einer Grundwassersanierungsverordnung für das Murtal auf Basis der Rechtslage vor 1.1.1997 abgeschlossen. Lt. den für die Erlassung dieser Verordnung eingeholten Gutachten sind für den Bereich der Landwirtschaft folgende Maßnahmen zur Sanierung Grundwasserbelastung mit Nitrat erforderlich:

- absolutes zeitliches Ausbringungsverbot für Stickstoffdüngemittel
- Ausbringungsverbot für Stickstoffdüngemittel ohne unmittelbar nachfolgendem Anbau einer Zwischen- oder Hauptfrucht
- Anlage von winterharten Gründecken auf mindestens 75 % der im Sanierungsgebiet gelegenen Flächen
- Einschränkung des Mais-, Hackfrucht und Leguminosenanbaues auf max. 66 % der im Sanierungsgebiet gelegenen Flächen
- Begrenzung der Stickstoffdüngermengen zum Anbau von Mais in Abhängigkeit von den Standortverhältnissen
- Ausbringungsverbot für Stickstoffdüngemittel auf abgesenkten Flächen
- Aufzeichnungspflicht für die Ausbringung von Stickstoffdüngemitteln
- Verbot der Auslauftierhaltung auf ungeschütztem Boden

Im Hinblick auf die mit BGBl.Nr. 796/96 geänderte Rechtslage für die Erlassung von Sanierungsgebietsverordnungen ist das Ermittlungsverfahren hinsichtlich der Frage zu ergänzen, ob durch die Beteiligung der Landwirte an Förderungsprogrammen die Ursache der Schwellenwertüberschreitung zur Gänze behoben werden kann.

VERWENDETE LITERATUR

- BERNHART/BAUER (1994):** Bestimmung der rechtmäßigen Bodennutzung, Österreichische Juristenzeitung Nr. 5.
- EISENHUT, M. (1990):** Auswertung der österreichischen Bodenkarte 1:25.000 für die Ermittlung der Nitrataustraggefährdung von Böden. Bundesanstalt für Bodenkunde Wien, Bericht Nr. 5.
- GRABMAYR/ROSSMANN (1978):** Das österreichische Wasserrecht, Band 6.
- OBERLEITNER, F. (1990):** Das Wasserrechtsgesetz 1959 i.d.F. der WRG-Novelle 1990
- RASCHAUER (1993):** Kommentar Wasserrecht 1993.
- ROSSMANN, H. (1990):** Wasserrechtsgesetz 1959 i.d.F. der Novelle 1990.
- STENITZER, E. (1991):** Der Bodenwasserhaushalt als Steuerungsgröße für die Grundwassererneuerung. Wasserwirtschaftliche Fachtage 1991 "Grundwassersanierung und Nitrat". Sonderausgabe Der Förderungsdienst.
- BERNHART (1995):** Rechtliche Instrumentarien für die Erhaltung und Wiederherstellung einer gewässerverträglichen Landbewirtschaftung
- BAUER, BERNHART, GUSCHLBAUER, KAISER, STADLBAUER, SUETTE, ZETINIGG (1995):** Die neuen Grundwasserschutzgebiete 1990 - 1995, Berichtsband Nr. 77 der wasserwirtschaftlichen Planung

Hydrologische Untersuchungen an der Hochreichhartquelle, eine der größten Blockgletscherquellen der Niederen Tauern

von

W. GAMERITH und H. STADLER

1. Einleitung

Als Vorarbeiten für eine allfällige spätere Nutzung wurden an der Hochreichhart-Quelle in den Seckauer Alpen (= Quelle N 37/H-5, -Th. UNTERSWEIG u. A-SCHWENDT; 1995, bzw Stubalmquelle 48, B. KRÄINER, 1989) verschiedene Untersuchungen durchgeführt, die die Kenntnis über Abflußmechanismus, Verweilzeit und Qualität erweitern sollten. Der Quellaustritt sitzt am Fuße des Stirnwalles jener großen Blockgletscher, die sich vom Hochreichhartgebiet - aus den Karbereichen des Brandstätterkares und des Ochsenbodens in nordöstliche Richtung zusammenwachsend - talwärts erstrecken. Es gibt einen großen Hauptaustritt (Abb. 1), einen kleinen östlichen Nebenaustritt in unmittelbarer Nachbarschaft sowie einige ca. 400 bis 500 m weiter im Westen gelegene kleinere Quellen, die i.w.S. demselben Vorkommen zuzurechnen sind (Stubalmquellen).



Abb. 1: Hauptaustritt der Hochreichhart Quelle in 1520 m Seehöhe

Die im Besitz der Stiftung Fürst Liechtenstein, Forst Kalwang, befindliche Hochreichhart-Quelle liegt rund 300 m südwestlich des Hochreichhart-Schutzhauses in rund 1520 m Seehöhe und weist eine Schüttung von ca. 50 bis über 500 l/s auf. Die Wassertemperatur schwankt nach den bisherigen Kenntnissen zwischen 3,0 und 4,2°C, die Mineralisierung ist mit Werten zwischen ca. 34 und 43 $\mu\text{S}/\text{cm}$ b. 20° sehr gering. An Gesteinen treten im Einzugsgebiet der Quelle, zu dem auch die Ostabdachung des Hochreichharts (2416 m) gehört, Orthogneise, Migmatite und Granitgneise des polymetamorphen mittelostalpinen Grundgebirges auf. Im folgenden werden die Ergebnisse der Leitfähigkeitsmessungen mittels Datensammler sowie der Isotopenbeprobung, die durch die Forstverwaltung Kalwang in dankenswerter Weise maßgeblich unterstützt wurden, beschrieben.

Die Online-Messungen der elektrolyt. Leitfähigkeit wurden von September 1992 bis April 1993 am Hauptaustritt durchgeführt. Die Aufzeichnungen erfolgten mit einem GEALOG-Mini und einem WTW-Gerät LF91 mit 20°C Referenztemperatur. Das Speicherintervall betrug 15 Minuten. Aufgrund der schwierigen Erreichbarkeit und der Schneelage war das Auslesen des Datensammlers im Winter nicht möglich. Es entstand daher durch Überschreiben des Speichers eine Datenlücke vom 9.10.1992, 12:15 Uhr bis 12.12.1992, 23:45 Uhr. Bei einer Meßstellenbetreuung am 9.10.1992 um 12:15 Uhr wurden 39 $\mu\text{S}/\text{cm}$ bei 20°C und 4.2°C Wassertemperatur gemessen. Die Schüttung betrug (unterhalb des E-Werkes beim Hochreichharthaus) ca. 120 l/s.

Vom 9. Sept. 1994 bis 6. Sept. 1995 wurden an der Hochreichhartquelle neun Isotopenproben gezogen, die jeweils auf Sauerstoff-18 und Tritium analysiert wurden. Die Analysen wurden am Bundesforschungs- und Prüfzentrum Arsenal in Wien durchgeführt.

2. Online-Messungen der Leitfähigkeit

Die Leitfähigkeitstagesmittel sind in Tabelle 1 dargestellt, ebenso die wichtigsten Mittel- und Extremwerte. Auffallend dabei ist, daß im Beobachtungszeitraum eine generell sinkende Tendenz der Leitfähigkeit vorlag. Innerhalb dieser sinkenden Tendenz sind kurzfristige Schwankungen erkennbar, die nicht immer mit dem Temperaturgang oder der Niederschlagstätigkeit direkt korrelierbar sind. Meteorologische Daten standen von den Stationen Hohentauern, Wald am Schoberpaß und Mautern zur Verfügung.

Bei der Betrachtung der Detailbeobachtungen ist jedoch anzumerken, daß der Winter 1992/93 bis etwa Mitte Februar sehr mild war. Selbst in Hohentauern sind in diesem Winter nur zwei längere Kälteperioden (Tagesmittel <0°C) ersichtlich. Sie traten an der Jahreswende 1992/93 und Anfang bis Mitte Februar 1993, verbunden mit Niederschlägen, auf. Das bedeutet, daß während dieses Winters im Einzugsgebiet der Hochreichhartquelle immer wieder Perioden mit kurzzeitiger Schneeschmelze (besonders an S-exponierten Hängen) auftraten.

Station: HOCHREICHHART QUELLE					Jahre: 1992/ 1993			
Tag	1992				1993			
	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mar	April
1	—	41.0	—	—	34.3	25.5	23.9	22.7
2	42.1	41.0	—	—	30.4	25.9	24.6	22.7
3	42.0	41.1	—	—	30.3	25.9	24.8	22.8
4	41.3	40.7	—	—	31.3	24.6	—	23.1
5	40.3	38.0	—	—	30.7	24.1	24.8	22.8
6	40.5	36.1	—	—	28.5	24.9	23.9	22.6
7	40.8	36.6	—	—	28.9	25.4	21.7	22.4
8	41.0	37.6	—	—	28.9	25.7	20.8	22.4
9	41.1	38.0	—	—	29.6	25.9	22.1	22.3
10	41.2	—	—	—	28.5	25.8	22.7	21.8
11	41.2	—	—	—	29.1	25.9	22.9	21.7
12	41.3	—	—	—	29.6	26.4	23.6	21.4
13	41.3	—	—	36.1	29.1	26.5	25.9	21.4
14	41.1	—	—	35.8	29.8	26.9	23.9	20.9
15	40.9	—	—	35.5	28.2	27.4	23.4	20.6
16	40.8	—	—	35.2	27.2	27.4	23.4	20.7
17	40.9	—	—	34.4	25.9	27.2	22.0	21.3
18	41.0	—	—	34.6	26.1	25.6	18.7	21.0
19	41.0	—	—	35.0	25.7	24.2	18.7	21.5
20	41.1	—	—	34.8	25.6	24.1	20.1	21.6
21	41.2	—	—	35.2	26.2	23.8	19.1	19.4
22	41.2	—	—	34.9	26.6	22.7	19.2	18.6
23	41.2	—	—	34.0	26.7	23.4	19.3	19.0
24	41.2	—	—	33.5	27.1	23.9	19.7	18.9
25	41.2	—	—	34.6	27.2	22.5	20.0	18.8
26	41.2	—	—	35.2	27.7	21.5	20.0	18.8
27	41.2	—	—	35.2	27.9	22.0	21.4	18.3
28	41.2	—	—	31.6	28.2	25.0	22.0	18.7
29	41.2	—	—	30.5	29.2	—	22.3	—
30	41.0	—	—	31.8	33.6	—	23.0	—
31	—	—	—	35.5	28.1	—	23.2	—
MW	41.1	38.9		34.4	28.6	25.0	22.0	21.0
am	5	6		29	20	26	19	27
NWT	40.3	36.1		30.5	25.6	21.5	18.7	18.3
HWT	42.1	41.1		36.1	34.3	27.4	25.9	23.1
am	2	3		13	1	15	13	4
am	5	6		29	18	27	18	27
NW	40.1	35.6		29.9	24.5	20.2	16.8	18.1
HW	42.6	41.1		36.2	35.7	27.5	26.8	23.2
am	2	3		13	1	15	13	4
Kennzahlen 1992			NW	MW	HW	NWT	HWT	
Werte			29.9	38.5	42.6	30.5	42.1	
am			29.12.	—	02.09.	29.12.	02.09.	
Kennzahlen 1993			NW	MW	HW	NWT	HWT	
Werte			16.8	24.2	35.7	18.7	34.3	
am			18.4.	—	01.01.	19.4	01.01.	

Tab. 1: Tagesmittel der Leitfähigkeit Hochreichhartquelle

Auffallend ist eine deutliche Leitfähigkeitsspitze Ende Jänner 1993 (siehe Tabelle 1). Sie tritt wenige Tage nach Beginn einer Kälteperiode auf. Die dabei fallenden Niederschläge sind in Hohentauern als Schneefall verzeichnet worden und können somit am Abflußgeschehen keinen Anteil haben. Wodurch eine derartige piston-flow-ähnliche Dynamik an der Hochreichhartquelle ausgelöst wird, kann mit den vorhandenen Daten nicht geklärt werden.

Daneben ist jedoch auch ein deutliches Reagieren der Leitfähigkeitswerte auf Wärmeperioden zu erkennen. Die Leitfähigkeitswerte lagen von Anfang Februar 1993 bis Ende April 1993 (Ende der Beobachtungszeit) zwischen 16.8 μS und 27.5 $\mu\text{S}/20^\circ\text{C}$. Das bedeutet, daß die Leitfähigkeitsunterschiede zum Niederschlag sehr gering sind. Besonders nach längeren niederschlagsfreien Perioden können Inputleitfähigkeiten ebenfalls in dieser Größenordnung auftreten. Genaue Aussagen

über Transportvorgänge in derartigen Aquifern kann nur durch entsprechende chemische Analysen unter Einbeziehung der Niederschläge (Regen und Schnee) und die Beachtung möglicher Schadstoffeinträge erfolgen.

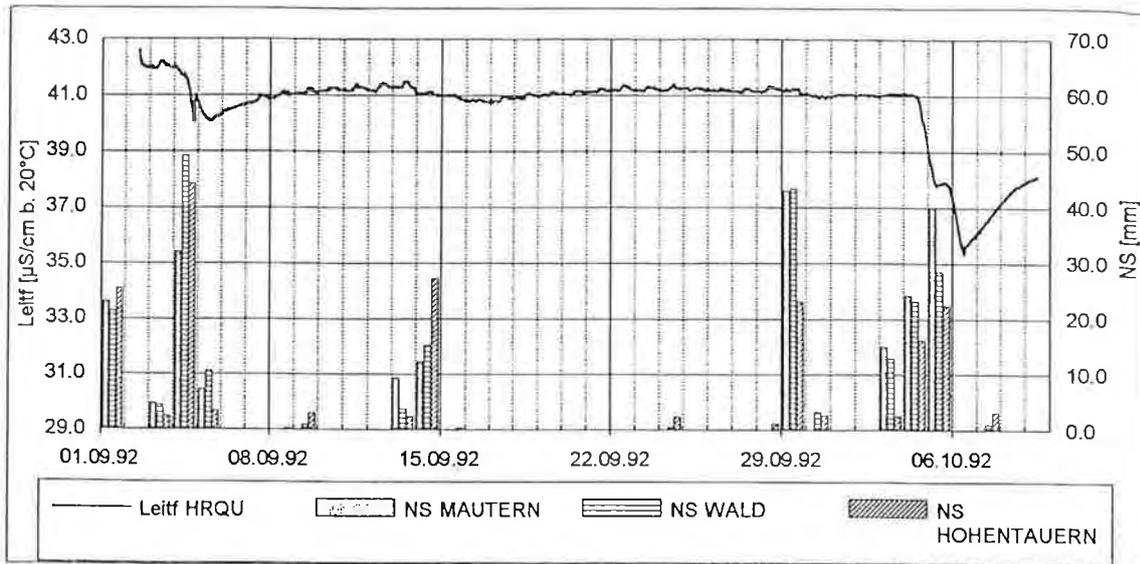


Abb. 2: Leitfähigkeitsdauerbeobachtung Hochreichhartquellen, Leitfähigkeiten und Niederschlagsverteilung

Betrachtet man den Zeitraum 1.9.1992 bis 9.10.1992 genauer (Abbildung 2), erkennt man bereits, daß einzelne Niederschlagsereignisse sich nicht unbedingt direkt auf die Leitfähigkeitswerte auswirken. Es wird hier vorausgesetzt, daß der Niederschlag deutlich geringer mineralisiert war als das Quellwasser. Da der Output im angegebenen Beobachtungszeitraum etwa 41 bis 42 $\mu\text{S}/20^\circ\text{C}$ aufwies, kann diese Voraussetzung als erfüllt angesehen werden. Das Niederschlagsereignis vom 4. September 1992 bringt im Vergleich zu den Niederschlägen vom 3. bis 5. Okt. 1992 eine deutlich geringere Verdünnung mit sich. Die Niederschläge am 13./14. Sept. 1992 und das singuläre Niederschlagsereignis am 29. Sept. 1992 bewirken jeweils nur eine äußerst geringe Verdünnung durch Frischwasseranteile. Ob dies einzig durch die Niederschlagsmengen, deren Intensitäten oder aber durch besondere Verhältnisse im Aquifer bedingt ist, kann hier noch nicht endgültig beantwortet werden.

3. Isotopenuntersuchungen

3.1. Grundlagen

Als Isotope werden Atome und Atomkerne bezeichnet, deren NProtonenzahl abweicht und somit eine veränderte Atommasse besitzen. Dabei ist zwischen stabilen und instabilen Isotopen zu unterscheiden. Durch die veränderte Atommasse ändern sich auch die physikalischen Eigenschaften der Isotope gegenüber den vollständigen Atomen.

Als Umweltisotope werden in der Hydrologie jene bezeichnet, die im Kreislauf des Wassers von Natur aus - in unterschiedlichen Konzentrationen - vorkommen. Die wichtigsten davon sind Deuterium (2H), Tritium (3H), Sauerstoff-18 (18O), Kohlenstoff-13 (13C) und Kohlenstoff-14 (14C). Die Isotope des Wasserstoffs und

des Sauerstoffs liegen naturgemäß als Teile des Wassermoleküls selbst vor. Dies bewirkt vor allem bei Phasenübergängen des Wassers Änderungen des Verhältnisses der Konzentration von Isotopen zu „normalen“ Atomen. Daneben beeinflusst die Herkunft von Niederschlagswässern die isotopische Zusammensetzung.

Für die folgenden Untersuchungen wurden die Isotope Sauerstoff-18 und Tritium herangezogen.

Tritium kommt im natürlichen Kreislauf des Wassers vor, wurde jedoch durch die Kernwaffenversuche auch anthropogen freigesetzt. Dies ist eine wesentliche Grundlage zur Altersbestimmung von Wässern mittels Tritiumanalysen und entsprechender Modellberechnungen.

Das Sauerstoff-18 Isotop zeichnet sich vor allem durch eine sehr deutliche Temperaturabhängigkeit, sowie Veränderungen seines Gehalts im Wasser bei Änderungen des Aggregatzustandes aus. Der Sauerstoff-18 Gehalt im Wasser wird als Abweichung (Relativwert) von einem Standardwert (V-SMOW: Vienna Standard Mean Ocean Water) in Promille angeben.

3.2. Auswertung

In Tabelle 2 sind die Isotopenwerte und die Geländeparameter dargestellt. Die von GÖDEL (1993) angeführten Tritium- und Sauerstoff-18 Werte passen sehr gut in diese Untersuchungsreihe und bestätigen die in weiterer Folge getroffenen Aussagen.

Pr.Nr	Datum	Q [l/s]	Temp [°C]	LF [µS/cm]	3H Quelle	Fehler 3H	Δ18-O‰
86630	09.09.94 12:50	80	3.5	40	14.8	0.7	-11.94
86631	14.09.94 10:50	120	3.6	41	15.4	0.7	-12.00
86632	28.10.94 15:45	n.g.	3.9	n.g.	15.7	0.8	-11.96
86633	25.01.95	n.g.	n.g.	n.g.	15.3	0.7	-11.89
86634	04.04.95	n.g.	n.g.	n.g.	16.1	0.8	-11.89
86635	23.05.95 14:30	100	3.4	42	15.2	0.7	-12.59
86636	29.06.95 12:00	150	3.2	41	14.7	0.7	-12.65
86637	08.08.95	n.g.	3.5	45	14.2	0.7	-12.49
86638	06.09.95	n.g.	3.5	44	15.8	0.8	-12.19
	Mittelwert		3.51	42.2	15.24		-12.18
	Amplitude		0.7	5	1.9		0.76

Tab. 2: Isotopenwerte und Geländeparameter Hochreichhartquelle (n.g.: nicht gemessen).

3.2.1. Tritium

An der Tritiumganglinie der Hochreichhartquelle (Abb. 3) fällt sofort die geringe Amplitude (1.9 TE) gegenüber der des Niederschlags an der Station Graz-Universität (12.6 TE) auf. Dies spricht für eine gute Durchmischung im Aquifer und damit verbunden einer entsprechend langen Speicherung. Der mittlere Tritiumgehalt der Stubalmquelle lag mit 15.2 TE etwas höher als der des Niederschlages an der Station Graz (13.4 TE). Darüberhinaus ist noch eine Phasenverschiebung

gegenüber dem Niederschlag zu erkennen. Ob diese ein halbes Jahr oder Vielfache davon beträgt, kann nicht geklärt werden.

Die Leitfähigkeitswerte vom Mai und Juni 1995 zeigen einen Verdünnungseffekt durch die Schneeschmelze und bestätigen somit die Ergebnisse der Online-Messungen. Auch die in Abb. 3 dargestellten Temperaturen weisen darauf hin. Diese, auf den ersten Blick gegensätzlichen Aussagen der direkten Schneeschmelzbeeinflussung und der geringen Schwankungsbreite der Tritiumwerte könnten so interpretiert werden, daß die Überprägung eines länger gespeicherten Wassers mit aktuellem „Ereigniswasser“ (Schneeschmelze) nur gering ist. Möglicherweise ändert sich auch das Mischungsverhältnis dieser Komponenten bei unterschiedlichen hydrologischen Bedingungen.

Bei der Berechnung der mittleren Verweilzeit der Wässer im Untergrund mit einem Exponentialmodell werden Randbedingungen angenommen, die in der Natur nicht oder nur teilweise angetroffen werden. Es handelt sich dabei im wesentlichen um die Annahme einer ganzjährigen Grundwasserneubildung und die sofortige, vollständige Durchmischung des Aquifers, das heißt das ausfließende Wasser repräsentiert zu jeder Zeit den gesamten Aquifer. Die kontinuierliche Grundwasserneubildung ist im vorliegenden Einzugsgebiet nicht gegeben, eine gute Durchmischung des Aquifers wird jedoch durch die geringe Amplitude des Tritiumganges angezeigt. In der Folge wird daher als Grundlage zur Abschätzung des mittleren Wasseralters ein Exponentialmodell (YURTSEVER, 1983) verwendet. Datengrundlage bilden gewichtete Tritiumwerte der Station Graz-Universität. Die Berechnungen ergaben zwei Anpassungsmaxima bei 4 Jahren (± 0.8 Jahre) und bei 13 Jahren (± 2 Jahre) mittlere Verweilzeit. Sie sind in Abbildung 2 dargestellt.

3.2.2. Sauerstoff-18

In Abbildung 4 sind die Sauerstoff-18 Werte der Hochreichhartquelle und die Wassertemperatur dargestellt. Die Temperaturmessungen deuten einen Jahresgang an, der Einfluß der Schneeschmelze (Mai - Juni 1995) ist deutlich zu erkennen.

An der Sauerstoff-18 Ganglinie ist vor allem die relative Gleichförmigkeit während der Herbst- und Wintermonate 1994/95 auffallend. Diese geringe Schwankungsbreite ($0.11 \Delta\text{‰}$) der Sauerstoff-18 Werte kann (siehe Tritiumwerte) ebenfalls als Indiz für die gute Durchmischung im Aquifer und eine längere Speicherung des in diesem Zeitraum abfließenden Wassers gewertet werden. Mit Beginn der Schneeschmelze (Probe vom 23.5.1995) wird leichteres Wasser ausgedrückt, das von Winterniederschlägen stammt. Damit kann auch beim Sauerstoff-18 Isotop eine Phasenverschiebung konstatiert werden. Ob diese Verschiebung ein halbes Jahr oder länger beträgt, kann aus den vorhandenen Daten nicht erkannt werden (siehe Kapitel Tritium).

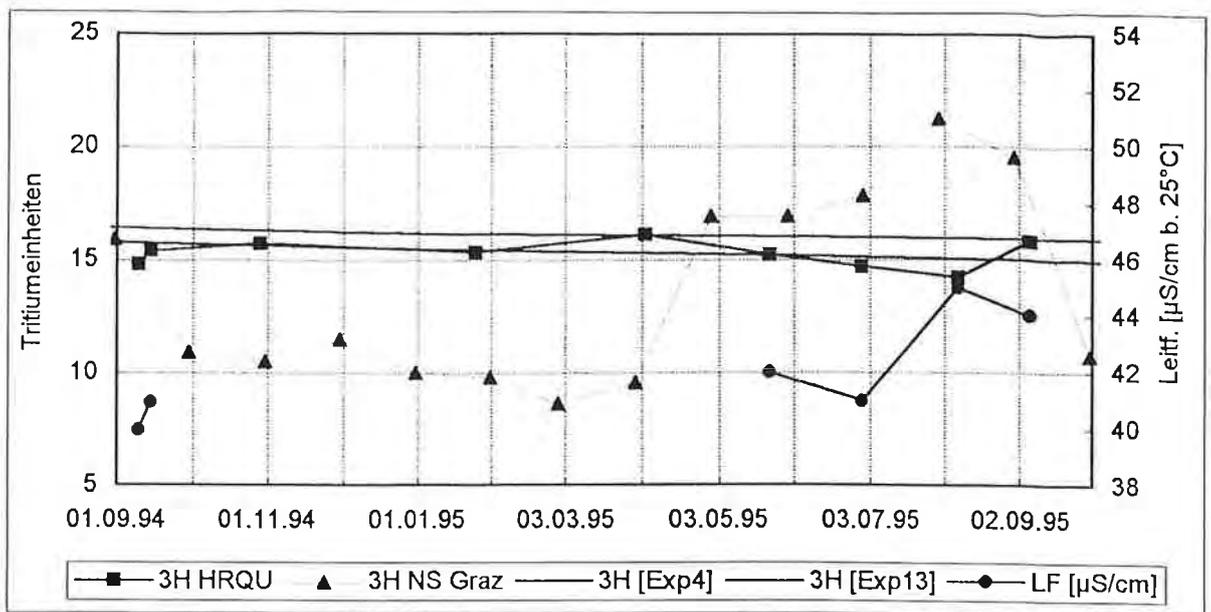


Abb. 3: Tritiumwerte Hochreichhartquelle und Niederschlag Graz, Berechnungsergebnisse des Exponentialmodells und Leitfähigkeit Hochreichhartquelle.

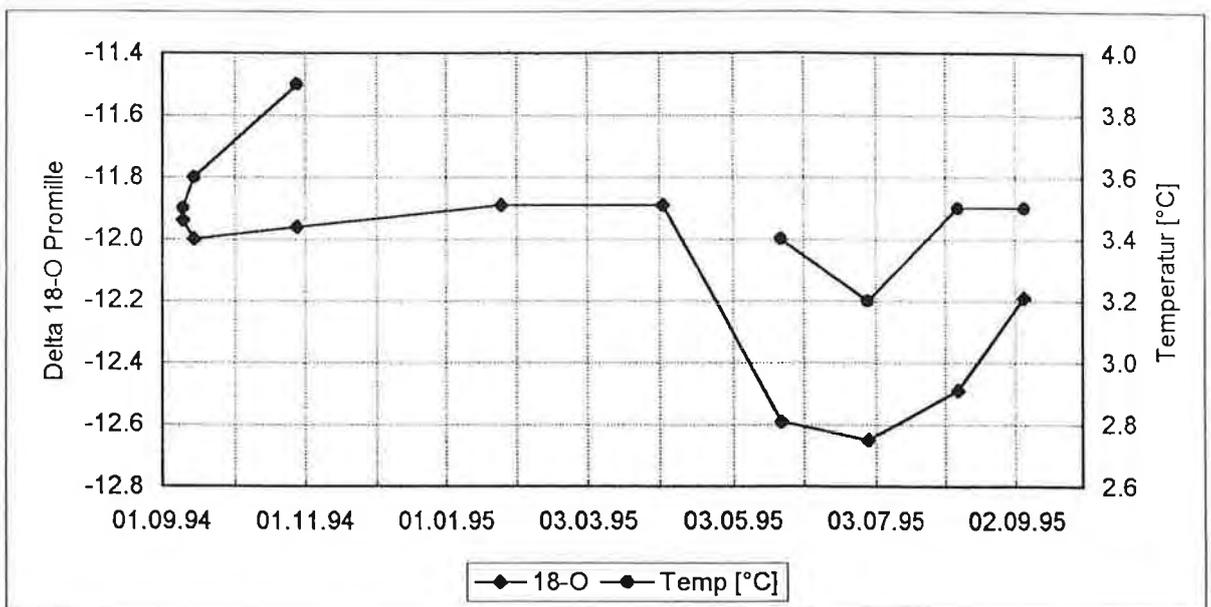


Abb 4: Sauerstoff-18 und Wassertemperatur an der Hochreichhartquelle.

Die Schwankungsbreite des Sauerstoff-18 Gehaltes während des gesamten Beobachtungszeitraumes betrug $0.76 \Delta\text{‰}$. Bei einer Inputamplitude von $13.3 \Delta\text{‰}$ (Niederschlag Station Graz 1994/95) errechnet sich daraus ein mittleres Wasseralter von 3.0 Jahren. Dies würde dem Anpassungsmaximum von 4 Jahren des Tritium-Exponentialmodells nahe kommen.

Als Unsicherheitsfaktor bei dieser Altersbestimmung müssen hier nochmals die gänzlich unterschiedliche Entwässerungsdynamik im Sommer- und Winterhalbjahr sowie die langen Beobachtungsintervalle genannt werden.

4. Zusammenfassung

Die Leitfähigkeits-Dauerbeobachtung an den Hochreichhartquellen brachte erste Hinweise auf die Entwässerungsdynamik dieser Quellen. Besonders auffallend ist der ständige Rückgang der Leitfähigkeitswerte im Beobachtungszeitraum. Die Reaktion der Leitfähigkeit auf den Temperaturverlauf und auf Niederschlagsereignisse ist, möglicherweise abhängig vom Speicherinhalt, unterschiedlich. Neben deutlichen Verdünnungseffekten, die mit einer unterschiedlichen Verzögerung nach den Niederschlägen auftreten, sind auch pistonflowartige Mechanismen wirksam. Genauere Aussagen darüber können jedoch erst nach weiteren Beobachtungen über einen längeren Zeitraum getroffen werden.

Die isopenhydrologischen Untersuchungen des Sauerstoff-18 Isotops und des Tritiums konnten vor allem zur Bestimmung des mittleren Wasseralters und zur Beschreibung der Abflußdynamik herangezogen werden. Dabei wurden bei den Berechnungen mittels des Exponentialmodells zwei Anpassungsmaxima festgestellt. Durch Berechnungen auf Basis des Sauerstoff-18 Isotopes wurde ein mittleres Wasseralter von 3 Jahren errechnet und somit in etwa das erste Anpassungsmaximum der Tritiumberechnungen (4 Jahre) bestätigt. Ein weiteres Anpassungsmaximum des Exponentialmodells liegt bei 13 Jahren mittleres Wasseralter.

Besonders auffallend ist der Verlauf des Sauerstoff-18 Isotopes, der auf gänzlich unterschiedliche Entwässerungsmechanismen während des Sommer- und des Winterhalbjahres hinweist.

Die weitere Beobachtung von Blockgletscherquellen in den Niederen Tauern kann wichtige Erkenntnisse über deren Nutzungswürdigkeit bringen. Diese Untersuchung ist ein erster Beitrag über die Entwässerungsmechanismen von Blockgletscherquellen. Bei Begehungen der Schuttstrommassen sind vor allem die großen Blöcke augenfällig. Die Daten dieser ersten Online-Messungen und die Ergebnisse der Isotopenuntersuchungen geben jedoch deutliche Hinweise auf längere Speicherzeiten in den Blockgletschern sowie auf eine komplexe Abflußdynamik dieser Quellen.

Es wäre durchaus denkbar, daß innerhalb der Blockgletscher auch Feinkornanteile die Eigenschaften des Aquifers beeinflussen bzw. auch dichtende Schichten vorhanden sein können, die ein direktes Eindringen von Niederschlägen, die auf den Blockgletscher fallen, deutlich verzögern. Die Ergebnisse der isopenhydrologischen Untersuchungen zeigen unterschiedliche Entwässerungsmechanismen und möglicherweise sehr hohe mittlere Verweilzeiten. Weitere Untersuchungsprogramme müssen verstärkt die Kombination unterschiedlicher hydrologischer Methoden berücksichtigen. Als wichtigste Punkte sind dabei chemische Analysen und Sättigungsberechnungen sowie die Einbeziehung des Isotops Deuterium zu nennen. Grundlage dieser Untersuchungen stellen kontinuierliche Messungen der Schüttung, Temperatur, Leitfähigkeit und der Trübung dar.

Die Einbeziehung morphogenetischer Untersuchungen und morphometrischer Analysen kann sowohl einzugsgebietshydrologische Untersuchungen unterstützen, als auch die Kenntnisse über den Aquiferaufbau vertiefen, der in Korrelation zur Morphologie auch stockwerkartig aufgebaut sein kann.

Die weitere Erkundung dieser Problematik würde auch das Wissen um weitere Trinkwasservorräte im Bereich der Niederen Tauern vermehren und als Ergänzung in der Diskussion um die Entstehung der Blockgletscher dienen.

5. Literatur

- BUNDESVERSUCHS- und FORSCHUNGSANSTALT ARSENAL (1995): Isotopenanalysen von Niederschlägen der Station Graz/Universität., Wien.
- GÖDEL, S. (1993): Geohydrologie der Blockgletscher im Hochreichhart-Gebiet (Seckauer Tauern, Steiermark). - Univ. Diplomarb. Univ. Wien, 165 S., Wien.
- KRAINER, B. (1989): Quellaufnahme Stubalmbach. Amt der Stmk. Landesregierung, FA IIIa, Ref. II Wasserwirtschaftliche Planung, unv., Graz.
- MOSER, H. & W. RAUERT (1980): Isotopenmethoden in der Hydrologie. 388 S., Berlin-Stuttgart.
- PLASS, N. (1996): Der Quellkataster der Steiermark - Zusammenfassende Darstellung. Berichte der wasserwirtschaftlichen Planung, Band 79/2, Amt d. Stmk. Landesregierung, Fachabteilung IIIa-Wasserwirtschaft - Referat II - Wasserversorgung, Graz.
- RANK, D (1989): Die Fingerabdrücke des Wassers. Arsenal aktuell. 6. Jg./1/89, S12-15., Wien.
- STICHLER, W. & H. ZOJER (1986): Umweltisotopenmessungen und hydrochemische Untersuchungen als Hilfsmittel für die Erfassung von Quelleinzugsgebieten. Österreichische Wasserwirtschaft, Jg. 38, H.11/12, S.261-266., Wien-New York.
- UNTERSWEIG; Th. & A. SCHWENDT (1995): Die Quellen der Blockgletscher in den Niederen Tauern. Berichte der wasserwirtsch. Planung, Amt der Stmk. Landesregierung, Fachabt. IIIa-Wasserwirtschaft, Bd. 78, 76 S, Graz.
- YURTSEVER (1983): Guidebook on Nuclear Techniques in Hydrology. Wien.

Die Thermalwassererschließungen Blumau 2 und 3

von

J. GOLDBRUNNER

Einleitung

Beginnend mit der erfolgreichen Errichtung des Thermalbades von Loipersdorf Ende der 70-er Jahre sind in den Folgejahren zahlreiche Thermalbäder im Steirischen Becken entstanden, welche einen bedeutenden Wirtschaftsfaktor für die Oststeiermark darstellen. Das vorläufig letzte dieser Reihe ist jenes in Blumau (Bezirk Fürstenfeld), das anfang Mai 1997 seinen Betrieb aufgenommen hat. Der Jubilar war sowohl in seiner Funktion als Wasserwirtschaftliches Planungsorgan in der Entstehungsphase des Projektes als auch durch seine Tätigkeit als Amtssachverständiger im wasserrechtlichen Genehmigungsverfahren mit den Tiefgrundwassererschließungen in Blumau aufs engste verbunden.

Die Tiefbohrung Blumau 1a (RAG 1979)

Ausgangspunkt für die Errichtung einer Therme in der ländlich geprägten Gemeinde Blumau war die im Jahre 1979 von der Rohöl-Aufsuchungsgesellschaft (RAG) niedergebrachte Kohlenwasserstoff-Aufschlußbohrung Blumau 1/1a (Beilage 1), die wesentliche neue geologische und hydrogeologische Erkenntnisse über das Fürstenfelder Becken erbrachte. Sie wurde als Blumau 1 am Rand der Scholle von Waltersdorf niedergebracht und durchfuhr mit 86,4 m Pannon, 912,6 m Sarmat und 708 m Badener Serie ein ähnliches Tertiärprofil wie die in 4,6 km Entfernung im Jahr 1975 ebenfalls von der RAG abgestoßene Gasaufschlußbohrung Waltersdorf 1. Im Gegensatz zu den dortigen Verhältnissen transgrediert jedoch die Badener Serie in Blumau direkt über der minderdurchlässigen vulkano-klastischen Liegendfolge des Paläozoikums; Karbonatgesteine wurden keine angetroffen (ZÖTL, J & J. GOLDBRUNNER, 1993). Nachdem nach Reinterpretation der Reflexionsseismik die schollenrandnahe Position der Blumau 1 erkannt worden war, wurde sie als Blumau 1a ab 1.000 m in Richtung SE entlang des steil einfallenden, NE-SW streichenden Bruches in den Tiefschollenbereich abgelenkt (Beilage 2). Blumau 1a erbohrte im Gegensatz zu Blumau 1 eine mächtige Abfolge karpatischer Konglomerate und gelangte erst bei einer Vertikalteufe von 2.563 m in das paläozoische Grundgebirge, bestehend aus dunklen Dolomiten der Dolomit-Sandsteinfolge des Grazer Paläozoikums. Aufgrund der tektonischen Beanspruchung erwiesen sich die Dolomite als klüftig und wasserführend; bedingt durch die nur leicht überhydrostatischen Druckverhältnisse traten wiederholt totale Spülungsverluste ein, welche bei einer Teufe von 3.046 m zur endgültigen Beendigung der Bohrarbeiten führten. Nach Feststellung der Kohlenwasserstoff-Nichtfündigkeit der Bohrung durch diverse Open-Hole Tests wurde die Bohrung nach den bergrechtlichen Vorschriften teilliquidiert und im Jahre 1989 im Auftrag der Steiermärkischen Landesregierung wiedergewältigt. Der nach den Aufbohrarbeiten durchgeführte Auslaufversuch erbrachte Thermalwasser mit einer Temperatur von knapp über 100 °C am Sondenkopf bei einem artesisch

überlaufenden Volumenstrom von 15 l/s. Das Wasser erwies sich mit 19 g/l gelöste feste Stoffe als relativ hoch mineralisiert (Wassertypus Natrium-Chlorid-Bicarbonat). Als freie Gasphase trat Kohlendioxid (ca. 96 Vol. %) in Erscheinung, das Gas-Wasserverhältnis wurde bei späteren Untersuchungen mit 20:1 bestimmt.

Augenfällig ist der Gegensatz des Wassers von Blumau 1a zum ebenfalls aus dem Grazer Paläozoikum stammenden Thermalwasser von Waltersdorf (Tiefbohrungen Waltersdorf 1 und 2a; Beilage 1), welche gering mineralisiert (1,3 - 1,5 g/l gelöste feste Stoffe) und nach Isotopenuntersuchungen meteorischer Genese sind. Die Waltersdorf Wässer weisen weiters keine CO₂-Gasphase auf. Aufgrund der hydro- und geochemischen Gegensätzlichkeiten wurde geschlossen, daß zwischen den Paläozoikumsaquiferen von Waltersdorf und Blumau (Beilage 2) kein Zusammenhang besteht. Ein wesentliches Argument hierfür war auch die Tatsache, daß sich die ca. 1.000 m karpatischen Konglomerate und Brekzien von Blumau bei Tests der Rohöl-Aufsuchungsgesellschaft als praktisch dicht erwiesen. Die mittlerweile durchgeführten Beweissicherungsmessungen während der Niederbringung der Blumauer Bohrungen und der anschließenden Pump- und Auslaufversuche haben diese Ansicht bestätigt.

Ein auffallendes Charakteristikum des Wassers aus dem tief abgelenkten Dolomitaquifer von Blumau 1a ist seine Rotfärbung, welche auf organische Beimengungen zurückzuführen ist. Infolge positiver balneologischer und balneomedizinischer Begutachtungen wurde eine Verwertung des Thermalwasserfundes in einem Thermalbad diskutiert, wobei mehrere einander konkurrierende Investorengruppen auftraten.

Die Tiefbohrungen Blumau 2 und 3

Zur Ausführung gelangte das Projekt der „Hundertwassertherme“ der Rogner-Gruppe, wobei von Seiten des Landes Steiermark im Rahmen der Schaffung der notwendigen Infrastruktur die Erlangung des wasserrechtlichen Konsenses für das Projekt übernommen wurde.

1991 wurde durch den Verfasser ein Konzept der Thermalwassererschließungen durch mehrere Bohrungen für das Thermalbadprojekt entwickelt, welches die Versorgung des Erlebnis- und Heilbades mit Thermalwasser, die geothermische Nutzung für Gebäude-beheizung und Brauchwasserbereitung und die Nutzung des CO₂-Gases vorsah.

Für die Realisierung des Konzeptes war die Niederbringung von mindestens 2 Neubohrungen notwendig.

Für die Betreibung des Erlebnis- und Heilbades wurde die Bohrung Blumau 3 konzipiert, welche die Aufgabe hatte, in den jungtertiären Schichten gering mineralisierte und aufbereitungs-technisch unkomplizierte Wässer zu erschließen (Beilage 1).

Die geothermische Nutzung sah die Realisierung einer Doublette (Förder- und Reinjektions-bohrung) vor, wobei die niederzubringende Neubohrung Blumau 2 (Beilage 1) je nach hydrochemischen Ergebnis entweder als Förder- oder als Reinjektionsbohrung Verwendung finden sollte.

Die Bohrungen Blumau 2 und 3 wurden 1995/96 niedergebracht, nachdem die Bauarbeiten für die Thermenerrichtung und die angeschlossenen Hotelanlagen bereits seit 1993 im Gange waren.

Blumau 3 war auf eine Gesamttiefe von 1.770 m ausgelegt, sie sollte maximal bis zum Top der Lagenidenzone der Badener Serie vordringen. Im Bereich des Mittel- und Untersarmat wurden gut durchlässige Sand-Kieshorizonte durchfahren, deren gute Wasserführung anhand der geophysikalischen Bohrlochmessungen erkannt werden konnte. Nachdem der Bohrlochabschnitt 1.200 m (Bohrdurchmesser 12 1/4" = 311 mm) mit einer 9 5/8"-Stahlverrohrung versehen und zementiert worden war, wurden die einzelnen wasserführenden Horizonte durch Schußperforation geöffnet und einzeln durch Setzen von Pfropfen (sogenannte Bridge Plugs) in der Verrohrung getestet. Durch das Vorhandensein der zementierten Verrohrung ist eine hydraulische Trennung der Horizonte möglich, was sonst im Open-Hole Bereich trotz Einsatz von Doppelpackern nur unzureichend gelingt. Dieses aufgrund der Kosten sonst nur in der KW-Industrie eingesetzte Verfahren ermöglichte eine Erweiterung der Kenntnisse der Hydrogeologie und Hydrochemie der jungtertiären wasserführenden Horizonte. Im einzelnen wurden 4 Intervalle im Mittel- und Untersarmat (I: 952,5 - 906,2 m, II: 798,5 - 779,7 m, III: 741 - 703 m, IV: 668,2 - 643,6 m) und ein Intervall im Bereich des Oberen Baden (V: 1.134,2 - 1.080,2 m) untersucht. Aus den Ergebnissen läßt sich ableiten, daß trotz Trennung der einzelnen permeablen Horizonte des Mittel- und Untersarmat durch minderdurchlässige Tonmergelhorizonte ein einheitliches hydrogeologisches Environment herrscht; die Wässer unterscheiden sich im Tiefenbereich zwischen 630 und 960 in ihren hydrochemischen Eigenschaften nur unwesentlich; die Druckverhältnisse sind einheitlich leicht überhydrostatisch (Ruhe-Kopfdrücke in der Größenordnung von 2 bar).

Wie die Widerstands- und SP-Logs zeigen, ist im Übergang Sarmat-Baden eine Erhöhung der Salinität gegeben, was durch die Tests nach der Perforation eines sandigen Horizontes im Oberbaden (1.134,2 - 1.080,2 m) bestätigt wurde. Tab. 1 zeigt eine Gegenüberstellung der hydrochemischen Daten der einzelnen Tests.

Nach Einbeziehung von Balneomedizinern wurde der Horizont im Oberbaden nicht für den endgültigen Ausbau herangezogen, da die Absicht bestand, Wässer zu erschließen, die sowohl im Erlebnisbad als auch für die Verabreichung von Trinkkuren Verwendung finden konnten. Daher wurde zwischen 1.200 m und 986 m eine Zementbrücke gesetzt. Für die endgültige Komplettierung wurden weitere permeable Horizonte zwischen den Testhorizonten perforiert, um eine möglichst hohe und gleichmäßige Eintrittsfläche zu erzeugen. Die Perforationsstrecken wurden mit Edelstahl-Filterrohren 4 1/2" versehen und der Ringraum 4 1/2"/9 5/8" verfiltert (Schlitzweite 0,5 mm, Filtersandgröße 0,7 - 1,2 mm). Der nach der Brunnenentwicklung durchgeführte 2-monatige Pumpversuch mit Tauchkreiselpumpe brachte folgendes Ergebnis:

Tab. 1.: Gegenüberstellung der hydrochemischen Daten der einzelnen Perforationshorizonte.

Perforation Intervalle (m)	I 952,5 - 906,2	II 798,5 - 779,7	III 741,0 - 703,0	IV 668,2 - 643,6	V 1.134,2 - 1.080,2
Parameter	Massen- konzentration mg/l	Massen- konzentration mg/l	Massen- konzentration mg/l	Massen- konzentration mg/l	Massen- konzentration mg/l
Na ⁺	481,5	449	430,6	444	703,23
K ⁺	11,2	6,2			
Mg ²⁺	1,3	1	0,52	0,49	2,9
Ca ²⁺	7,6	5,4	5,41	5,3	6,2
NH ₄ ⁺			2,05	0,74	0,07
Summe Kationen	501,6	461,6	438,58	450,53	712,4
SO ₄ ²⁻	16,8	4,1	2	2	24,3
Cl ⁻	40,3	40,4	48,2	44,7	22,2
HCO ₃ ⁻	1.043,4	1.134,9	1.087	1.117	1.830
NO ₃ ⁻					0,8
Summe Anionen	1.100,5	1.179,4	1.137,2	1.163,7	1.877,3
Summe Elektrolyte	1.602,1	1.641	1.575,78	1.614,23	2.589,7

Volumenstrom 8 l/s bei s = 133,0 m

k_r-Wert: $4,63 \cdot 10^{-7}$ m/s, T bei 8 l/s = 46 °C.

Das geförderte Thermalwasser ist vom Natrium-Bicarbonattypus mit einer Gesamtmineralisierung von 1,3 g/l (Tab. 2.).

Tab. 2.: Ionentabelle Sonde Blumau 3 (Auszug aus der Großen Heilwasseranalyse Therme Blumau 3 von Univ.-Prof. Dr. J. RABER).

Parameter	Massen- konzentration mg/l	Ionenäquivalent- konzentration mmol/l	Äquivalentanteil %
Na ⁺	345,9	15,05	95,22
K ⁺	3,27	0,08	0,53
Li ⁺	0,01	0	0
NH ₄ ⁺	5,15	0,29	1,81
Mg ²⁺	2,78	0,23	1,45
Ca ²⁺	2,8	0,14	0,89
Fe ²⁺ u. Fe ³⁺	0,38	0,01	0,09
Si ²⁺	0,07	0	0,01
Mn ²⁺	0	0	0
Ba ²⁺	0,02	0	0
Summe Kationen	360,36	15,8	100
Cl ⁻	39,9	1,13	7,09
HCO ₃ ⁻	883,5	14,48	91,18
SO ₄ ²⁻	12,8	0,27	1,68
NO ₃ ⁻	0,52	0,01	0,05
NO ₂ ⁻	0	0	0
Br ⁻	0,2	0	0
J ⁻	0,1	0	0
Summe Anionen	937,02	15,88	100
Nichtelektrolyte		Neutralmolekül- konzentration (mmol/l)	
o-Kieselsäure (H ₃ SiO ₃)	6,1	0,07	
o-Borsäure (H ₃ BO ₃)	2,8	0,04	
Summe Elektrolyte	1.306,28		
Gelöste Gase:			
gelöstes CO ₂	< 5		
KMnO ₄ /kg	9,8		
Titrierbarer Schwefel	<0,1		

Das erschotete Wasser wird für das Erlebnisbad herangezogen.

Während der Bohrarbeiten und der Pumpversuche wurden umfangreiche Beweissicherungs-messungen unter anderem an den Sonden in Bad Waltersdorf (Waltersdorf 1 und 2a) durchgeführt (Beilage 1). Sie zeigten keine Beeinflussung durch das Bohr- und Fördergeschehen in Blumau 3.

Die Bohrung Blumau 2 wurde im Bereich einer seismisch auskartierten antithetischen Struktur des paläozoischen Untergrundes niedergebracht, wobei nach den seismischen Prognosen das Paläozoikum bei ca. 2.700 m unter Gelände erwartet wurde. Nach Durchhörtern von 148 m Pannon, 981 m Sarmat, 969 m Baden und 247,5 m Karpat wurde jedoch der Top des paläozoischen Dolomits (dunkle Dolomite der Dolomit-Sandsteinfoolge) bereits bei 2.362,5 m angetroffen (Beilage 2). Bis zur Endteufe bei 2.843 m wurde eine karbonatische Abfolge des Grazer Paläozoikums, bestehend bis ca. 2.600 m aus Dolomiten mit eingeschalteten Sandsteinen und von 2.600 m - 2.843 m aus kalkigen Dolomiten und Kalken erschlossen. Besonders der hangende dolomitische Abschnitt erwies sich als stark klüftig, wobei nach den geophysikalischen Bohrlochmessungen die größten Klüftweiten bei 2.368 m auftreten. Nach Durchführung einer Säurestimulation (in 2 Abschnitten) wurde ein frei überlaufender Volumenstrom von bis zu 90 l/s (324 m³/h) beobachtet. Nach Untertage-

Druckmessungen ist das erschlossene Vorkommen leicht unterhydrostatisch, artesischer Überlauf kommt erst aufgrund der geringeren Dichte der heißen Wassersäule nach Anfluten der Sonde zustande, wobei sich bei ca. 100 °C Kopf-Schließdrücke von ca. 8 bar einstellen, die Fließdrücke bei einem Volumenstrom von 60 l/s liegen zwischen 2 und 4 bar. Ähnlich wie bei Blumau 1a ist ein Gas-Wasserverhältnis von 20 : 1 gegeben (Gasphase 94 - 98 % CO₂).

Aufgrund von Druckbeobachtungen ist ein eindeutiger hydraulischer Zusammenhang zwischen Blumau 1a und 2 (untertage Entfernung der Paläozoikumsstrecken: ca. 1,8 km) gegeben.

Hydrochemisch bestehen jedoch Unterschiede, da Blumau 2 gegenüber Blumau 1a um ca. 10 g/l höher mineralisiert ist (Tab. 3.); Rotfärbung des Wassers wurde in Blumau 2 nicht beobachtet. Probleme bei der Förderung ergeben sich durch Karbonatausfällungen am Sondenkopf nach Entgasung des CO₂ und Einstellung neuer Kalk-Kohlensäuregleichgewichte; entsprechende Fördertest sind derzeit im Gange. Im Endausbau der geothermischen Doublette wird Blumau 2 als Fördersonde, Blumau 1a als Reinjektionssonde verwendet. Zur Verbesserung der Schluckfähigkeit wurde eine Säurestimulation von Blumau 1a durchgeführt. Schluckversuche mit einem Volumenstrom von 20 - 70 l/s wurden durchgeführt.

Tab. 3.: Vergleich der hydrochemischen Daten der Bohrungen Blumau 1a und Blumau 2.

Parameter	Blumau 2 (1996)	Blumau 1a (1989)
	Massenkonzentration	Massenkonzentration
	mg/l	mg/l
Na ⁺	9.253	5.377
K ⁺	173,1	161,5
Li ⁺	8,59	3,17
Mg ²⁺	21,7	1,15
Ca ²⁺	10,3	11,62
Fe ²⁺ u. Fe ³⁺	0,73	0,3
Summe Kationen	9.467,42	5.554,74
Cl ⁻	11.090	3.485
HCO ₃ ⁻	4.936,5	7.859
SO ₄ ²⁻	750,2	532
Br ⁻	18,1	11,95
Summe Anionen	16.794,80	11.887,95
Summe Elektrolyte	26.262,22	17.442,69

Zusammenfassung

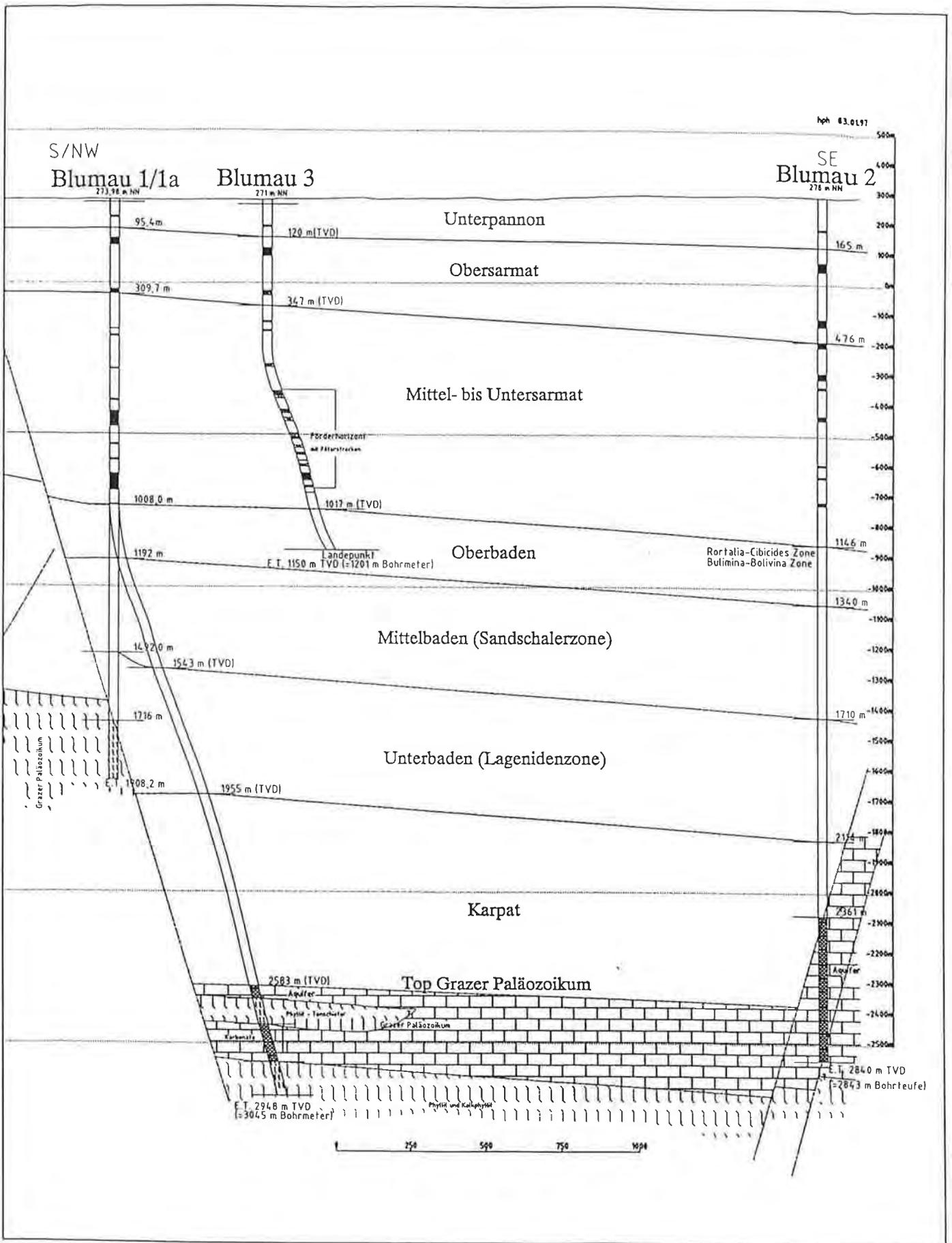
Die im Jahr 1995 niedergebrachten Tiefbohrungen Blumau 2 und 3 haben die hydro-geologischen Ziele erreicht. Blumau 3 fördert aus permeablen Horizonten des Mittel- und Untersarmats einen Natrium-Hydrogencarbonat-Typ mit einer Gesamtmineralisierung von 1,3 g/l und einer Temperatur von 46 °C. Blumau 2 hat den paläozoischen Aquifer bei 2.362,5 m gut wasserführend angetroffen, wobei ein Thermalwasser mit einer Gesamtmineralisierung von 27 g/l und einer Temperatur von über 100 °C erschlossen wurde. Die Bohrungen Blumau 2 und Blumau 1a bilden die Grundlage für die erste geothermische Doublette des Steirischen Beckens.

Literatur

ZÖTL, J. & J. GOLDBRUNNER (1993): *Die Mineral- und Heilwässer Österreichs. Geologische Grundlagen und Spurenelemente.*- 323, Springer Verlag, Wien New-York, 1993.



BEILAGE 1: Lage der Tiefbohrungen Blumau und Waltersdorf



Beilage 2: Geologisches Profil durch die Tiefbohrungen Blumau

Integriertes Schutzprogramm für eine Wasserversorgungsanlage im Schlieraquifer

von

P. HACKER

EINLEITUNG

Im Auftrag eines Wasserverbandes südlich von Linz wurden in den Jahren 1993 bis 1996 umfangreiche hydrogeologische Untersuchungen durchgeführt mit dem Ziel, ein Quellschutzgebiet für dessen Wasserversorgungsanlage abzustecken.

Die Studie erfolgte in 2 Phasen : **In der ersten Phase** mußten die Grundwasserverhältnisse geklärt und die Parameter des Grundwassers, aber auch die des Aquifers, vor allem das Typische des lokalen Entwässerungssystems, herausgearbeitet werden.

Da die Höhe der Fließgeschwindigkeit von wesentlicher Bedeutung für die Ausdehnung der Schutzzone II ist (und damit letztlich sich finanziell entscheidend auswirkt), wurde **in der zweiten Phase** zur Überprüfung und Absicherung dieses Entscheidungsparameters die GW-Dynamik an einem von der WVA entfernten Ort untersucht.

Aufgrund der hohen Datendichte über den Aquifer aus dem Quellennah u. -Fernbereich, der Kenntnis über Fließdynamik und Entwässerungssystem, somit eingehender Kenntnis der inneren Vulnerabilität des Schlieraquifers, ergab sich die Möglichkeit, ein integriertes Schutzprogramm erstmals auch in einem Schlierareal bewußt und zielgerecht anzuwenden. Ein integriertes Schutzprogramm mit einem zonalen Gliederungskonzept und einem Gefahrenmanagement.

Der Gedanke eines integrierten Schutzprogrammes, welches seinerseits das Resultat eines europäischen Koordinierungsprogrammes (COST Action 65) über die hydrogeologischen Aspekte des Grundwasserschutzes in Karstgebieten ist, wurde übernommen und soll hier erstmals, wissentlich, daß es sich um ein Schlierareal handelt, modifiziert angewendet werden.

1. GEOLOGISCH-HYDROGEOLOGISCHE VORAUSSETZUNGEN

1.1 Geologisch-tektonische Situation

Der Standort der gegenständlichen Wasserversorgungsanlage liegt am orographisch rechten Talrand des Sippbaches, in leicht erhöhter Lage über der ca. 250m breiten Talsohle. Auf einer Distanz von 125m entspringen hier mehrere Quellen am Fuße der Erosionsböschung. In Summe schütten alle Austritte des Quellbezirkes ca. 5 l/s; recht beachtlich für Schlierverhältnisse.

Der südlich und westlich der Wasserversorgungsanlage (WVA) anschließende Höhenrücken gehört zur Traun-Enns-Platte; ein Höhenrücken, der mit relativ steiler Böschung nach N und NW, flacher zu den Gerinnen im Süden hin abfällt. Die Grenzen des Untersuchungsgebietes waren durch natürliche Tiefenrinnen längs des NE-SW verlaufenden Höhenrückens vorgegeben.

Geologisch betrachtet liegt das Untersuchungsgebiet innerhalb der OÖ-Molassezone, mit Ablagerungen des Tertiärs und Quartärs. Von den zahlreichen Schichtgliedern der Molasse sind im engeren Untersuchungsgebiet nur wenige an der Oberfläche aufgeschlossen.

Die typische Abfolge umfaßt hier folgende Schichtglieder:

zuoberst,	* Lehme, Lößlehme und Bodenbedeckung
gefolgt von den	* Älteren Deckenschottern
und dem	* Schlier

Lehme und Bodenbedeckung

Das an der Oberfläche anstehende Schichtglied besteht aus ockerbraunen, zähen Lehmen, die bis zu 10m mächtig werden können. Bereichsweise, vor allem an den Talflanken, können sie aber auch vollständig fehlen.

Bei den Lehmen handelt es sich um ton- und schluffreiche Sedimente mit hohem Karbonatgehalt. Sie können als plastische Tone mit sehr geringer Durchlässigkeit klassifiziert werden.

Die Älteren Deckenschotter

Unter den Lehmen liegen weitverbreitet quartäre Lockersedimente, die als Ältere Deckenschotter bezeichnet werden. Diese grobklastischen Sedimente bedecken das eiszeitlich überprägte Schlierrelief und erreichen, allerdings außerhalb des Untersuchungsgebietes, sogar Mächtigkeiten bis zu 25m.

Auf dem Höhenrücken südlich und südwestlich der Wasserversorgungsanlage jedoch ist die fluvioglaziale Bedeckung flächenmäßig weitaus kleiner und vor allem geringmächtiger. Dementsprechend ist auch der Grundwasserkörper darin bescheidener. In den Taleinschnitten der lokalen Vorfluter, aber auch in den Seitentälern sind die Deckenschotter bereits bis zum unterlagernden Schlier abgetragen. Generell nimmt die Mächtigkeit der Schotter von Süden nach Norden hin ab.

Mit Hilfe der Bohrung Nr.1 südlich der Wasserversorgungsanlage ist es möglich, diese Schotter zu untergliedern (Abb.2): Unterhalb einer dünnen Humusdecke folgen bereits bis in eine Tiefe von 4,7m Lehmablagerungen mit kalkreichen sandigen Kiesen, wobei der Quarzanteil hoch ist. Darunter wurde eine 3m mächtige Lage mit Mittel- und Grobkiesen in tonigem Bindemittel durchörtert, die als Pechschotter anzusprechen sind. Der Schlier, zunächst leicht sandig und locker, mit der Tiefe immer härter werdend, beginnt bei 7,7m unter Terrain.

Der Schlier

Im Liegenden der Schotter, Kiese und Sande bzw. unter der Lehmüberdeckung folgt weitflächig der Schlier. Schlier ist eine Sammelbezeichnung für Tone, Tongesteine/Mergel mit geringmächtigen Einschaltungen von Sand- und Sandsteinlagen, unterschiedlicher stratigraphischer Stellung, die sich im randfernen Bereich des Molassebeckens im Vorfeld der aufgefalteten Alpen gebildet haben.

Der im Untersuchungsgebiet angetroffene Schlier wird stratigraphisch der Innviertler Serie zugezählt, als Ottnanger Schlier bezeichnet und in das Miozän eingestuft.

Bodenmechanische Untersuchungen charakterisieren den Schlier als mittelplastisches, halbfestes bis steifes, kalkiges Ton-Schluff-Gemisch. Der Feinsandanteil kann lagenweise bis auf 30% steigen. Einschaltungen von kalkigen Fein- und Mittelsandstegen bzw. Mergellagen spielen zwar im Gesamtgebirge eine untergeord-

Amt der Oberösterreichischen Landesregierung
Abteilung Wasserbau-Hydrographischer Dienst
Wasserwirtschaftliches Grundsatzgutachten
Traun-Enns-Platte

Karte 2
1:50.000 (1:50.000) (1:50.000)

Geologische Karte

Lin. im Februar 1924

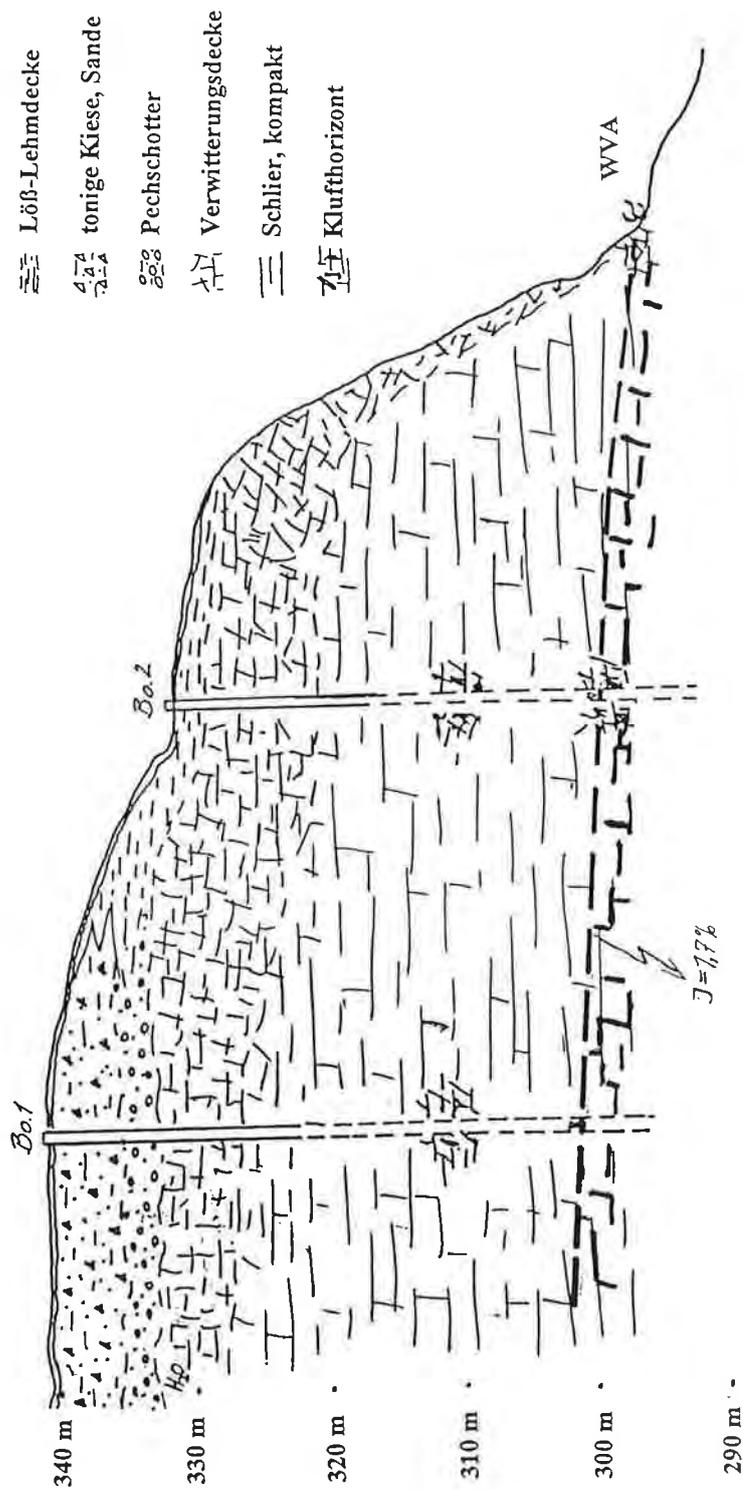
Baufrat. d. Dr. techn. H. F. Jögl, Linz
Ingenieurkonsult. für Bauwesen



- | | | | |
|--|--|--|--|
| | Neuzeitliche Alluvionen | | Neuzeitliche Alluvionen mit Geröll |
| | Neuzeitliche Alluvionen mit Sand | | Neuzeitliche Alluvionen mit Geröll und Sand |
| | Neuzeitliche Alluvionen mit Schluff | | Neuzeitliche Alluvionen mit Geröll und Schluff |
| | Neuzeitliche Alluvionen mit Sand und Schluff | | Neuzeitliche Alluvionen mit Geröll, Sand und Schluff |
| | Neuzeitliche Alluvionen mit Geröll und Sand | | Neuzeitliche Alluvionen mit Geröll, Sand und Schluff |
| | Neuzeitliche Alluvionen mit Geröll und Sand | | Neuzeitliche Alluvionen mit Geröll, Sand und Schluff |
| | Neuzeitliche Alluvionen mit Geröll und Sand | | Neuzeitliche Alluvionen mit Geröll, Sand und Schluff |
| | Neuzeitliche Alluvionen mit Geröll und Sand | | Neuzeitliche Alluvionen mit Geröll, Sand und Schluff |
| | Neuzeitliche Alluvionen mit Geröll und Sand | | Neuzeitliche Alluvionen mit Geröll, Sand und Schluff |
| | Neuzeitliche Alluvionen mit Geröll und Sand | | Neuzeitliche Alluvionen mit Geröll, Sand und Schluff |

Zusammenstellung von Dr. P. Jögl nach
Geologischen und hydrographischen
Karteblätter des Landesvermessungsamtes
Linz, 1924

Abb. 2 Schema der hydrogeologischen Verhältnisse im Bereich der Bohrungen 1 und 2



nete Rolle, letztere sind aber für die Hydrologie/Hydrographie von Bedeutung, da an sie gebunden vielfach ein weitläufiges Kluftnetz entstanden ist.

Aus Beobachtungen an Bohrkernen und frischen Anschnitten in Schliergruben, aber auch aus Vorgängen während des Bohrverfahrens (aus Bohrfortschritt und Spülverlust) konnte immer wieder ein zu den Schichtflächen annähernd senkrecht stehendes Kluftsystem registriert werden.

Hervorzuheben ist also, daß in dieser Formation großteils mit geringer Kluftweite und Kluftdichte, daher mit geringer Durchlässigkeit zu rechnen ist. Wo kompakte Mergellagen/Tongesteine jedoch auftreten, Horizonte mit dm- bis m-Mächtigkeit, tritt mancherorts plötzlich eine intensive und weitleumige Klüftung auf. Spülverluste einerseits und bohrlochphysikalische Messungen andererseits bescheinigen diesen hochdurchlässigen Partien ein hohes Schluckvermögen, wenn sie trocken sind und eine überdurchschnittliche Ergiebigkeit/Grundwasserführung, wenn sie sich in der phreatischen Zone befinden.

Die Klüftigkeit des Schlier ist nicht nur im kleintektonischen Bereich zu erkennen. Das Studium geologischer Karten (z.B. FLÖGL, 1970; Abb. 1) zeigt die regelmäßige Anordnung der Taleinschnitte in der Traun-Enns-Platte. Die Täler folgen geologischen Schwächezonen (Störungen, Bruchzonen) im Untergrund. Neben N-S Lineamenten dominieren NNE-SSW bzw. NNW-SSE verlaufende. Die Entstehung dieser Großlineamente sowie die der Hauptkluftrichtungen wird den großtektonischen Vorgängen in der Böhmisches Masse und in den Alpen zugeschrieben.

Es sind aber auch Kluftbahnen zu verfolgen, die ausgedehnt und weitgehend parallel zur Erosionsböschung des Sipbachtals verlaufen. Sie sind die Folge von Entspannungsprozessen und tiefgreifenden Auflockerungen innerhalb des Schlierückens, entstanden nach der Tiefenerosion des Sipbaches (postglacial) und durch Hangunterschneidung.

1.2 Die hydrogeologische Situation

Grundsätzlich existieren im Untersuchungsgebiet zwei recht verschiedene Aquifere :

oberflächennah, * Porengrundwasserleiter, in den Älteren Deckenschottern, z.T.
auch in der Verwitterungsschwarte des Schlier

und

in der Tiefe, * der Kluftwasseraquifer mit einem weitverzweigten, engbegrenzten
Kluftnetz, bzw. mit Klufthorizonten im Schlier.

Entsprechend den komplexen geologisch-tektonischen Voraussetzungen ergeben sich auch komplizierte hydrogeologische Verhältnisse.

Eine orographische Begrenzung des Quelleinzugsgebietes ist schwierig. So fehlen zum einem im näheren Einzugsgebiet (EZG) der Quellen tiefe Erosionsrinnen, die den Höhenrücken vollständig oder ausreichend tief durchtrennen und die eine hydrographische Begrenzung des Grundwasserkörpers in seiner Längserstreckung bewirken könnten, zum anderen fehlt auch, wie aus den isotopehydrologischen, chemischen und thermodynamischen Analysen hervorging, die Trennung in vertikaler Richtung nach der Tiefe: D.h., die kleinräumigen, oberflächennahen Aquifere in den Älteren Deckenschottern stehen in direkter Verbindung zu den in Poren und

Klüften zirkulierenden Grundwässern der Schlierverwitterungsdecke und dem noch tiefer gelegenen Kluftaquifer im kompakten Schliersockel.

Im Gegensatz zum Porengrundwasserleiter, der bis zu 30 Volumsprozent Wasser beinhalten kann, beschränken sich die effektiven Kluft Hohlräume, die in den räumlich eng begrenzten Zerrüttungs- und Mergelhorizonten anzutreffen sind, auf wenige Prozentanteile vom Gebirgsvolumen.

2. DAS UNTERSUCHUNGSPROGRAMM

Eine Quell- und Brunnenkartierung im potentiellen EZG der für den Wasserverband gefaßten Quellen erfolgte in der Zeit vom 20.4.94 bis 12.8.94.

Im wesentlichen konzentrierten sich die Kartierungsarbeiten auf den morphologisch sich klar abzeichnenden, SW-NE streichenden Höhenrücken zwischen den Oberflächengerinnen Sipbach (nördlich), Gamsbach und Dambach (südlich).

Im Laufe dieser Kartierung wurden 51 Brunnen und Quellen, die zumeist als Einzelwasserversorgungsanlagen verwendet werden, auf der Karte fixiert und, soweit die brunnenspezifischen Daten erhoben werden konnten, im Katasterplan festgehalten. Zuletzt folgten eine oder mehrere Probenahmen, um einen Überblick über den qualitativen Zustand des Grundwassers zu erlangen.

Aus der Quell- und Brunnenaufnahme ging auch hervor, daß in diesem Gebiet die individuelle Trinkwasserversorgung vornehmlich durch die Kluftwässer aus dem Schlieruntergrund gedeckt wird. Nur etwa 20% der registrierten Fassungen beziehen ihr Wasser aus der Schlierüberlagerung, aus den Älteren Deckenschottern.

2.1 Grundwassergefälle, Grundwasserfließrichtung, Quelleinzugsgebiet

Obleich routinemäßig bei jedem Brunnen der Wasserspiegel gemessen worden war, mußte auf die Erstellung eines großräumigen Grundwassergleichenplanes verzichtet werden, da die aufgezeichneten Abstichdaten unterschiedliche Belastungszustände, aber keinen Ruhewasserspiegel wiedergaben.

Auch wenn der Grundwassergleichenplan für den Höhenzug nicht vorgelegt werden kann, so ist doch gewiß, daß entsprechend dem großräumigen hydraulischen Gefälle des Kluftwasserspiegels eine Fließrichtung von SW nach NE besteht.

Im Detail wird in den Älteren Deckenschottern das Grundwassergefälle und die Grundwasserfließrichtung vom Relief der Staueroberkannte (Pechschotter, Schlier) bestimmt. Beim Kluftaquifer im Schlier ist dies weitaus komplexer. Hier spielen der Einfluß der Vorflut, die Groß- und Kleintektonik, selektive Lösungsergebnisse etc., eine Rolle.

Für den Grundwasserkörper in unmittelbarer Nachbarschaft zum Quellbezirk war es möglich, einen Grundwassergleichenplan (Abb. 3) zu erstellen. Das lokale Gefälle des Grundwasserspiegels betrug 1,7 % .

Potentielle Einzugsgebiete der Porengrundwässer

Aus der geologischen Kartierung (Abb. 1) geht hervor, daß großflächige Deckenschotterlagen im Untersuchungsgebiet selten sind. Durch die kurzen Seitentäler der Vorfluter Sipbach und Dambach wurde die einst zusammenhängende Deckenschotter-Großfläche in mehrere Schotterkörper zerlegt. Mit kleinräumiger und lokaler



Grundwasserneubildung („zellenartig“) ist daher im gesamten Untersuchungsgebiet zu rechnen.

Das potentielle Einzugsgebiet der Kluftgrundwässer

Wieder rein geologisch-morphologisch-tektonisch betrachtet, erscheint das Einzugsgebiet der Quellwässer der WVA ausschließlich an jenen langgestreckten Schlierrücken gebunden zu sein, der von NE nach SW streicht, flankiert vom Sipbach im N und NW und dem Dambach im SE und E. Der geologischen Karte entsprechend reicht das orographische Einzugsgebiet in derselben Formation zurück

bis zu den Seitentälern dieser Bäche im Raum Pochendorf. An dieser Stelle kommen nämlich die beiden Erosionsrinnen einander so nahe, daß dadurch der Aquifer mit den Grundwässern aus dem Süden, aus dem Moränenbereich, gleichsam durchtrennt erscheint.

Die Überwindung einer derart weiten Strecke (Pochendorf - WVA) wäre dem Grundwasser aber auch nur dann möglich, wenn ein weitgespanntes, zusammenhängendes Entwässerungssystem bestünde. Tatsächlich dürfte dieses existieren, angelegt und Folge z.B. der bereits erwähnten Großtektonik.

2.2 Hydrochemische Untersuchungen

Einmalige hydrochemische Untersuchungen an den Brunnen- und Quellwässern erfolgten an 43 Orten während der Kartierung, an 21 Stellen wurden Analysen wiederholt.

Ein besonderes Interesse galt jenen Elementen, die als gesundheitsgefährdend gelten und deren Emission entweder durch menschliche Aktivitäten verursacht (z.B. Landwirtschaft), oder durch unsachgemäße Bauten (z.B. undichte Senkgruben) verschuldet wird. Das Interesse galt auch jenen Elementen oder chemischen Verbindungen, die zwar eine Trinkwasserversorgung nicht gefährden, mit deren Hilfe aber womöglich die Zugehörigkeit zu einem spezifischen Grundwasserleiter (aquiferrelevante Kennwerte), ihr Ursprung, die Ausbreitungsrichtung und die Mischvorgänge herausgearbeitet werden können.

Zu ersteren zählen in einem von der Landwirtschaft geprägten Gebiet vorrangig Nitrat, Nitrit, Ammonium und die Rückstände der Pflanzenschutzmittel (Herbizide und Pestizide wurden in der vorliegenden Studie aber nicht einbezogen). Zu letzteren zählen z.B. die Alkali- und Erdalkali-Ionen, die CO₂- Abläufe oder die Umweltsotope.

Während Wässer aus der Schlierformation in ihrer Ionenverteilung häufig eine Sonderstellung einnehmen - gekennzeichnet durch höhere Gehalte an Na, Cl, HCO₃ und niedrigere Ca- und Mg-Werte, aber auch durch erhöhte Fe-, Mn- und Ammonium-Werte - ist dem Piper-Diagramm (Abb. 4) zu entnehmen, daß die Wässer aus dem gesamten Quelleinzugsgebiet, gleich ob sie aus seichter Position (in den Älteren Deckenschottern), oder tiefer im Schlier entnommen wurden, ausnahmslos vom Typ Ca-Mg-HCO₃ sind. Daß es sich dabei um Mischwässer handelt, darüber gibt die Abb. 5 Auskunft.

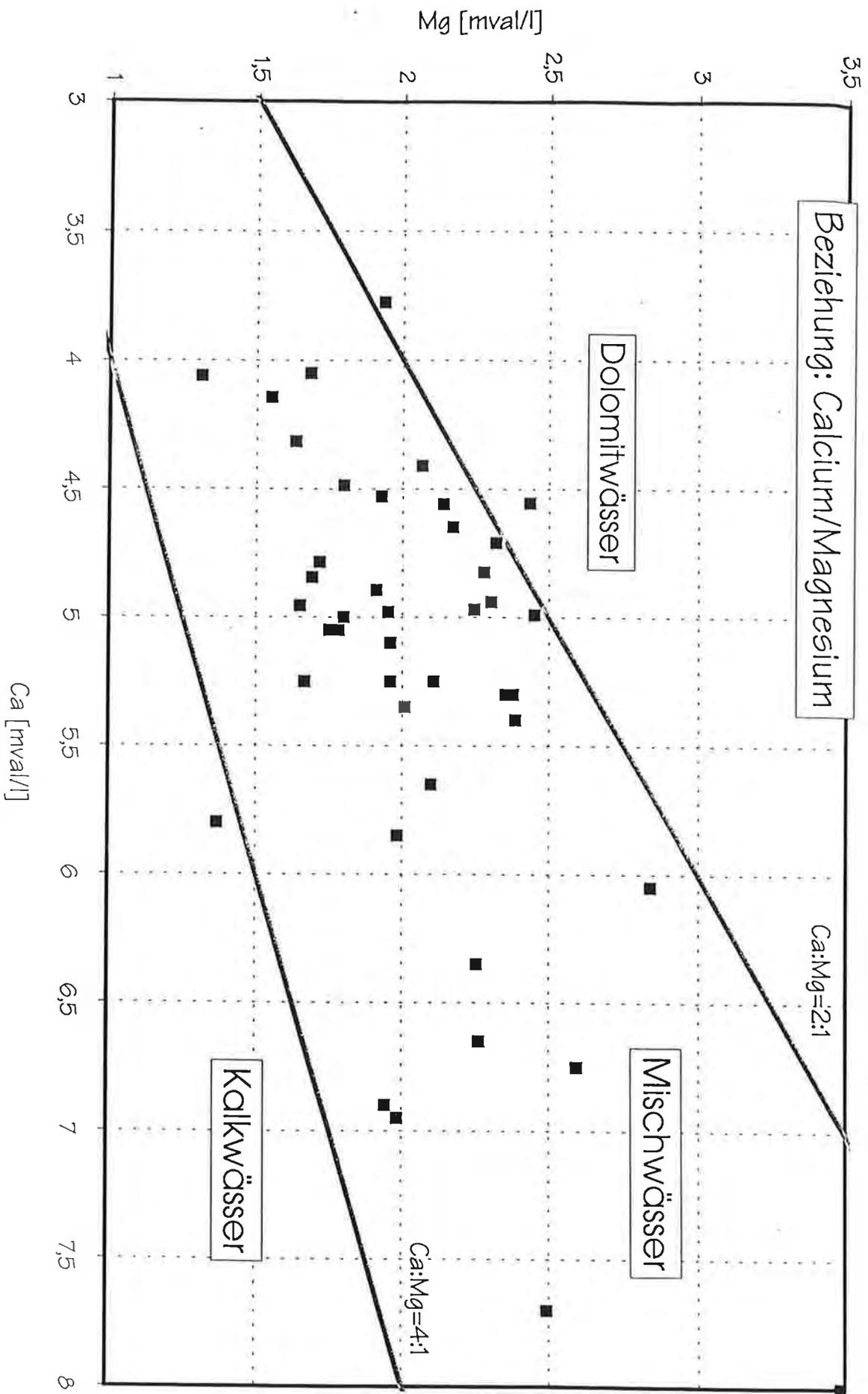
Auch durch die Leitfähigkeitsmeßergebnisse wird bestätigt, daß innerhalb des gesamten Untersuchungsgebietes eine Gliederung in unterschiedliche Grundwasser-Provinzen nicht besteht, mit deren Hilfe z.B. die Abgrenzung des Quelleinzugsgebietes vorgenommen werden könnte.

Dieses Ergebnis hat einen hohen hydrologisch/hydrogeologischen Informationsgehalt. Es wird dahingehend interpretiert, daß sich eigenständige Grundwasserkörper weder in den kleinräumigen Deckenschotterparzellen noch innerhalb des Schlierrückens markant ausgebildet haben, daß die Niederschlagswässer ohne wesentliche Verzögerung tiefer in die Schlierverwitterungsschwarte und weiter in den kompakten Schlier überwechseln können. Somit existieren offensichtlich im Schlierrücken kaum Barrieren zwischen den oberflächennahen potentiellen Aquiferen und den tiefer gelegenen effektiven Grundwasserleitern. Der Höhenrücken bildet eine hydrologische Einheit. Aus diesem Grund werden auch Schadstoffe wie das Nitrat bereits in allen Tiefenbereichen angetroffen (Abb. 10).

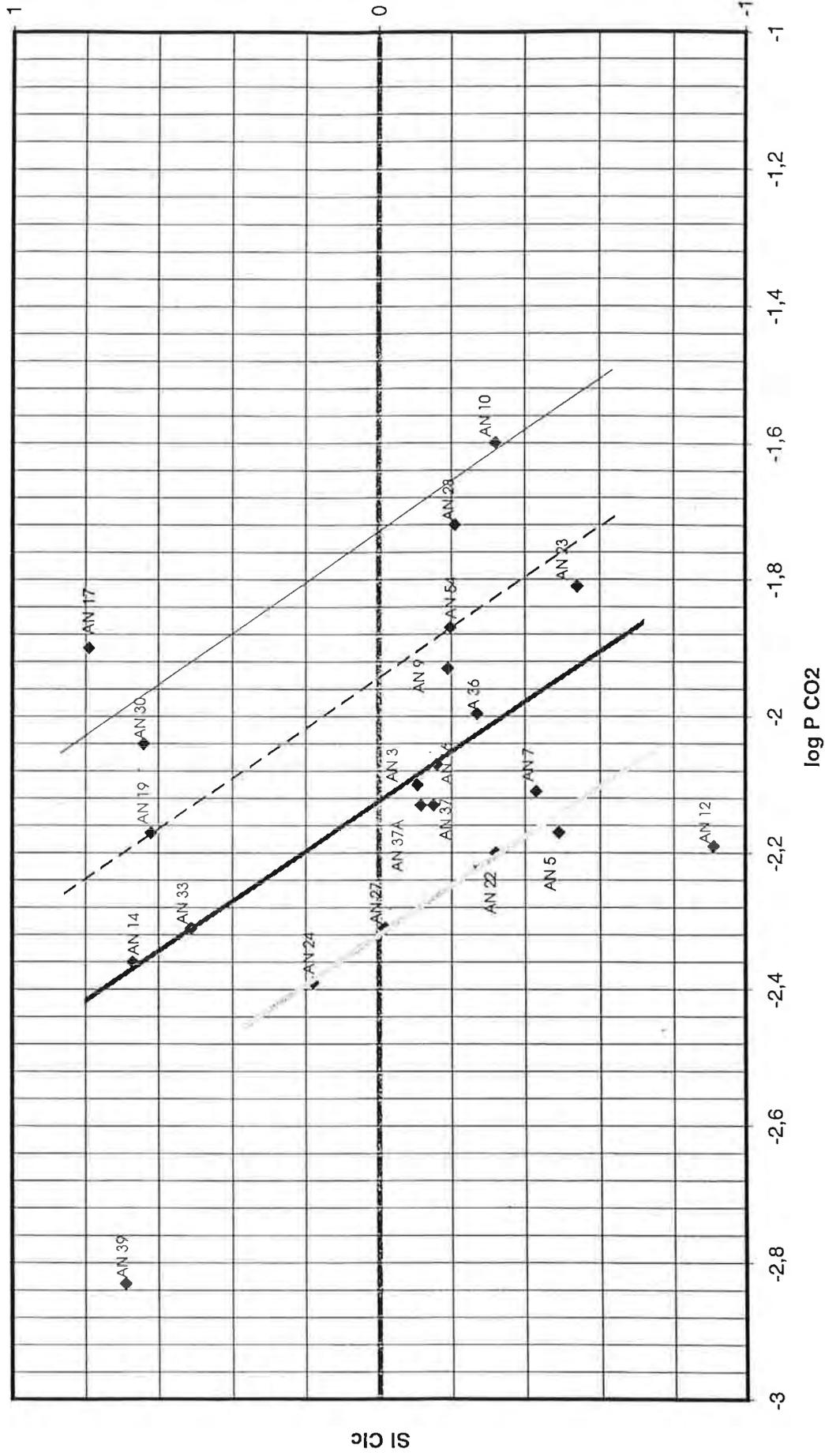
Der Frage, ob steigende Nitratwerte im Grundwasser des Untersuchungsgebietes die Folge einer überhöhten Düngung durch die Landwirtschaft sind, oder ob noch weitere Verursacher dafür in Frage kommen, wurde mit Hilfe der Relation Nitrat zu Chlorid nachgegangen. Dabei wird davon ausgegangen, daß das sehr mobile Chloridion in den häuslichen Abwässern in höheren Konzentrationen anzutreffen ist als im Niederschlagsinfiltrat von gedüngten landwirtschaftlichen Flächen.

Obleich durchwegs eine positive Chlorid- / Nitrat- Beziehung besteht ist aufgrund der bescheidenen Cl-Konzentrationen (8 bis 17 mg/l) davon auszugehen, daß die Stickstoffemission hauptsächlich von der flächenhaften Düngung (inkl. Lufteintrag aus der Industrie) stammt, daß aber auch, wie aus Beobachtungen eindeutig hervorgeht, das unzureichende ländliche Abwassersystem mitschuldig ist.

Die mittlere NO₃-Konzentration im gesamten Untersuchungsgebiet lag im April 1993 bei 26,1 mg/l, im Mai 1994 bei 22,1 mg/l. Die Maximal- und Minimalwerte betragen 82,4 mg/l, bzw. 1 mg/l. Im Nah-Einzugsgebiet der WVA lag der mittlere NO₃-Gehalt



Kalzit-sättigung/CO₂-Partialdruck, Juni 1993



im April 1994 hingegen bei 13,6 mg/l; der Höchstwert bei 43,95 mg/l, der niedrigste Wert bei 1,13 mg/l.

Ammonium: Da ionenausgetauschte, an Natrium reiche Schlierwässer im Untersuchungsgebiet nicht vorkommen (es gibt lediglich Anzeichen dafür), die Wässer auch nicht sehr alt sind, ist der geogene Ursprung der Ammoniumbelastung im Grundwasser auszuschließen. Einzelwerte bis zu 0,55 mg/l werden daher auf anthropogene Aktivitäten zurückgeführt.

Nitrit wurde nur in 5 Fällen nachgewiesen, mit einem Maximalwert von 0,24 mg/l.

Neben der Möglichkeit ein Quell-EZG mit Hilfe chemischer Grundwasserprovinzen abzustecken, kann dies zuweilen auch durch die Analyse der thermodynamischen Verhältnisse, der Calcitsättigung und des CO₂-Partialdruckes (p(CO₂)) des Grundwassers, geschehen.

Erfahrungsgemäß besteht zwischen der Calcit- bzw. Dolomitsättigung eines Grundwassers und dem CO₂-Partialdruck ein streng linearer Zusammenhang, wobei die Steigungen der Ausgleichsgeraden durchwegs mehr oder weniger ident sind.

Die Lage der Ausgleichsgeraden kann allerdings variieren und ist quellspezifisch. Sie ist abhängig von der CO₂-Zufuhr bzw. einer möglichen Entgasung des Wassers.

Bemerkenswert ist im vorliegenden Projekt die Tatsache, daß die Wässer des Brunnen An 14, 16 an derselben Ausgleichsgeraden liegen (Abb.6), wie die Quellwässer um die WVA (An 33, 37/37A und An36).

Bemerkenswert ist aber auch, daß die Position von An 33 und An14, CO₂-Mangel bzw. Ausgasung anzeigt, was vor allem in einem „offenen“ Kluftsystem zu erwarten ist. Die Position von An36, An37/37A hingegen besagt, daß die Wässer auf dem Weg zu den gefaßten Quellen der Wasserversorgungsanlage noch reichlich CO₂ führen, was in der Regel nur in einem geschlossenen System erfolgen kann, in dem Klüfte zurücktreten bzw. in dem diese gut abgeschirmt sind.

Diese Informationen führen zu der Schlußfolgerung, daß zu den Quellen des Quellhorizontes rund um die WVA unterschiedliche Fließwege führen.

Doch noch weitere Folgerungen ergaben sich aus der SiCalcit / log [p (CO₂)]-Beziehung: An derselben Ausgleichsgeraden, jedoch in eindeutig unterschiedlicher Position (ungesättigter oder gesättigter Bereich) liegen beieinander die Wässer AN33/AN14 einerseits und AN36,37,37A (WVA)/An16 andererseits. Zieht man in diese Feststellung die geographische, morphologische Lage der Beprobungsstellen sowie die Oberflächenstruktur des Höhenrückens hinzu, so beginnt daraus sich der Grenzverlauf bzw. die südlichste Grenze für das engere Quelleinzugsgebiet im Bereich Rathmayer abzuzeichnen.

Aber auch aus geologisch/hydrogeologischen Überlegungen spricht folgende Tatsache vehement für diese Grenzziehung: Die in den Bohrungen nahe der WVA angetroffenen effektiven Klufthorizonte befinden sich in ca.30 bis 34m Tiefe. Verfolgt man diese mit einem Gefälle von 1,7 % parallel zum Sipbach nach SW, so werden sie erst durch die markante Erosionsrinne beim Gehöft Rathmayer gekappt. Eine Fortführung der Wasserwege nach SW ist anschließend nur noch unter dem Bereich des Guglberges, allerdings in einer wesentlich höheren Position, möglich.

Damit läßt sich ein Gebiet abstecken, das als das engere Quelleinzugsgebiet bezeichnet werden sollte.

Da parallel zu den thermodynamischen Ausgleichsgeraden AN14, AN33 - AN16, WVA noch weitere verlaufen, auf denen Brunnen liegen, die sich sowohl weiter

südwestlich als auch auf Höhe der Brunnen AN16 befinden, ist die Vorstellung eines über diese Grenzen hinaus reichenden unterirdischen Entwässerungssystems durchaus realistisch.

Die eben angestellten Überlegungen und Schlüsse werden auch durch die Beziehung Ca/Mg zu Entfernung von der Wasserversorgungsanlage bestärkt (Abb. 7). Aus dieser Abbildung gehen ebenfalls primäre Verbindungen zwischen dem Quellbezirk/ WVA und einzelnen Brunnen bzw. zwischen den verschiedenen Brunnen untereinander hervor. Die strichlierten Linien signalisieren die Querverbindungen des unterirdischen Entwässerungssystems.

Geologie, Tektonik, Morphologie, Hydrographie, Hydrochemie, Bohrlochphysik, Isotopenhydrologie und vor allem die Wasserbilanz führen daher zum zwingenden Schluß, daß es außer diesem engeren EZG auch noch ein erweitertes Quelleinzugsgebiet geben muß. Speziell die Höhe des unterirdischen Gesamtabflusses (Au), die Chemiewerte und die Isotopendaten signalisieren das.

Das engere EZG erstreckt sich somit vom Gehöft Sipbach im NE bis auf die Höhe der Gehöfte Rathmayer und Weingartner (Lindach) im SW, und wird nördlich durch das Tal des Sipbaches, südlich durch das Gamstal begrenzt.

Das erweiterte EZG dehnt sich noch weiter nach SW, etwa bis auf die Höhe der Grabmairsiedlung oder gar noch weiter bis nach Pochendorf aus; diesmal im Osten vom Dambach begrenzt.

Die Hydrochemie im Quellbezirk der WVA

Für die qualitative/hygienische Beurteilung der Quellen im Quellbezirk, für die Fragen über Zuflußrichtung, über Gemeinsamkeiten, Verbindungen, Mischung unterschiedlicher Grundwässer, etc., wurden Relationen zwischen den diversen chemischen Elementen gebildet oder die Ganglinien der Haupt-Kationen und Anionen verglichen. Bei letzteren fiel auf, daß die Konzentrationsschwankungen zumeist innerhalb der Standardabweichung liegen.

Von Interesse ist der bei allen Quellen zu beobachtende überproportionale Anstieg der Leitfähigkeit und des NO₃-Gehaltes im April 94 (Abb.8). Aufgrund dessen stellt sich die Frage, entstand die Konzentrationsveränderung durch die Zumischung von Fremdwässern als Folge der zuvor niedergegangenen Niederschläge? Damit wäre eine rasche Verbindung von der Oberfläche zu den Zuflüssen der Quellen und der WVA gegeben und es bestünde ein dementsprechend hohes Gefahrenpotential.

Eine Klärung ging allein von der Isotopenanalyse aus; vom Tritiumgehalt und vom Tritiumgang: Da die H-3-Werte konstant blieben, während der Wasserspiegel und die Mineralisation des Wassers anstiegen (Abb.8), kann geschlossen werden, daß es durch die Infiltration der Niederschläge zu einem Druckanstieg in der phreatischen Zone kam, der den Wasserspiegel ansteigen ließ. Hierbei kam es sowohl zur Auswaschung von Nitrat aus der vadosen Zone, als auch zur Mobilisierung von leicht ionenausgetauschten, alten Wässern in den feinen Klüften des Schliersokkels. Über das großlumige Kluftsystem wurden diese Wässer rasch zu den Quellen geleitet. So rasch (eine maximale Geschwindigkeit von 276m/d wurde nachgewiesen), daß dabei auch eine CO₂-Ausgasung stattfindet (angezeigt durch die Calcit-Untersättigung bei An33).

2.3 Die Isotopenzusammensetzung der Grundwässer

Aus der Isotopenzusammensetzung der Grundwässer wurden Informationen über Herkunft und Alter erwartet, aber auch Hinweise über abgelaufene Mischvorgänge von unterschiedlichen Wässern.

Analysiert wurden insgesamt 67 Proben aus 27 Entnahmestellen auf die Isotope Tritium und Sauerstoff-18; Einzelproben wie auch Probenserien.

Tritiumwerte der Wässer im gesamten Untersuchungsgebiet

Im engeren und erweiterten Einzugsgebiet des Quellhorizontes lagen die Tritiumwerte vom April 93 bis April 94 zwischen 16,2 und 59,5 T.E., wobei es keine Unterschiede zwischen den Wässern im engeren und erweiterten EZG gab.

Daraus kann abgeleitet werden, daß bei allen Grundwässern ein direkter Einfluß rezenter Niederschläge vorliegt, aber auch, daß alle analysierten Wässer eine respektable Verweilzeit im Untergrund hinter sich haben.

Aus den Serienanalysen wiederum geht hervor, daß einzelne Probenstellen über das Jahr kaum H-3-Schwankungen zeigen, andere wieder deutliche. Ohne Modellrechnungen wäre man versucht, diese Schwankungen auf die Zumischung von jüngeren Wässern zurückzuführen. Tatsächlich kommt es aber zur Mischung mit noch älteren Komponenten aus dem Schlierkern!

Die Berechnung der mittleren Verweilzeiten ("Grundwasseralter") und der Prozentanteile der Mischungskomponenten von unterschiedlich alten Wässern erfolgte mit Hilfe verschiedener Modelle, wobei sich letzten Endes das Infiltrationsmodell (Richter, 1995) als das Modell entpuppte, das die unterirdische Entwässerung im Schlierrücken zwischen Sipbach, Gamsbach und Dambach am besten nachvollziehen konnte.

Den Berechnungen zufolge, bei denen durchwegs die Outputwerte (von Brunnen, Quellen) in ausgezeichneter Deckung mit den Inputwerten (Niederschlagswerte) lagen, haben die Wässer folgende Verweilzeiten und Mischkomponenten :

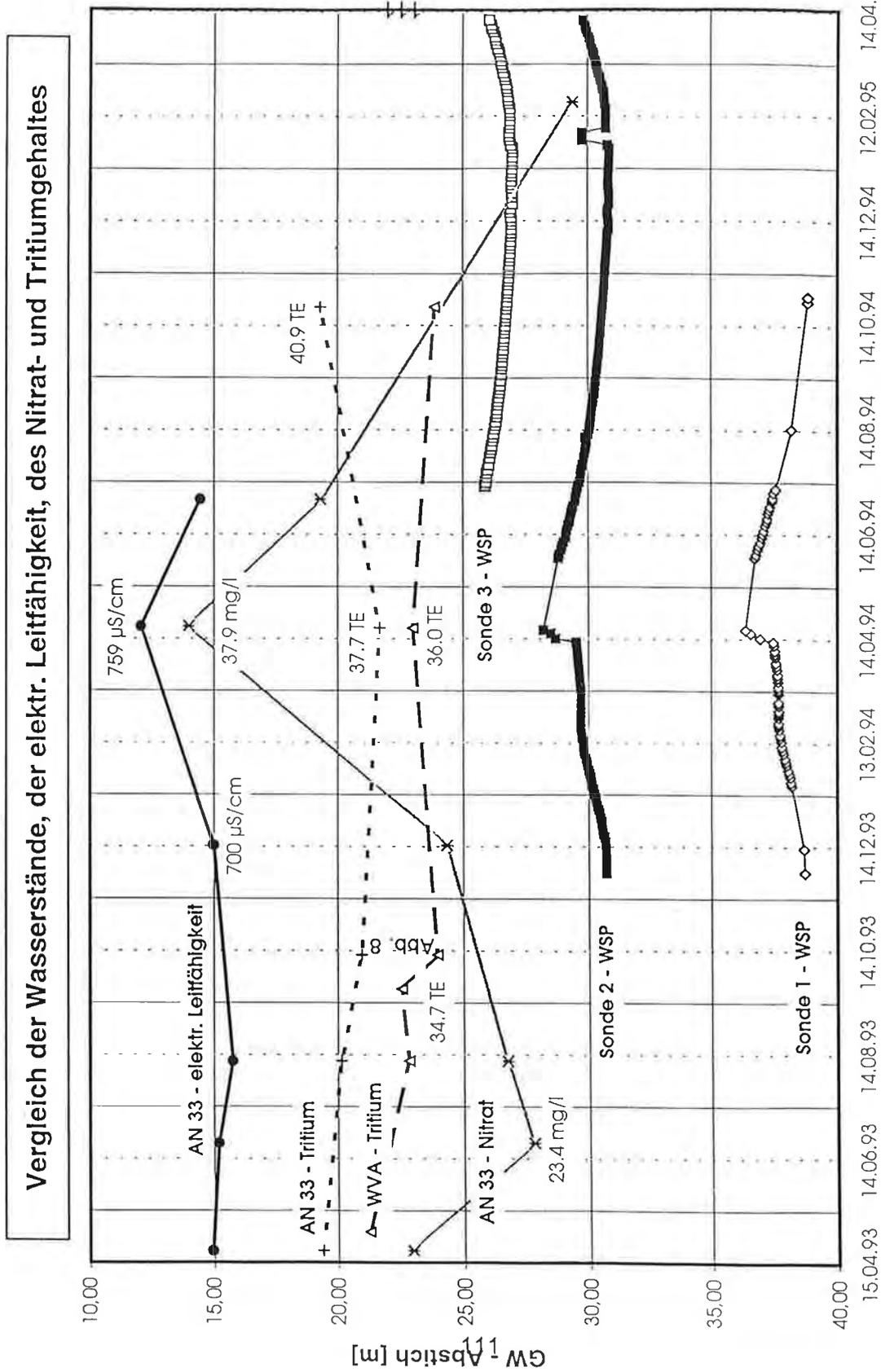
Im engeren EZG (AN 3, 5, 7, 9, 10, 12, 14, 16, 17, 33, 36, 37, 37A, 54) :

• Verweilzeit und Anteile :	
24 bis 28 Jahre beteiligt mit	20 bis 40 %
15 Jahre	25 bis 25%
9 Jahre	30 bis 15%
5 Jahre	20 bis 12%
1 Jahre	5 bis 3%

Derartige Mischwässer sind aber auch im erweiterten EZG zu finden, denn die Einzel- und Serienwerte entsprechen denen des engeren EZG.

Daraus wird abgeleitet, daß im gesamten EZG eine Grundwassererneuerung und auch ein Grundwasserabfluß stattfindet. Ein durchgehend geschlossenes System (Voraussetzung für das Piston Flow Modell) liegt nicht vor, da in diesem Falle eine stetige Alterszunahme von SW nach NE bestehen müßte. Die Isotopenzusammensetzung der Wässer vom Quellbezirk Köttzdorf am Ende des Höhenrückens entspricht jedoch der vom wesentlich südlicher gelegenen Quellbezirk der WVA.

Abb8.xls, ABB 8



Sauerstoff-18-Werte

Zu obigen Urteil gelangt man auch bei Betrachtung der Sauerstoff-18-Werte. Mit Ausnahme von einigen wenigen Proben liegen die δ O-18-Werte im gesamten Untersuchungsgebiet, gleich ob oberflächennah oder in der Tiefe, zwischen -10,30 und -10,44 ‰, bei einem Mittelwert von -10,36 ‰; Die wenigen "Ausreißer" sind interessanter Weise bei jenen Brunnen zu finden, die auch hohe Nitratwerte besitzen (Anzeichen von Abwasser = Fremdwasser ?).

Die Isotopenzusammensetzung der Wässer bestätigt erneut das, worauf bereits die hydrochemischen Analysenergebnisse hingewiesen haben: Im gesamten Untersuchungsgebiet überwiegt die Verbindung zwischen den oberflächennahen Grundwasserleitern und den tiefer gelegenen Aquiferen. Eine Altersschichtung mit der Tiefe gibt es nicht bzw. kaum, das Fehlen von Barrieren wird bestätigt, die Schadstoffe können bis in die Tiefe des Schlieraquifers eindringen.

Auch die Korrelation Nitrat = Schadstoffbelastung zu Tritium = Verweilzeit, trägt zu dieser Meinungsbildung bei. Aus Pilotstudien war bekannt, daß alte Wässer (zumeist kommen diese auch in größeren Tiefen vor) wesentlich weniger Nitrat führen als oberflächennahe. Im vorliegenden Untersuchungsgebiet besteht diese Beziehung aber nur vereinzelt.

Die Isotopenzusammensetzung der Quellwässer im Bereich der WVA

Die Tritiumwerte der Quellen im Quellbezirk (AN 33, 36, 37, 37A, 54) unterscheiden sich nur geringfügig; die Mittelwerte liegen zw. 35,4 u. 39,6 TE.

Gleichbleibende Tritiumwerte zu allen Jahreszeiten zeigt an, daß die Deckschichten im Bereich des Quellaustrittes eine Infiltration weitgehend abhalten (Schutzfunktion) und daß die Wässer einem großen Reservoir entstammen (letzteres besonders dann, wenn die Wässer eine lange Verweilzeit haben und die Quelle eine hohe Schüttung besitzt).

Die δ O-18-Werte der Quellaustritte ergeben ähnliches. Die Absolutwerte aller Austritte im Quellbezirk sind praktisch ident (Meßfehlerbereich: $\pm 0,1\%$). Ident bedeutet für die Isotopenhydrologie: Die Quellwässer kommen aus demselben (zumindest gleich hohen) Einzugsgebiet; die Grundwassererneuerung erfolgt zur selben Jahreszeit und der Infiltrationsanteil ist ähnlich hoch.

Relative Schwankungen existieren im O-18-Jahresgang aller Quellen(..doch hier nicht aufgrund von Junginfiltration, sondern wegen der Zumischung von Wässern unterschiedlichen Alters).

Die O-18-Ganglinien verlaufen zwar ähnlich wie beim Bach, doch sind die Schwankungen der Quellen weitaus geringer. Daß die beiden Systeme parallele Konzentrationsabläufe besitzen ist nicht verwunderlich, bezieht doch der Bach zu Trockenzeiten seinen Abfluß aus Grundwasserzutritten.

Aus isotopehydrologischer Sicht gehören die 5 Quellen im Bereich der WVA einer hydrologischen Einheit an, mit identem Einzugsgebiet und einer mittleren Verweilzeit der Wässer zwischen 24 und 28 Jahren.

3. OBERFLÄCHENGEOPHYSIK

Zur Ortung eng begrenzter Kluftbahnen mit hoher Durchlässigkeit, im Gegensatz zum mehrheitlich schluffig-tonigen Umgebungsmaterial mit weit geringerer Leitfähigkeit, wurde im Nahbereich der Quellaustritte und der WVA die Slingram Methode eingesetzt.

Es ist dies eine geoelektrische Methode, die mittels künstlicher elektromagnetischer Felder Informationen über den spezifischen elektrischen Widerstand des Untergrundes liefert.

Zweck der Messungen war es, potentielle GW-Leiter aufzuspüren, um Bohrungen exakt über diesen für die abschließenden Markierungsversuche abzuteufen.

Tatsächlich gelang es längs von Profilen immer wieder eng begrenzte Bereiche zu orten, die entsprechend ihrer geringen spezifischen Leitfähigkeit als potentielle Grundwasserleiter interpretiert wurden. An drei dieser Stellen wurden Sonden errichtet (Bo. 1, 2, 3).

Zusammenfassend ist zu bemerken, daß diese Methode

- a) im schluffig-tonigen Material des Innviertler Schliers durchaus zu Resultaten führt;
- b) eng begrenzte potentielle Grundwasserleiter aufdecken kann, sofern deren Mächtigkeit nicht zu gering ist gegenüber der tonig-schluffigen Deckschichte.

4. BOHRUNGEN

Die drei Sonden (Bo. 1, 2, 3), wurden im Rotary-Rotationsverfahren ohne Kerngewinn, mit einem Bohrdurchmesser von 190mm, abgeteuft. Als Spülmittel wurde reines Wasser ohne Bindemittelzusatz verwendet.

Die Endteufen ab GOK betragen : Bohrung 1 = 42,50m; Bohrung 2 = 39m; Bohrung 3 = 33m.

Der Ausbau als Grundwasserbeobachtungs- und Tracerinjektionssonde erfolgte in folgender Art: verzinktes Stahlvollrohr von +0,5m über GOK bis -18m Tiefe; darunter, unverroht im standfesten Schlier.

5. BOHRLOCHGEOPHYSIK

Da aus keiner der Bohraufzeichnungen und -Profile hervorging, in welchem Teufenabschnitt mit einer Grundwasserdynamik zu rechnen ist, wurde in allen drei Bohrungen eine Flügelradmessung vorgenommen. Für ihre Durchführung gab es drei Gründe:

1. Für die Injektion des Tracers zum abschließenden kombinierten Markierungsversuch mußte die Tiefenposition des effektiven Grundwasserleiters exakt bekannt sein. Nur dann war der ungehinderte Abzug des Tracers und mit ihm der Ausgang des Markierungsversuches gewährleistet;

2. Für die Interpretation der hydrologisch/hydrogeologischen Verhältnisse sollte die Mächtigkeit des effektiven Aquifers bekannt sein;
3. Unter Zuhilfenahme von Pumprate, Absenkung und Mächtigkeit des effektiven GW-Leiters ist es möglich die horizontale Durchlässigkeit (Gebirgsdurchlässigkeit) bzw. Transmissivität des Aquifers zu bestimmen.

6. DIE SPEZIFISCHEN KENNWERTE DES AQUIFERS, DES GRUNDWASSERKÖRPERS UND DES GEBIRGES

Sowohl die in den Bohrungen 2 u. 3 erfolgreich durchgeführten bohrlochphysikalischen Messungen und Kurzpumpversuche als auch die bodenmechanisch-mineralogischen Untersuchungen von Proben aus dem Ottnanger Schlier im Rahmen des Forschungsprojektes "Die Eignung des Schlier als Deponieunterlage" (1989), ergaben die für den Schlieraquifer relevanten Parameter:

1) Im Bereich der Bohrung 2 :

- * Grundwasser strömt im Teufenabschnitt zwischen 32m und 34m unter ROK, d.h. ca. 2,5m unterhalb des Wasserspiegels, (leicht gespannt),
- * Mächtigkeit des effektiven GW-Leiters: 2 Meter;
- * mittl. **horizontale** Durchlässigkeit des **GW-Leiters** : $K = 3,5 \cdot 10^{-4}$ m/s,
- * maximale Durchlässigkeit im GW-Leiter : $K_{\max} = 4,6 \cdot 10^{-3}$ m/s,
- * eine Transmissivität des GW-Leiters von : $T = 7 \cdot 10^{-4}$ m²/s,
- * die errechnete Filtergeschwindigkeit im GW-Leiter (obgleich nicht korrekt, da diese eigentlich nur im Porenaquifer existent ist):
 $v_f = 10^{-5}$ bis 10^{-6} m/s

2) Im Bereich der Bohrung 3 :

- * Grundwasser strömt im Teufenabschnitt zwischen 30m und 31m unter ROK, d.h. ca. 3,5m unterhalb des Wasserspiegels, (leicht gespannt),
- * Mächtigkeit des effektiven GW-Leiters: rund 1 Meter,
- * mittl. **horizontale** Durchlässigkeit des **GW-Leiters** : $K = 10^{-2}$ bis 10^{-3} m/s,
- * maximale Durchlässigkeit im GW-Leiter : $K_{\max} = 5 \cdot 10^{-2}$ m/s,
- * eine Transmissivität des GW-Leiters von : $T = \text{ca. } 5 \cdot 10^{-3}$ m²/s,
- * die errechnete Filtergeschwindigkeit im GW-Leiter von: $v_f = 10^{-3}$ bis 10^{-4} m/s.

3) Faziespezifische **vertikale Gebirgsdurchlässigkeit** im Ottnanger Schlier (exkl. GW-Leiter) :

$$K = \text{von } 1 \cdot 10^{-9} \text{ bis } 9 \cdot 10^{-11} \text{ m/s}$$

4) **Gesamtdurchlässigkeit** der phreatischen und vadosen Zone (vertikal und horizontal) :

$$K = \text{von } 1 \cdot 10^{-6} \text{ bis } 1 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$$

5) Grundwassergefälle im Bereich der Bohrungen 1, 2, 3

$$I = 1,7 \%$$

Die Langzeitmessungen des Wasserstandes in diesen 3 Bohrungen ergaben:

- * Durch die Bohrungen wurde Grundwasser erschlossen, das demselben weitverzweigten Aquiferverband (Poren- u. Kluftaquifer), mit sehr unterschiedlicher Durchlässigkeit und komplexem Entwässerungssystem angehört (begründet durch die in Zeit und Ausmaß völlig identen Druckwasserspiegelschwankungen, Abb.8);
- * Obgleich die Entwässerungssysteme im Bereich der einzelnen Bohrungen in ihrer Durchlässigkeit sehr unterschiedlich sind, erfolgen die Auswirkungen der GW-Alimentation zeitgleich
- * Die Grundwassererneuerung scheint sich vor allem (wahrscheinlich ausschließlich) in den Winter- und Frühjahrsmonaten abzuspielen.

7. KOMBINIERTE MARKIERUNGSVERSUCHE, BESTIMMUNG DER GRUNDWASSERABSTANDSGESCHWINDIGKEIT

Die Grundwasserfließgeschwindigkeit ist eine hydrologisch wichtige Größe, deren Kenntnis insbesondere bei der Abgrenzung von Grundwasserschutzzonen eine Voraussetzung ist und die in den vergangenen Jahren ausschließlich zur Abgrenzung herangezogen wurde.

In unserem Falle wurden mehrere kombinierte Markierungsversuche durchgeführt, um damit die Abstandsgeschwindigkeit bestimmen zu können. Da während dieser Tracerversuche die Brunnenanlage durchgehend an das Verbrauchernetz lieferte, demnach ein sichtbarer Tracerdurchgang im Versorgernetz keinesfalls erfolgen durfte, mußte zunächst die geringst mögliche Tracermenge injiziert werden.

Die wesentlichste Voraussetzung, einen Markierungsversuch in Lockersedimenten wie auch in Sedimentgesteinen durchführen zu können, sind Bohrungen. Erst mit ihrer Hilfe besteht die Möglichkeit das Grundwasser zu erreichen, den Markierungsstoff (Tracer) direkt in das Grundwasser einzuspeisen und so einen positiven Ausgang des Versuches herbeizuführen. Würde der Tracer auf der Oberfläche oder auch in ein Baggerloch injiziert werden, so müßte mit einem zu hohen Sorptionsverlust in der ungesättigten Zone gerechnet werden; die Erfolgsaussichten wären minimal bzw. Null.

7.1 Vergleich der Grundwasserabstandsgeschwindigkeiten im quellnahen und quellfernen Bereich

Einen Vergleich der Grundwasserfließgeschwindigkeiten in der Auflockerungs-/Kluftzone des Schlierrückens , bestimmt mit Hilfe der Markierungsversuche in Phase 1 (im Nahbereich der WVA) und Phase 2 (430m entfernt von der WVA), ermöglicht die folgende Aufzeichnung:

Tab.1

Meßstelle	Entfernung von der Injektionsbohrung	V _a max (m/h)	V _a mittel (m/h)	Einspeisung von der WVA entfernt
WVA (An37)	115 m		5 - 7,5	nah
Teich-Qu. (An33)	140 m	11,5	5,6	nah
WVA	430 m	6,3	0,9	fern
Brunnen Grill	210 m	3,2	0,6	fem

Dieser Zusammenstellung zufolge steht einer mittleren Geschwindigkeit von 5 bis 7,5m/h im Nahbereich der Quellaustritte eine solche von 0,6 bis 0,9 m/h in entfernteren Bereichen gegenüber. Also fast um eine Größenordnung. Nicht so hoch sind die Unterschiede bei den Maximalgeschwindigkeiten: Im Nahbereich 11,5 m/h, entfernter 3,2 bis 6,3 m/h.

7.2 Zusammenfassung der Ergebnisse aus den Markierungsversuchen

Mit Hilfe der Markierungsversuche im quellnahen (115 - 140m Entfernung) und quellfernen Bereich (430 - 210m) südlich und südwestlich der WVA, konnten folgende, für die Grenzziehung der Trinkwasserschutzzone (Zone II) wesentlichen Ergebnisse abgeleitet werden.

*** Die dominierende Grundwasserfließrichtung:**

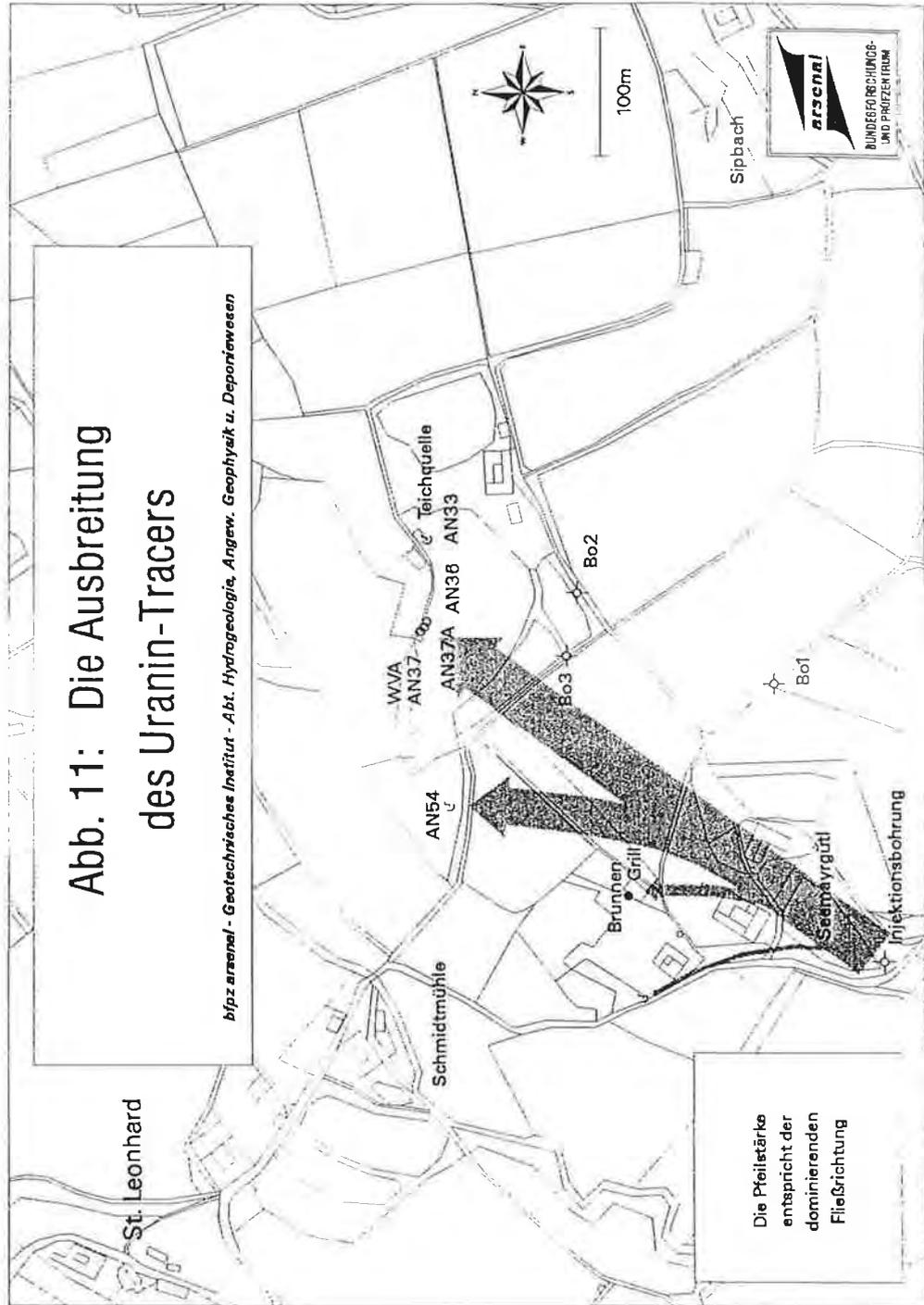
Im Randbereich des Schlierrückens fließt das Grundwasser bevorzugt talparallel zum Sipbach (Abb. 11), Richtung NE. Nicht der Morphologie oder dem höheren Gefälle entsprechend nach Norden, dem direkten Weg nach zum Vorfluter Sipbach, bzw. zum nächstgelegenen Quellaustritt.

Diese dominierende Fließrichtung wurde abgeleitet aus dem Vergleich der Tracer-Durchgangszeiten in den Probennahmestellen, sowie aus der wiederausgetretenen Tracermenge.

*** Die Grundwasserfließgeschwindigkeiten (Tab.1) :**

Aufgrund der in Phase 1 nachgewiesenen Fließrichtungen und Abstandsgeschwindigkeiten im Nahbereich der WVA wurde die Erkenntnis gewonnen, daß das Grundwasser in parallel zum Schlierrückenrand verlaufenden schmalen Bahnen (=Auflockerungs-/Kluftzone) weitaus schneller fließt, als normal zu diesen.

Zudem wurde herausgefunden, daß die Geschwindigkeiten im Nahbereich der Quellaustritte höher sind, speziell wenn hier gepumpt wird, als weiter entfernt von diesen.



**Abb. 11: Die Ausbreitung
des Uranin-Tracers**

bfpz arsenal - Geotechnisches Institut - Abt. Hydrogeologie, Angew. Geophysik u. Deponiewesen

Die Pfeilstärke
entspricht der
dominierenden
Fließrichtung

das gesamte erweiterte EZG dem Ressourcenschutz (Wasser als Lagerstätte, allgemeiner Grundwasserschutz) unterliegen.

Welche aquiferbedingten Einflußgrößen können aus den komplexen Untersuchungen im nahen und weiteren Bereich der Wasserversorgungsanlage für die Einschätzung des Vulnerabilitätsgrades herangezogen werden ?

Als positiv einzustufende Faktoren, die die Schutzwirkung erhöhen und das Gefahrenpotential für den Aquifer verringern :

1. Mächtige Deckschicht über dem Grundwasserkörper , ca. 15 bis 25m;
2. Niedrige vertikale Gebirgsdurchlässigkeit im Schlier , $K = 10^{-9}$ bis 10^{-11} m/s;
3. Niedrige Gesamtdurchlässigkeit (vertikal und horizontal) der phreatischen und vadosen Zone, $K = 10^{-6}$ bis 10^{-8} m/s;
4. Grundwasserbewegung überwiegend entlang enger Klüfte und Schichtflächen ; hohes Filtervermögen
5. Sedimente und Sedimentgesteine mit hohem Gehalt an Tonmineralen (gute Sorptionseigenschaften);
6. Relativ hoher Kalkgehalt (Pufferwirkung);
7. Langsames Fließen innerhalb der engen Klüfte und schmalen Sandstege;
8. Lange mittlere Verweilzeit der Grundwässer im Hauptteil des Schlierückens;
9. Lage der seitlich eng begrenzten, hochdurchlässigen Kluft-/Auflockerungsbahnen ist bekannt;

Als negativ einzustufende Faktoren, die das Gefahrenpotential erhöhen :

1. Weitreichendes, in seiner Breite und Höhe eng begrenztes Kluft-/Auflockerungssystem, welches hochdurchlässig ist (geringe Filterwirkung);
2. hohe Fließgeschwindigkeit innerhalb dieser Zone;
3. Wirtschafts- und Wohngebäude ohne Anschluß an ein öffentliches Abwasserentsorgungssystem;
4. Dichtheit der bestehende Senkgruben ist fraglich, Senkgruben befinden sich in der Deckschichte.

8.1 Gliederungskonzept

Folgt man den Gedanken des integrierten Schutzprogrammes mit einer zonalen Gliederung und einem Gefahrenmanagement, so ergibt sich aus der Auflistung der positiven und negativen Fakten, und zwar jener des Aquifers wie auch der infrastrukturellen und wirtschaftlichen Gegebenheiten der Schluß, daß das Gefahrenpotential für die Vulnerabilität des zu untersuchenden Schlieraquifers im allgemeinen als niedrig einzustufen ist. Davon ausgenommen sind jedoch jene Bereiche, durch die die hochdurchlässige Kluft-/Auflockerungszone verläuft, von der WVA hangparallel Richtung SW. Die Kriterien für die Untergliederung richten sich zudem auch nach dem Anwendungsziel, ob allgemeiner Grundwasserschutz (Ressourcenschutz) im gesamten Einzugsgebiet der Wässer die zur WVA fließen, oder ob Einzelschutz für ein Trinkwassergewinnungsgebiet.

Die Ergebnisse der Tracerversuche machen es möglich, selbst innerhalb dieser "Gefahrenzone" bezüglich Trinkwasserschutz nochmals zu gliedern. Fest steht, daß

GW-Geschwindigkeiten von etwa 6 m/h im Nahbereich der WVA, solchen von ca. 0,6m/h im Fernbereich gegenüberstehen und die wiederum mittleren Geschwindigkeiten von 0,9 m/h über die gesamte Distanz. Mit Hilfe dieser Werte konnte näherungsweise berechnet werden, daß mit der hohen Geschwindigkeit bis rund 160m von der WVA zu rechnen ist. Ab dieser Entfernung verlangsamt sich die Fließbewegung.

Das daraus entwickelte Gliederungskonzept für das Trinkwasserschutzgebiet (Zone II) sah für den Nahbereich der WVA eine Schutzgebiets-Kernzone (Westgrenze ist 160m von der WVA entfernt) und eine Schutzgebiets-Randzone (äußerste Westgrenze ist 870m von der WVA entfernt) vor (Abb.12). Dieses Schutzgebiet kann innerhalb des engeren EZG deshalb so stark reduziert werden, weil das Gefahrenpotential für den Aquifer aufgrund der zuvor angeführten Faktoren, der Siedlungsstruktur, der morphologischen Gegebenheiten und aufgrund des ortsspezifischen Entwässerungssystems stark herabgesetzt ist.

Somit sollte die Schutzzone nur auf jenen Bereich beschränkt werden, innerhalb dessen tatsächlich ein erhöhtes Gefahrenpotential besteht (Abb. 12).

8.2 Gefahrenmanagement

Um den Schutz des Trinkwassers für die WVA qualitativ wie quantitativ zu gewährleisten, wurde innerhalb der einzelnen Zonen (Trinkwasserschutzgebiet mit Schutzgebiets-Kernzone (Zone IIa) und Schutzgebiets-Randzone (Zone IIb), engeres EZG und erweitertes EZG) ein speziell abgestimmtes Gefahrenmanagement vorgeschlagen.

Ausgehend vom natürlichen Schutzpotential (Aquiferkennwerte) einerseits und vom anthropogenen Gefahrenpotential (vorwiegend aus Landwirtschaft, Streusiedlung und Verkehr) andererseits, steht die Duldung, Einschränkung oder der Verzicht bestimmter Aktivitäten zur Diskussion:

Abb. 12:

Vorschlag für das Trinkwasserschutzgebiet
der Wasserversorgungsanlage
innerhalb des engeren Einzugsgebietes



■ Schutzgebiete-Kernzone (Zone IIa)

■ Schutzgebiete-Randzone (Zone IIb)

■ Engeres Einzugsgebiet der kurz bis mittelfristig verfügbaren Grundwässer (Kernzone des Schongebietes)

■ Wald

▨ Zone der bevorzugten Wasserwegigkeit (Kluft-/Auflockerungszone)

⊕ Quelle

● Brunnen



GRUBER
INGENIEURBÜRO
UND ARCHITECTUR

Österreichische Institut
Abfallung Hydrologie, Angewandte Geophysik
und Depositionen

Heidweggasse 5, 1040 Wien
Tel: +43 (0) 1 79 47 186, 184, 184, 184
Fax: +43 (0) 1 79 47 182

ZUSAMMENFASSUNG

In einer insgesamt dreijährigen hydrogeologischen Studie wurde das nahe und weitere Einzugsgebiet einer Wasserversorgungsanlage südlich von Linz untersucht, einer Anlage, von der aus eine weitausgedehnte Streusiedlung mit Trinkwasser versorgt wird.

Im Detail ging es um das Studium der Grundwasserverhältnisse und jener hydrogeologischen Parameter, die zur Absteckung des geplanten Quellschutzgebietes (Schutzzone II) für die WVA benötigt werden.

Die Untersuchungen erfolgten in 2 Phasen.

Die Grenzen des Untersuchungsgebietes waren durch die natürlichen Tiefenrinnen längs des NE-SW verlaufenden Höhenrückens vorgegeben.

Der geologische Untergrund im Einzugsgebiet der Quellen von Pucking liegt innerhalb der OÖ-Molassezone und besteht aus einer flach gelagerten, tonig-schluffigen Schlierserie (Ottnanger Schlier), die eine vorwiegend vertikale Klüftung aufweist. Im ihrem Hangenden finden sich entweder Reste einer ehemals zusammenhängenden fluvioglazialen Schotterdecke (Ältere Deckenschotter) mit Lehmen an der Oberfläche, oder wechselnd mächtige Verwitterungs- und Lößlehme.

Die hydrogeologischen Verhältnisse und die Dynamik in den unterirdischen Entwässerungssystemen der Traun-Enns-Platte sind komplex, eine orographische Begrenzung des Quell-EZG schwierig. So fehlen zum einem im näheren Einzugsgebiet der Quellen morphologisch erkennbare Erosionsrinnen, die den Höhenrücken vollständig oder ausreichend tief durchtrennen und die eine hydrographische Begrenzung des Grundwasserkörpers in seiner Längserstreckung bewirken könnten. Zum anderen fehlt auch die Trennung in vertikaler Richtung: die kleinräumigen, oberflächennahen Aquifere in den Älteren Deckenschottern stehen in direkter Verbindung zu den in Poren- und Klüften zirkulierenden Grundwässern der Schlierverwitterungsdecke und dem noch tiefer gelegenen Kluftaquifer des kompakten Schliersokkels.

Zur Klärung der hydrogeologischen Verhältnisse, der Parameter von Aquifer und Grundwasser, wurde im EZG südl.- und südwestlich des Quellbezirkes ein umfangreiches Untersuchungs- und Meßprogramm eingesetzt: Quell- u. Brunnenkartierung, Hydrochemie und Isotopenanalytik, Oberflächengeophysik, 4 Bohrungen, Bohrlochgeophysik und kombinierte Markierungsversuche.

Dieses Programm führte zur Erfassung jener hydrologisch-hydrodynamischen Parameter, die den Grenzverlauf der Schutzzone II bestimmen und rechtfertigen; somit zur Beantwortung der Hauptfrage.

Darüber hinaus wurden Ergebnisse gewonnen, die von genereller Wichtigkeit für den Schutz und für die Bewirtschaftung der Grundwasservorräte sind, oder die Auskunft über die innere Vulnerabilität des Aquifers und das Gefahrenpotential. Hierzu zählt der Nachweis, daß die Verunreinigung des miteinander kommunizierenden seichten Poren- und tiefen Kluftwasserkörpers anthropogenen Ursprungs sind, wobei in hohem Maße der Eintrag aus der Landwirtschaft und der Industrie eine Rolle spielt, zu einem guten Teil auch das unzureichende ländliche Abwassersystem daran schuld ist.

Angepaßt an die innere Vulnerabilität und das äußere Gefahrenpotential wurde zum Abschluß der Untersuchungen ein Trinkwasserschutzgebiet vorgeschlagen, dessen

Fläche um ein Fünftel kleiner gehalten werden konnte als der ursprüngliche Vorschlag.

Literatur

- COST-Action 65 (1995): Karstgroundwater protection. Final report; Europ. Commission, Report EUR 16547 EN, 246S.; Brüssel Luxemburg.
- DVWG (1995): Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete, 1. Teil, Schutzgebiete für Grundwasser; Dt. Ver. Gas- u. Wasserfach; Techn. Regeln, W 101, 23 S; Eschborn.
- FLÖGL, H. (1970): Wasserwirtschaftliches Grundsatzgutachten Vöckla-Ager-Traun-Alm; Bericht, Karten; Amt d. OÖ LR; Abt. Wasserbau-Hydrographischer Dienst, Linz.
- ÖVGW (1995): Regeln der ÖVGW, Schutz-u. Schongebiete; Richtlinie, W72; 43 S, Wien.
- RICHTER, J. (1995): Methodische und regionale Beiträge zur Auswertung von Umweltisotopendaten in der Hydrogeologie, Beitr. z. Hydrogeol., Jg 1995, Bd 46, S 89-195, Graz.

Zum Einfluß der großen Murregulierung 1874-1891 auf das Grundwasser im Stadtgebiet von Graz - eine historisch-hydrologische Betrachtung

von

T. HARUM, G. ROCK & H.P. LEDITZKY¹

1. Einleitung

Die Mur stellte in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts innerhalb der Stadtgrenzen mit Ausnahme der Uferabschnitte im Bereich der inneren Stadt einen anthropogen nur geringfügig veränderten stark mäandrierenden Gebirgsfluß dar, dessen Breite sehr variabel war (W. LEITNER & P. CEDE, 1987). Immer wieder kam es zu verheerenden Überflutungen, die weite Teile der Innenstadt und Murvorstadt unter Wasser setzten.

Dies hatte zur Folge, daß im Verlaufe der Stadtentwicklung wiederholt versucht wurde, durch Wehrbauten und Ufersicherungen den Fluß zu zähmen. Diese Arbeiten wurden nach dem Katastrophenhochwasser 1827 (Lendplatz, Griesplatz und Teile der Murvorstadt standen über einen Meter unter Wasser (Übersichtsplan der am 8ten und 9ten Juny 1827 im Pomerio der Hauptstadt Graetz gewesene Ausserordentliche Überschwemmung, publ. in W. LEITNER & P. CEDE, 1987) noch in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts intensiviert und korrelierten mit der Expansion der Stadt nach Norden und Süden.

Von 1874 bis 1891 wurde dann schließlich ein großes Regulierungsprogramm durchgeführt, das den gesamten Abschnitt der Mur von Graz (Radetzkybrücke) bis Untermautdorf (Vercej) umfaßte. Die Flußlänge wurde um insgesamt 15 km verkürzt, was in vielen Teilabschnitten zu verstärkter Erosion und damit verbunden zu einer Tieferlegung des Flußbettes führte. Die Veränderungen am Flußbett im Zuge des großen Murregulierungsprogrammes sind sehr genau in F. HOCHENBURGER (1894) dokumentiert, sodaß eine Rekonstruktion der Wasserspiegellagen auf Basis der damals durchgeführten Vermessungen und erstellten Längsprofile möglich ist.

Die Mur als Vorflut des Grundwassers im gesamten Aueabschnitt übt naturgemäß einen erheblichen Einfluß auf langfristige Trends des Grundwasserspiegels in der Talaue aus. Vor Beginn der Regulierungsmaßnahmen im Jahre 1874 war die Au durch ein stark verzweigtes und wild mäandrierendes Gewässernetz gekennzeichnet, dessen Verlauf im Vergleich zum Murbett nach der Regulierung in F. HOCHENBURGER (1894) sehr genau dargestellt ist. Die Murhochwässer flossen damals über die aktiven Gerinne in der Au ab und bewirkten auch eine stärkere Dotierung und Dynamik des Grundwassers. Die Regulierung 1874-1891 erzeugte aus dem mäandrierenden, verzweigten Flußsystem ein geradlinig verlaufendes Gerinne und streckenweise eine Tieferlegung der Vorflut, sodaß die Mur heute als von der Au isolierter Kanal zu betrachten ist, der noch dazu im südlichen Grazer Feld seitlich mit Dammschüttungen versehen wurde. Heute gelangen nur mehr größere Hochwässer in der Au zum Abfluß.

¹ *Institut für Hydrogeologie und Geothermie*
JOANNEUM RESEARCH
Elisabethstraße 16/II
A-8010 Graz

Über den Einfluß der Regulierungsarbeiten 1874-1891 auf den Grundwasserspiegel liegen leider keine damaligen Messungen vor. Sehr genau dokumentiert sind aber in F. HOCHENBURGER (1894) die damaligen Flußwasserspiegel, sodaß durch Vergleich mit den heutigen Spiegellagen nach Messungen im Auftrag der STEWEAG 1982 doch Rückschlüsse über die Veränderungen der Vorflut und damit auch des Grundwasserspiegels getroffen werden können. Ein Vergleich der Spiegellagen 1876 (Anfangszeit der Regulierung), 1891 (nach der Regulierung) und 1982 in einem 9 km langen Längsprofil von knapp nördlich der Autobahnbrücke Feldkirchen bis in den Raum Großsulz zeigt, daß es im Nordteil durch die Regulierungsarbeiten zu einer beträchtlichen Tieferlegung der Vorflut kam, und der Fluß sich auch nach Beendigung der Regulierung noch weiter durch die Erosion des Flußbettes eingetieft hat (T. HARUM et al., 1994).

Flußabwärts der Kalsdorfer Brücke bewirkten hingegen die Regulierungsarbeiten 1874-1891 keine gravierenden Veränderungen der Vorflutverhältnisse (T. HARUM et al., 1994). Abschnittsweise liegt der Flußwasserspiegel von 1891 sogar knapp über demjenigen von 1874. Die Spiegellagen von 1982 liegen bei vergleichbarer Wasserführung durchwegs sogar über denjenigen von 1891, sodaß für diesen Abschnitt in den letzten 100 Jahren sogar eine Erhöhung der Flußsohle durch Akkumulation, zumindest aber eine relativ stabile Flußsohle anzunehmen ist.

Die Beckenfüllung des Grazer Feldes besteht aus großteils gut durchlässigen quartären Schottern, die einen bedeutenden Grundwasserleiter darstellen. Die Mur als Vorflut steht mit dem Grundwasser in ständiger Wechselbeziehung. Somit ist klar, daß die Murregulierung und Tieferlegung der Vorflut im gesamten nördlichen Grazer Feld einen beträchtlichen Einfluß auf den Grundwasserspiegel und die Strömungsverhältnisse gehabt haben muß. Die Arbeit von F. HOCHENBURGER (1894) dokumentiert zwar sehr genau die Flußwasserspiegel, nimmt aber keinen Bezug auf das Grundwasser. Auch in den alten Hydrographischen Jahrbüchern wurden zwar sehr früh Flußwasserspiegel- und Niederschlagsdaten publiziert, Hinweise auf Grundwassermessungen fehlen aber. Es kann aber davon ausgegangen werden, daß im gesamten südlichen Abschnitt des Grazer Feldes die Vorflutverhältnisse in den letzten 100 Jahren annähernd gleich geblieben sind, es also großflächig zu keinen gravierenden Absenkungen des Grundwasserspiegels kam. Im nördlichen Grazer Feld hingegen bewirkte die Tieferlegung der Mur (alte Fotografien belegen den höheren Flußwasserspiegel vor der Regulierung, s. u.a. W. LEITNER & P. CEDE, 1987; K.A. KUBINZKY, 1987) mit Sicherheit Absenkungen des Grundwasserspiegels, die im murnahen Bereich des Innenstadtdgebietes zu Setzungen und Schäden an der Bausubstanz von Häusern im Bereich Grieskai - Marburger Kai führten (V. MAURIN, 1956, 1975).

Es liegen nur wenige Arbeiten aus dem 19. oder Beginn des 20. Jahrhunderts über das Grundwasser in Graz vor. Nur vereinzelte Autoren beschäftigten sich mit Teilbereichen, wie z.B. C.F. PETERS (1879) über den Seihwasserstrom in Graz und dessen Verunreinigung durch Friedhöfe und einen Theer- und Theerwasserschadensfall im Bereich des Gaswerkes im Jahre 1870 oder A. WELLIK (1909) mit interessanten Betrachtungen über den Einfluß von Uferfiltrat der Mur auf das Grundwasser im Bereich der Brunnen des Wasserwerkes Andritz aufgrund von Messungen der Radioaktivität. Hingegen nimmt R. MAREK (1901) in seiner Wasserhaushaltsuntersuchung des Murgebietes keinen Bezug auf das Grundwasser.

Meßdaten des Grundwasserspiegels liegen im Grazer Feld an einigen wenigen Brunnen seit 1947 (also rund 56 Jahre nach Beendigung der Regulierung) vor, eine Verdichtung und Einrichtung eines Grundwasserbeobachtungsnetzes erfolgte erst in den Sechziger Jahren. Somit können aus den Meßreihen des Grundwasserspiegels keine Aussagen über den unmittelbaren Einfluß der Regulierung und langjährige Trends des Grundwasserspiegels getroffen werden.

Teile der vorliegenden Studie wurden im Zusammenhang mit der Planung einer Murstaustufe im Stadtgebiet von Graz erarbeitet (T. HARUM et al., 1996). Im Zuge dieser Untersuchung wurde für den Großteil des nördlichen Grazer Feldes und somit des Stadtgebietes ein stationäres Modell der Grundwasserströmung kalibriert, mit dem Ziel der Erarbeitung von Prognosen über die Auswirkungen der Staustufe auf den Grundwasserspiegel.

In der Arbeit wird nun versucht, die wahrscheinliche Entwicklung des Grundwasserspiegels seit der Regulierung abzuschätzen und auf Basis des für einen heutigen Istzustand kalibrierten Grundwassermodells und damaliger Flußwasserspiegel die Strömungsverhältnisse vor der Murregulierung zu simulieren.

2. Geologische Grundlagen

2.1. Geologischer Rahmen

Die geologische Karte des Grazer Feldes ist F. EBNER (1983) zu entnehmen. Das Grazer Feld wird im W und N durch Gesteine des Grazer Paläozoikums begrenzt, im E durch überwiegend tonig-schluffige tertiäre Sedimente. Das Paläozoikum des Plabutsch-Buchkogelzuges im W besteht überwiegend aus Kalken, Dolomiten und Sandsteinen, am Osthang ist in den tieferen Lagen zum Teil Tertiär angelagert (Eggenberger Brekzie, schluff-tonige und sandig-schluffige Ablagerungen). Die paläozoischen Schichten sind in den meisten Bereichen des Plabutsch-Buchkogelzuges verkarstet, frühere Untersuchungen zeigen, daß Teilbereiche des Westabfalls in das Grazer Feld entwässern (Markierungsversuch Feliferhofschwinde mit Nachweis der Tracer in der Bründlquelle, dokumentiert in H. BATSCHE et al., 1967).

Der Plabutschzug wird in N-S-Richtung durch den Straßentunnel gequert, wobei nur relativ geringe Karstwassereintritte zu verzeichnen waren. Die Gesamtmenge beträgt am Südportal nur etwa 10-15 l/s, die in den Schottern der Würmterrasse zur Versickerung gelangen.

Die tertiären feinstklastischen Ablagerungen am Ostrand des Grazer Feldes sind überwiegend gering durchlässig und daher von untergeordneter Wasserführung.

Die Kaltzeiten waren im Grazer Feld durch wiederholte Phasen der Erosion und Akkumulation gekennzeichnet, sodaß das Becken mit gut durchlässigen quartären sandigen Kiesen aufgefüllt ist, die einen mengenmäßig recht bedeutenden Aquifer darstellen. Einen breiten Raum nimmt die höhere Teilflur der Würm-Niederterrasse (Bahnhofsterrasse) mit einem markanten Abfall zur etwa 2 km breiten holozänen Austufe ein. In manchen Bereichen sind noch tiefere Teilfluren der Würmterrasse zwischengeschaltet. Ältere Hochterrassen aus der Rißkaltzeit sind noch im S am westlichen Talrand vorhanden.

Zwei markante Grundgebirgsaufbrüche ragen im Stadtgebiet inselförmig aus der breiten Schotterflur: der Schloßberg (Dolomit) und der Kalvarienberg (Schichten von Kehr).

Die hydrogeologischen Verhältnisse im Bereich der Talränder sind für die Kalibrierung des Grundwassermodells von großer Bedeutung, da sie für die Alimentation des quartären Grundwasserleiters eine wichtige Rolle spielen und somit bei der Beurteilung der randlichen Zuflüsse berücksichtigt werden müssen.

2.2. Neue Ergebnisse zur Morphologie und Ausbildung des präquartären Untergrundes

Das Relief und die Ausbildung des präquartären Untergrundes ist ein wichtiger Parameter für die Modellierung der Grundwasserströmung, da dieser als Grundwasserstauer eine eindeutige hydrogeologische Grenze darstellt.

Für die Darstellung der quartären Talfüllung, ihrer Mächtigkeit und der Tiefenlage des präquartären Untergrundes und seiner Oberflächenmorphologie mußte auf Er-

gebnisse vorhandener Bohrungen sowie bereits existierender Untergurnddarstellungen zurückgegriffen werden.

Der überwiegende Teil der verwendeten Bohrungen ist einerseits in einer Bohrkartei des Landesmuseums Joanneum, andererseits am Joanneum Research (Institut für Umweltgeologie und angewandte Geographie) archiviert. In diesen Karteien sind auch in der Literatur beschriebene Bodenprofile (H. MOHR., 1927; V. MAURIN, 1956) aufgenommen. Zusätzlich konnten noch vereinzelt Bohrungen von anderen Bezugsquellen (Ämtern, Bohrfirmen, Ingenieurbüros usw.) erhoben werden. Die für die Untergurnddarstellung verwendeten Bohrungen sind mit laufenden Nummern versehen und in Kopie am Institut für Hydrogeologie und Geothermie (JOANNEUM RESEARCH) inventarisiert.

Darstellungen des präquartären Untergurndes existieren vom Institut für Umweltgeologie und Angewandte Geographie (T. UNTERSWEIG, 1984, 1986) sowie von G. SCHICKOR (1983) aus dem Raum Weinzödl und von R. OTT & G. SCHICKOR (1990) vom nördlichen Grazer Feld.

Die für die Darstellungen verwendeten Bohrungen sind in Fig. 1 lagerichtig zusammengestellt, eine genaue Auflistung findet sich in T. HARUM et al. (1996). Dabei beziehen sich die laufende Nummer ab 200 auf Bohrungen die nach 1986 durchgeführt wurden bzw. in der Untergurnddarstellung der Forschungsgesellschaft Joanneum (1986) nicht Eingang fanden.

- **Laufende Nummer:** Die Bohrungen sind mit laufenden Nummern versehen. Sie dienen der Inventarisierung und finden sich auch in der lagemäßigen Darstellung der Bohrungen in Fig. 1 wieder.
- **Lokalität:** Angegeben sind, Bezirks-, Straßen-, Brücken- oder Gebäudenamen die ein rasches Wiederfinden in der Karte erlauben sollen, manchmal auch Hinweise auf die Quelle.
- **Geländeoberkante:** Soweit bekannt, werden in dieser Spalte auch auf cm-nivelierte Geländehöhen angegeben. Zumeist werden aber die Geländekoten in den Originalaufzeichnungen in Dezimeter angeführt. Geländehöhen mit Meterangaben sind als Näherungswerte zu betrachten.
- **Höhenlage des präquartären Untergurndes:** Zahlreiche Bohrungen wurden nicht bis in den präquartären Untergurnd niedergebracht. Solche Bohrungen sind in Fig. 1 nur dann verzeichnet, wenn aufgrund größerer Bohrtiefen noch Aussagen über die maximal mögliche Seehöhe des Untergurndes möglich sind.
- **Ausbildung der Quartärbasis:** Angaben über den sedimentologischen oder lithologischen Aufbau des präquartären Untergurndes sind von sehr unterschiedlicher Qualität. Nur in wenigen Fällen, vorwiegend bei Bohrungen neueren Datums, sind die angetroffenen Sedimente normgerecht beschrieben. In die Tabelle wurden jeweils die Originalbeschreibungen aufgenommen. Bei Angaben wie Opok, Tegel, Lehm sollte es sich erfahrungsgemäß um sandigen Schluff handeln.
- **Quartärmächtigkeit:** Sie resultiert aus der Differenz Geländeoberkante und Oberkante des präquartären Untergurndes. Dabei bleiben stratigraphische Einstufungen der Schotter undifferenziert ebenso wie oberflächennah vorhandene sandig- bindige Ablagerungen oder anthropogene Bildungen (Asphalt, Beton, Baureste im Stadtgebiet).

Die größte Fläche unter den Quartärschottern im Stadtgebiet wird von **tertiären tonig-sandigen Schluffen**, untergeordnet auch **tertiären Sanden** eingenommen. Sie sind im wesentlichen als Wasserstauer anzusehen. Die eingelagerten Sandlagen sind erfahrungsgemäß nur geringmächtig und bezüglich ihrer Wasserführung von untergeordneter Bedeutung. Es gibt keine Angaben über die Lagerungsverhältnisse, die in etwa horizontal sein sollte.

Im engsten Bereich um den Schloßberg sind Gesteine der mitteldevonischen Dolomit-Sandsteinfolge an der Quartärbasis vorhanden. Zwei Bohrungen in der Sackstraße schlossen den Dolomit des Schloßberges auf (Nr. 90). Am Westrand des Grazer Beckens wurden an der Quartärbasis zum Teil Ausläufer des Plabutsch-Buchkogelzuges wie z. B. bei der Unterflurtrasse in Webling (Nr. 14), oder dem Dolomitsandstein der Bohrung in der Alten Poststraße (Nr. 34) angetroffen. Ebenso ins Paläozoikum zu stellen sind die „Kalke“ in der Bohrung Nr. 36 in der Fichtenstraße oder der angegebene „Fels“ an der Basis der Bohrung 33 in der Mariengasse (beide im Norden in Nähe der Bundeslehranstalt für Frauenberufe). In der Bohrung 35 am Floßendplatz werden Kalk und Tegel angegeben.

Bei den Untersuchungsbohrungen für die Gründung der Keplerbrücke wurden Tonschiefer und Dolomit angetroffen. Ebenfalls Tonschiefer wurden bei der Hauptbrücke erbohrt. Sonst besteht hier die Quartärbasis aus „Tegel“ oder „Lehm“, also Sedimenten, die deutlich auf tertiäre Ablagerungen hinweisen.

Bei Untersuchungsbohrungen zur Gründung des Keplergymnasiums wurden laut Bohrbeschreibungen Tonschiefer und Diabasschiefer angetroffen.

Die Anzahl der Bohrungen im Grazer Stadtgebiet, die aufgrund ihrer Bohrtiefen für eine Darstellung des Untergrundes verwendet werden können, ist sehr beschränkt und ihre lokale Verteilung als ungünstig anzusehen.

In gut aufgeschlossenen Bereichen, wie zum Beispiel zwischen Radetzkystraße und Grazbachgasse, wurde auf engem Raum eine größere Anzahl von Bohrungen niedergebracht. Dabei wurde allein im Bereich des Krankenkassengebäudes der tertiäre Untergrund in Seehöhen zwischen 326,5 und 328,6 m aufgeschlossen, was auf eine rege Kleinmorphologie hinweist. Dasselbe gilt für den tertiären Untergrund im Bereich um den Andreas-Hofer-Platz. Eine detaillierte Auszeichnung solcher Bereiche und Extrapolation zu oft weit entfernten einzelnen Höhepunkten ist prinzipiell problematisch.

Es soll damit an dieser Stelle festgehalten werden, daß die Bearbeitung und Interpretation der dargestellten quartärabgedeckten Untergrundkarte naturgemäß mit Ungenauigkeiten behaftet sein muß. Aufgrund der Verteilung der bekannten Höhenkoten des Untergrundes müssen in aufschlußlosen Bereichen Annahmen, allerdings gestützt auf logische Talentwicklungen, getroffen werden.

In der Isohypsendarstellung des präquartären Untergrundes in Fig. 1 wurde versucht, ein zwar hypothetisches aber auch möglichst plausibles und repräsentatives Bild zu entwerfen.

Im Norden ist im Bereich Weinzödl das präquartäre Untergrundrelief, basierend auf eingehenden Untersuchungen mit zahlreichen Aufschlußbohrungen durch G. SCHICKOR (1986) gut belegt. Es ist in diesem Bereich ein klammartiger Einschnitt im paläozoischen Grundgebirge vorhanden, dessen Basis mit einer Seehöhe von 322,5 m dokumentiert ist. In der Darstellung des präquartären Untergrundes (Forschungsgesellschaft Joanneum, Institut für Umweltgeologie und Angewandte Geographie, 1986) setzt sich diese Rinne gegen Süden zwischen Kalvarienberg und Plabutsch fort und endet nördlich des Hauptbahnhofes.

Im Süden ist in derselben Darstellung ebenfalls eine rinnenartige Vertiefung etwa entlang des heutigen Murverlaufes ausgebildet. Ihre Basis liegt im Süden bei 315 m Seehöhe, und sie endet etwa im Bereich des Augartens. Der nördliche Rinnenbereich wird vom südlichen durch einen breiten Rücken im Untergrund getrennt. Damit wäre im Norden eine abflußlose Tiefzone vorhanden was den Vorstellungen einer Talentwicklung widerspricht.

Im Jahre 1994 wurden im Zuge von Untergrunduntersuchungen für den Bau der Tiefgarage vor dem Hauptbahnhof Bohrungen mit Tiefen bis zu 30 m niedergebracht, die alle in den quartären Schottern verblieben. Bei einer Geländeoberkante von ca. 362 m ü.A. muß somit der präquartäre Untergrund tiefer als 332 m ü.A. liegen. In der Untergrundkarte des Institutes für Umweltgeologie und Angewandte

Geographie (1986) ist aber in diesem Bereich der erwähnte Rücken mit einer Seehöhe ca. 341 m verzeichnet. Aufgrund obiger Bohrerergebnisse ist der die beiden Tiefenbereiche trennende, vermeintliche Grundgebirgskücken jedenfalls nicht vorhanden. Er beruht vielmehr auf der Interpolation von Höhenkoten quer über die Grabenstruktur.

Die aktuelle Untergrundkarte (Fig. 1) basiert einerseits auf der Arbeit von G. SCHICKOR (1983), in der im Norden bei Weinzödl die Quartärbasis durch umfangreiche Untersuchungen und zahlreiche Bohrungen gut belegt ist und andererseits auf der Darstellung des präquartären Untergrundes durch das Institut für Umweltgeologie und Angewandte Geographie (T. UNTERSWEG, 1984, 1986, publiziert in R. OTT & G. SCHICKOR, 1990). In den Randbereichen beidseitig der Rinnenstruktur wurde die bisherige Untergrundkarte aufgrund der neueren Bohrerergebnisse aktualisiert. Nur in einigen Bereichen resultieren daraus bedeutendere Veränderungen der Darstellung von 1986, wie zum Beispiel im SE, wo neuere Bohrungen beim Köglerweg zu anderen Ergebnissen führen. In weiten Bereichen, vor allem im Stadtzentrum sowie nördlich und östlichen des Schloßberges und dem Geidorfviertel brachten die jüngeren Aufschlüsse keine neuen Erkenntnisse, und die sehr detaillierten Darstellungen von 1986 werden zur Gänze übernommen.

Im Norden bei Weinzödl ist durch G. SCHICKOR (1983) ein tiefer Mureinschnitt belegt, wobei in einer Bohrung die Rinnenbasis in einer Seehöhe von 322,5 m aufgeschlossen wurde. Im S wurde der bislang tiefste bekannte Rinnenpunkt bei einer Höhenkote von 313 m erreicht (T. UNTERSWEG, 1986). Dieser Höhenunterschied von nur ca. 10 m zwischen Weinzödl und Puntigam erscheint, bezogen auf das heutige Gefälle der Mur (ca. 20 m Höhenunterschied) etwas gering. Es ist deshalb wahrscheinlich, daß das Rinnentiefste (vor allem im Süden) durch Bohrungen noch nicht erfaßt wurde. Obwohl bei den 30 m tiefen Bohrungen im Bereich des Hauptbahnhofes der präquartäre Untergrund nicht erreicht wurde, muß hier ein weiterer Fixpunkt für den Bereich der Tiefenlinie gegeben sein.

In Ermangelung von Aufschlüssen im Tiefenbereich wurde von einem gleichmäßigen Gefälle der Rinnenbasis zwischen den beiden erwähnten Fixkoten im Norden und Süden ausgegangen. Südlich des Kalvarienberges ist die Hochlage des präquartären Untergrundes durch allerdings nur wenige und randlich gelegene Bohrungen in groben Zügen erfaßt. Die Lage der Tiefenrinne beschränkt sich damit hier auf einen engen Bereich zwischen besagter Grundgebirgshochlage und dem Plabutschzug im Westen. Gegen Süden öffnet sich die Rinne, wobei sich aufgrund der Bohrerergebnisse eine steilere Westflanke und eine stärkere Verbreiterung mit flacher Ostflanke abzeichnet, was in gutem Einklang mit den geologischen Verhältnissen an den Talrändern steht.

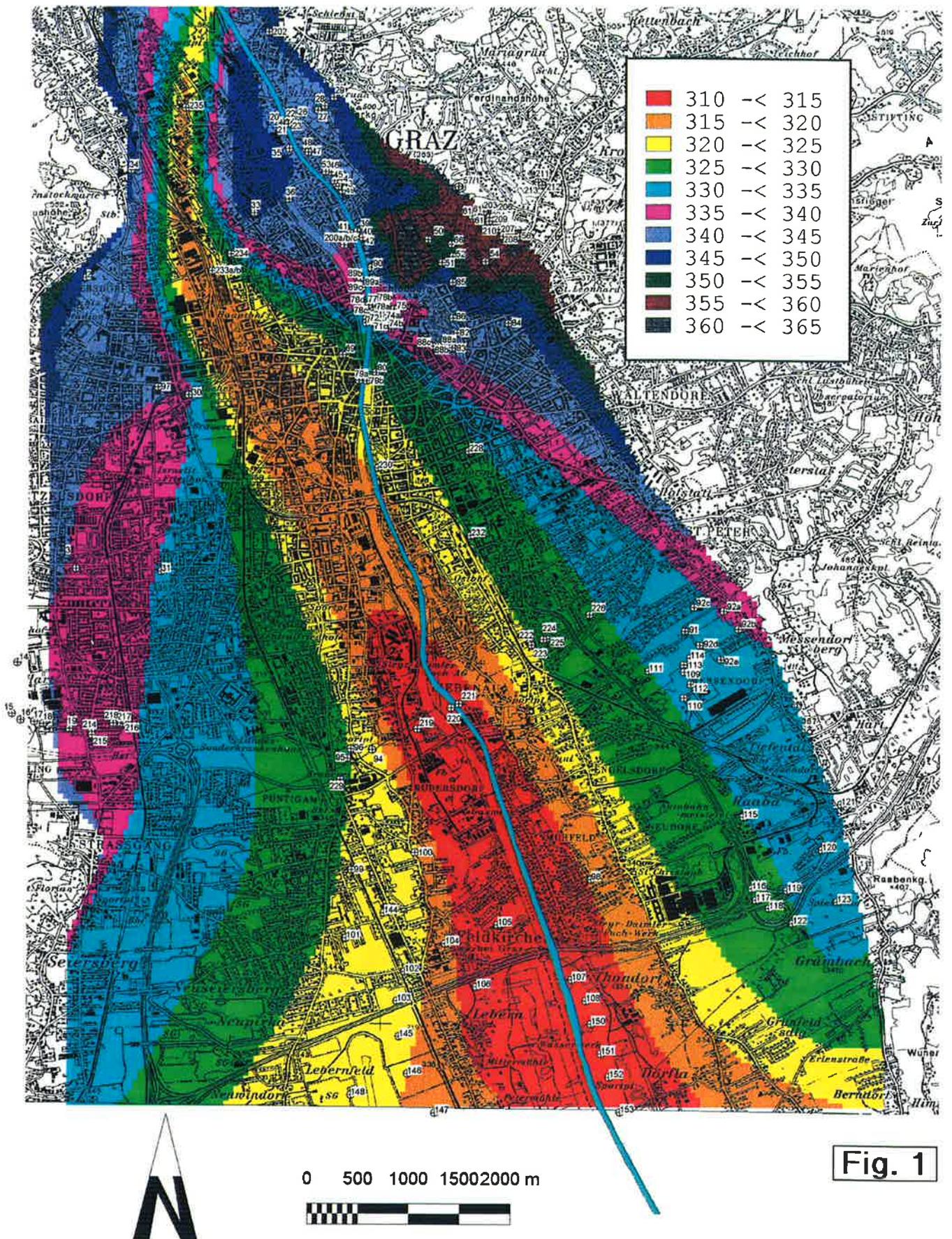


Fig. 1

Fig. 1: Relief des Grundwasserstauers (m ü.A.).

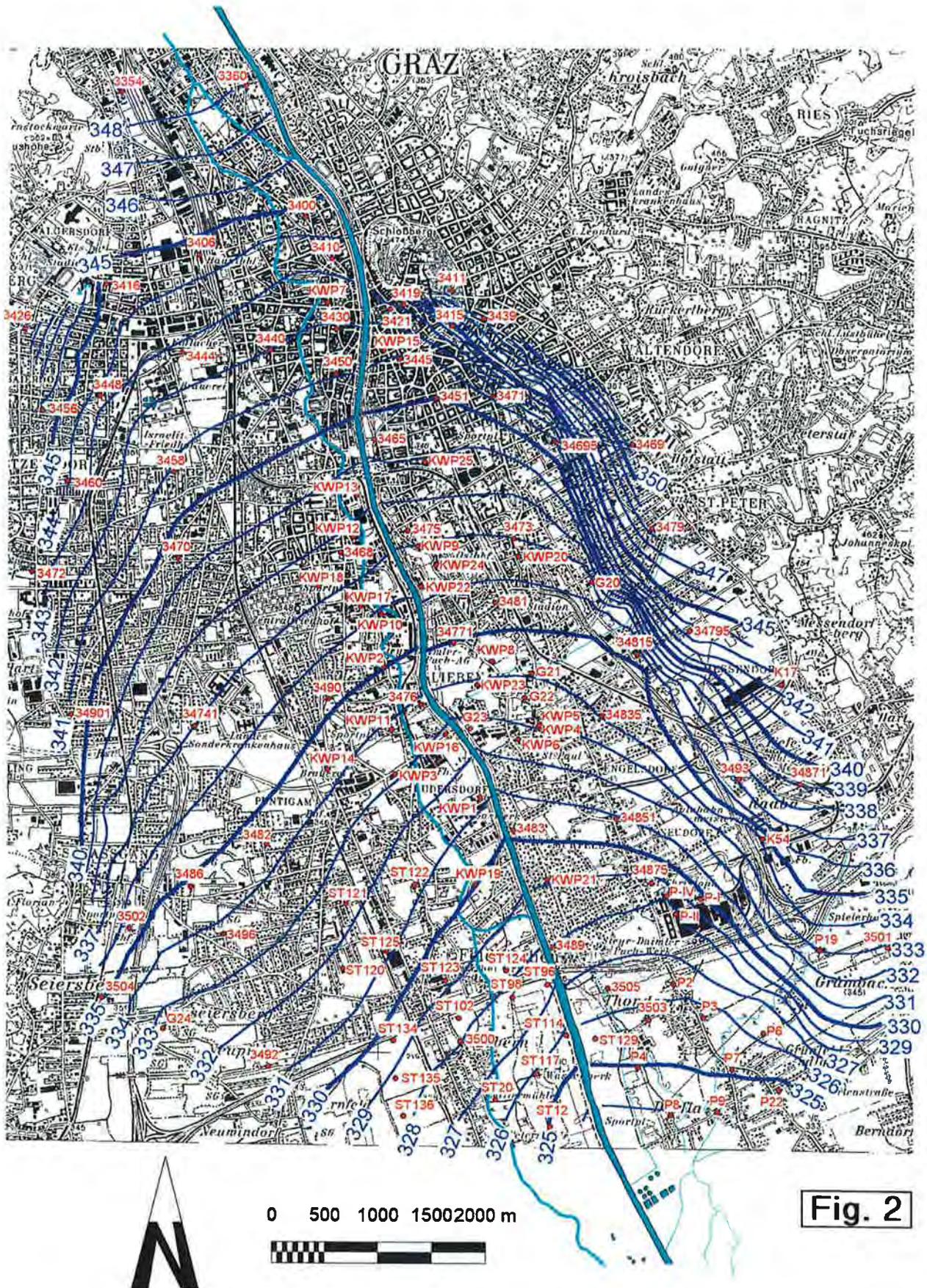


Fig. 2

Fig. 2: Grundwasserisohypsen (m ü.A.) als Ergebnis der Modellkalibration bei mittlerem Grundwasserstand (Stichtagsmessung bei verdichtetem Meßstellennetz am 11.9.1995).

3. Die heutigen Grundwasserverhältnisse

3.1. Grundwasserbeobachtungsnetz

Die Lage der für die Modellkalibration verwendeten Grundwassermeßstellen ist Fig. 2 zu entnehmen. Das Netz umfaßt die Meßstellen der Hydrographischen Landesabteilung mit langjährigen Meßdaten, die Meßnetze der Grazer Stadtwerke AG (ebenfalls unter Dauerbeobachtung) und diverse Meßstellen, in denen der Grundwasserspiegel nur fallweise gemessen wird (Meßstellen G, K, P). Im Bereich der holozänen Talflur wurde das Meßstellennetz durch ergänzende Brunnenaufnahmen im Frühjahr 1995 verdichtet (Meßstellen KWP in Fig. 2, T. HARUM et al., 1996). Die Stichtagsmessung des Grundwasserspiegels fand am 11.9.1995 in Kooperation mit der Hydrographischen Landesabteilung statt.

3.2. Grundwasserfließrichtungs- und -gefällsverhältnisse

In Fig. 2 sind die Grundwasserisohypsen für den Stichtag 11.9.1995 als Ergebnis der Modellkalibrierung dargestellt. Zum Zeitpunkt der Stichtagsmessung herrschten im gesamten zentralen Grundwasserfeld mittlere Grundwasserstände vor. Durch die sehr hohen Niederschläge im August 1995 waren aber die Zuflüsse vom westlichen und östlichen Talrand deutlich erhöht, sodaß in den Randbereichen höhere Stände vorliegen. Das Abstrombild (Fig. 2) zeigt sehr gute Übereinstimmung mit früheren Plänen der Hydrographischen Landesabteilung (z.B. I. HARUM et al., 1995), im murnahen Bereich ist der Genauigkeitsanspruch aufgrund des verdichteten Meßnetzes und der Berücksichtigung der hydrogeologischen Verhältnisse bei der Modellkalibration größer. Es bestätigt sich die Annahme, daß der Großteil der Murstrecke Exfiltrationsbereich für das Grundwasser auf beiden Seiten ist. Auch bei höheren und tieferen Grundwasserständen kommt es zu keiner signifikanten Veränderung des Strömungsbildes (T. HARUM et al., 1996). Es zeigt sich eine generelle von beiden Talrändern zur Mur hin gerichtete Hauptabstromrichtung aus NW bzw. NE, nur im N ist sie murparallel N-S-gerichtet. Im Bereich der holozänen Talflur schwenkt die Stromrichtung auf beiden Seiten in NNW-SSE bzw. NNE-SSW-Richtung um. Das Gefälle des Grundwasserspiegels ist im Einflußbereich der Talränder steiler ($5-8 \cdot 10^{-3}$) und verflacht sich zur Mur hin (rund $2 \cdot 10^{-3}$), die im gesamten Untersuchungsraum die Vorflut darstellt (Exfiltration von Grundwasser in die Mur). Der Mühlgang hängt über dem Grundwasserspiegel.

3.3. Dynamik des Grundwasserspiegels und Vorflutbeziehung

Nach den Schwankungen des Grundwasserspiegels lassen sich drei unterschiedliche Typen unterscheiden, für die ausgewählte mittlere Ganglinien und Schwankungsbreiten im Vergleich zur Mur (Fig. 3) dargestellt werden.

- **Der durch die Mur beeinflusste Bereich:** Die Ganglinien der Meßstellen in der Talauflage sind trotz der überwiegenden Exfiltrationsbedingungen neben dem Einfluß der Grundwasserneubildung im Stadtgebiet in hohem Ausmaß durch die Spiegel- bzw. Abflußschwankungen der Mur geprägt. Die Ganglinien des Grundwasserspiegels (Fig. 4) zeigen ein der Murganglinie (Fig. 3) sehr ähnliches Bild mit einem breiten Maximum im Mai-Juni, bedingt durch die Schneeschmelze in den höheren Einzugsbereichen der Mur. Im Gegensatz zur Mur zeigen die mittleren Grundwasserganglinien aber ein kleines zweites Maximum im Juli-August bedingt durch die verstärkte Grundwasserneubildung im Stadtgebiet durch Versickerung von Regenwässern im Zuge der häufigen Sommergewitter.
- **Zuflüsse vom westlichen Talrand:** Diese zeigen völlig anders geartete Spiegelschwankungen mit einem breiten Maximum im August-September durch die hö-

heren Sommerniederschläge und einer geringeren Amplitude (Fig. 5). Der typische schneeschnmelzbedingte nivale Abflußtyp der Mur fehlt.

- **Zuflüsse vom östlichen Talrand:** Diese sind naturgemäß sehr ähnlich dem Typus der westlichen Zuflüsse (Fig. 6), allerdings mit einer geringeren Variationsbreite der Amplitude (einheitlich Tertiär im Gegensatz zum verkarsteten Plabutsch-Buchkogelzug im W).

Die Karte der Differenz zwischem höchsten und tiefsten Grundwasserständen in Fig. 7 veranschaulicht die verschiedenen Typen deutlich. Es zeigt sich eine sehr große Variabilität, die einerseits auf die unterschiedlichen Zuflüsse (Karst im W mit lokal sehr unterschiedlicher Neubildung, Tertiär im E) und andererseits auf die extrem heterogenen Verhältnisse im Stadtgebiet bezüglich der Grundwasserneubildung zurückzuführen sind. Die geringsten Schwankungen (1-1,5 m) liegen am östlichen Talrand vor. Im murnahen Bereich und unter den Terrassen ist eine Zunahme der Spiegelschwankung von N nach S erkennbar, die die verstärkte Neubildung im Südteil der Stadt (überwiegend punktuelle Versickerungen von Dach- und Straßewässern im Gegensatz zum weitgehend versiegelten Altstadtbereich) widerspiegelt.

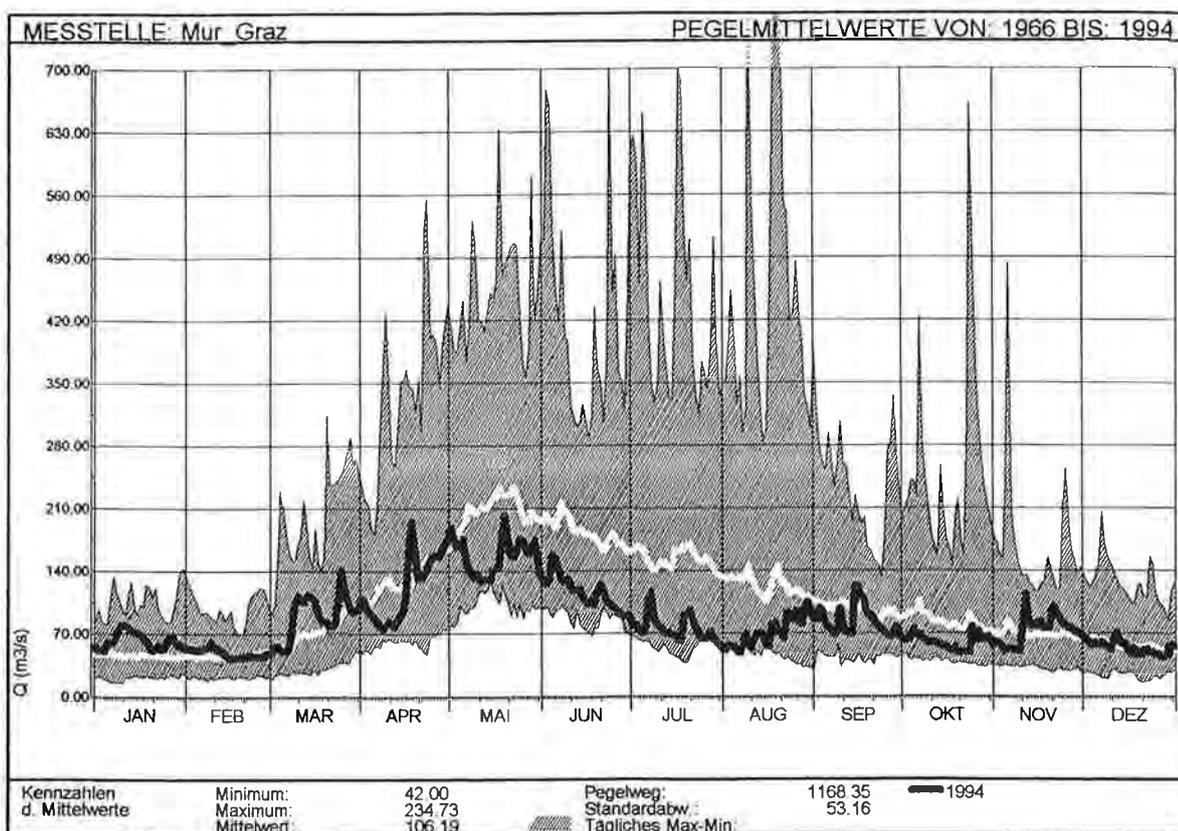


Fig. 3: Mittlere Abflußganglinie und tägliche Extremwerte der Mur am Pegel Graz im Vergleich zu den Tagesmitteln der Abflüsse des Jahres 1994..

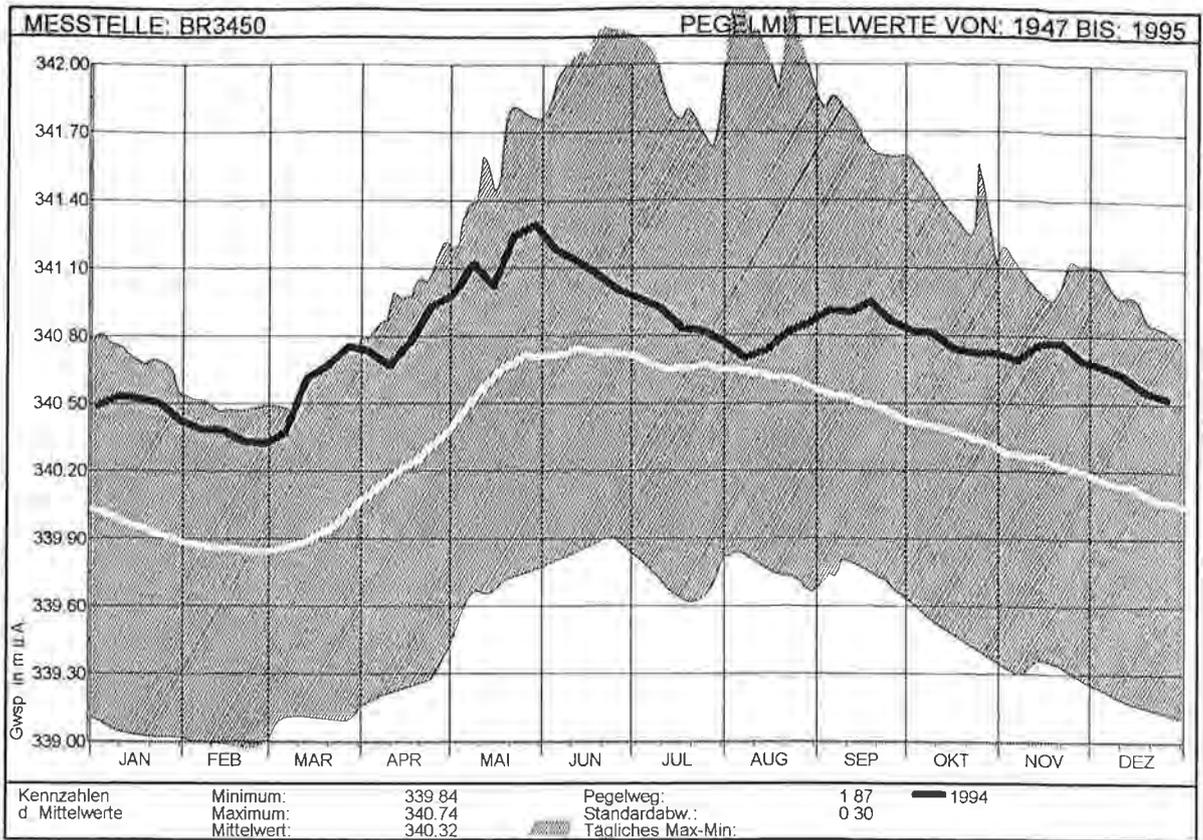


Fig. 4: Mittlere Ganglinie des Grundwasserspiegels und tägliche Extremwerte der murnahen Meßstelle 3450 im Vergleich zur Ganglinie des Jahres 1994.

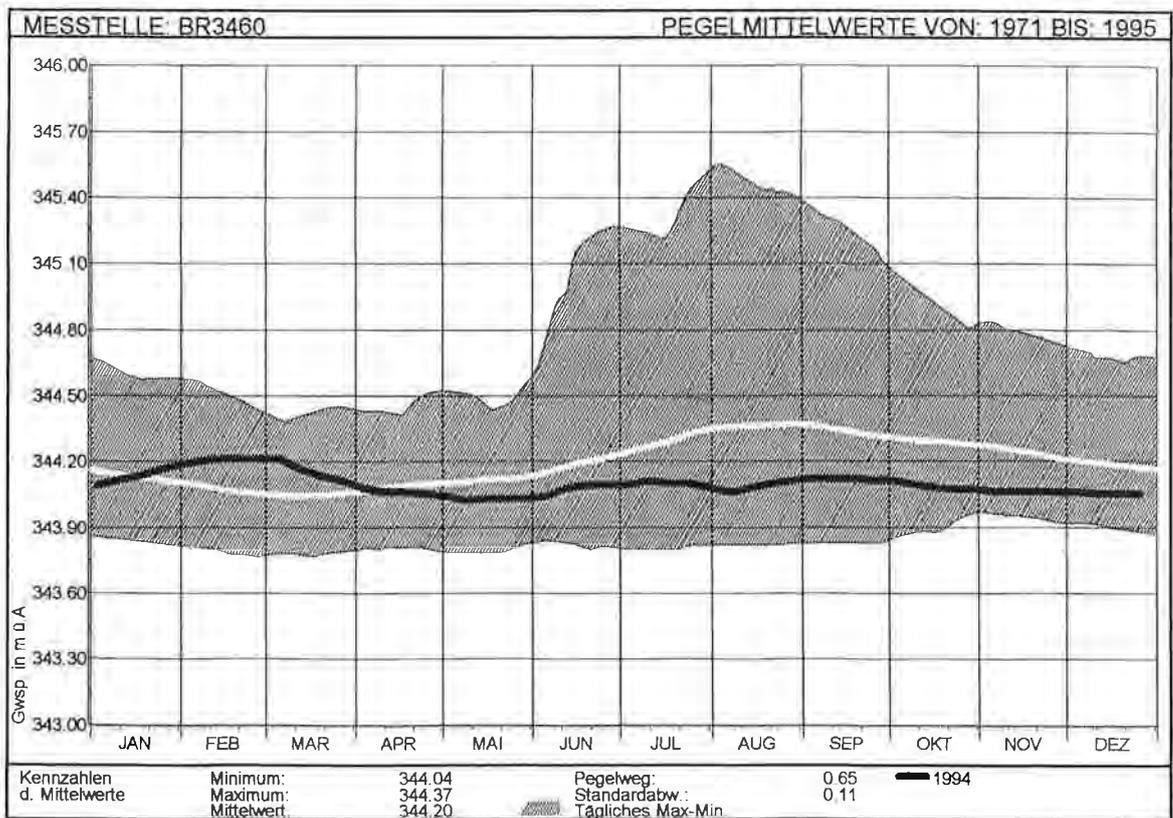


Fig. 5: Mittlere Ganglinie des Grundwasserspiegels und tägliche Extremwerte der Meßstelle 3460 (Zufluß vom westlichen Talrand) im Vergleich zur Ganglinie des Jahres 1994.

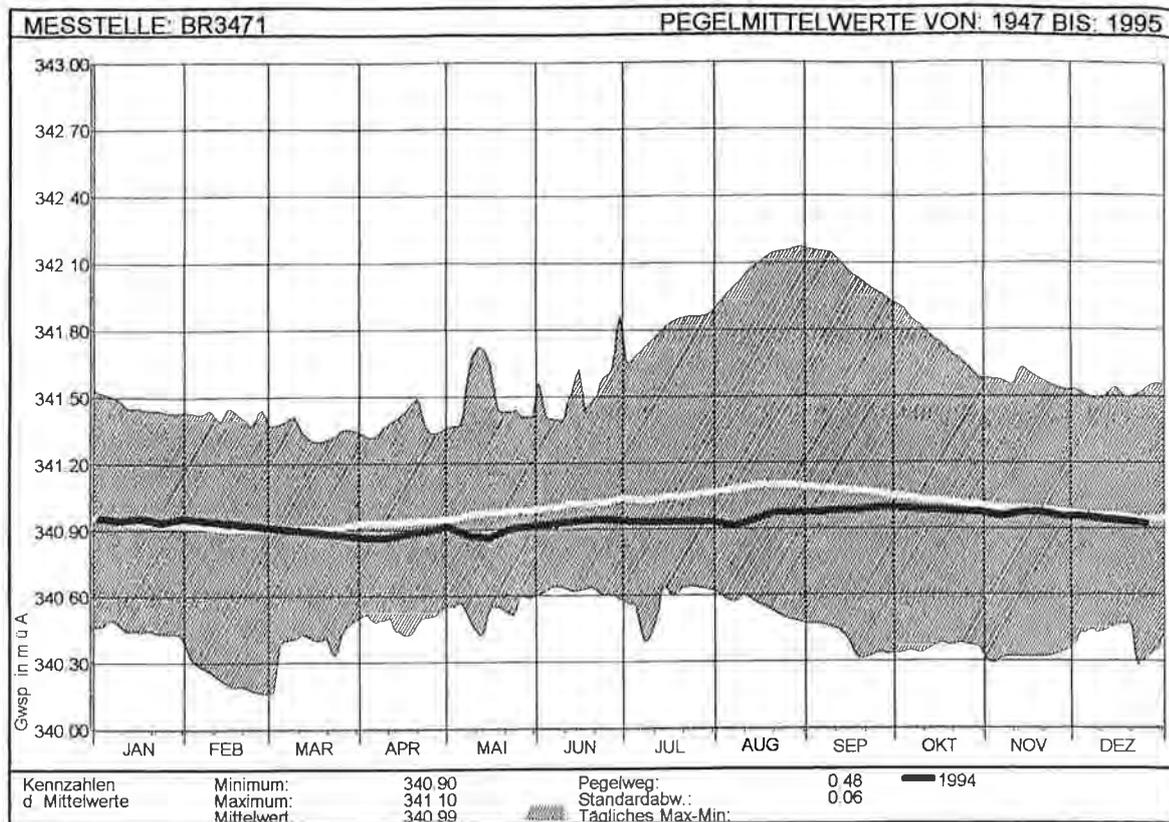


Fig. 6: Mittlere Ganglinie des Grundwasserspiegels und tägliche Extremwerte der Meßstelle 3471 (Zufuß östlicher Talrand) im Vergleich zur Ganglinie des Jahres 1994.

3.4. Flurabstände

Die Flurabstände des Grundwasserspiegels als Differenz zwischen der Geländeoberfläche (Basis: DTM-Raster des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen) und dem Grundwasserspiegel (mittlerer Grundwasserstand aus Fig. 2) sind in Fig. 8 dargestellt. Die Genauigkeit dieser Darstellung hängt sehr stark von derjenigen des 50 m-DTM-Rasters ab (= Genauigkeit der ÖK 1:50.000). Die Darstellung kann daher nur ein generelles Bild der Flurabstände mit einer relativ groben Abstufung geben, darf aber auf keinen Fall im Detail überbewertet werden.

Deutlich ist erkennbar, daß in der holozänen Talau die geringsten Flurabstände vorherrschen, wobei etwa ab dem Schloßberg eine Abnahme von N nach S gegeben ist. Generell sind die Flurabstände für eine holozäne Talau sehr hoch.

Im Bereich der Terrassen sind die Flurabstände relativ hoch mit Ausnahme einiger abgesenkter Flächen (Kiesgruben) und dem östlichen Talrand (sehr steiles Abströmen des Grundwassers).

3.5. Grundwassermächtigkeit

Die Grundwassermächtigkeiten sind als Differenz zwischen dem Grundwasserspiegel (mittlerer Grundwasserstand aus Fig. 2) und dem Grundwasserstauer (Fig. 1) in Fig. 9 dargestellt.

Naturgemäß liegen im Bereich der Tiefenrinne des Grundwasserstauers die höchsten Mächtigkeiten vor, sie betragen im Bahnhofsbereich nach dem derzeitigen Kenntnisstand z.T. über 30 m. Auch im S liegt mit Mächtigkeiten im Bereich der Talau von >10 bis >15 m ein bedeutender Aquifer vor.

3.6. Kalibrierung eines stationären Modells der Grundwasserströmung

Die Modellierung wurde mittels des Programmsystems FEJUX (Entwicklung am Institut für Informationssysteme, JOANNEUM RESEARCH) durchgeführt.

Die Grundwasserströmung wird mit Hilfe des Darcy'schen Fließgesetzes und dem Gesetz der Erhaltung der Masse (Kontinuitätsbedingung) beschrieben. Daraus ergibt sich eine Differentialgleichung, welche die Standrohrspiegelhöhe beschreibt.

Für ein horizontales Grundwassermodell im Stationärzustand ergibt sich die Differentialgleichung zu

$$\partial / \partial x \{k_f (h - h_s) \partial h / \partial x\} + \partial / \partial y \{k_f (h - h_s) \partial h / \partial y\} = -i$$

h (m) Grundwasserspiegelhöhe

h_s (m) Stauerhöhe

k_f (m/s) Durchlässigkeitsbeiwert

i (m/s) Flächenbezogener Quellterm (für alle Zu- und Abflüsse).

Diese nichtlineare Differentialgleichung wird iterativ gelöst. Die Interaktion des Modellgebietes mit den angrenzenden Teilen des Grundwassergebietes wird durch sogenannte Randbedingungen beschrieben. Als Randbedingungen können angegeben werden:

- Fixes Potential (Ränder ohne Änderung des Grundwasserspiegels),
- Dichter Rand (Fließrichtung parallel zum Rand)
- Zu- und Abfluß (fixer Wasseraustausch an Modellrändern oder im Modellgebiet).

Das Grundwassermodell wurde als horizontales zweidimensionales und stationäres Modell realisiert (T. HARUM et al., 1996). Zur Kalibrierung wurden die Potentiale der Stichtagmessung vom 11.9.1995 bei verdichtetem Meßstellennetz herangezogen, sie entsprechen im Großteil des Feldes einem mittlerem Grundwasserstand. Modellränder und Elementenetz sind zusammen mit den aus dem Modell ermittelten Aquiferdurchlässigkeiten und Abweichungen zwischen gemessenem und errechnetem Potential in Fig. 10 dargestellt. Die für den jeweiligen Zustand gemessenen Wasserspiegelhöhen in den Pegeln am Gebietsrand wurden als fixe Randbedingungen (fixes Potential) angenommen. Zwischen den gemessenen Pegeln wurde grundsätzlich linear interpoliert.

Es zeigte sich, daß die bewilligten Konsensmengen für Entnahmen aus dem Grundwasser laut Wasserbucherhebung für den mumahen Stadtbereich (PLAN.T, 1995) beträchtlich über den tatsächlichen Entnahmen liegen. Es wurden daher auf Basis telefonischer Umfragen für größere Betriebe die tatsächlichen Entnahmengrößen ermittelt, sie sind nach deren Angaben meistens so gering, daß sie für die Modellkalibrierung nicht von Bedeutung sind. Herangezogen wurden nur Entnahmen über 5 l/s. Es handelt sich hierbei um wenige Brunnen. Das Wasserwerk Feldkirchen der Grazer Stadtwerke AG war zur Zeit der Messungen nicht in Betrieb.

Bezüglich des Mühlganges und der kleinen kanalisierten Seitenzubringer auf der östlichen Murseite wurde davon ausgegangen, daß sie eine dichte Sohle aufweisen, Isotopenuntersuchungen ergeben auch keine Hinweise auf eine stärkere Alimentation des Grundwassers aus denselben (T. HARUM et al., 1996).

Über die Grundwasserneubildung liegen aus dem südlichen Grazer Feld Untersuchungen vor (B. YEHDEGHO et al., 1994). Dort wurden auf Basis von meteorologischen Formeln (PENMAN-Gleichung) jährliche Neubildungsraten von im Mittel 200 mm berechnet, sie zeigen gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Lysimeteruntersuchungen im Leibnitzer Feld (J. FANK & T HARUM, 1994). Da die Kalibrierung für Mittelwasserverhältnisse erfolgte, wurden für drei Zonen unterschiedliche Jahressummen der Neubildungsrate abgeschätzt. Folgende Annahmen wurden getroffen (T. HARUM et al., 1996):

- *Grundwasserneubildung 100 mm:* Gebiete im innersten Stadtbereich mit weitgehender Versiegelung und Ableitung der Regenwässer über Kanäle in die nächste Vorflut.
- *Grundwasserneubildung 200 mm:* Mischgebiete.
- *Grundwasserneubildung 300 mm:* Gebiete mit relativ dichter Besiedelung (überwiegend Einfamilienhäuser und Wohnsiedlungen) und überwiegender punktueller Versickerung von Dachwässern und daher höherer Neubildungsrate.

Als Relief der Grundwassersohle findet die Karte in Fig. 1 Eingang in das Modell unter der Annahme eines durchgehend dichten Stauers.

Ausgehend von abgeschätzten k_F -Werten wurden die Durchlässigkeitsbeiwerte der Materialzonen solange variiert, bis für den Kalibrierzustand eine minimale Differenz zwischen gemessener und errechneter Potentialhöhe erreicht wurde. Die so ermittelten Materialzonen sind in Fig. 10 zusammen mit den Differenzen zwischen gemessenen und errechneten Potentialhöhen dargestellt. Sie liegen bei den meisten Pegeln unter 10 cm, sodaß von einer zufriedenstellenden Kalibrierung des Grundwassermodells ausgegangen werden kann.

Die errechneten Potentiallinien des Grundwasserspiegels sind für den Kalibrierzustand in Fig. 2 dargestellt. Aufgrund der sehr guten Übereinstimmung mit den gemessenen Potentialen (Fig. 10) und des praktisch identen Strömungsbildes wurde auf eine vergleichende Darstellung interpolierter und simulierter Grundwasserisohypsen verzichtet.

Die randlichen Zuflüsse errechnen sich auf Basis der Potentiale und Mächtigkeiten, sie wurden aber durch Abschätzung der Zuflüsse aus der Wasserbilanz und der Einzugsgebietsflächen auf Plausibilität überprüft, wobei im Raum Plabutsch auf Basis der Untersuchungen von H. BATSCHKE et al. (1967) etwas größere unterirdische Einzugsgebiete angenommen wurden (Bereich Feliferhofschwinden - Bründlquelle). Aufgrund der hohen Niederschläge im Zeitraum vor der Stichtagsmessung waren die randlichen Zuflüsse aus der Modellberechnung etwas höher als diejenigen der Abschätzung aus dem Wasserbilanzjahresmittel (T. HARUM et al., 1996). Aus der Modellkalibrierung errechnen sich folgende Zu- und Abflüsse:

Zustrom aus dem N:	168 l/s
Zustrom von den Talrändern:	234 l/s
Grundwasserabstrom aus dem Gebiet:	-216 l/s
In- /Exfiltration Mur:	-529 l/s

Sie belegen die sehr hohen Exfiltrationsraten in die Mur.

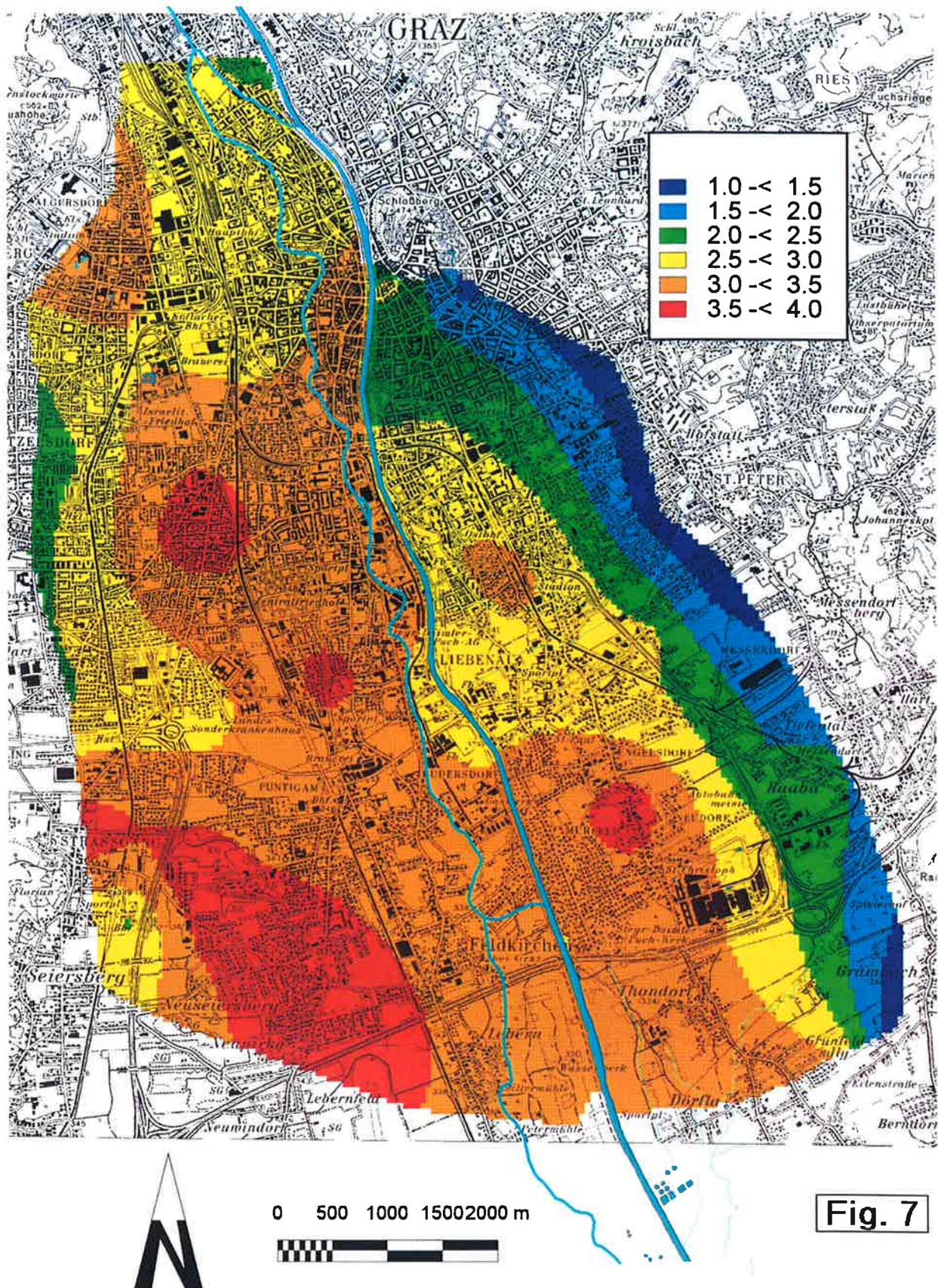


Fig. 7: Differenz zwischen höchstem und tiefstem gemessenen (zum Teil nach T. HARUM et al., 1966 berechnetem) Grundwasserstand (m) für den Zeitraum 1948-1994.

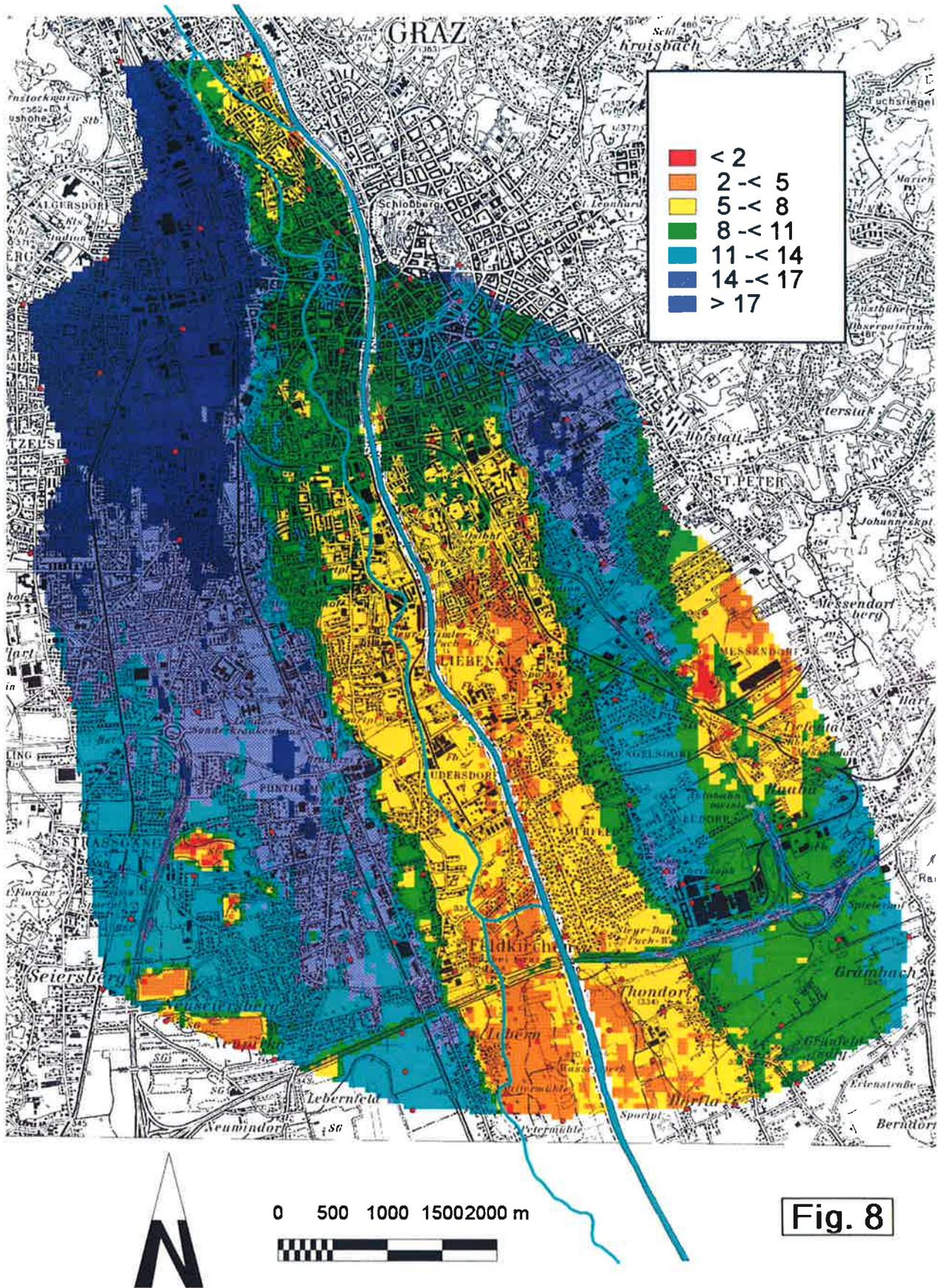


Fig. 8: Karte der Flurabstände (m) vom 11.9.1995 (mittlerer aktueller Grundwasserstand).

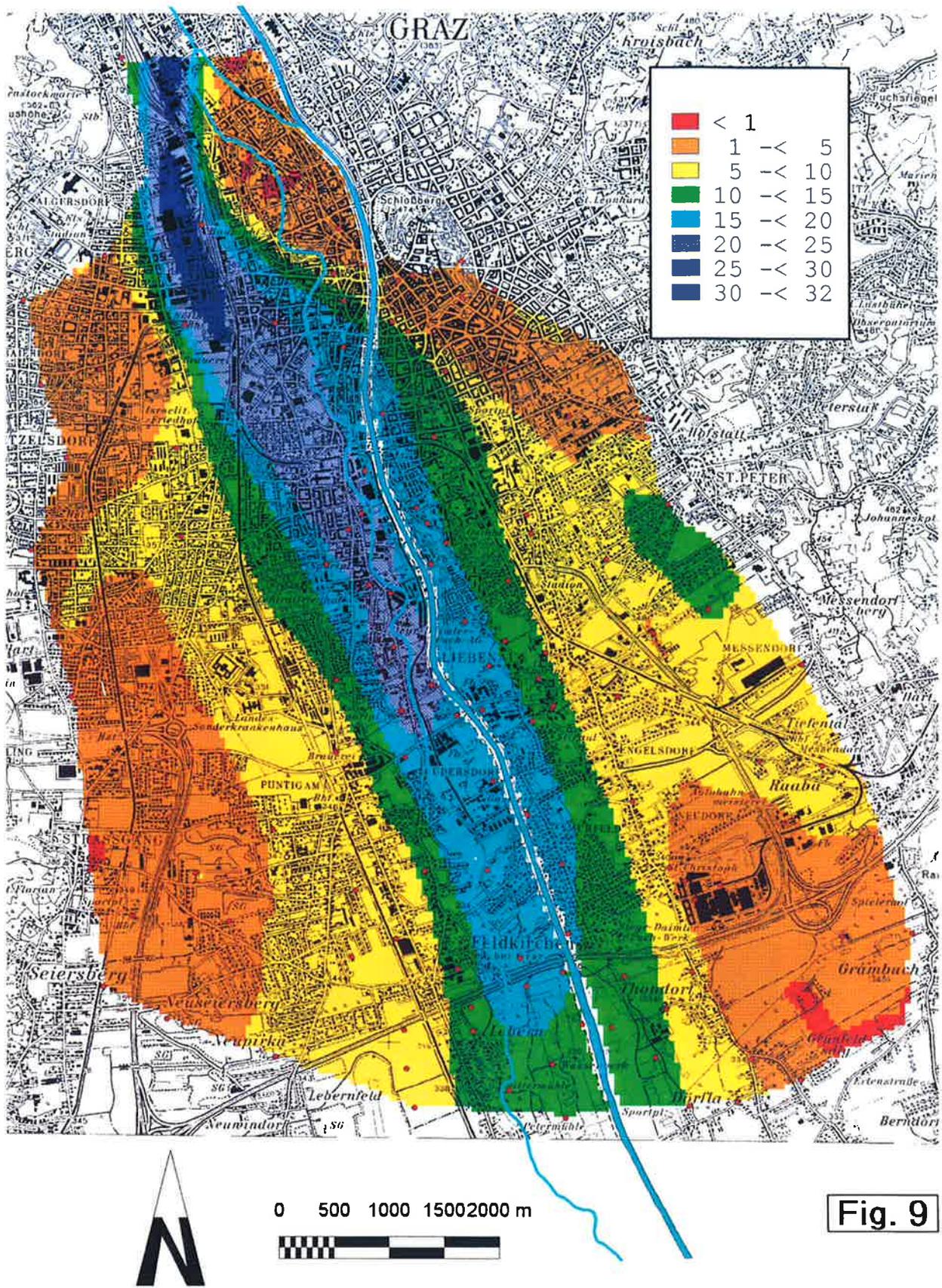


Fig. 9

Fig. 9: Grundwassermächtigkeit (m) bei mittlerem aktuellem Grundwasserstand (11.9.1995).

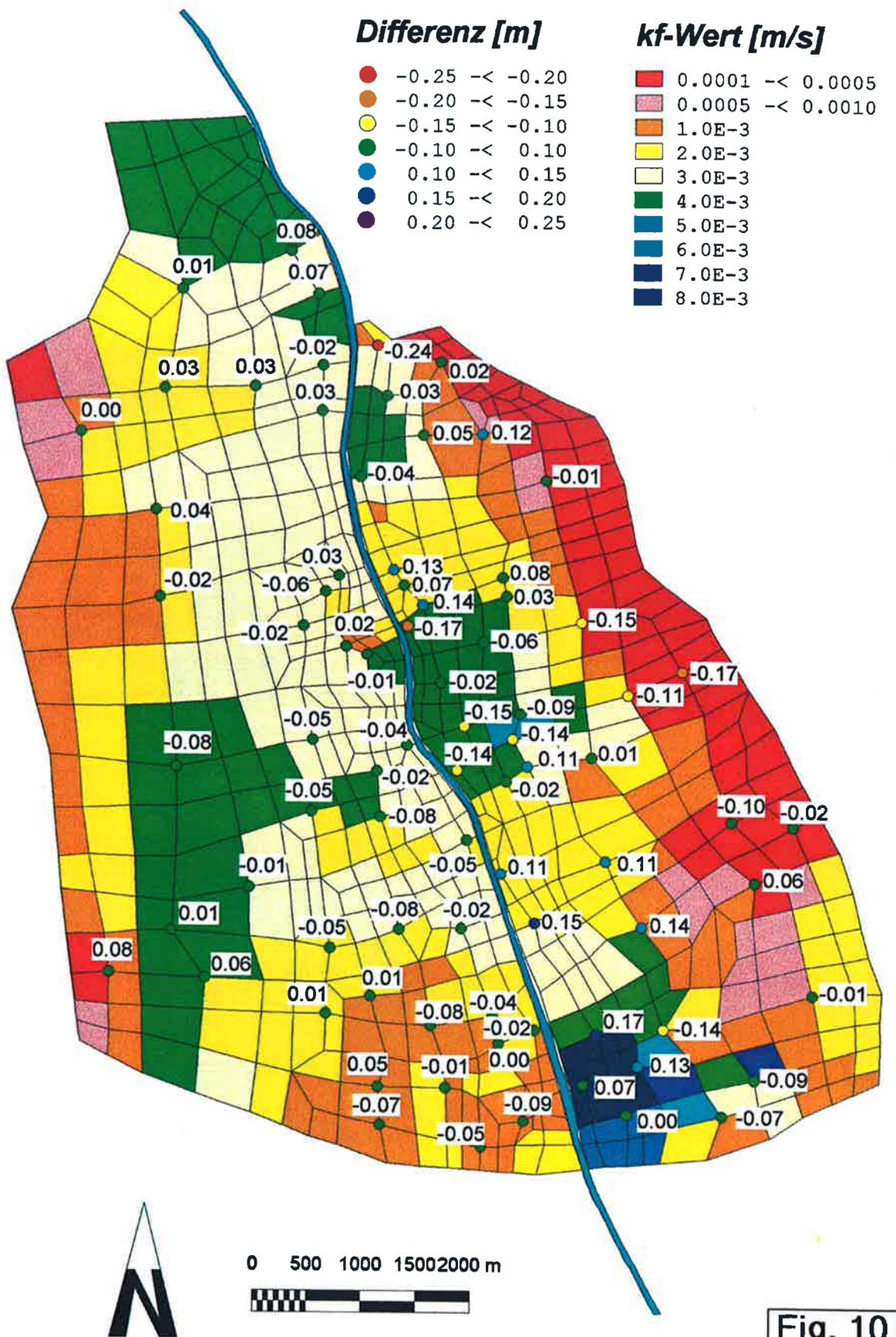


Fig. 10: Kalibrierung des stationären Grundwassermodells, FE-Netz und Differenzen zwischen berechnetem und gemessenem Grundwasserspiegel (m).

4. Einfluß der Murregulierung und langjährige Tendenzen des Grundwasserspiegels

Die Murregulierung stellte einen bedeutenden Eingriff in die Flußmorphologie und auch den Grundwasserhaushalt dar. Das Verständnis dieser Einflüsse ist daher für die Betrachtung des Verlaufs des Grundwasserspiegels bis heute von erheblicher Bedeutung. Über den Einfluß der Regulierungsarbeiten 1874-1891 auf den Grundwasserspiegel liegen leider keine damaligen Messungen vor. Die Regulierungsarbeiten selbst sind aber sehr detailliert in F. HOCHENBURGER (1894) beschrieben. Die Begradigung und Kanalisierung der Mur im südlichen Grazer Feld und südlichen Stadtgebiet bewirkte eine beträchtliche Tieferlegung der Mursohle im Nordteil des Grazer Feldes, aber eher Anlandungen im südlichen Abschnitt (T. HARUM et al., 1994). Es kann somit mit Sicherheit davon ausgegangen werden, daß die Tieferlegung der Vorflut eine Absenkung des Grundwasserspiegels bewirkte. Messungen des Grundwasserspiegels existieren im Grazer Feld von vereinzelt Meßstellen ab 1947. Trotzdem liegt der Zeitpunkt des Beginns dieser Messungen über 50 Jahre nach Beendigung der Regulierung und läßt somit nur sehr bedingt Rückschlüsse über die langfristige Entwicklung des Grundwasserspiegels zu, zumal der Meßzeitraum durch viele andere den Grundwasserspiegel beeinflussende Faktoren geprägt ist.

Es ist somit notwendig, den Verlauf des Murwasserspiegels näher zu betrachten. Hier liegen vom früheren Pegel bei der Grazer Hauptbrücke (ehemals Franz-Carl-Kettenbrücke) tägliche Messungen von 1850 bis 1984 vor. Seit 1983 befindet sich der Pegel in der Wartingergasse (knapp nördlich Keplerbrücke, die Daten wurden linear zurückgerechnet). Eine unrealistische Verschiebung des Pegelnullpunktes 1964 wurde ebenfalls korrigiert. In Fig. 11 sind die Monatsmittel der Wasserstände im Vergleich zum Mittelwasser vor der Regulierung, den heutigen Ständen und dem geplanten Stauziel dargestellt. Zur besseren Erkennung von Trends wurden zusätzlich gleitende Mittel über jeweils 12 Werte berechnet (dicke Kurve).

Der Beginn der Regulierungsarbeiten im südlichen Stadtgebiet im Jahre 1877 bewirkte relativ rasch eine Tieferlegung der Mursohle und damit einen Rückgang des Murwasserspiegels. Dieser setzt bereits 1879 ein und setzt sich bis in das Jahr 1907 fort (Absenkung rund 2 m), wird dann durch einen einige Jahre dauernden Anstieg unterbrochen, um sich dann bis in das Jahr 1939 fortzusetzen. Ab ca. 1948 dürfte es zu einer weitgehenden Stabilisierung der Mursohle gekommen sein. Auch die aktuellen Messungen geben keine Hinweise mehr auf eine fortschreitende Tieferlegung der Vorflut, abgesehen von einem Eintiefungsschub durch das große Hochwasser 1965 (H. KREPS, 1965). Der Wasserspiegel des heutigen HQ₁₀₀ liegt im normalen Schwankungsbereich erhöhter monatlicher Mittelwasserstände vor der Regulierung

Auf Basis dieser Ergebnisse beträgt die Gesamteintiefung der Mur an der Hauptbrücke rund 3,7 m, sie ist aber weiter im S noch größer (über 4 m an der Puntigamer Brücke). Somit kann für den murnahen Bereich von sehr ähnlichen Absenkungen des Grundwasserspiegels ausgegangen werden.

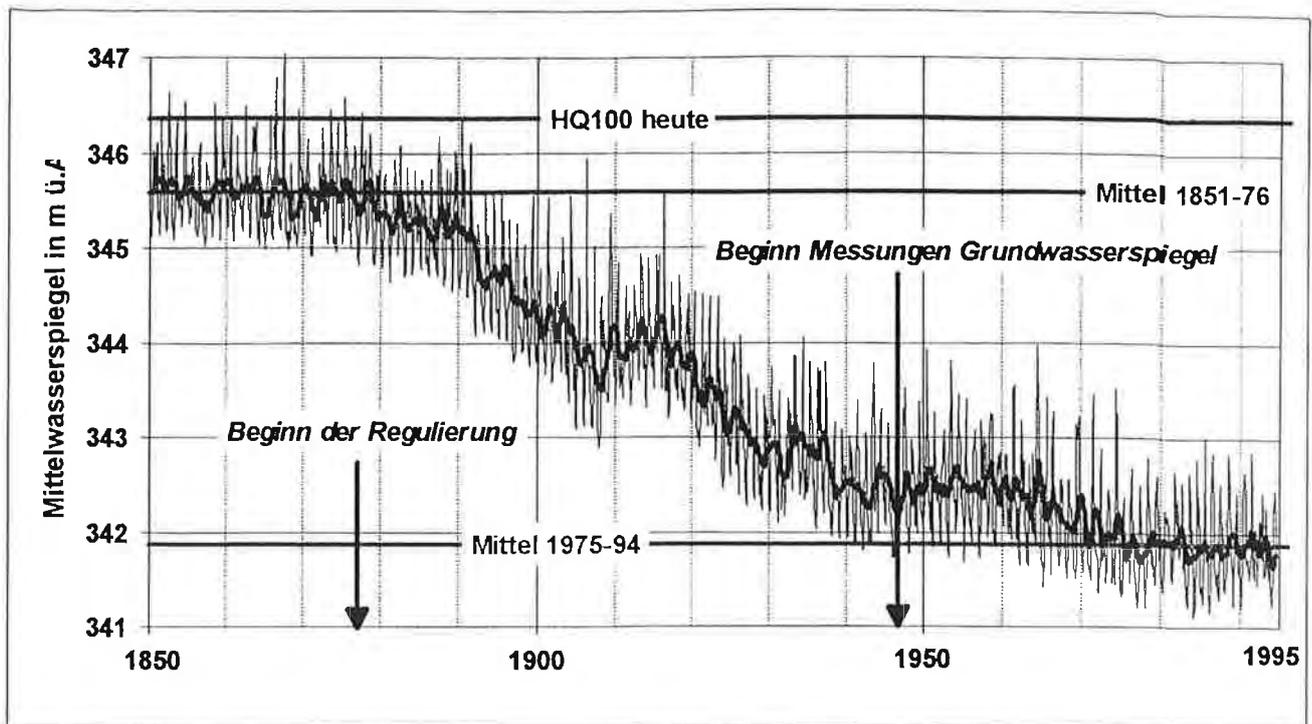


Fig. 11: Monatsmittel und gleitendes Mittel des Murwasserspiegels an der Hauptbrücke (ehemals Franz-Carl-Kettenbrücke) von 1850-1995 im Vergleich zum Mittel vor der Regulierung und zum Mittel und HQ_{100} heute. Bemerkungen: Ab 1984 wurde der Pegel Hauptbrücke aufgelassen, die Daten wurden unter Annahme eines gleichen Profils von dem amtlichen Pegel Wartingergasse übertragen.

Als für den murnahen Bereich repräsentative Grundwassermeßstelle wurde die Ganglinie des Hydrographiebrunnens 3450 ausgewählt, von dem wöchentliche Messungen seit November 1947 vorliegen. Die Ganglinie und Jahresmittel sind in Fig. 12 dargestellt. Sie läßt zeitlich sehr unterschiedliche Trends erkennen mit Perioden höherer Grundwasserstände in den 60er und 90er Jahren. Insgesamt ist keine rückläufige Tendenz des Grundwasserspiegels zu erkennen.

In Fig. 13 sind die gleitenden Mittel der Ganglinien von Niederschlag, Grundwasserneubildung berechnet als Differenz Niederschlag - reelle Evapotranspiration nach TURC (zit. in A. BAUMGARTNER & H.-J. LIEBSCHER, 1990) und der Wasserstände der Mur am Pegel Hauptbrücke im Vergleich zu den Jahresmitteln der Grundwasserstände einer murnahen Meßstelle dargestellt. Die Berechnung der Grundwasserneubildung nach TURC liegt zwar erfahrungsgemäß im Vergleich zu Untersuchungen im südlichen Grazer Feld (B. YEHDEGHO et al., 1994) zu hoch, sie läßt aber doch die niederschlags- und lufttemperaturbedingten langjährigen Schwankungen zumindest relativ erkennen. Nicht berücksichtigt sind Nutzungsänderungen, die zweifelsohne vor allem im Stadtgebiet mit der zunehmenden Verbauung und Versiegelung einen beträchtlichen Einfluß auf die Neubildungsrate haben. Die Niederschläge zeigen insgesamt einen leicht fallenden, die Grundwasserneubildung aufgrund des deutlich positiven Trends der Lufttemperatur (gute Übereinstimmung mit anderen europäischen Stationen) eine etwas stärker fallende Tendenz. Bei beiden Parametern zeigt sich eine gewisse Periodizität, die sich sehr deutlich in den Grundwasserständen und abgeschwächt und überlagert durch den starken Rückgang auch in der Murganglinie niederschlägt (Fig. 13).

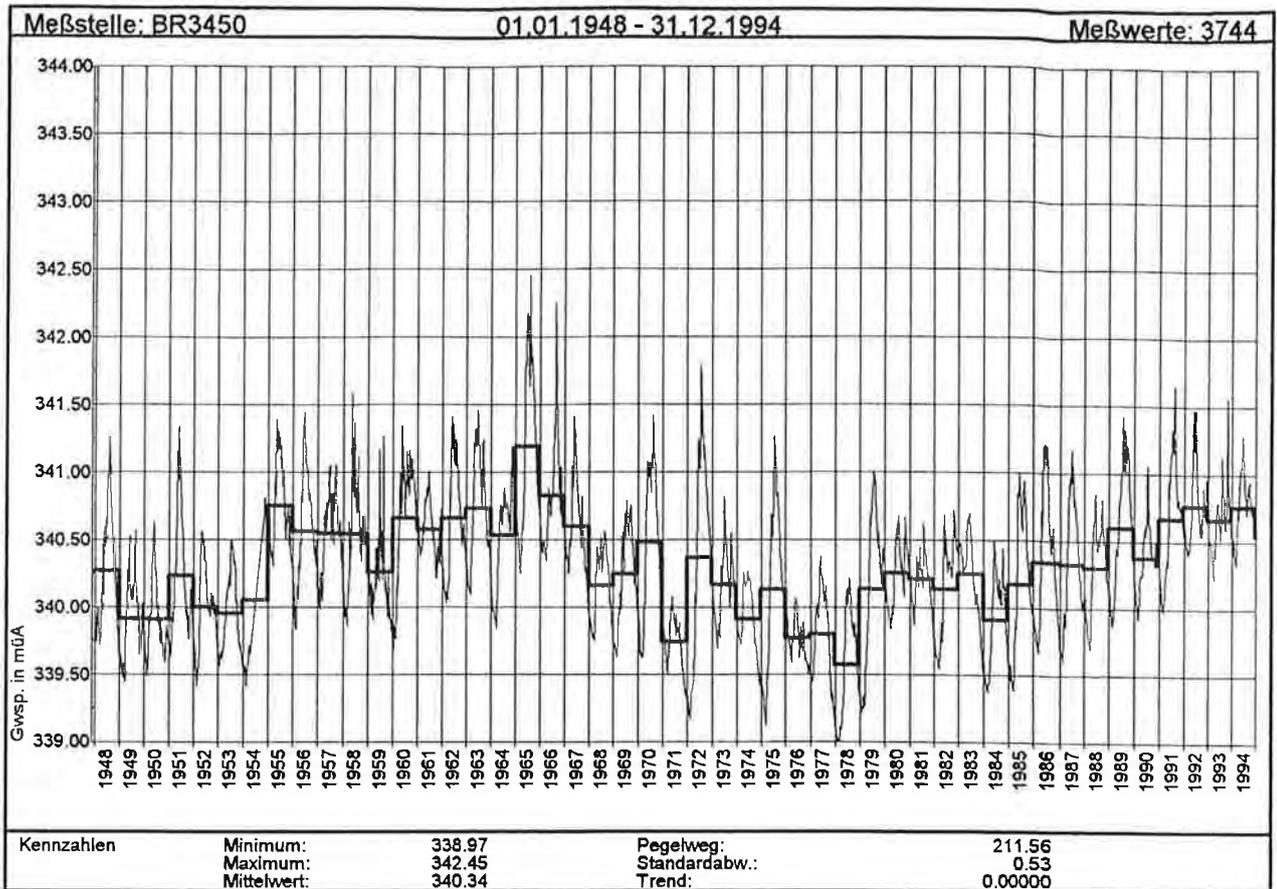


Fig. 12: Grundwasserstände (Einzelwerte und Jahresmittel) an der Meßstelle 3450 1948-1994.

Besonders auffällig ist der sehr trockene Zeitraum der 40er Jahre, in dem es auch zur Stabilisierung der Mursohle kam. Seit etwa 1975 deutet sich wieder ein steigender Trend der Niederschläge bzw. Neubildung an, der auch deutlich steigende Grundwasserstände bewirkt.

Aufgrund des doch deutlich vorhandenen Zusammenhangs zwischen Grundwasserspiegel (GWSP), Niederschlag (N) und Murwasserspiegel (MWSP) wurde versucht, auf Basis eines multiplen linearen Regressionsmodells den Verlauf des Grundwasserspiegels in der Meßstelle 3450 für den gesamten Zeitraum von 1870 bis heute zu simulieren. Demnach kann der Grundwasserspiegel aus der folgenden Gleichung abgeschätzt werden:

$$\text{GWSP} = a \cdot \text{MWSP} + b \cdot \text{N} + c$$

Das Ergebnis zeigt einen recht guten korrelativen Zusammenhang (Bestimmtheitsmaß $r = 0,721$) der gleitenden Mittel von Niederschlag, Murwasserstand und Jahresmittel Grundwasserstand bei guter Vergleichbarkeit von gemessener und simulierter Ganglinie (Fig. 13). Für die Simulation des durch die starke Eintiefung der Mur geprägten Zeitraums 1890-1948 wurde im Regressionsmodell der im Gegensatz zum Meßzeitraum 1948-1994 sehr stark fallende lineare Trend des Murwasserspiegels bei der Abschätzung der Grundwasserspiegellagen berücksichtigt (0,05-0,07 m/y), da das aus dem relativ stabilen Zeitraum 1948-1993 kalibrierte Regressionsmodell diesen Rückgang deutlich zu schwach nachvollzieht.

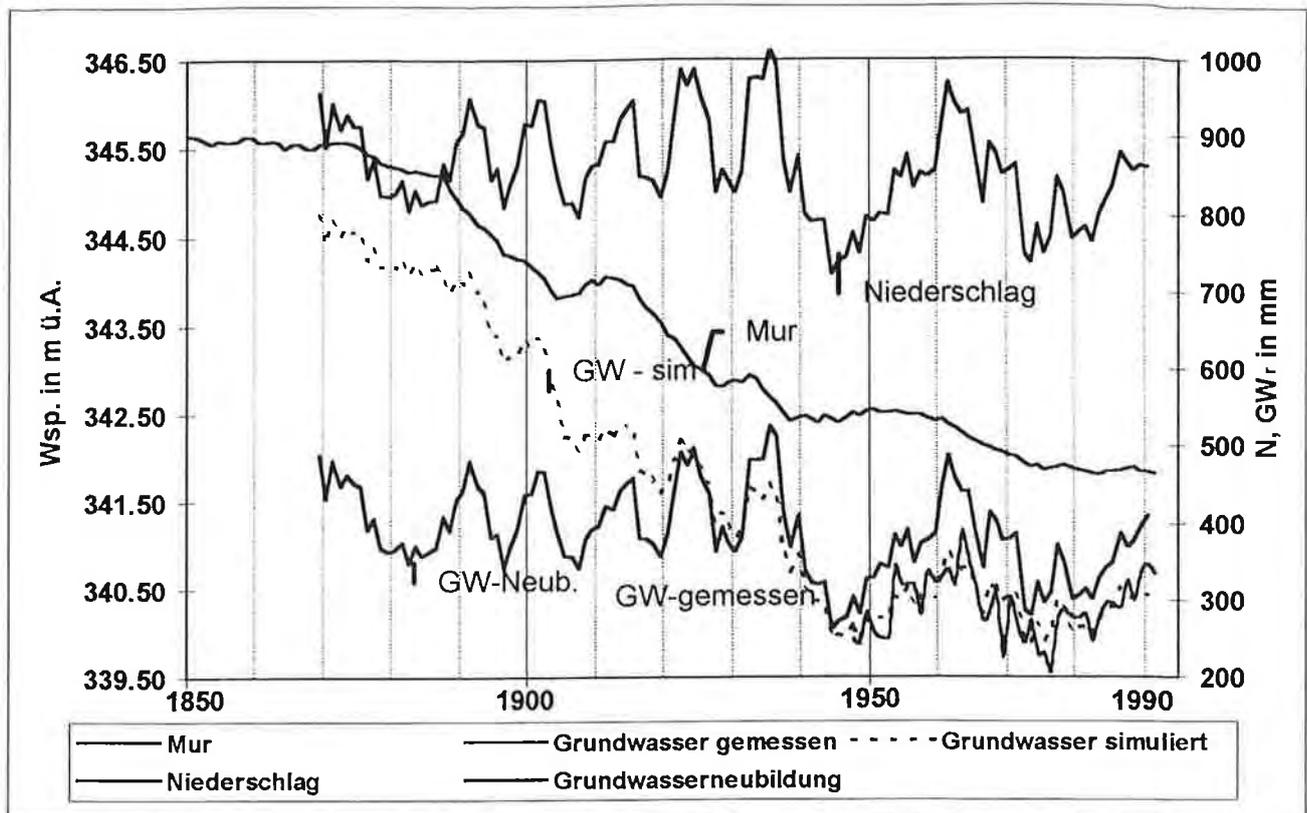


Fig. 13: Gleitende Mittel über 5 Jahre der Niederschläge und Grundwasserneubildung nach TURC an der Station Graz-Universität 1874-1993 (vor 1891 Graz-Bürger-gasse), des Murwasserspiegels an der Grazer Hauptbrücke im Vergleich zu den gemessenen und simulierten Jahresmitteln des Grundwasserspiegels an der Meßstelle 3450.

Die auf dieser Basis simulierte Grundwasserganglinie in Fig. 13 kann naturgemäß nur sehr grob den wahrscheinlichen Verlauf des Grundwasserspiegels seit 1870 in Abhängigkeit von Niederschlag und Murwasserspiegel nachvollziehen. Sie zeigt aber doch trotz vieler nicht berücksichtigter Einflußfaktoren (vor allem Nutzungsänderungen im Stadtgebiet) ein recht plausibles Bild, zumal der Ausgangsgrundwasserspiegel vor der Regulierung sehr gut mit demjenigen mittels des Grundwassermodells simulierten übereinstimmt (vgl. Kap. 5).

5. Simulation der Grundwasserverhältnisse vor der Murregulierung

Die Murwasserstände vor der Regulierung sind aufgrund der vorhandenen Unterlagen (Längsprofile in F. HOCHENBURGER, 1894; Hydrographische Jahrbücher, Archivdaten der Hydrographischen Landesabteilung) an einigen Punkten im Grazer Stadtgebiet (Keplerbrücke, Franz-Carl-Ketten-Brücke, Puntigamer Brücke, weiter im S Kalsdorfer Brücke) relativ gut bekannt.

Somit ist auf Basis des gemäß Kap. 3.6 kalibrierten stationären Grundwassermodells eine Simulation der Grundwasserströmung für die Verhältnisse vor der Regulierung möglich. Folgende Randbedingungen fanden in die Simulation Eingang:

- **Murwasserspiegel:** Es wurde ein Mittelwasserzustand aus dem Zeitraum 1851-1876 (Franz-Carl-Kettenbrücke) herangezogen, die Flußspiegel an den oben genannten Brücken wurden unter Zuhilfenahme der Längsprofile von F. HOCHENBURGER (1894) und der Pegel-daten auf diesen Zeitraum korrigiert. Es liegt somit ein ausreichend genaues Längsprofil vor, das im Vergleich zu den

heutigen Mittelwasserspiegeln eine durchaus plausible Zunahme der Eintiefung von N nach S zeigt (Hauptbrücke 3,7 m höher als heute, Puntigamer Brücke ca. 4,5 m).

- **Verlauf der Mur:** Im nördlichen Teil des Modellgebietes entspricht der Verlauf der Mur ungefähr demjenigen von 1875. Im Südteil hingegen war die Mur ein stark verwilderter Fluß mit zahlreichen Seitenarmen (s. Karte in F. HOCHENBURGER, 1894), in denen die Wasserspiegellagen im Detail natürlich nicht bekannt sind. Es wurde daher die heutige Randbedingung von der Lage her beibehalten, der damalige Flußwasserspiegel auf den heutigen Verlauf der Mur bezogen. Es ergeben sich somit bei der Simulation der Grundwasserströmung lokal etwas größere Fehler im Bereich der südlichen Talaue, die aber das Gesamtströmungsbild kaum beeinflussen.
- **Grundwasserneubildung:** Die Bebauungsdichte war in dieser Zeit im Untersuchungsraum mit Ausnahme des Altstadtgebietes noch sehr gering. Es wurde daher davon ausgegangen, daß die jährliche Grundwasserneubildung durch Infiltration von Niederschlägen im gesamten Modellgebiet rund 200 mm/y betrug. Dieser Wert entspricht den Untersuchungen von B. YEHDEGHO et al. (1994) im südlichen Grazer Feld.
- **Zuflüsse vom Talrand:** Es wurde davon ausgegangen, daß die Zuflüsse vom westlichen und östlichen Talrand unverändert blieben, somit wurden die Potentiale aus der Kalibration übernommen.
- **Zu- und Abfluß:** Der nördliche und südliche Modellrand sind naturgemäß durch den erhöhten Murwasserspiegel beeinflußt. Hier mußten die randlichen Potentiale entsprechend den Gefällsverhältnissen und Mächtigkeiten des Aquifers angehoben werden.

Die Ergebnisse der Simulation sind den Fig. 14 - 17 zu entnehmen. Als Kartenbasis für die damalige Situation wurde die Karte des Stadtgebietes von Graz der 3. Landesaufnahme, Stand 1875, verwendet. Der Vergleich mit den heutigen Karten belegt sehr deutlich die seit damals stattgefundene sehr starke Urbanisierung des nördlichen Grazer Feldes und das 1875 noch stark mäandrierende Gewässernetz in der Talaue.

Die simulierten Potentiallinien in Fig. 14 zeigen ein stark verändertes Strömungsbild für einen theoretischen mittleren Grundwasserstand des Zeitraumes 1851-1876. Durch die bedeutend höher gelegene Vorflut der Mur war die Hauptabstromrichtung zu beiden Seiten der Mur weitgehend murparallel N-S-gerichtet, die heute überwiegend gegebene Exfiltrationssituation vor allem im Südteil ist somit eindeutig ein Effekt der durch die Regulierung bedingten Eintiefung der Mur.

In Fig. 15 sind die Differenzen zwischen heutigen und damaligen Grundwasserständen dargestellt. Sie sind somit ein Maß für die Absenkung des Grundwasserspiegels seit der Regulierung. Es ist deutlich sichtbar, daß die Absenkung weite Teile des nördlichen Grazer Feldes umfaßte und sich fast oder bis zu den (im Modell stabil gehaltenen) Talrändern ausgewirkt haben muß. Am größten sind die Absenkungen naturgemäß im Bereich der Talaue, wo sie im gesamten Innenstadtbereich zwischen 3 und 4 m liegen, im Südteil sogar darüber.

Dementsprechend verringert waren vor der Regulierung die Flurabstände des Grundwasserspiegels (Fig. 16). Sie sind allerdings aus der Differenz zwischen heutiger Geländeoberkante (DTM-Raster) und damaligem Grundwasserspiegel berechnet, spiegeln also nicht ganz die damalige Situation wider. So sind deutlich die Autobahn und diverse Kiesgruben sichtbar, die natürlich 1875 noch nicht existiert haben. Trotzdem ist gut erkennbar, daß damals bedeutend geringere Flurabstände vorherrschten.

Die Grundwassermächtigkeiten (Fig. 17) und somit auch Ergiebigkeiten des Aquifers waren dementsprechend beträchtlich höher.

Natürlich darf das simulierte Bild der Grundwasserströmung vor der Murregulierung nur als grobe Annäherung betrachtet werden, die aufgrund fehlender bzw. derzeit noch nicht aufgefundener Meßdaten des Grundwasserspiegels aus dieser Zeit nicht im Detail verifizierbar ist. Das Bild ist zwar plausibel und zeigt, wie die damaligen Strömungsverhältnisse ausgesehen haben könnten, darf aber im Detail vor allem im südlichen Taluebereich nicht überinterpretiert werden.

6. Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, vor allem in Bezug auf eventuell noch in Archiven vorhandene alte Unterlagen. Es wurde versucht, auf Basis eines an einem heutigen Istzustand kalibrierten stationären Grundwassermodells die Strömungsverhältnisse im Stadtgebiet von Graz vor der großen Murregulierung 1874-1891 zu rekonstruieren, ebenso wie den Verlauf des Grundwasserspiegels bis heute. Die Ergebnisse zeigen, daß die Regulierung und damit verbundene, durch Messungen belegte Tieferlegung der Vorflut sehr starke und nachhaltige Langzeitauswirkungen auf das Grundwasser in Form von sehr weitreichenden Absenkungen (3 bis über 4 m) im gesamten Stadtgebiet ausgeübt haben muß. Erst seit etwa 1970 scheint eine gewisse Stabilisierung der Mursohle und auch des Grundwasserspiegels eingetreten sein, der seitdem durch eine Zunahme der Grundwasserneubildung steigende Tendenz zeigt.

Der Verlauf des Grundwasserspiegels hängt sehr stark von der Grundwasserneubildung durch Versickerung von Niederschlägen im Stadtgebiet und an den Talrändern und vom Murwasserspiegel ab. Eine Prognose zukünftiger Trends ist derzeit kaum möglich. Sie hängt davon ab, ob die Mur bereits ein Ausgleichsprofil erreicht hat oder ob zukünftige größere Hochwässer, wie sie in den letzten beiden Jahrzehnten nicht aufgetreten sind, wieder eine Tieferlegung der Mursohle bewirken werden. Weiters spielen Faktoren, wie die zukünftigen Niederschläge, Nutzungsänderungen und Entnahmen im Stadtgebiet eine beträchtliche Rolle.

Genauere Aussagen wären nur durch Erweiterung des Grundwassermodells auf das gesamte Grazer Feld und Ausdehnung desselben auf ein instationäres Modell unter Einbeziehung des jahreszeitlichen Verlaufs der Grundwasserneubildung in Abhängigkeit von den meteorologischen Verhältnissen und der Landnutzung möglich. Eine eingehende Analyse der historischen Landnutzungsveränderungen würde genauere Rückschlüsse auf Veränderungen der Grundwasserneubildung ermöglichen.

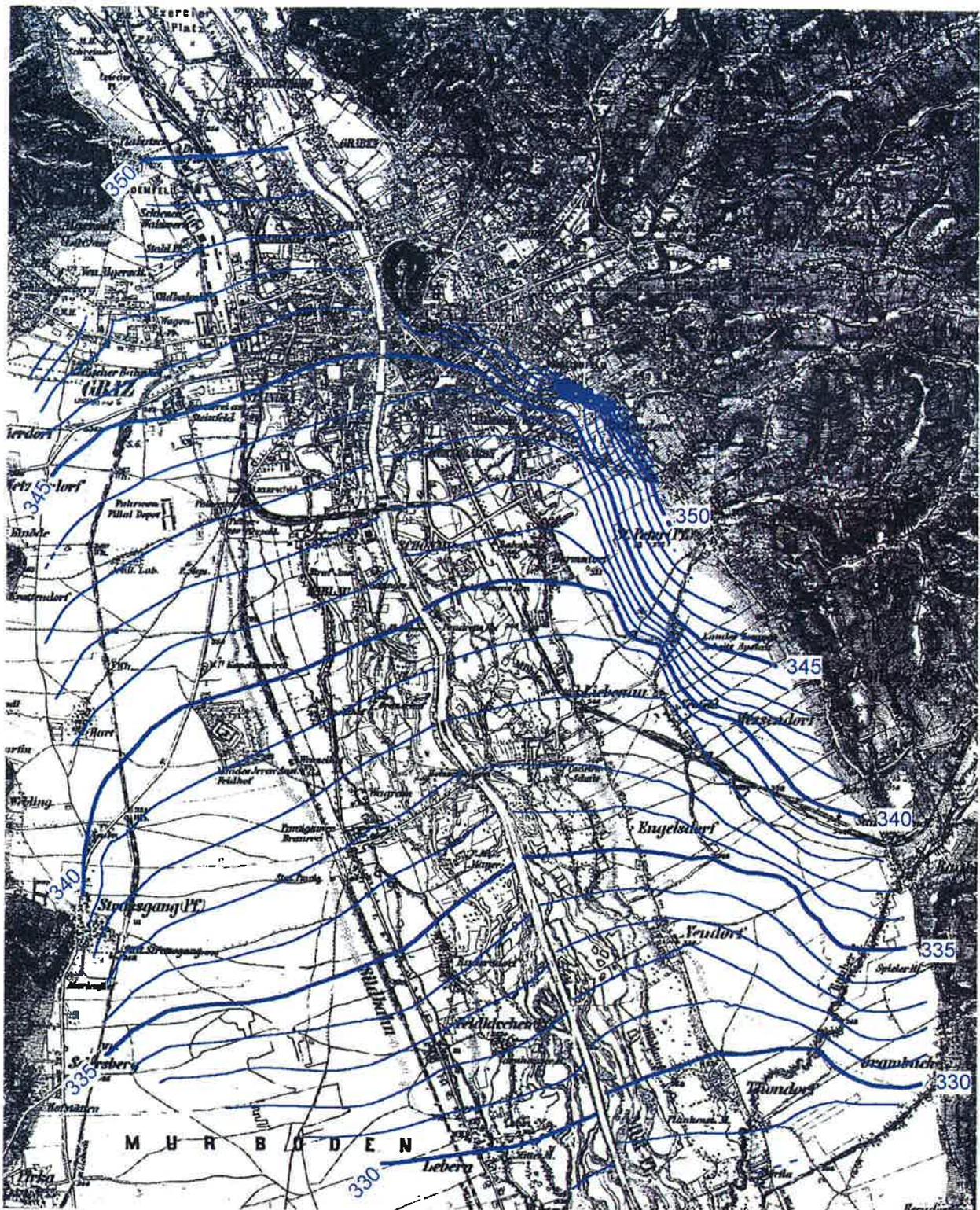


Fig. 14

Fig. 14: Simulierte Grundwasserisohypsen (m ü.A.) vor der Murregulierung (mittlerer Stand 1851-1876).

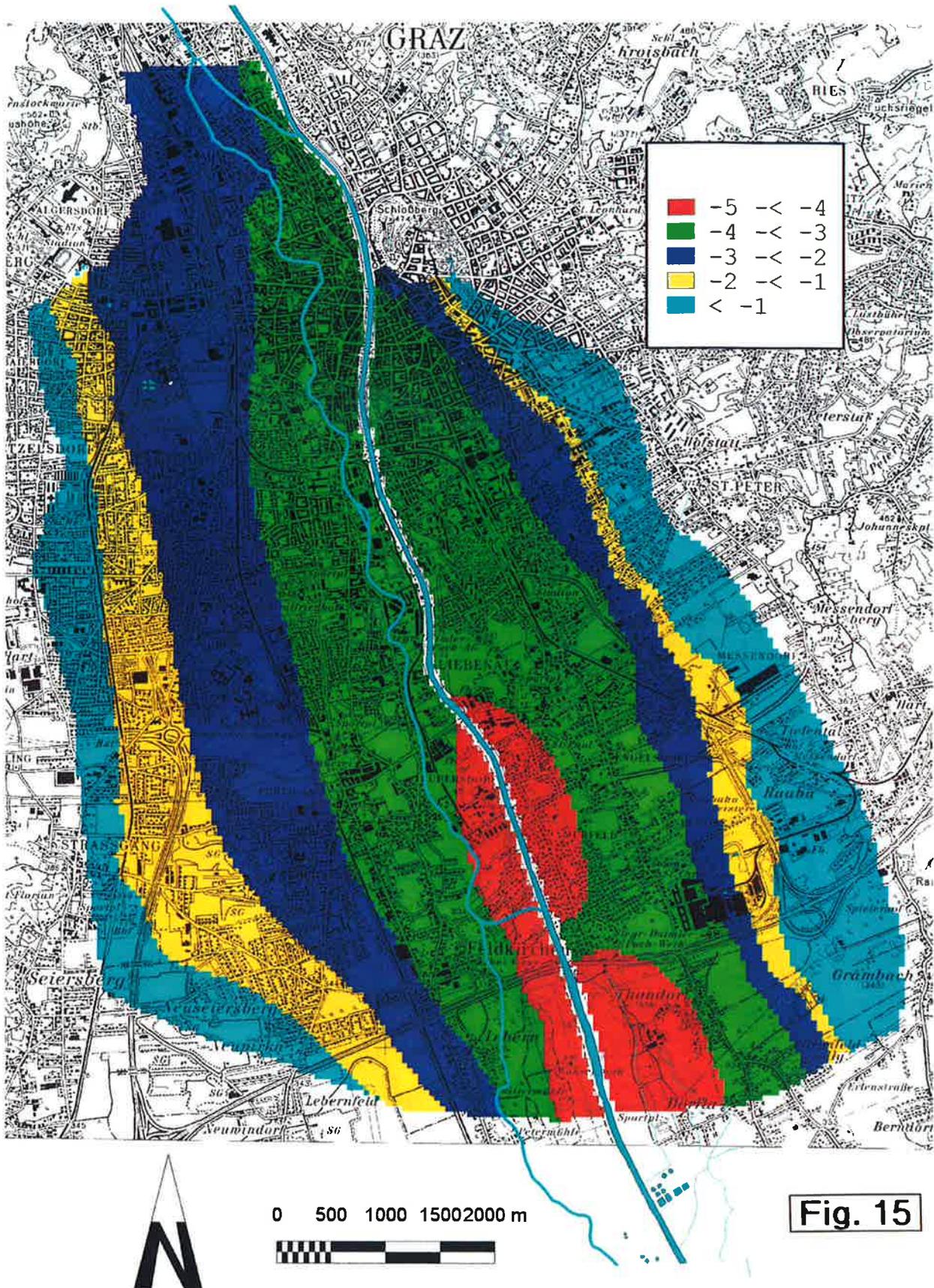


Fig. 15: Simulierte Absenkungsbeträge des Grundwasserspiegels (m) seit der Murrregulierung (Differenz Grundwasserstand 11.9.1995 - simulierter mittlerer Grundwasserstand 1851-1876).

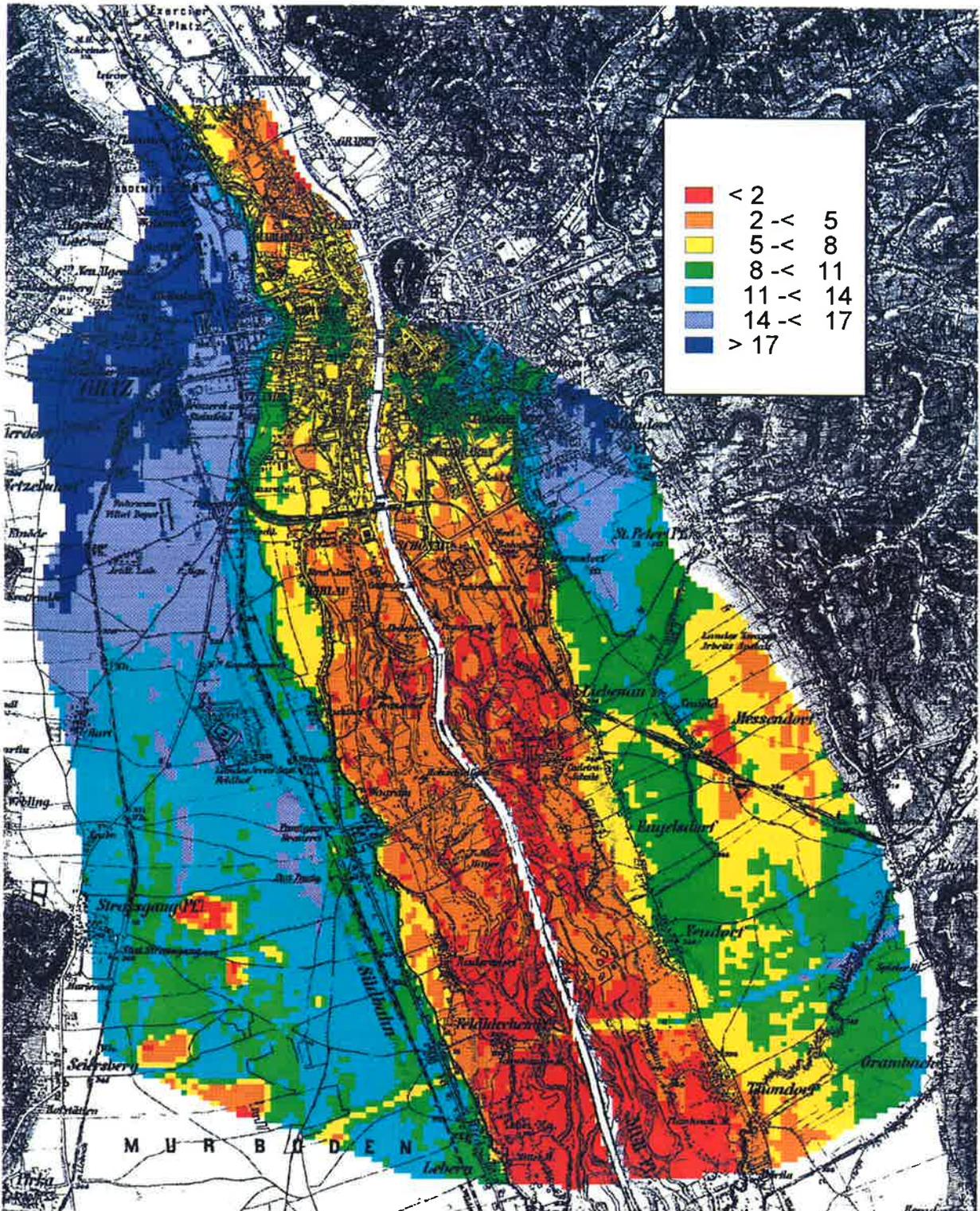
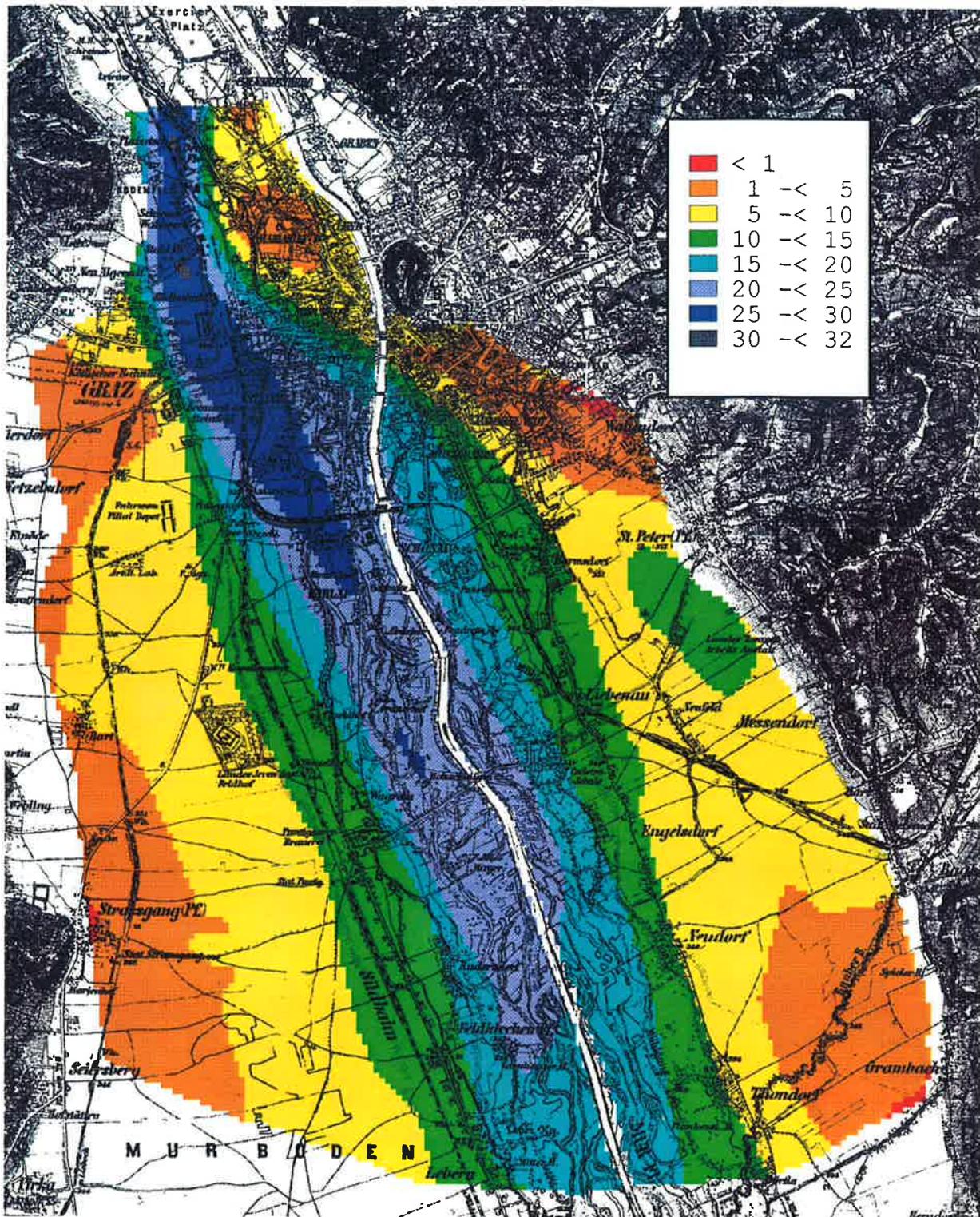


Fig. 16

Fig. 16: Simulierte Flurabstände des Grundwasserspiegels (m) vor der Murregulierung (Differenz Geländeoberfläche- simulierter mittlerer Grundwasserstand 1851-1876). Aufgrund mangelnder Informationen über die Geländehöhen im 19. Jahrhundert beruht die Geländeoberfläche auf dem DTM-Raster des BAEV, aktueller Stand. Somit ergeben sich Fehler wie z.B. deutlich sichtbare damals nicht existente Kiesgruben oder die Autobahn.



0 500 1000 1500 2000 m



Fig. 17

Fig. 17: Simulierte Grundwassermächtigkeiten (m) vor der Murregulierung (Differenz simulierter mittlerer Grundwasserstand 1851-1876 - Grundwassersohle).

7. Verwendete und weiterführende Literatur

- ARGE KW PUNTIGAM (1995): Murstufen in Graz. KW Puntigam, Planungsphase I, Machbarkeitsstudie, Standortstudie.- Unveröff. Bericht, 21 S, Beilagen, Graz.
- BATSCHKE, H., F. BAUER, H. BEHRENS, K. BUCHTELA, F. HRIBAR, W. KÄSS, G. KNUTSSON, J. MAIRHOFER, V. MAURIN, H. MOSER, F. NEUMAIER, L. OSTANEK, V. RAJNER, W. RAUERT, H. SAGL, W.A. SCHNITZER & J. ZÖTL (1967): Ergebnisse der vergleichenden Markierungsversuche im Mittelsteirischen Karst 1966.- Steir. Beitr. z. Hydrogeologie, **18/19**, 331-403, Graz.
- BAUER, F., A. BERNHART, R. GUSCHLBAUER, Ch. KAISER, H. STADLBAUER, G. SUETTE & H. ZETINIGG (1995): Die neuen Grundwasserschutzgebiete 1990-1995.- Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, **77**, 156 S, Graz.
- BAUMGARTNER, A. & H.-J. LIEBSCHER (1990): Allgemeine Hydrologie, quantitative Hydrologie.- 673 S, Berlin-Stuttgart (Gebr. Borntraeger).
- BECKER, L.P. (1993): Studie Graz - Mellach / Naturraum, Geologischer Bericht.- Unveröff. Bericht, Graz.
- BERNHARD, L., H. ZETINIGG, J. NOVAK & W. POPP (1973): Grundwasseruntersuchungen im süd-östlichen Grazer Feld.- Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, **22**, 88 S, Graz.
- Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (1995): DTM-Höhenraster und digitale Situation ÖK 1:50.000 des Untersuchungsgebietes.
- Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (1875): Kartenblatt 5155/3, 3. Landesaufnahme.
- EBNER, F. (1983): Geologische Karte des mittleren Murtales.
- FANK, J. & T. HARUM (1994): Solute transport and water movement in the unsaturated zone of a gravel filled valley: tracer investigations under different cultivation types.- In: J. SOVERI & T. SUOKKO [Editors]: Future Groundwater Resources at Risk (Proceedings of the Helsinki Conference, June 1994). - IAHS Publ. No **222**, 341-354, (Galliard Ltd.) Great Yarmouth.
- FANK, J. & G. ROCK (1994): Großpumpversuch und Grundwassermodell Kalsdorf.- Unveröff. Bericht, JOANNEUM RESEARCH (Institut für Geothermie und Hydrogeologie), 122 S, Graz.
- FANK, J. & G. ROCK (1994): Hydrogeologie und Grundwassermodell Kalsdorf.- Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, **76**, 114 S, Graz.
- FORSCHUNGSGESELLSCHAFT JOANNEUM, INSTITUT für UMWELT GEOLOGIE und ANGEWANDTE GEOGRAPHIE (1986): Baugrund und Grundwasser in Graz.- Unveröff. Bericht, Graz.
- HARUM, T., G. DOMBERGER & H. ZOJER (1994): Grundlagenstudie Talboden der Mur Graz-Mellach.- Unveröff. Bericht, JOANNEUM RESEARCH (Institut für Geothermie und Hydrogeologie), 47 S, Graz.
- HARUM, T., G. ROCK, I. ENTNER, H.P. LEDITZKY & H. ZOJER (1996): Kraftwerk Puntigam, Machbarkeits- und Standortstudie, Gutachten Geologie und Grundwasser.- Unveröff. Bericht, JOANNEUM RESEARCH (Institut für Hydrogeologie und Geothermie), 67 S, Graz.
- HARUM, I., B. SAURER, B. STROMBERGER, H. STUBENVOLL, G. SUETTE, U. KANITSCH & W. VERWÜSTER (1995): Trockenperioden 1992 und 1993 in der Steiermark. Außergewöhnlich oder normal. Eine hydrographische Untersuchung.- 111 S, Graz (Amt der Steiermärkischen Landesregierung, FA IIIa, Wasserwirtschaft).
- HOCHENBURGER, F. (1894): Darstellung der in der Periode 1874-1891 durchgeführten Arbeiten der Mur-Regulierung in Steiermark.- 119 S, 20 Beil., Wien (K.K. Ministerium des Inneren).
- Hydrographischer Dienst in Österreich (1958): Wasserstände der österreichischen Gewässer vor 1893.- 178 S, Wien (Hydrographisches Zentralbüro).
- Hydrographischer Dienst in Österreich (1993): Grundwasserstände in Österreich 1948 - 1990, Teil 5: Steiermark.- 178 S, Wien (Hydrographisches Zentralbüro).
- Hydrographischer Dienst in Österreich: Hydrographische Jahrbücher.- Wien (Hydrographisches Zentralbüro).
- Hydrographische Landesabteilung (1995): Grundwasserstandsdaten, Stichtagmessung am 11.9.1995 gemeinsam mit JOANNEUM RESEARCH.- Graz.
- Hydrographische Landesabteilung (1995): Unpublizierte Archivdaten.- Graz.
- KREPS, H. (1965): Unpublizierte Aufzeichnungen über Mureintiefung.- Graz.
- KUBINZKY, K.A. (1987): Graz im Wandel.- 189 S, Graz (Leykam).
- LEITNER, W. & P. CEDE (1987): Graz. Der urbane Lebensbereich an der Mur. Teil I: Historisch-geographischer Überblick.- 44 S, Graz (Magistrat Graz, Stadtplanungsamt & Institut für Geographie der Karl-Franzens-Universität Graz).
- MAREK, R. (1901): Der Wasserhaushalt im Murgebiete (Ein Beitrag zur Hydrographie der Mur).- Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark, **37** (Jg. 1900), 3-57, Graz.
- MAURIN, V. (1975): Der Baugrund der Stadt Graz. In H. FLÜGEL.: Die Geologie des Grazer Berglandes.- Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum, **SH1**, 274-280, Graz.
- MAURIN, V. (1956): Der Untergrund der Murbrücken in der Grazer Innenstadt.- Mitt.naturw. Ver. Steiermark, **86**, 72-79, Graz).

- MERKEL, B., G. FREITAG, J. GROSSMANN, P. UDLUFT, & I. ULLSPERGER (1987): Auswirkungen urbaner Besiedlung auf oberflächennahe Grundwasserleiter.- Z.dt.geol.Ges., **138**, 273-286, Hannover.
- MOHR, H. (1927): Die Baugrunduntersuchungen für die neue Kalvarienbergbrücke in Graz, ihre Ergebnisse und prognostische Auswertung. Jahrb. Geol. B.-A, **77**, 63-80, Wien.
- OTT, R & G. SCHICKOR (1990): Quantifizierung der Ausbreitung von leichtflüchtigen Chlorkohlenwasserstoffen (CKW) im Grundwasser mit Hilfe eines numerischen Modells, erläutert am Beispiel des Grazer Feldes.- Steir. Beitr. z. Hydrogeologie, **41**, 149-178, Graz.
- PETERS, C.F. (1879): Über Methode der Geologie und deren Anwendung in der Praxis der Sanitätsbeamten und Ärzte.- Ein Cyclus von Vorlesungen, gehalten an der Grazer Universität, 103 S, Graz (Leuschner & Lubensky).
- PLAN.T (1995): Wasserbuchererhebung im murnahen Stadtgebiet von Graz.
- RIEZINGER, C. (1996): Auswertung von Murwasserständen der Pegel Frohnleiten und Leoben ab 1851.- Unveröff. Seminararbeit, Institut für Hydrologie, Hydraulik und Siedlungswasserwirtschaft, TU Graz.
- SCHICKOR, G. (1983): Hydrogeologie und Hydrochemie von Graz-Nord.- Steir. Beitr. z. Hydrogeologie **34/35**, 55-106, Graz.
- SCHMIDT, K.-J. (1985): Wasserwerk Feldkirchen, Hydrgeologie IV.- Unveröff. Bericht Geotechnisches Institut, 24 S, Bern.
- TAUERNPLAN (1995): Kraftwerk Puntigam, Machbarkeits-/Standortstudie.- Unveröff. Bericht.
- THURNER, A. (1965): Gutachten Schottergrube Schleich Neufeldweg.- Unveröff. Bericht, 6 S, Graz.
- UNTERSWEIG, T. (1984): Relief des präquartären Untergrundes von Graz zwischen Schloßberg und LKH (3 Beilagen).- Unveröff. Bericht, Forschungsgesellschaft Joanneum (Institut für Umweltgeologie), 4 S, 3 Beil., Graz.
- UNTERSWEIG, T. (1986): Baugrund und Grundwasser in Graz, geologische Karte.- Unveröff. Bericht, Forschungsgesellschaft Joanneum (Institut für Umweltgeologie), Graz.
- VARETZA, H. (1980): Wasser für Graz.- 495 S, Graz (Verlag Grazer Stadtwerke).
- WELLIK, A. (1909): Über die Radioaktivität des Grazer Trinkwassers und ihre Abhängigkeit vom Wasserstande der Mur.- Mittheilungen des Naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark, **45** (Jg. 1908), 257-263, Graz.
- YEHDEGHO, B., J. FANK & H. ZOJER (1994): Untersuchungen zur Wasserbilanz und Wechselbeziehung zwischen dem Schwarzl Baggersee und dem umliegenden Grundwasserfeld.- Beiträge zur Hydrogeologie, **45**, 5-53, Graz.
- ZETINIGG, H. & M. PÖSCHL (1988): Grundwasserschutz und -nutzung in der Steiermark.- Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, **Sonderband 1**, 29 S, Graz.
- ZOJER, H., J.E. GOLDBRUNNER, P. RAMSPACHER & R. BENISCHKE (1980): Der Wasserhaushalt des Plabutsch-Buchkogelzuges.- Unveröff. Bericht Forschungszentrum Graz (Institut für Geothermie und Hydrogeologie), 93 S, Graz.
- ZÖTL, J. (1975): Hydrogeologie Plabutschtunnel.- Unveröff. Bericht, 13 S, Graz.

Danksagung

Folgenden Personen und Institutionen sind wir für ihre Unterstützung zu Dank verpflichtet:

- Hilmar ZETINIGG für die langjährige gute Zusammenarbeit und die vielen Anregungen, die aus dieser entstanden sind. Sein großes Interesse für historische Hydrogeologie hat unbewußt den Anstoß für diese Arbeit gegeben, die er sicher kritisch durchlesen, einige "Fische" finden und mit uns diskutieren wird.
- Gunther SUETTE für die gute Idee dieser Festschrift.
- Der ARGE KW Puntigam (Dir. OTT) für die Genehmigung der Verwendung der Modelldaten.
- Der STEWEAG (H. BRUNOLD) und PLAN.T (H. WELLACHER) für die gute Zusammenarbeit und Zurverfügungstellung von aktuellen Wasserspiegellagen der Mur im Rahmen der Untersuchungen KW Puntigam.
- Der Hydrographischen Landesabteilung (E. FABIANI, H. STUBENVOLL, B. STROMBERGER) für die Zurverfügungstellung von Daten, das Recht, in den Schätzen Ihres Archivs kramen zu dürfen und die Mithilfe bei der Stichtagsmessung im Grazer Feld.
- I. STUBENVOLL für die Zurverfügungstellung von langjährigen Niederschlags- und Lufttemperaturdaten der Station Graz-Universität auf EDV-Träger.
- Der Grazer Stadtwerke AG (Dir. NICKL, H. SCHMÖLZER) für die Zurverfügungstellung von Daten.
- Dem Institut für Umweltgeologie und Ökosystemforschung (JOANNEUM RESEARCH, T. UNTERSWEIG) für die Zurverfügungstellung von Daten.
- E. STELZL für die Hilfe bei der Bearbeitung der Karten.

Regenwassernutzung im Haushalt - ressourcenschonende Technologie oder Irrweg ?

von
Christian Kaiser

1. ZIELE EINER NACHHALTIGEN TRINK- UND NUTZWASSER- SERVER- SORGUNG SOWIE REGENWASSERBEHANDLUNG (SIEHE TAB. 1 UND ABB. 1)

- 1.1.) Trinkwasser
- Hohe Gewässerschutzziele sind die Basis der Erhaltung einer höchstmöglichen Wasserqualität, welche ihrerseits im Interesse der Volksgesundheit liegt - (Grundwasserqualität = Trinkwasserqualität)
 - Versorgungssicherheit (Drucke, Menge, Qualität)
 - Nachhaltigkeit erfordert Ressourcenschutz (Wassersparziele lt. WRG und Schutz des natürlichen Wasserkreislaufes)
- 1.2.) Nutzwasser
- Ausreichende Menge bei günstigen Preisen (widerspricht teils dem Qualitätsziel und teils dem Ressourcenschutz)
- 1.3.) Regenwasserbehandlung
- Der Schutz des natürlichen Wasserkreislaufes erfordert in erster Linie die umgehende Versickerung über die belebte Bodenzone und eine möglichst hohe Retention (Abflußverzögerung und natürlicher Wasserkreislauf - siehe Abb. 1). Wie aus der Abb. 2 hervorgeht ist im Grundwasser 3 mal so viel Wasser vorhanden als in den Oberflächengewässern. Erhaltung und Schutz dieses Vorkommen hat daher entsprechenden Stellenwert.

ZIELE EINER NACHHALTIGEN TRINK- UND NUTZWASSERVERSORGUNG SOWIE REGENWASSERBEHANDLUNG

Ziele	Trinkwasser	Nutzwasser	Regenwasser
Volksgesundheit (höchstes Qualitätsziel für Wasser)	++++	++	+/-
Versorgungssicherheit (Menge, Druck, Qualität)	++++	+++	
Gewässerschutz (GW = Trinkwasser, OGew. = Güte II)	++++	++	++
Ressourcenschutz:			
Natürlicher Kreislauf	+++	++	++++
Sparpotentiale	gering	hoch	
Entsiegelung			++++

++++ höchste Priorität
 +++ hohe Priorität
 ++ geringe Priorität
 +/- neutral
 von un-
 tergeordneter Bedeutung

Tabelle 1

2. BRAUCHWASSER - NUTZUNGSMÖGLICHKEITEN UND BEWERTUNGSANALYSE GEMÄSS WAR 79, TU DARMSTADT

Tab.2.: Systematik der Brauchwassernutzung

Anlagen-größe	System	Rohwasserarten	Anwender	Anwendungs-bereiche
private Haushalte	dezentral	Regenwasser	Privathaushalte	Toilettenspülung
		Drainagewasser	Wohnungsbau-gesellschaften	Grundflächen-bewässerung
		Grauwasser	Öffentliche Institutionen	Reinigungs-zwecke
	semizentral	Kläranlagenabläufe	Kleingewerbe	Kühlanlagen
		Dekontaminierte Wässer	Industrie/Groß-gewerbe	div. gewerbliche Anwendungen
industrielle Großanlagen	zentral	Grundwasser Oberflächenwasser	Landwirtschaft	

Die Tabelle zeigt, daß z.B. hinsichtlich der technisch möglichen Größe von Brauchwasseranlagen das Spektrum von Kleinanlagen in privaten Haushalten bis hin zu industriellen Großanlagen, die schon heute Brauchwasser in erheblichem Maße zur Verfügung stellen, reicht. Beispiel hierfür ist die Technische Hochschule Darmstadt mit ihrer Brauchwasseranlage, die von der verwendeten Brauchwassermenge ca. 2000 häuslichen Regenwasseranlagen entspricht (THD, 1994)

Tab. 3.: Bewertungsanalyse unterschiedlicher Brauchwassersysteme

	Grundwasser von außerhalb	Grundwasser von innerhalb	Flußwasser	Regenwasser	Gereinigtes Abwasser
Interne Bereitstellungskosten					
Pump- bzw. Auffangkosten	\$	\$	\$	\$	0
Überörtliche Transportkosten	\$	0	0	0	0
Aufbereitungskosten	#	#	#	#	#
Örtliche Verteilungskosten	\$	\$	\$	0	\$
Vorkehrungen für Dauernutzung	0	0	\$	\$	0
Externe Bereitstellungskosten					
Kompensationszahlungen an die Landwirtschaft	\$	\$	#	0	0
Kompensationszahlungen an Andere	\$	\$	#	0	0
Interne Entsorgungskosten					
Zusatzkosten der Abwassersammler	0	0	0	0	0
Zusätzliche Reinigungskosten	\$	\$	\$	\$	\$
Abwasserabgabe	\$	\$	\$	\$	0
Externe Entsorgungskosten					
Zusätzliche Abgaben	#	#	#	#	0

\$ Kostenanfall gegeben
 0 - Kostenanfall nicht gegeben, bzw. nicht gravierend
 # Kostenanfall ungewiß

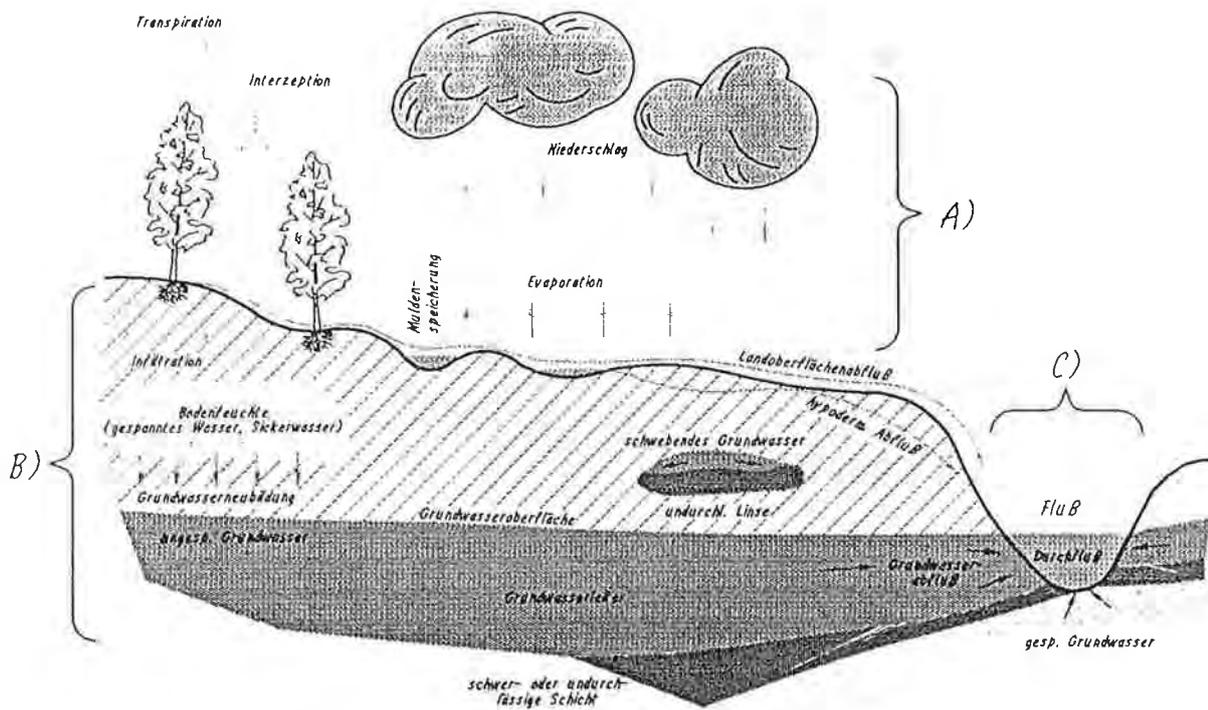


Abb. 1 : Wasserkreislauf, Abflubbildung und Reinigungsmechanismus

In den Kreislauf sind drei große Reinigungsmechanismen eingebaut:

- A) die Destillation in den atmosphärischen Phasen
- B) die physikalisch-chemische und biologische Selbstreinigung in der Bodenphase
- C) die mechanische und chemisch-biologische Selbstreinigung in der Gewässerphase

Anteil an Wasserbilanz der Erde:

A) 0,3 % B) 0,6 % C) 0,02 %

Übersteigt die Verschmutzung von Luft, Wasser und Boden die Kapazität dieser natürlichen Reinigungsmechanismen, dann werden sie geschwächt und fallen schließlich ganz aus, wie das bei einigen verödeten Flüssen bereits der Fall ist. Die Erhaltung und rationelle Nutzung dieser natürlichen Reinigungsmechanismen ist eine aktuelle Aufgabe des Umweltschutzes, die eine gemeinsame Betrachtung von Wasser-, Energie- und Stoffkreislauf erfordert.

Aus dem Buch »Angewandte Hydrologie - Teil 1« von Dyck entnommen

3. REGENWASSERBEHANDLUNG

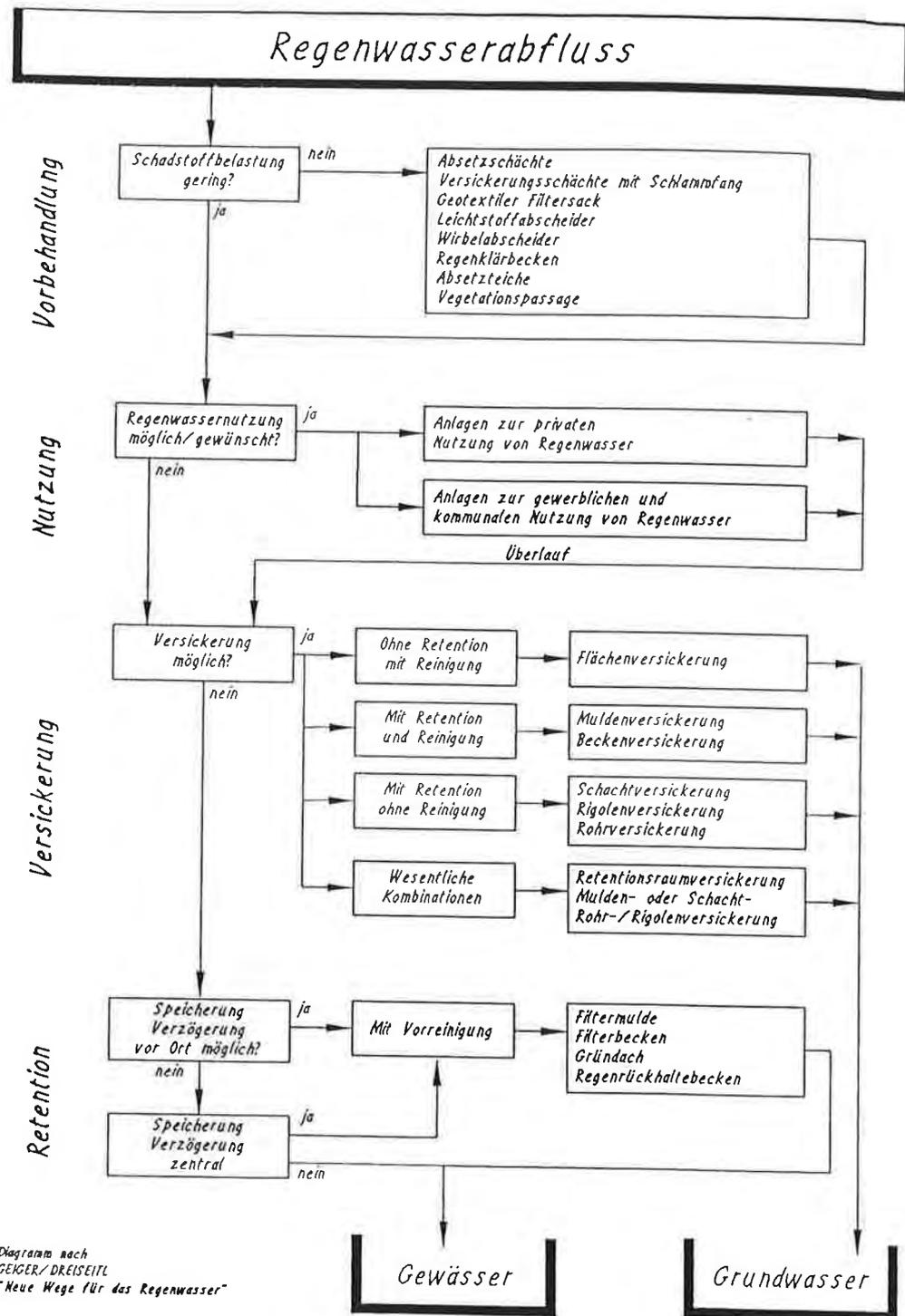
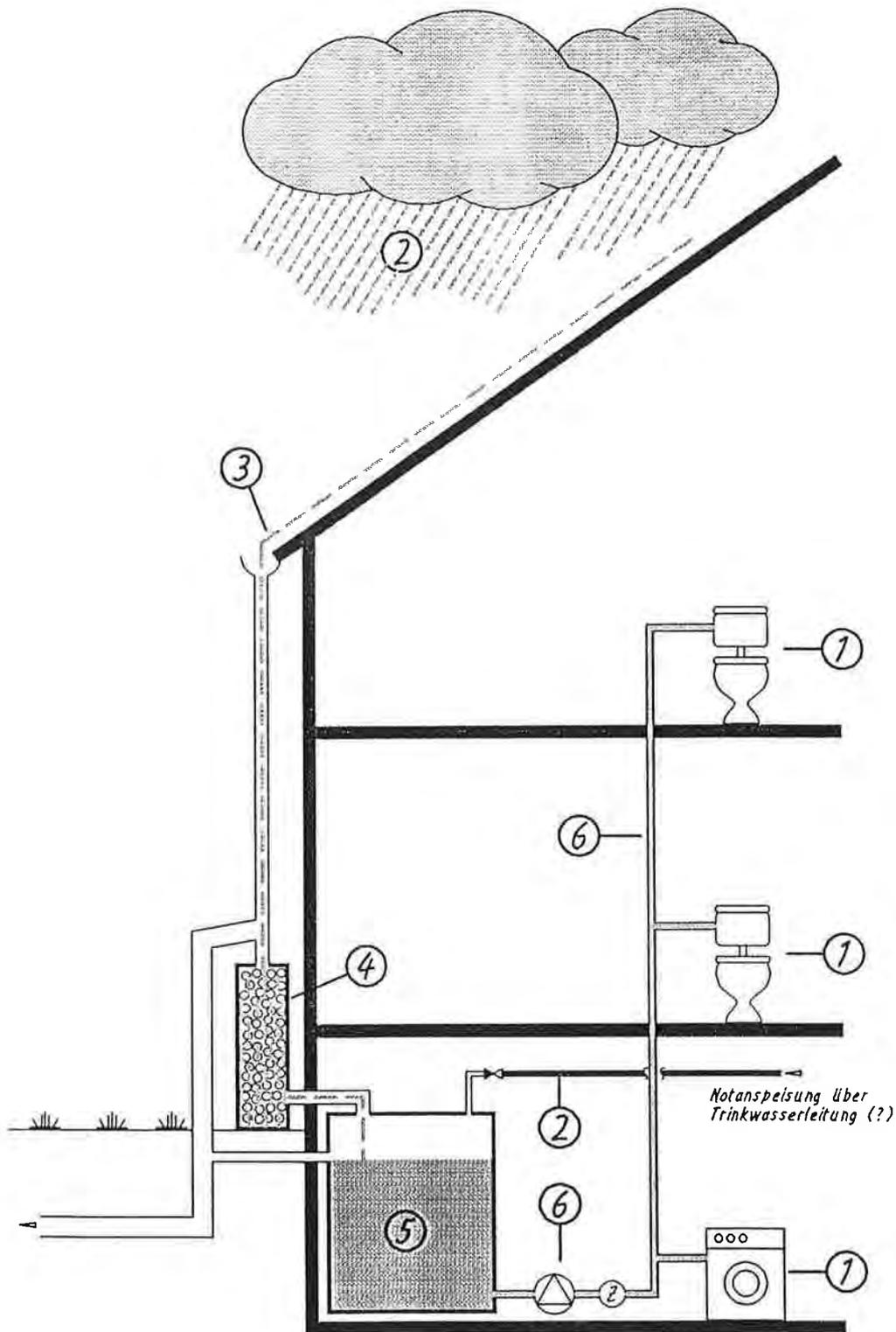


Abb.2: Leitlinie für Entwässerungsplanung mit Ziel der Erhaltung des natürlichen Kreislaufes und der Förderung der passiven Retentionsmöglichkeiten und Versickerung



- | | |
|----------------|--------------------|
| 1 ... Bedarf | 4 ... WaAu |
| 2 ... Dargebot | 5 ... WaSp |
| 3 ... WaGe | 6 ... WaVert |
| | Ⓩ ... Wasserzähler |

Abb.3: Regenwassernutzung im Haushalt
Schematische Darstellung und Begriffe

4. REGENWASSERNUTZUNG IM HAUSHALT - SCHEMA UND BEGRIFFE (SIEHE ABB. 3)

4.1. Bedarf

4.1.1) Statistische Verbrauchswerte

Toilettenspülung : ca. 45 l/K,d = ca. 16,5 m³/a (= ca. 1,4 m³/Mo)

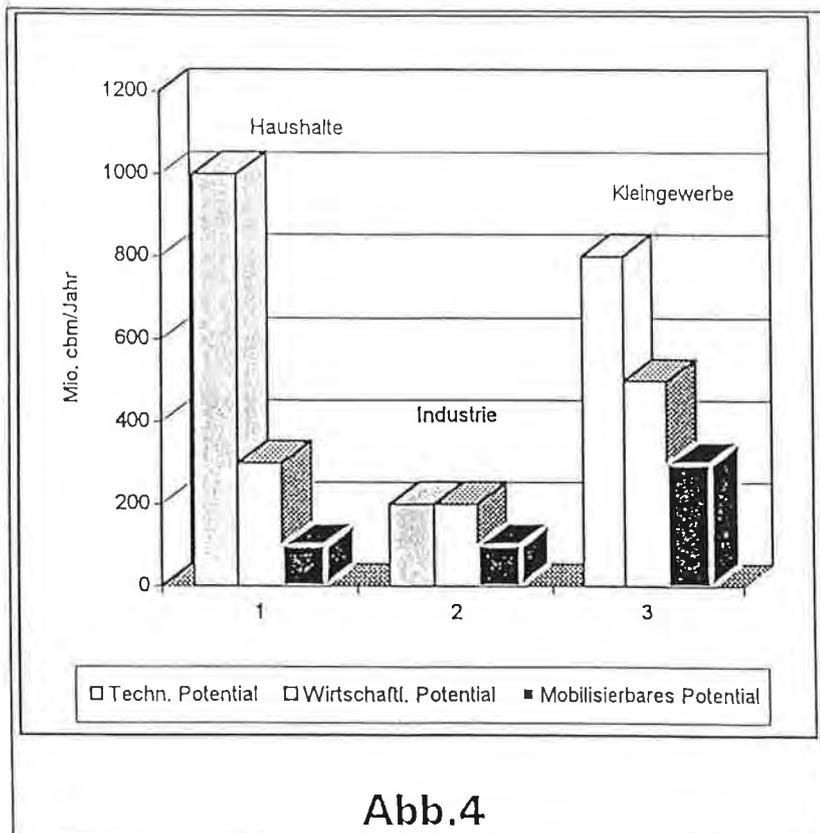
Wäschewaschen : ca. 18 l/K,d = ca. 6,5 m³/a (= ca. 0,5 m³/Mo)

Gartenbewässerung : ca. 5 l/K,d = ca. 2,0 m³/a (= ca. 0,2 m³/Mo)

Autowaschen : ca. 10 l/K,d = ca. 3,5 m³/a (= ca. 0,3 m³/Mo)

ca. 78 l/K,d = ca. 28,5 m³/a (= ca. 2,4 m³/Mo)

4.1..) Wassersparpotentiale lt. WAR 79/TU Darmstadt für die BRD (siehe Abb.4)



Rechnet man die in Abb. 4 die für Deutschland angegebenen Werte auf Österreich um, so liegt das Sparpotential bei ca. 10.000.000 m³. Geht man weiters davon aus, daß dieses Potential mit ca. 200.000 Einfamilienhäusern zu erreichen ist, so sind hierfür Investitionen im Umfang von ca. 8 Milliarden Schilling bei durchschnittlichen Errichtungskosten von S 40.000,-- je Einfamilienhaus erforderlich. Der Einspareffekt beim Trinkwasser liegt aber lediglich bei der Einsparung von Gewinnungsanlagen im Umfang von ca. 300 l/s. Dies allerdings unter der Voraussetzung, daß die Regenwassernutzungen ohne Trinkwassernachspeisung funktionieren, d.h. der entsprechende Wasserbedarf voll ersetzt wird. Das Einsparpotential auf der Trinkwasserseite liegt hinsichtlich der Investitionen bei max. 0,5 Milliarden Schilling.

4.1.3.) Qualitätsforderungen an Brauchwasser

Aus Gründen der Betriebssicherheit und Hygiene werden an das Brauchwasser in genereller Form folgende Qualitätsanforderungen gestellt (cooperative Infrastruktur und Umwelt, 1991, S.13):

- es soll geruchsfrei sein,
- es soll klar sein,
- es soll verträglich mit dem Rohrmaterial sein,
- es soll feststofffrei sein und
- es muß hygienisch unbedenklich sein.

In diesem Rahmen sollte sich der Grad der Aufbereitung aus Gründen der ökonomischen Effizienz an nutzungsspezifischen Qualitätsanforderungen orientieren. Derartige Differenzierungserfordernisse bestehen im Grunde auch bei anderen Brauchwasserarten. Die Nutzung von gereinigtem Abwasser zu Brauchwasserzwecken ist hauptsächlich im industriell-gewerblichen Bereich ein gangbarer Weg (Wasserkreislauf unter Einbeziehung der öffentlichen Kläranlage). Dagegen ist die Verwendung von gereinigtem Abwasser in privaten Haushalten problematisch. Da die anfallenden Abwässer warm und relativ hoch organisch belastet sind, kann es sehr kostspielig sein, die jeweiligen Kriterien bezüglich der Brauchwasserqualität zu erfüllen.

Tabelle 4: Vergleich einiger mikrobiologischen Kriterien für Trinkwasser und Brauchwasser (in Anlehnung an NOLDE und DOTT, 1991)

Parameter	nach Trinkwasser-VO	nach 76/160/EWG ¹	Im Projekt "Block 101"
Coliforme	0/100 ml	R: 500/100 ml G: 10.000/100	10.000/100 ml
Escherichia coli	0/100 ml	R: 100/100 ml G:	1.000/100 ml
Enterokokken	0/100 ml	R: 100/100 ml	1.000/100 ml
Salmonellen	nicht nachweisbar	G: 0/1.000 ml	0/100 ml

¹R = Richtwert; G = Grenzwert; ²Untersuchung kann zusätzlich von zuständiger Behörde angeordnet werden.

Eine Überschreitung der Grenzwerte, die die Trinkwasser-Verordnung für chemische Rückstände festsetzt, kann bei Brauchwasser toleriert werden, sofern es nur für die oben erwähnten Zwecke genutzt wird. Einschränkungen ergeben sich jedoch daraus, daß

- verfärbte, geruchsintensive Wässer zum Wäschewaschen nicht geeignet sind;
 - Regenwasser, dessen pH-Wert nicht durch Kontakt mit entsprechendem Dach- bzw. Speichermaterial (Beton) etwas erhöht wurde, zu Korrosion führen und auch mehr gelöste Schwermetalle enthalten kann;
 - Partikel zu Verstopfungen u.ä. führen können;

Tabelle 5: Vermehrung von Coliformen und Escherichia coli in Grauwasserproben

Probe	Zahl der Verdoppelungen innerhalb von 24 Stunden			
	bei 22°C		bei 30°C	
	Coliforme	E.coli	Coliforme	E.coli
Duschwasser 1	6,0	> 1,7	5,1	> 9,3
Duschwasser 2	4,3	3,9	5,4	5,4
Duschwasser 3	>5,9	> 9,8	>15,4	> 8,1
Badewasser 1	6,8	> 5,1	12,6	>11,7
Badewasser 2	8,3	>12,4	13,1	>17,6

4.2. Dargebot und Wassergewinnung (WaGe)

Die Ermittlung erfolgt auf Basis der verfügbaren Dachfläche und der Niederschlagsverteilung. Zur Zeit werden die Anlagen generell mit der Möglichkeit der Nachspeisung aus dem Trinkwassernetz kalkuliert. Dies bedeutet, daß im Extremfall (zumeist im extremen Niederwasserfall mit den höchsten negativen ökologischen Auswirkungen) wiederum das Wasser aus dem kommunalen Trinkwassernetz entnommen wird und daher auch nicht von einer echten Einsparung gesprochen werden kann. Würde eine volle Substitution erfolgen, müßten die Regenwasserspeicher Volumina von mind. 10 m³ aufweisen.

Neben diesem Aspekt der Wassergewinnung spielt auch die Regenwasserqualität selbst und deren Veränderung durch die Dachmaterialien eine gewisse Rolle (z.B. Schwermetalle, organische Stoffe, Bakterien, Viren, etc.). Es ist damit zu rechnen, daß es fallweise zur Verfrachtung von Schadstoffen in den Kanal kommt und u.U. neue "Brutstätten" für Viren und Bakterien entstehen.

4.3. Eignung des Rohwassers und Aufbereitungsverfahren

Tabelle 6: Eignung des Rohwassers in unterschiedlichen Anwendungsbereichen (lt. WAR 79/TU Darmstadt)

	Regenwasser	Drainagewasser	Grauwasser	Kläranlagenabläufe	Dekontaminierte Wässer	Grundwasser	Oberflächenwasser
private Wohnhäuser	x	x	x				
mehrgeschossiger Wohnbau		x	x			x	
öffentliche Einrichtungen	x	x					
Kleingewerbe	x	x		(x)	(x)	x	x
Industrie/Großgewerbe	x	x		x	x	x	x
Landwirtschaft		x				x	x

Tabelle 7: Aufbereitungsverfahren für Brauchwasser in Abhängigkeit unterschiedlicher Rohwässer nach WAR 79/TU Darmstadt

Rohwässer	Aufbereitungsverfahren
Regenwasser	Filtration, Sedimentation
Drainagewasser	evtl. Filtration
Grauwasser	Sedimentation, biol. Aufbereitung, ggf. Flockung und Filtration, Entkeimung
Kläranlagenabläufe	Filtration, Entkeimung
Dekontaminierte Wässer	in der Regel Qualität ausreichend
Grundwasser	in der Regel Qualität ausreichend
Oberflächenwasser	Sedimentation, Flockung, Filtration, evtl. Entkeimung

Hinzuweisen ist in diesem Zusammenhang nochmals auf neue Überlebens- und Übertragungsmechanismen für pathogene Viren und Bakterien. Auf die Verwechslungsgefahr der Leitungsanlagen und damit verbundene Schäden und Haftungsprobleme wurde bereits verwiesen.

4.4. Wasserspeicherung (WaSp)

Die Kosten für Volumen und Platzbedarf steigen nicht linear an, sondern exponentiell. Es ist daher sehr wichtig mit welchem Volumen gerechnet wird. In Deutschland liegt das durchschnittliche Volumen bei ca 4,5 m³. Dieses Volumen erlaubt sicher keine volle Substitution des Trinkwassers, sondern es wird wie bereits erwähnt, mit Trinkwassermachspeisung gerechnet. Günstig wäre im Hinblick auf die Wasserqualität eine kühle Lagerung, n.M. mit Erdüberdeckung. An dieser Stelle sei erwähnt, daß der Großteil dieser Speicher aus Kunststoff hergestellt wird und daher bei diesem Material sicher ein höherer Bedarf durch die Regenwassernutzung entsteht. Der Leitungsbau im Trinkwassernetz wird ja durch die Regenwassernutzung nicht geringer.

Eine Retentionswirkung wäre nur bei einem Volumen gegeben, welches bei $> 50 \text{ l/m}^2$ versiegelter Fläche liegt. Große Volumina hingegen bringen wieder erhöhte Qualitätsprobleme.

4.5. Wasserverteilung (WaVert.)

Auf die Verwechslungsgefahr wurde bereits hingewiesen. Diese ist auch besonders für Kinder und schwache sowie kranke Menschen von Bedeutung. Auch in unserem auf Tourismus ausgerichteten Land sollte dieser Aspekt nicht unterbewertet werden. Darüberhinaus ist die Frage der Zählung und Verrechnung bezüglich der Ableitung in die öffentliche Kanalanlage gegeben. Es sollte an dieser Stelle auch darauf hingewiesen werden, daß bei Trinkwassernachspeisung Energie unnötig durch den Druckabbau verschwendet wird.

4.6. Kosten

Brauchwasserversorgungsanlage PROJEKTKOSTENBARWERTE
--

Preisbasis: 1996 ohne gesetzliche Mehrwertsteuer

Ansätze für Kostenbarwertmethode

Betrachtungszeitraum	50 a
Zinsfuß	3%
Teuerungsrate	Keine Teuerung angesetzt!

	Durchschnittliche Nutzungsdauer
Wasserleitung	50 a
Aufbereitung u. DEA, baul.	50 a
Aufbereitung u. DEA, masch.	15 a
Behälter	50 a
Anschluß WVA	50 a
Platzbedarf Keller	50 a

Faktor zur Errechnung des Barwertes der Betriebskosten (über den ganzen Betrachtungszeitraum) zum jetzigen Zeitpunkt: 25,7298 (Diskontierung)

	Faktoren der x. Reinvestition				Summe
	1	2	3	4	Faktoren
Wasserleitung					
Aufbereitung u. DEA, baul.					
Aufbereitung u. DEA, masch.	0,6419	0,4120	0,2644		1,3183
Behälter					
Anschluß WVA					
Platzbedarf Keller					

jährlicher Wasserbedarf (Durchschnittshaushalt):

Variante A:	50 m ³
Variante B:	120 m ³

Bei der Projektkostenbarwertmethode werden die Gesamtkosten der Anlage auf den jetzigen Zeitpunkt ermittelt, wobei für die Regenwassernutzung ein durchschnittlicher Haushaltsbedarf von ca. 50m³ angesetzt wird. In Variante B wird der Barwert für das Trinkwassernetz ermittelt.

1 Variante A: Brauchwasseranlage	PKBW =	83.647
---	---------------	---------------

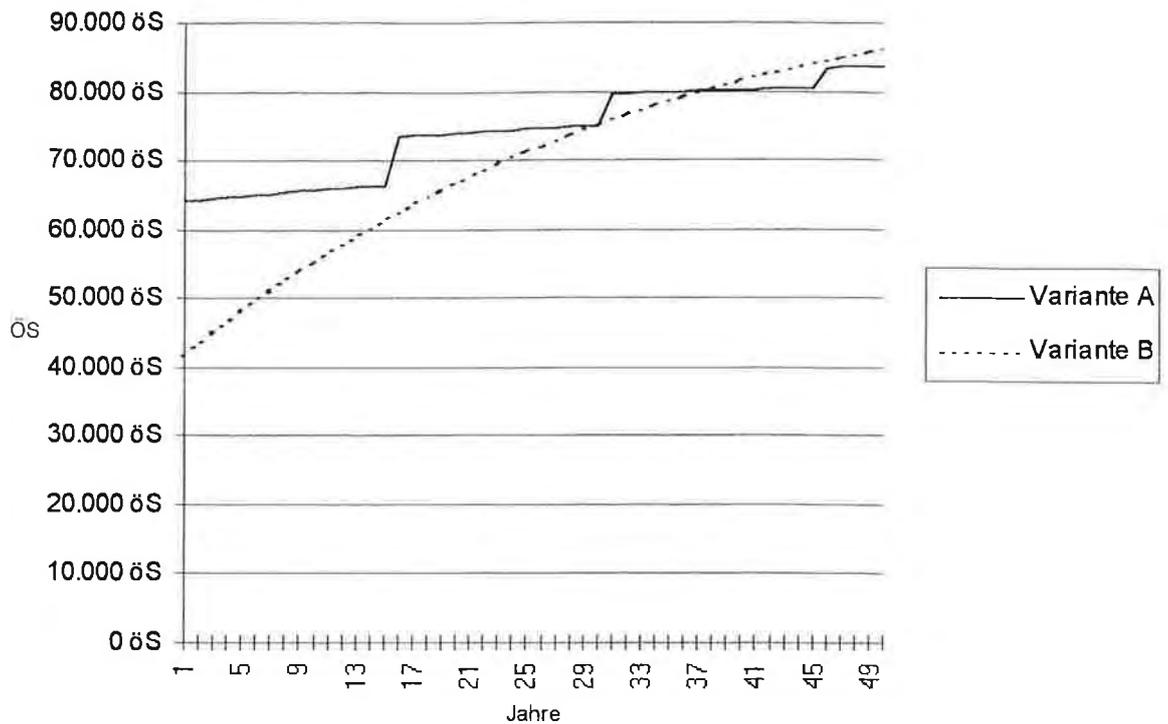
	Herstellung	Betrieb pro Jahr	Reinvestition	Betrieb Gesamt	Kostenbarwert
Wasserleitung					
Behälter	25.000				25.000
Aufb. + DEA, baulich	8.000				
Aufb. + DEA, maschinell	11.000	200	14.501	5.146	
Summe Aufbereitung u. DEA	19.000	200	14.501	5.146	38.647
Anschluß WVA					
Platzbedarf Keller	20.000				
Summe Diverses	20.000				20.000
GESAMTSUMME	64.000	200	14.501	5.146	83.647

2 Variante B: Anschluß WVA	PKBW =	86.314
-----------------------------------	---------------	---------------

	Herstellung	Betrieb pro Jahr	Reinvestition	Betrieb Gesamt	Kostenbarwert
Wasserleitung					
Behälter	15.000				15.000
Aufb. + DEA, baulich					
Aufb. + DEA, maschinell					
Summe Aufbereitung u. DEA					
Anschluß WVA	25.000	1.800		46.314	
Platzbedarf Keller					
Summe Diverses	25.000	1.800		46.314	71.314
GESAMTSUMME	40.000	1.800		46.314	86.314

==

Projektkostenbarwert



5. ZUSAMMENFASSUNG

5.1. Aus ökonomischer Sicht

Die Projektkostenbarwertberechnung zeigt, daß die Gesamtkosten etwa gleich hoch sind, allerdings bei einem Verhältnis der genutzten Wasservolumina von etwa 3 : 1 (Trinkwasser zu Nutzwasser). Das heißt, daß die m^3 -Kosten Nutzwasser 3x so hoch sind als die m^3 -Kosten Trinkwasser. Bei einer vollen Substitution würden die Kosten der Regenwassernutzung das o.a. Verhältnis noch deutlich erhöhen. Bei Mehrfamilienhäusern in Deutschland, wo Regenwasser zur Toilettenspülung verwendet wird, wurden Kosten von über S 100,- je m^3 ermittelt. Weiters wurden keine Kosten für Folgeschäden aus Erkrankungen angesetzt, welche aus der Verwechslung der Leitungen resultieren und es wurden auch keine Folgeschäden für den Tourismus eingerechnet. Weiters erfolgt durch die in der Regenwassernutzung eingesetzten Materialien eher ein zusätzlicher Ressourcenverbrauch (z.B. Kunststoffbehälter, etc.). Bei Trinkwassermachspeisung erfolgt definitiv keine Entlastung der Ressource

Trinkwasser. In Summe ist daher die Regenwassernutzung im Haushalt als unnötiger finanzieller Aufwand im Ausmaß von ca. S 80.000,-- auf die Nutzungsdauer zu betrachten. Eine Förderung derartiger Maßnahmen ist abzulehnen. Sinnvoll ist eine Regenwassernutzung nur dort, wo die Investitionskosten S 15.000,-- bis S 20.000,-- nicht übersteigen (z.B. wo Speicheranlagen bereits vorhanden sind). Selbstverständlich sind auch andere Arten der Nutzwasserversorgung möglich (z.B. bei seicht anstehendem Grundwasser). Entwicklungspotentiale der Brauchwassernutzung sind der Tab. 8 zu entnehmen.

5.2. Aus technisch/hygienischer Sicht

Auf die Verwechslungsgefahr und damit verbundene Folgen sowie auf die Erhaltung von 2 Leitungssystemen, auf Bildungs- und Übertragungswege für pathogene Keime und Viren, etc. wurde bereits mehrmals verwiesen.

5.3. Aus ökologischer Sicht

Solange nicht eine vollständige Substitution eines Teiles des Trinkwassers durch Regenwasser erfolgt, kann nicht vom Ressourcenschutz gesprochen werden. Man muß sogar damit rechnen, daß sich der Preis für das Trinkwasser empfindlich erhöht, da ja die fixen Kosten bei reduzierter Abgabemenge gleich hoch bleiben. Sollte es doch zu einer Einsparung von Trinkwasser kommen, kommt es lediglich zu einer Reduzierung der Gewinnungsanlagen. Der Einspareffekt auf dieser Seite wird aber durch den Ressourceneinsatz auf der Materialseite bei Nutzwasseranlagen bei weitem kompensiert. Ökologisch sinnvoll wäre es, das Regenwasser aus versiegelten Flächen über die Bodenzone möglichst auf kurzem Wege in das Grundwasser zu versickern. Aus meiner Sicht hat die ordnungsgemäße Trinkwasserversorgung mit den hohen Qualitätszielen wesentlich zum Grundwasserschutz ganz allgemein beigetragen. Wer hätte sonst z.B. die Zusammenhänge zwischen landwirtschaftlicher Produktion und Grundwasserverunreinigung so intensiv untersucht?

Das große Ziel muß daher bleiben:

Boden- und Grundwasserschutz sowie Erhaltung des Wasserkreislaufes (Regenwasserversickerung)

Sollte dies gelingen, ist Wasser schon nach kurzer Versickerungsdauer bzw. Aufenthalt im Grundwasser wieder als Trinkwasser nutzbar. Ein Sparen im üblicherweise geforderten Sinne wäre nicht nötig. Daß man schonend und nachhaltig mit der

Ressource Wasser umgehen sollte, steht außer Frage. Meines Erachtens wird aber Umweltschutz nicht dadurch erreicht, daß ich das Regenwasser vor der Versickerung in das Grundwasser nutze, sondern eher umgekehrt.

Tabelle 8: Entwicklungspotentiale der Brauchwassernutzung hinsichtlich Wasserressourcen und Anwendungsbereichen

	Regenwasser	Drainagewasser	Grauwasser	Kläranlagenabläufe zentral	Dekontaminierte Wässer	Grundwasser	Oberflächenwasser zentral dezentral
private Wohnhäuser mehrgeschossiger Wohnbau	xxx	x	x			x	xx
öffentliche Einrichtungen u Kleingewerbe	xxx	x	xxx			x	xx
Industrie/ Großgewerbe	xxx	xxx		xx	x	x	xx
Landwirtschaft	xx	x		xx	xx	xx	xxx

(Belletristische unwissenschaftliche Einleitung)

Hochkulturen und deren geomedizinische Ursachen

- eine noch zu überprüfende hydrogeologische Hypothese

von

E. EDLINGER & W. F.H. KOLLMANN

Zusammenfassung

Im Zuge hydrogeologischer Studien in Yucatan wurden Zusammenhänge zwischen der Maya-Kultur, der Wasserwirtschaft in ariden Gebieten und des Trinkwasserchemismus, insbesondere was den Bittersalzanteil ($MgSO_4$) und Halogenid-Spurenelemente betrifft, evident. Vergleiche mit den Hochkulturen z.B. in Athen, Gizeh, Jerusalem, Petra oder Rom lassen sich auf Grund ähnlicher mariner Sedimentationsbedingungen (Evaporite) der lokalen Aquifere, die seinerzeit zur Trinkwasserversorgung durch Hausbrunnen genutzt wurden, ziehen.

Durch den Genuß solcher durch infiltriertes Niederschlagswasser nur unwesentlich dekonzentrierter Grundwässer resultieren anscheinend medizinische Überreaktionen. Bittersalz bewirkt im menschlichen Körper grundsätzlich eine bessere Sauerstoffversorgung und damit Blutversorgung sämtlicher Organe. Über das Herz werden das Gehirn, die Nerven und auch die Muskeln zu Höchstleistungen angeregt, wobei ein weiterer Forschungsaspekt aufgezeigt wird und zwar die durch bessere Hirndurchblutung vermutete höhere Intelligenz, begründet durch die frühkindliche Mg-Versorgung in geologisch begünstigten Regionen (Marinsedimente, insbesondere Dolomite und Evaporite).

Gleichzeitig bewirkt der Sulfatanteil eine bessere Verdauung und rasanten Stoffwechsel, sodaß sich Menschen gesund, weil nicht übergewichtig, und stark fühlen. Über die in solch einem geogenen Environment ebenfalls durch Evaporation angereicherten Halogenide werden essentielle Spurenelemente (K^+ , Li^+ , Sr^{++} , F^- , J^- , Br^-), im Trinkwasser gelöst, dem Organismus zugeführt. Damit litten derartige Konsumenten weder an Zahnschmerzen noch an Depressionen oder Schilddrüsenhormonmangel und waren durch das Brom überdies friedvoll und geduldig, sodaß zu recht gilt: Mens sana in corpore sano.

Durch diese Erkenntnisse wird der Versuch unternommen, die Pyramiden der Pharaonen und Mayas als Trinkwasserversorgungsanlage zu deuten. Eine Bestätigung dieser Hypothese ist nach dem geologischen Aktualitätsprinzip sogar jetzt noch möglich, indem vor Ort hydrogeologisch-geomedizinische Analysen ausgeführt werden, quod erit demonstrandum durch weitere interdisziplinäre In-situ-Forschungen.

1. Einleitung

Im Zuge einer hydro- und ingenieurgeologischen Studienreise auf die Halbinsel Yucatan im Jänner 1995, veranstaltet von E.C. KOSTAL und dem letztgenannten Koautor durch die Arbeitsgruppe Hydrogeologie der Österreichischen Geologischen Gesellschaft (Leiter: Univ.DoZ. ROBR Dr. H. ZETINIGG) litten die Teilnehmer fallweise an der "Rache Moctezumas".

Dies inspirierte den genannten, hydrochemisch ausgebildeten Mitveranstalter zu dieser vorläufig noch wissenschaftlich zu überprüfenden Hypothese. Durch mütterliche Zuwendung und Beratung wurde die Bedeutung von Spurenelementen u.a. mit entsprechenden Ernährungskenntnissen anerzogen. Möglicherweise handelt es sich um genetisch bedingte Vererbung von ihrem im Veitscher Magnesitbergbau tätig gewesenem Vater, dessen Bruder 98-jährig und vital noch heute in diesem Gebiet lebt.

Grundsätzlich hatten wieder mein Dissertationsvater J. G. ZÖTL und J. E. GOLDBRUNNER (dem ich, als junger GBA-Vb bei der Wiedergewältigung der RAG-Sonde Waltersdorf 1 im Jahr 1976 zu Beginn seines Studiums das Messen der Wassertemperatur vorzeigte) die Nase vorne, indem sie die Bedeutung von Spurenelementen erkannten (ZÖTL & GOLDBRUNNER, 1993). Es erhebt sich aber dabei die Frage, welche tatsächlich essentiell sind. Wie diese wirken, kann in diversem Pharma-Propagandamaterial nachgelesen werden. Was diese aber alles bewirkten und was ohne die Gen-Technik heranziehen zu müssen - noch zukünftig alles bewirkt werden könnte, sollen hoffentlich weitere interdisziplinäre hydrogeologisch-geomedizinische Untersuchungsergebnisse aufzeigen.

**In memoriam triumvirorum
METZ, MORAWETZ, PASCHINGER
qui primi pro mea Geoscientia meruerunt**

2. Warum bauen Menschen Pyramiden?

Der Pharaos Cheops war wahrscheinlich mit vergleichbaren intelligenten Fähigkeiten gesegnet, wie Gratulandum, und konnte sein Volk zu Höchstleistungen motivieren. Zwar nicht gänzlich selbstlos, ging es doch um seine eigene WVA (Wasserversorgungsanlage). Sicherlich ist das eine kühne Hypothese, übrigens bereits bei der Mexiko-Exkursion vom Koautor ventiliert und seitens der teilnehmenden burgenländischen Wasserwirtschaftler nicht widersprochen.

Nicht nur das lokale Grundwasser, sondern auch der Nil scheint nicht nur zu NQ- (Niedrigwasserabfluß-), sondern sogar auch während HQ-Verhältnissen höhere Magnesiumsulfatkonzentrationen ($MgSO_4$) aufgrund basischer, magnesiumsilikathaltiger Gesteine im Einzugsgebiet aufzuweisen, denn sonst hätte den Alten Ägyptern ja weiterhin das Uferfiltrat geschmeckt. Wie mir meine Frau Mama von ihrer Reise dort berichtete, leiden die meisten der Flußschiffahrtspassagiere an "Nilitis". Dessen Bittersalzmineralisierung dürfte gemeinsam mit dem - dadurch nämlich - fruchtbaren Nilschlamm auch die Ursache für die natürliche Düngung und hohen Fruchterträge (Pflanzen brauchen das Mg für die Chlorophyllproduktion zur Photosynthese) der Fellachenfelder sein. Der aus Neapel stammende - und wahrscheinlich deshalb von Geburt an gut Magnesiumversorgte - Mathematiker PiaZZi SMYTH bestätigte bereits 1864/65 nach dem Trinken von Nilwasser dessen "... heilkräftige Wirkung und die beste Kur gegen die in uns (d.h. er mit seiner Frau) aufsteigende Melancholie (bzw. Depression), die

sich als nervöses Bauchzucken bemerkbar machte" (Zitat Ende nach TOMPKINS, P., 1973).

Durch die harte Arbeit in sengender Wüstenhitze bekamen die Pyramidenbauer natürlich Durst und konsumierten dadurch noch mehr magnesium- und halogenidhaltiges Grundwasser, was zu einer gigantischen Aufputsch- und Kettenreaktion - im positiven Sinn (Mg wirkt durch bessere Durchblutung und Sauerstoffversorgung auf das Gehirn, Herz, die Nerven und Muskeln, außerdem erfüllen nach BIESALSKI, H. K., 1997 etwa 90 Enzyme ihre Funktion) führte, durch die solche Leistungen von Menschen erst ermöglicht werden konnten. In der Literatur HITCHING, F. (1979 detto 1982) und TOMPKINS, P. (1973 detto 1992) wird solches quasi nur "Außerirdischen" zugemutet, da exakt gesägte Blöcke von immerhin 2 - 70 Tonnen bis zur Pyramidenspitze hochgezogen werden mußten.

Jedenfalls scheinen die kräftigen und dennoch friedlichen Ägypter gesund und seelisch ausgeglichen gewesen zu sein, ohne generell an Karies (F-), Schilddrüsenhormon-(J-) und/oder Depressionen (Li+-Mangel) gelitten zu haben. Einen Hinweis und möglicherweise Beweis für die Inkorporation von Halogeniden, insbesondere von Fluorid, lieferte mir meine liebe - übrigens auch Mg-schluckende - Grazer Zahnärztin C. HORN, geb. Braun de Praun, die mir nach mündlicher Mitteilung über den ausgezeichneten Zustand der Gebisse von Mumien berichtete. Überdies hatten die Pyramidenbauer vermutlich kaum Zahnschmerzen in Folge ausreichender SrCl₂ - und KCl-Versorgung.

Das bittere Trinkwasser schmeckte Ihnen aber nicht, außerdem konnten sie - so wie ich jetzt und auch der Erfinder Leonardo da Vinci bei Florenz (woher auch nach SCHULZ, G. F., 1978 der in die Malerei, möglicherweise auch durch Mg-Überschuß, getriebene Bildhauer Michelangelo kam; aber auch die genialen Kunstwerke niederländischer = meeresnaher Barockmaler), von dem berichtet wird, nur 1 1/2 Stunden Schlaf benötigt zu haben und ständig getrieben gewesen zu sein - wahrscheinlich auch nicht durchschlafen und erwachten bereits in den frühen und angenehmen, weil kühlen Morgenstunden.

Welche Möglichkeiten boten sich nun an für eine Ersatz-WV? Sehr frustrierend mußte es ja für die Durstenden gewesen sein, die spärlichen aber heftigen Wüstengewitter im Sand versickern zu sehen. Da bot sich natürlich zu aller erst die Speicherung in einer Grube an. Oberflächennahe Reservoirs im seichten Untergrund sind bei den großen Verdunstungsverlusten und Kapillarhüben (< 7 m) arider Gebiete und wegen der durch Starkregen bedingten Erosion und resultierend raschen Versandung und Einschlammung nicht zielführend. Also mußte man die Sonneneinstrahlung verhindern.

Da die armen Durstleidenden ohnedies nicht schlafen konnten, begannen sie, sinnvoller Weise bei Nacht (erstens wegen der Tageshitze und zweitens wegen der Durchschlafschwierigkeiten), mit dem Errichten eines schattenspendenden Bauwerkes, welches auch noch zusätzlich durch vier Dreiecksflächen ein größeres Einzugsgebiet für auffallende Niederschlagswässer bietet. Zwangweise kommt dabei der geometrische Körper einer Pyramide heraus. Warum sonst hätten die Mayas auf einem diametral entfernten Kontinent mit ebenfalls aridem Klima - ohne vermutlich voneinander gewußt zu haben - nahezu dieselbe Bauform gewählt?

Es darf behauptet werden, daß Cheops als intelligenter Schelm niemals ernsthaft beabsichtigte, in seiner Pyramide begraben zu werden (nach HITCHING, F., 1979 u. 1982 sind die Grabkammern alle leer und durch übergroße, 2 m lange, eng verkeilte und vollkommen unbeschädigte Granitblöcke - sind diese wirklich aus Granit oder nicht etwa aus basischem Diorit bzw. Gabbro - , welche wahrscheinlich bereits beim Bau als

Absperrung in die Gänge eingepaßt wurden, immobil verschlossen), weil dies ja dem Trinkwasserschutz (Kontaminationsgefahr durch Leichengifte) widerspricht. Da Cheops aber scheinbar sehr beliebt war, diente die Grabmalidee der Motivation seiner Pyramidenbauer. Zumindest für die Trockenkonservierung der Mumien eignete sich die Königskammer während der Bauzeit. Die sich im Hangenden mehrfach wiederholende Kassettenkonstruktion bewirkte durch Kaminzug möglicherweise eine physikalische Entfeuchtung (Dehydration), vergleichbar dem Föhneffekt (trockener heißer Fallwind) durch die absteigenden Luftschächte. Anscheinend wurden die sehr verehrten Eltern Cheops' darin, während des damals augenblicklichen Bauzustandes der Großen Pyramide als Mumie präpariert und vorgetrocknet.

Zusätzlich haben die Pyramiden unbestritten noch ihre Mehrfachfunktionen als astronomische Observatorien, Kompass, Kalender, Uhren, trigonometrische Fixpunkte sowie für das terrestrische Maßsystem, möglicherweise auch als HQ-Vorwarnsystem bei einsetzender Schneeschmelze im Nileinzugsgebiet und als o.a. Kultstätte für die Begräbniszeremonie, Aufbahrung und Schnellmumifizierung (Dehydration) und und und, um weitere Forschungserkenntnisse anzuregen, erfüllt.

Kaskadenartig und dadurch O₂-gesättigt (davon kam man infolge zu großer Verdunstungsverluste an den horizontalen Stufenflächen zugunsten glatter Flanken später ab) lief das Regenwasser an den mit weißen Kalksteinblöcken - die gibt es nicht mehr, da sie dem sauren Regen zum Opfer fielen und im/den Untergrund versinterten und später als Steinbruch zweckentfremdet entfernt wurden - der Außenseite verkleideten Dreiecksdachflächen ab. Sie sollten - wenn ich selbst einmal in Ägypten sein werde, um zur Verifikation dieser Hypothesen einen Aufschluß am Pyramidenfuß aufnehmen zu können - in einem Drainageumlauf dort versickert sein. Napoleons intelligentere Gelehrte fanden die vermutlichen Sammelschächte in Form von nahezu quadratischen, 1/2 m tiefen, an der NE- und NW-Ecke des Pyramidenfundaments freigelegten Vertiefungen (TOMPKINS, P., 1973). Interessant ist auch die Tatsache, daß die durch diese Ecken laufenden Diagonalen in ihren Fortsetzungen das Nildelta begrenzen! Warum hat der Nil das "gewußt"? Möglicherweise haben die Pharaonen das Delta flußbautechnisch, also künstlich angelegt, sinnvollerweise zur landwirtschaftlichen Produktivitätssteigerung durch verbesserte und gezielte Bewässerung.

Nun wieder zurück zum von den Dreiecksflächen abfließenden Niederschlagswasser und anschließender Alimentation des Untergrundspeichers im Sinne einer gesteinsgefüllten Zisterne unter dem Pyramidenkörper. NUSSBAUMER, H. (1977) informiert dazu: "..... Und da war ein Satz von Herodot, dem Vater aller Geschichtsschreibung. Ziemlich unbeachtet stand da im zweiten Buch seiner Historien: Durch einen unterirdischen Kanal sei Wasser in die Pyramide eingeleitet worden; sie sei innen ganz mit Wasser gefüllt und wie eine Insel von Wasser umflossen gewesen." (Zitat Ende). Die im weiteren beschriebene Theorie H. WALDHAUSERs (Elektrohändler aus Steyr) kann durch die Autoren naturwissenschaftlich-technisch jedoch nicht wirklich nachvollzogen werden.

In weiterer Folge sickerte das über die Kalksteinblöcke gepufferte und kalkabscheidend reagierende Regenwasser in das unterirdische, durch Rollierung unter dem Fundament ausgebildete poröse Reservoir, das durch das hangende Pyramidenbauwerk ausreichend vor Verdunstungsverlusten geschützt war. Aus diesem vor Errichtung der Pyramide durch Einschlämmung - diese diente auch zur Fußflächennivellierung - und Kolmatierung abgedichteten Porenspeicher konnte anhand des bis dato ungeklärten Blindschachtes Wasser geschöpft werden. Damit erklärt sich die Existenz der 50 m unter der Pyramidenbasis beschriebenen feuchten Grube bzw. Grotte. Dieses CaCO₃-aufmineralisierte, durch Regen alimentierte, Wasser aus dem verdunstungsgeschütz-

ten unterirdischen Reservoir wurde den schrägen Gang bis zum Einstiegsmundloch hochgetragen oder wegen des steilen Gefälles auf glattem Boden - vermutlich in Ziegenmägen - hochgezogen und könnte von dort im Eigendruck das Anwesen Cheops' nun mit Süßwasser versorgt haben.

Dies war aber paradoxerweise die Ursache für den nachfolgenden Niedergang dieser Hochkultur. Durch das Trinken von nunmehr fast Mg-freiem Süßwasser degenerierten schließlich die folgenden Dynastien, was sich durch zusehends kleinere Pyramidenbauten in späteren Zeiten ausdrückte. Nicht nur der Geist, auch die Kräfte ließen allmählich nach.

Außerdem funktionierte diese geniale WVA später auch nicht mehr, da infolge des zur Kalkabscheidung neigenden Wassers im Porenspeicher eine sukzessive Versinterung stattfand. Die von TOMPKINS, P., (1973) beschriebenen englumigen Fugen an der Fußfläche (sie wird als eben bezeichnet, wahrscheinlich aber nur im Streichen; das Einfallen, was zum Zurückfließen in das unterirdische Reservoir gefällsbedingt maßgebend sein sollte, müßte noch durch ein Nivellement in Richtung Pyramide vermessen werden) fungierten primär als Filtration von Schwebstoffen. Die sich sekundär entwickelnde Fugenfüllung sollte aus Sinter und nicht Zement, wie er glaubt, bestehen. Der in HITCHING, F. (1979) beschriebene "Fels" unter der Pyramide sollte ein Konglomerat bzw. eine Brekzie sein - quod erit demonstrandum....!

3. Weitere globale Beispiele

Die Kultur der Mayas, die auf Yukatan in aridem Environment ebenfalls Pyramiden bauten, konnte auf obenerwähnter Exkursion sogar persönlich bestaunt werden. Der probeweise Genuß von Trinkwasser aus einem Wasserleitungshahn in Merida war kein Genuß, aber für o.a. Koautor sehr aufschlußreich. Zu anderen Kulturen in Mexiko (Azteken, Tolteken) wurden weitere wissenschaftliche Studienreisen angeregt.

Kommentarlos und taxativ noch einige Kulturstätten (ohne Anspruch auf Vollzähligkeit):

- Jerusalem und Mekka, insbesondere der Mittlere (KOLLMANN, W., 1984) bis Ferne Osten
- Karthago und die mediterranen Küstengebiete
- Babylon (als wären die Hängenden Gärten von Hundertwasser) und Rhodos (Weltwunder)
- Persien (nördl. Typuslokalität für Evaporite in der Kara Bogaz Bay nach METZ, K., 1972)
- Japan, Südkorea (dort insbesondere "Wirtschaftskultur" durch intelligente Motivation)
- Indianer in Nevada und Utah

Gemeinsam ist den genannten Lokationen die örtliche geologische Identität von Marsedimenten mit hohem Salzgehalt durch Verdunstungsanreicherung.

Der Erleuchtete (Mg leuchtet ja; möglicherweise hatte Jesus durch einen Scheintod das bekannte schöne Erlebnis kurz vor dem klinischen Tod, der hell und schön ist, und begründet damit den Heiligenschein. Frage an die Gehirnforschung: "Entsteht der Tod durch Mg-Überschuß im Gehirnwasser, und entspricht dieses chemisch der Ursuppe des Lebens, nämlich Meerwasser, welches ja auch durch hohe Mg-Konzentration und Ionenäquivalenz gekennzeichnet ist, und das kurz vor dem Sterben in das Nervenzentrum durchbricht? Ist möglicherweise der Ablauf von Rückerinnerungen kurz vor dem Tod der Ausdruck gesteigerter Gedanken-/Hirnaktivierung infolge des Mg-Schubes?") von Nazareth, der seinen Jüngern Salz und Brot darbot, sowie die generelle Intelligenz der Juden, bzw. allgemein die infolge des Toleranzprinzips (Koran) intelligente Bevölkerung der Küstenländer des Roten Meeres (KOLLMANN, W., 1984), Per-

sischen/Arabischen Golfs, Kaspischen Meeres etc könnte man sich durch das Trinken von lokalem Brunnenwasser aus fossilen und rezenten Evaporiten wie im Toten Meer-Gebiet durchaus plausibel vorstellen.

Intuitiv scheint auch die chinesische Harmonielehre Feng Shui, welche auf den Elementen: Wasser, Erde, Holz, Feuer, Metall sowie die Energieströme (Chi) beruht, insbesondere die Erdalkalien als essentiell erkannt zu haben.

Von globaler Sicht hinaus sind die aktuellsten Fernerkundungsdaten der ESA (Europäische Weltraumorganisation), die am ISO (Infrarot-Weltraumobservatorium) über den Kometen Hale-Bopp gewonnen wurden, für die Relevanz des Mg höchst interessant (KRAMAR, T., 1997). In Infrarotspektren fanden sich 6 Emissionspeaks, die für kristallinen Forsterit, eine Variante des Magnesium-Silikats Olivin, typisch sind. Dieser kommt im Erdmantel unter der dünnen Erdkruste, aber auch anstehend, vor und kann damit nach Erosion in die Vorlandsedimente, welche Aquifere beherbergen können, eingestreut und in weiterer Folge eluiert werden (Ultrabasite wie u.a. Serpentinite sind beispielsweise im südlichen Burgenland im Penninikum sowie als Bündener Schiefer in der Schweiz, ebenso im Engadiner- und Tauernfenster anstehend und konnten somit als Mg-Lieferanten durch Brandungsdenudation in die vorgelagerten Marinsedimente und in weiterer Folge in die brackisch-limnische Fazies eingeschüttet werden).

Ebenfalls aus diesen Remote-sensing-Daten wird auch die Temperatur abgeleitet, bei der sich vor Milliarden Jahren die ersten Wassermoleküle bildeten (-250 °C). In Anbetracht des derzeitigen Schlechtwetters (die Wetterprognose im ORF-Radio sprach am 28. 4. 1997 davon, daß sich Österreich im "Vollwaschprogramm" befinde) fragt man sich, ob nicht der eisige Kometenschweif Hale-Bopp's die Ursache wäre? Möglicherweise sind die pleistozänen Kalt- bzw. Eiszeiten durch gehäuftes Vorkommen derartiger Himmelskörper zu begründen.

4. Grundwasserbürtige Intelligenz im europäischen Vergleich

Für den Leser, der es bis jetzt durchhielt, würde ich noch gerne aktuellere Überlegungen, die den österreichischen bzw. europäischen geologischen Verhältnissen näherstehen, zur Diskussion stellen.

Bekannt sind die griechische und römische Kultur, beide wurzeln in marinen Küstengebieten. Interessant wäre - das hat aber nichts mit Mg, sondern Bauphysik zu tun - ob die alten Römer die reichlich eruptierten vulkanischen und porösen Bimssteine mit Lufteinschlüssen quasi wie das Styropor für die Wärmedämmung ihrer Häuser verwendet haben? Dies als Forschungsanregung an die Archäologie und Gebäudetechnik, mehr mit Geologen zu kooperieren.

Man fragt sich, warum sind die Schweizer, aber natürlich auch das Gros unserer Österreicher so intelligent. Macht das etwa die große Verbreitung von Dolomitgesteinen (entstanden in einer Meereslagune primär oder sekundär diagenetisch umgewandelt) und/oder von tertiären Marinsedimenten mit lokalen Trink-WVA aus? Ad hoc sind mir einige derartige Zeitgenossen von ebendort aufgewachsen, bekannt, z.B. - pardon nicht vollzählig - aus: Veitsch, Radenthein - Bad Kleinkirchheim (Magnesit und Wettersteindolomit des Stangalm-Mesozoikums) und aus der W- und E-Steiermark die, wieder aus Marinsedimenten (Badenien und Sarmatien), gut Halogenidversorgten (GAMERITH, H. et al., 1973). Detto natürlich auch - oder insbesondere - Burgenländer, z.B. aus Marz (BIEBER, G. & KOLLMANN, W., 1997), den Neusiedlersee-

Ufergemeinden mit ihren Bitterwässern (FELLINGER, K. & SCHROLL, E., 1960) und dem Seewinkel, dessen Lacken ascendierende Solewässer entlang von tektonischen Bruchstörungen aus über 1000 m tiefen Badener Sedimenten anzeigen. Wäre dies nicht so (SHADLAU, S. & KOLLMANN, W., 1994), dann müßten unter den vergleichbaren klimatischen Verhältnissen auch auf der Parndorfer Platte oder im Wiener Becken Salzlacken zu bewundern sein. Intelligenz ist weiters z.B. bekannt aus Verbreitungsgebieten der Haselgebirgsformation (etwa um Bad Aussee, Bad Ischl, Hallein etc). Dabei spielen nicht nur das triadische Salz, sondern die Quelfassungen im rundherum vorkommenden Hauptdolomit eine zusätzliche Rolle (GAMERITH, W. & KOLLMANN, W., 1976).

Interessant wäre die Erforschung der Trinkgewohnheiten insbesondere natürlich von Wasser! - und Lebensgeschichten unserer berühmten Künstler, insbesondere Musiker, wie etwa alphabetisch: Beethoven, Hayden, Liszt, Mozart aus Salzburg. Deren Geburtsorte und Jugendzeit sollten geologiehistorisch analysiert werden, da sie sich seinerzeit von örtlichem Grundwasser (dazu gehört auch das Quellwasser lt. ÖNORM) ernährten, und nicht wie jetzt von Cola, Bier und/oder Wein ich habe übrigens nichts gegen Wein - dieser dürfte durch geochemisch gelöste Spurenelemente, mäßig genossen, zur Gesundheit, möglicherweise auch Intelligenz beitragen (anders herum: "Sind nicht etwa Abstinenzler unzugänglich und eher aggressiv?"). Der Stofftransport auf Mg-hältigem Boden zur Traube könnte in dem sauren Milieu zur verdunstungsbedingten Mineralanreicherung führen. Möglicherweise kann die Rebe über Ionenaustausch Magnesium generieren, so wie bei längeren Verweilzeiten im Karstgrundwasserleiter (KOLLMANN, W., 1975).

Danke, daß Sie uns bis jetzt so lange "zuhörten", was wir uns somit - nicht nur aus hydrogeologisch-medizinischer Sicht - von der Seele schrieben. Die Hoffnung, daß in Zukunft durch diese Vermutungen Drogen obsolet werden, darf noch abschließend geäußert werden.

Ein Dank an meine Kugler-Rechenmaschine mit ein bisserl Strom darin (Fabr. DELL Latitude XPi), sie ist - so wie Papier - sehr geduldig.

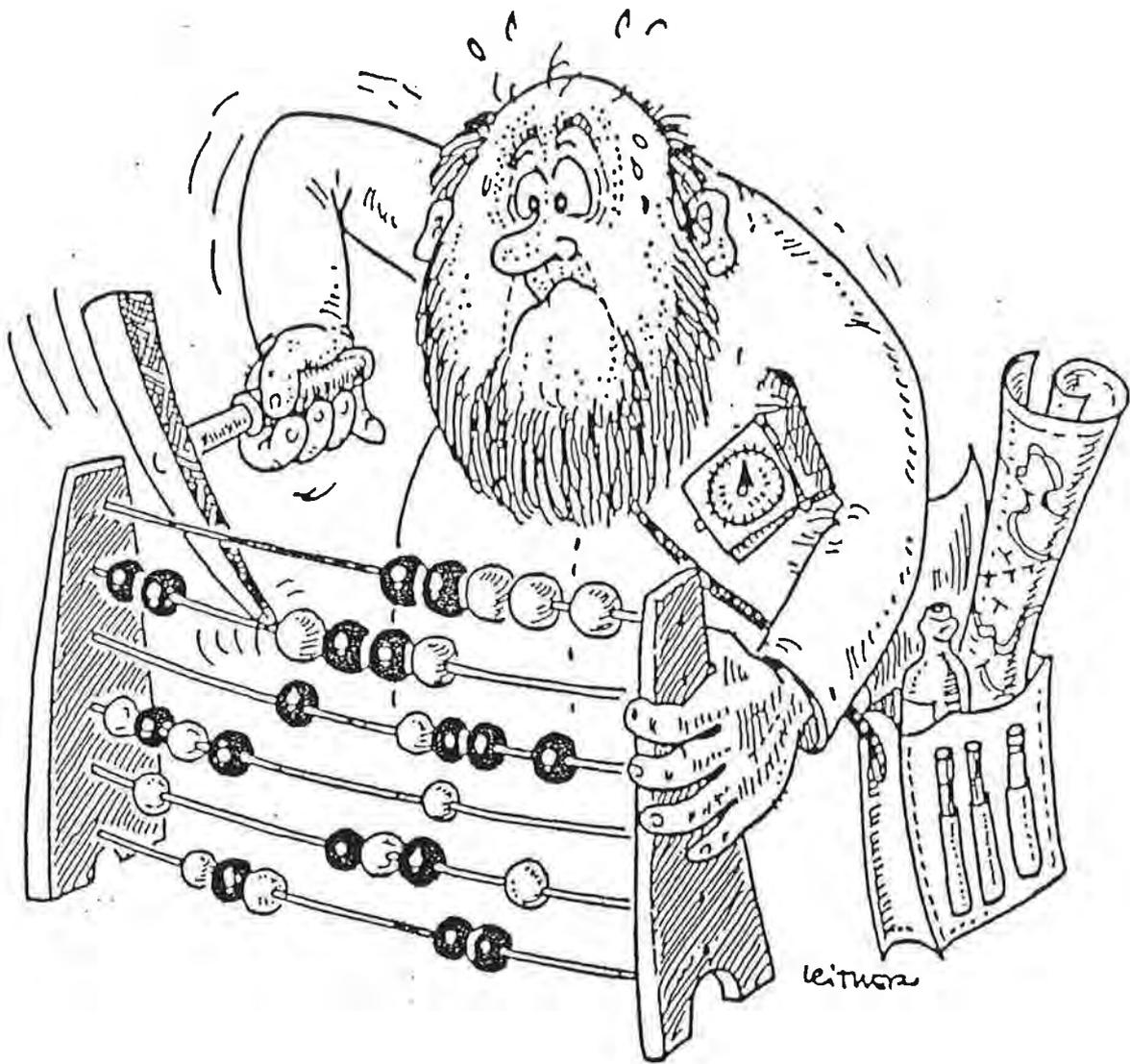


Abb. 1: Geologie einst. Aus: ?FÜHRLINGER, 19 ZT

Literatur:

- BIEBER, G. & KOLLMANN, W.: In-situ-Analytik von Pumpversuchen an Hausbrunnen und Aufschlußbohrungen im Mattersburger Becken. - Unpubl. Ber. zum Proj. BA9 "Tiefengrundwässer im Modelleinzugsgebiet Mattersburger Becken", Geol. B.-A., FA Hydrogeologie, Wien 1997.
- BIESALSKI, H. K. (fachl. Bearb.): Nahrung, die schadet Nahrung, die heilt. - 400 S., Verlag Das Beste, ISBN 3 87070 6317, Stuttgart 1997.
- FELLINGER, K. & SCHROLL, E.: Prüfungsbericht und Gutachten Mineralwasser Mörbisch. - Unpubl. Ber. mit Analysen d. II. Medizin. Univ.-Klinik, Wiener AKH, (im Archiv d. FA Hydrogeol., Geol. Bundesanst.), 6 S., Wien 1960.
- FÜHRLINGER, 19
- GAMERITH, H., KNAPP, G., KOLMER, H. & KRAINER, H.: Zur Verteilung einiger Spurenelemente in artesischen Wässern des Steirischen Tertiärbeckens. - Steir. Beitr. z. Hydrogeol., (25), 127 - 138, Graz 1973.
- GAMERITH, W. & KOLLMANN, W.: Attersee - Vorläufige Ergebnisse des OECD-Seeneutrophierungs- und des MaB-Programms. - OECD-Seen-Eutrophierungsprogr.. Proj. Attersee, OKA-Eckschule, 179 S., Gmunden-Weyregg 1976.
- HITCHING, F.: The World Atlas of Mysteries. - Pan Books Ltd., London 1979.
- HITCHING, F.: Die letzten Rätsel unserer Welt. - 296 S., Umschau Verlag Breidenstein GmbH, Frankfurt a. M. 1982.
- KOLLMANN, W.: Hydrologie der nördlichen Gesäuseberge. - Später 1983 in den Ber. d. Wasserwirtsch. Rahmenplanung (66), 325 S., publ. Diss., Univ., Graz 1975.
- KOLLMANN, W.: The Hydrochemical Composition of the Groundwaters of the Coastal Area at the Mouth of Wadi Al Hamdh. - In: JADO, A. R. & ZÖTL, J. G. "Quaternary Period in Saudi Arabia", p. 103 - 107, Springer-Verlag, Wien - New York 1984.
- KRAMAR, T.: Der Komet und wir sind aus demselben Staub. - Die Presse, X. Spectrum Wissenschaft, Wien Sa., 5.4.1997.
- METZ, K.: Allgemeine Geologie. - Unpubl. Vorlesungsmanuskript, Geol. Inst., Univ., Graz 1972.
- NUSSBAUMER, H.: So konnten die Pharaonen Regen zaubern. - Aus: Wissenschaft und Forschung, p. 38, Kurier, Wien 15. 10. 1977.
- SCHULZ, G. F.: Klassiker der Kunst - Michelangelo. - 96 S., Schuler Verlagsges.m.b.H., Herrsching 1978.
- SHADLAU, S. & KOLLMANN, W.: Hydrogeologische Stellungnahme zur Möglichkeit der Erschließung von Thermalwasser im Bereich Frauenkirchen. Exkursionsführer zum 3. Österr. Hydrogeologentag 1994 der Österr. Geol. Ges., Arbeitsgr. Hydrogeologie, (15), 96 - 100, Biedermannsdorf - Wien 1994.
- TOMPKINS, P.: Cheops : Die Geheimnisse der Großen Pyramide (Titel der Originalausgabe: Secrets of the Great Pyramid). - 319 S., Buchgemeinschaft Donauland Kremayr & Scheriau, Wien 1973.

TOMPKINS, P.: Cheops : Die Geheimnisse der Großen Pyramide Zentrum allen
Wissens der alten Ägypter. - 295 S., Droemer/Knauer, München 1992.
ZÖTL, J. G. & GOLDBRUNNER, J. E.: Die Mineral- und Heilwässer Öster-
reichs. - 324 S., Springer-Verlag, Wien 1993.

Anschrift der Verfasser:

Primarius i.R. Dr. med. Erich EDLINGER, LKH, Graz

Hofrat Univ.L. Dr. phil. Walter F. H. KOLLMANN, BCI, Biedermannsdorf

Die Wasserwirtschaftliche Planung

von
B. Meidl und P. Schurl

In der Steiermark gibt es 28 Schongebietsverordnungen, 25 Wasserversorgungsverbände, 63 Abwasserverbände und 24 Hochwasserschutzverbände.

All diese Instrumente sind maßgeblich an der wasserwirtschaftlichen Entwicklung der Steiermark in den letzten 30 Jahren beteiligt. Während die Schongebiete die rechtliche Handhabe boten, alle wesentlichen Wasservorkommen in der Steiermark zu schützen, stellten die Wasserverbände die Versorgung eines Großteils der steirischen Bevölkerung mit einwandfreiem Trink- und Nutzwasser sicher, machten eine gedeihliche Siedlungsentwicklung in den Tallagen vielfach überhaupt erst möglich und waren die treibende Kraft für eine bestmögliche Abwasserentsorgung und damit für einen aktiven Gewässerschutz im Lande.

Der Vorbereitung sämtlicher Schongebietsverordnungen und aller Wasserverbände (mit Ausnahme der Hochwasserschutzverbände) kommt der wasserwirtschaftlichen Planung in der Steiermark der wesentliche Anteil zu. Da jedoch die diesbezüglichen Planungen mit Ausnahme der Weiterentwicklung der Schongebiete länger als 10 Jahre zurückliegen, erhebt sich die Frage, welchen Wandel die wasserwirtschaftliche Planung vollzogen hat, ob die Steiermark wasserwirtschaftlich "verplant" ist oder ob vorallem durch die WRG-Novelle 1990 der wasserwirtschaftlichen Planung weitgehend die Hände gebunden sind und welche Konsequenzen sich daraus ergeben.

Der 60. Geburtstag von Herrn ROBR Univ. Doz. Dr. Hilmar Zetinigg eröffnet die Gelegenheit, sich mit der Frage der wasserwirtschaftlichen Planung aus rechtlicher Sicht, aber auch jener des Amtssachverständigen näher auseinanderzusetzen. Doz. Dr. Zetinigg bestimmte sowohl als Mitarbeiter von Hofrat Dipl.Ing. Bernhart als auch als Leiter des Referates für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung und nunmehr als Leiter des Referates für Grundwasserschutz die wasserwirtschaftliche Entwicklung in der Steiermark maßgeblich mit. Die vorliegenden Überlegungen sind daher auch als Dank von 2 Steirern dafür gedacht, daß Doz. Dr. Zetinigg mit seinem Lebenswerk dafür gesorgt hat, daß jedermann praktisch im gesamten Bereich des Landes unbesorgt bestes Trinkwasser genießen kann.

1.) Historische Entwicklung:

Weder das Reichswasserrechtsgesetz noch die einzelnen Landesgesetze kannten den Begriff der wasserwirtschaftlichen Planung. Die Wahrung des öffentlichen Interesses und der gedeihlichen Entwicklung der Wasserwirtschaft oblag ausschließlich der Wasserbehörde und den ihnen beigegebenen Kreisingenieuren.

Auch das Wasserrechtsgesetz 1934 sah keine eigene Institution für die Belange der Wasserwirtschaft vor.

Erst die Wasserrechtsnovelle 1947 normierte in § 3 die wasserwirtschaftliche Planung, wobei die Bestimmung zur Gänze als § 55 in das WRG 1959 übernommen wurde und bis zur WRG-Novelle 1990 Bestand hatte. Dem Motivenbericht zur WRG-Novelle 1947 ist zu entnehmen, daß das vom Landeshauptmann zu bestellende geeignete Organ keine Sonderbehörde für die Wasserwirtschaft, sondern in das Amt der Landesregierung eingegliedert ist. Zweck dieser Bestimmung war,

nach Möglichkeit zu verhüten, daß die Arbeit und Mühe der Projektierung fruchtlos aufgewendet wird. Aus diesem Grunde bestand die Verpflichtung, sämtliche Planungsvorhaben dem wasserwirtschaftlichen Planungsorgan anzuzeigen. Die Wasserrechts-behörden hatten das Organ von jedem Gesuch um Erteilung einer wasserrechtlichen Bewilligung oder um Erstreckung von Fristen sowie von Lösungsverfahren zu verständigen. § 55 Abs. 3 sah weiters vor, daß die Wasserrechtsbehörde - im Zweifel nach Anhörung des wasserwirtschaftlichen Planungsorganes - im Bescheid ausdrücklich festzustellen hatte, ob ein Widerspruch mit einer wasserwirtschaftlichen Rahmenverfügung vorliege.

Ein Bescheid, der sich über einen Widerspruch hinwegsetzte, konnte innerhalb von 6 Jahren nach Eintreten der Rechtskraft als nichtig erklärt werden.

So kategorisch die Bestimmungen auch klingen, blieben sie doch vielfach unbeachtet, da keinerlei Sanktionen an einer Mißachtung der Anzeigepflicht oder auch der Nichtverständigung des wasserwirtschaftlichen Planungsorganes durch die Behörde verknüpft waren. Aus diesem Grunde sahen die Erstentwürfe zur WRG-Novelle 1990 auch eine Stärkung des wasserwirtschaftlichen Planungsorganes insoferne vor, als ihm eine Parteistellung eingeräumt wurde. Widerstände einiger Länder und Interessensvertretungen brachten diese Idee zu Fall und führten zur nunmehrigen Regelung des § 55.

2.) Wasserwirtschaftliches Planungsorgan de lege lata:

Die WRG-Novelle 1990 bringt durch eine weitgehende Neuformulierung des § 55 die Klarstellung, daß das wasserwirtschaftliche Planungsorgan ausschließlich eine Planungsstelle im Gefüge des Amtes der Landesregierung darstellt.

Dem Landeshauptmann als wasserwirtschaftlichem Planungsorgan obliegt

- a) die Zusammenfassung und Koordinierung aller wasserwirtschaftlichen Planungsfragen im Lande,
- b) die Überwachung der wasserwirtschaftlichen Entwicklung,
- c) die Sammlung der für die wasserwirtschaftliche Planung bedeutsamen Daten,
- d) die vorausschauende wasserwirtschaftliche Planung,
- e) die Schaffung von Grundlagen für die Festlegung von Schutz- und Schongebieten, für Verordnungen nach § 33 Abs. 2, für Sanierungsprogramme (§ 33 d), für Grundwassersanierungsgebiete (§ 33 f) sowie für wasserwirtschaftliche Rahmenverfügungen,
- f) die Wahrnehmung wasserwirtschaftlicher Interessen gegenüber anderen Planungsträgern.

Da die Bestellung eines eigenen Organes nicht mehr gefordert wird und Planung und Koordination nur noch als Funktionen angesprochen werden, kommt dem jeweiligen Bundesland völlige Organisationsfreiheit zu. Es wäre daher auch durchaus denkbar, die Aufgaben auf mehrere Dienststellen zu verteilen. Die Grenzen für diese Organisationsfreiheit werden daher nur durch die Funktionen beschränkt sein. Die Informationspflicht des wasserwirtschaftlichen Planungsorganes wurde zwar auf das Berg-, Eisenbahn-, Schifffahrts-, Gewerbe-, Rohrleitungs-, Forst- und Abfallrecht des Bundes ausgeweitet, eine Regelung, welche Stellung dem Planungsorgan im

betreffenden Verfahren zukommt, findet sich jedoch nicht. Hat die Rechtslage vor 1990 noch ausdrücklich vorgesehen, daß das Planungsorgan von praktisch allen wasserrechtlichen Verhandlungen zu verständigen und zu diesen auch zuzulassen ist, findet sich derzeit keine entsprechende Regelung mehr. Da eine Beziehung des Planungsorganes weder in § 55 noch in § 108 geregelt ist, genügt es vom Gesetzesauftrag, das Planungsorgan in irgendeiner Phase des wasserrechtlichen Verfahrens zu verständigen. Wie das wasserwirtschaftliche Planungsorgan gegenüber anderen Planungsträgern wasserwirtschaftliche Interessen wirkungsvoll vertreten soll, bleibt bei dieser Gesetzeslage völlig unklar.

3.) Das wasserwirtschaftliche Planungsorgan in der Steiermark:

Im Jahre 1989 wurde das Referat für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung welches als Stabsstelle des Landesbaudirektors und damit praktisch auf gleicher Ebene wie die übrigen Abteilungen organisiert war, aufgelöst und die Agenden der (organisatorischen) neu geschaffenen Fachabteilung IIIa, Wasserwirtschaft zugewiesen.

Diese Fachabteilung besteht aus 6 Referaten, nämlich:

Referat I, Hydrographie

Referat II, Wasserwirtschaftliche Planung: Wasserversorgung

Referat III, Wasserwirtschaftliche Planung: Abwasserentsorgung

Referat IV, Wasserwirtschaftliche Planung; Oberflächengewässer

Referat V, Schutzwasserbau

Referat VI, Landeskultureller Wasserbau

Zur Abdeckung der gesamten Wasserwirtschaft fehlt daher lediglich die Förderungsstelle für den Siedlungswasserbau. Für diese ist eine eigene Fachabteilung, nämlich die Fachabteilung IIIb, zuständig.

So vordergründig wünschenswert die Zusammenfassung aller wasserwirtschaftlichen Agenden in einer Fachabteilung auch sein mögen, so wenig bewährt sie sich in der Praxis. Trotz des wesentlich höheren Aufwandes ist die Effizienz der Planung im Vergleich zu früher kaum gestiegen. Die Dominanz der Förderung schlägt sich vor allem im Bereiche der schutzwasserbaulichen Planung voll durch, was den Stand des wasserwirtschaftlichen Planungsorganes im wasserrechtlichen Verfahren nicht gerade erleichtert.

4.) Wasserwirtschaftliches Planungsorgan aus der Sicht der Wasserrechtsbehörde:

Gemäß § 37 AVG 1991 hat die Behörde den für die Erledigung einer Verwaltungs-sache maßgebenden Sachverhalt festzustellen. Im Verwaltungsverfahren herrscht somit der Grundsatz der materiellen Wahrheit vor, was bedeutet, daß zumindest zur Wahrung der öffentlichen Interessen die Wasserrechtsbehörde selbst berufen ist. Die Praxis zeigt jedoch, daß ohne Unterstützung hiezu berufener Stellen die Behör-

den überfordert sind, da abgesehen von der großen Fülle öffentlicher Interessen nicht nur diese, sondern auch subjektiv öffentliche Interessen (Privatinteressen) zu berücksichtigen sind. Der Gesetzgeber hat 1949 diesen Umstand richtig erfaßt und für die Wahrung der Anliegen der Wasserwirtschaft das wasserwirtschaftliche Planungsorgan normiert. Aus der Sicht des Verfassers, der mehr als

2 Jahrzehnte das Wasserrecht vollzogen hat, ist das wasserwirtschaftliche Planungsorgan zumindest in der Steiermark seiner Rolle als Vertreterin der Wasserwirtschaft in hervorragender Weise gerecht geworden, auch wenn, wie oben dargestellt, die gesetzliche Grundlage nur unvollständig war. Vor allem im Bereiche der Wasservorsorge hat das wasserwirtschaftliche Planungsorgan, gestützt auf hervorragende Planungen und die herausragende Kompetenz der handelnden Personen (Bernhart- Zetinigg- Fabiani- Suetter) die Wasserrechtsbehörden bei der Ermittlung des maßgebenden Sachverhaltes bestens unterstützt.

5.) Wasserwirtschaftliches Planungsorgan und Amtssachverständigendienst:

Wie unter 4.) dargestellt ist es Aufgabe der Wasserrechtsbehörde und damit auch des/der Sachverständigen zu beurteilen, ob öffentliche Interessen durch ein Vorhaben mehr als erheblich beeinträchtigt werden. Für den begutachtenden Amtssachverständigen sind daher generelle Planungen und insbesondere daraus resultierende Verordnungen wichtige Entscheidungshilfen. Vorallem im Bereiche der Wasservorsorge hat das wasserwirtschaftliche Planungsorgan in der Steiermark in den letzten 30 Jahren die maßgebenden Vorarbeiten geleistet, um die wichtigsten Wasservorkommen mit Verordnungen zu schützen.

In den letzten Jahren ist jedoch festzustellen, daß sich die Zielsetzung der wasserwirtschaftlichen Planung von jener des WRG 1959 immer weiter entfernt, da zunehmend auf die Förderungserfordernisse des Bundes abgestellt wird. Diese Förderung wird vom Bund durch eine Reihe von Richtlinien und Erlässen geregelt. Im Bereich des Hochwasserschutzes ist dies die RIWA. Im Interesse der Einsparung öffentlicher Mittel ist in der RIWA vorgegeben, daß z.B. Hochwasserabflußbereiche von Verbauungen freizuhalten sind, um nicht zu einem späteren Zeitpunkt Hochwasserschutzmaßnahmen aus öffentlichen Geldern errichten und auch fördern zu müssen. Die Bundeswasserbauverwaltung, welche in der Steiermark gleichzeitig auch das wasserwirtschaftliche Planungsorgan darstellt, ist an diese RIWA gebunden, womit die grundsätzliche Linie für das wasserwirtschaftliche Planungsorgan vorgegeben ist. Das wasserwirtschaftliche Planungsorgan folgt demnach nahezu österreichweit nicht den Normen des WRG sondern den Förderungsgrundsätzen der RIWA.

Wesentliche Anträge werden in der Folge durch das wasserwirtschaftliche Planungsorgan derart beurteilt, als ob es sich um Baumaßnahmen im Zusammenhang mit Anträgen nach dem Wasserbautenförderungsgesetz handeln würde. Baumaßnahmen im Hochwasserabflußgebiet werden deshalb durch das wasserwirtschaftliche Planungsorgan grundsätzlich negativ beurteilt. Zum Teil werden Hochwasserabflußbereiche als "wasserwirtschaftliche Vorrangflächen" ausgewiesen, um die Vorgaben der RIWA und damit den Standpunkt des wasserwirtschaftlichen Planungsorganes besser abzusichern. Im Wasserrechtsgesetz ist eine derartige Vorgangsweise nicht vorgesehen und es haben deshalb die Äußerungen des wasserwirtschaftlichen Planungsorganes in den Wasserrechtsverhandlungen nur eine, wenn überhaupt, nur sehr eingeschränkte Relevanz.

Diese Tatsache bedeutet, daß sich der begutachtende Sachverständige kaum mehr auf Aussagen des wasserwirtschaftlichen Planungsorganes stützen kann.

6.) *Wasserwirtschaftliches Planungsorgan de lege ferenda:*

Wie oben bereits dargestellt ist die Verpflichtung der Behörde, alleinige Wahrerin des öffentlichen Interesses zu sein, vorallem bei Großverfahren eine schwere Last, welcher sie, zumindest in den Augen der Öffentlichkeit, nicht immer voll gewachsen ist. Nur so ist das Entstehen von Institutionen wie der Umweltschutzbehörde zu verstehen. Eine Bündelung der Kräfte scheint gerade beim Ruf nach einer schlanken Verwaltung durchaus angebracht, wobei jedoch einer derartigen Institution - im Gegensatz zu heutigen Umweltschutzbehörde - nicht nur Rechte, sondern auch Pflichten zukommen sollte. Für den Bereich der gesamten Wasserwirtschaft wäre das wasserwirtschaftliche Planungsorgan wohl die prädestinierte Stelle für die Wahrung der öffentlichen Interessen.

Verfasser:

Dipl.Ing. Bernd Meidl
Fachabteilung Ia,
Landhausgasse 7, 8010 Graz

Dr. Peter Schurl
Unabhängiger Verwaltungssenat
für die Steiermark
Salzamtsgasse 3, 8010 Graz

Hydrogeologische Untersuchungen im Raume Rettenegg in der nördlichen Oststeiermark

(Durchgeführt im Rahmen einer Diplomarbeit an der Montanuniversität Leoben unter der
Betreuung von ROBR. Univ. Doz. Dr. Hilmar Zetinigg)

von

Peter Reichl

1.) Einleitende Worte

Das Thema, welches mir von meinem Diplomarbeitsbetreuer Dr. Hilmar Zetinigg vorgeschlagen wurde, beinhaltete nicht nur die Möglichkeit in einem ausgewählten Gebiet hydrogeologische Untersuchungen durchzuführen, sondern es konnte im Rahmen dieser Untersuchungen auch gleichzeitig der Konnex zu wasserwirtschaftlich relevanten Fragen hergestellt werden. So wurde im Rahmen der Diplomarbeit (REICHL, 1989) versucht, ein Gebiet im Bereich Rettenegg - Pfaffensattel in der nördlichen Oststeiermark hydrogeologisch zu bearbeiten, und mit Hilfe von Detailluntersuchungen das Einzugsgebiet von vier Quellen zu klären, die möglicherweise einer Nutzung zugeführt werden sollten. Ein mit einfachen Mitteln durchgeführter Markierungsversuch sollte das Einzugsgebiet der in Frage kommenden Quellen klären helfen. Die Ausführung und Ergebnisse des Markierungsversuches wurden bereits in den Mitteilungen der Österreichischen Geologischen Gesellschaft (87. Band [1994] Hydrogeologie) publiziert.

Herr Dr. Zetinigg verstand es auch immer wieder, durch fachliche Diskussionen ständig das Interesse für wasserwirtschaftliche Fragen zu wecken und so manche Untersuchungen und Betrachtungsweisen eben in diese Richtung hin zu lenken. Für die fachliche Ausbildung auf dem Gebiet der Hydrogeologie, die ich durch Herrn Dr. Zetinigg erfahren durfte, sowie die ständige Möglichkeit durch fachliche Diskussionen sich weiter zu entwickeln möchte ich mich an dieser Stelle bei meinem Lehrer recht herzlich bedanken.

2. Geologisch-hydrogeologischer Überblick über das Diplomarbeitsgebiet

Das Arbeitsgebiet liegt in der nördlichen Oststeiermark (Abb. 1) im Raume Rettenegg - Pfaffensattel (siehe Abb. 2) und wird vorwiegend aus Gesteinen der unterostalpinen Wechseleinheit aufgebaut (siehe tabellarische Aufgliederung in Tab. 1). Im wesentlichen treten im Untersuchungsgebiet Gesteine der Wechselschiefer, sowie Permomesozoikum auf. Im Westteil des Gebietes überlagern die Gesteine der Stuhleck-Kirchberg-Decke (die unterste Einheit des Semmeringsystems - hier vorwiegend Glimmerschiefer) die Serien des Wechsels, einschließlich der Serien des Permomesozoikums.

FAUPL spricht davon, dass es sich bei dieser Gliederung um Serien handelt, also um Komplexe von petrographisch unterscheidbaren, jedoch untereinander verwandten Gesteinen, die in engster Lagebeziehung stehen und zusammen eine Einheit bilden.

Vor allem die Gesteine des Permomesozoikums waren im Untersuchungsgebiet aus hydrogeologischer Sicht von Interesse.

Beim Semmeringquarzit wurden im Untersuchungsgebiet generell zwei Typen unterschieden - ein geröllarmer bis geröllfreier Quarzit sowie ein Geröllquarzit.

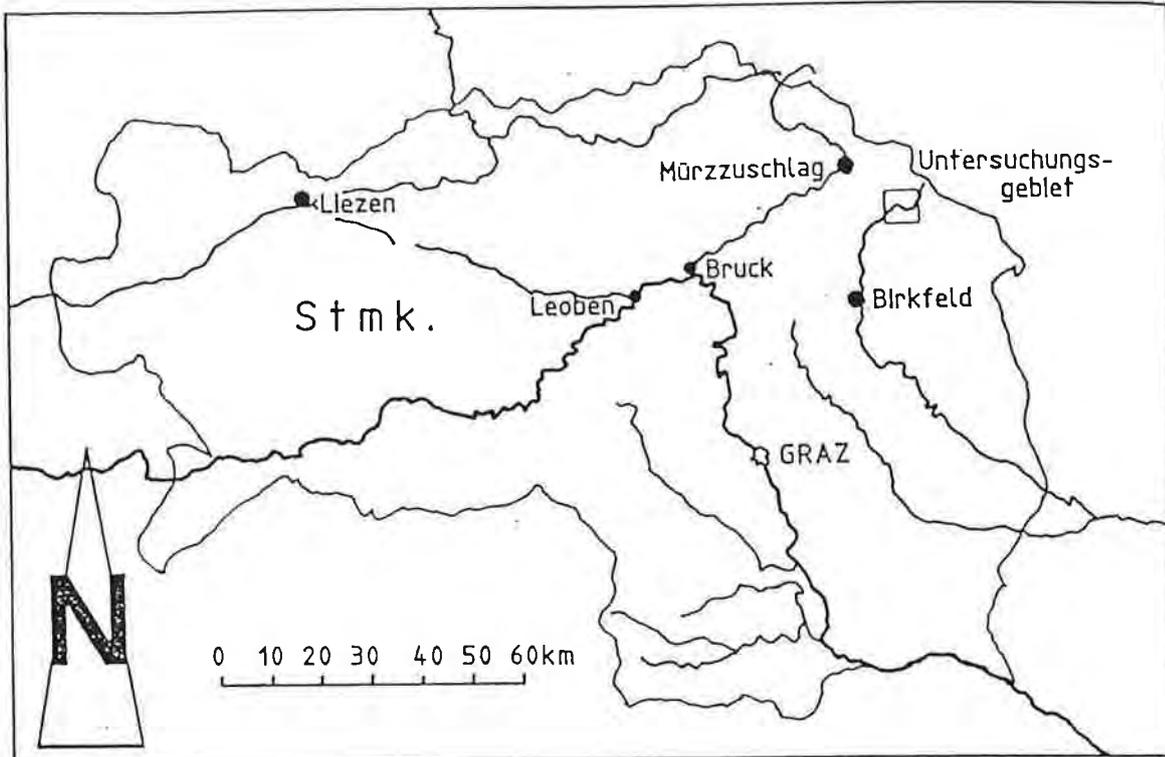


Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebietes in der nördlichen Oststeiermark

FANK, J., A. JAWECKY, H.P. NACHTNEBEL & H. ZOJER (1993): Hydrogeologie und Grundwassermodell des Leibnitzer Feldes. - Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, **74/I** und **74/II**, 1-255, Anhang A bis I, 90 Abb., 119 Tab., 35 Kartenbeilagen, Amt der Steiermärkischen Landesregierung-Wasserwirtschaft und Bundesministerium f. Land- und Forstwirtschaft-Wasserwirtschaftskataster Graz, Wien.

MONTEITH, J. L. (1965): Evaporation and Environment. In: FOGY, G. T. [Editor]: Sympos. The state and movement of water in living organism. 205-234, Cambridge (Univ. Press).

VERZEICHNIS DER BISHER ERSCHEINENEN BÄNDE

Band	Titel
1	VORTRAGSREIHE ABFALLBESEITIGUNG, 18. April 1964. Neuauflage 1968, von W. Tronko, P. Bilek, J. Wotschke, K. Stundl, F. Heigl, E. v. Conrad.
2	EIN BEITRAG ZUR GEOLOGIE UND MORPHOLOGIE DES MÜRZTALES, von R. Sperlich, W. Scharf, A. Thurner, 1965.
3	VORTRAGSREIHE ABFALLVERARBEITUNG, 18. März 1965, von F. Fischer, R. Braun, F. Schönbeck, W. Tronko, K. Stundl, B. Urban.
4	GEWÄSSERSCHUTZ IST NÖTIG, von J. Krainer, F. Hahne, H. Kalloch, F. Schönbeck, H. Moosbrugger, L. Bernhart, W. Tronko, 1965.
5	DIE MÜLLVERBRENNUNGSANLAGE - VERSUCH EINER ZUSAMMENFASSENDEN DARSTELLUNG, von F. Heigl, 1965.
6	VORTRAGSREIHE ABFALLVERARBEITUNG, 18. November 1965, von F. Schönbeck, H. Sontheimer, A. Kern, H. Rasworschegg, J. Wotschke, J. Brodbeck, R. Spinola, K. Stundl, W. Tronko, 1966.
7	SEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN IM GRUNDWASSERFELD FRIESACH NÖRDLICH VON GRAZ, von H. Zetinigg, Th. Puschnigg, H. Novak, F. Weber, 1966.
8	DER MÜRZVERBAND, von E. Fabiani, P. Bilek, H. Novak, E. Kauderer, F. Hartl, 1966.
9	RAUMPLANUNG, FLÄCHENNUTZUNGSPLÄNE DER GEMEINDEN, von J. Krainer, H. Wengert, K. Eberl, F. Plankensteiner, G. Gorbach, H. Egger, H. Hoffmann, K. Freisitzer, W. Tronko, H. Bullmann, I.E. Holub, 1966.
10	SAMMLUNG, BESEITIGUNG UND VERARBEITUNG DER FESTEN SIEDLUNGSABFÄLLE, von H. Erhard, 1967.
11	SIEDLUNGSKUNDLICHE GRUNDLAGEN FÜR DIE WASSERWIRTSCHAFTLICHE RAHMENPLANUNG IM FLUSSGEBIET DER MÜRZ, von H. Wengert, E. Hillbrand, K. Freisitzer, 1967.
12	HYDROLOGIE DES MURTALES, von N. Anderle, 1969
13	10 JAHRE GEWÄSSERGÜTEAUFSICHT IN DER STEIERMARK 1959 - 1969, von L. Bernhart, H. Sölkner, H. Ertl, W. Popp, M. Noe, 1969.

- 14 GEWÄSSERSCHUTZMASSNAHMEN IN SCHWERPUNKTGEBIETEN STEIER-MARKS, 1970 (DAS VORLÄUFIGE SCHWERPUNKTPROGRAMM 1964 UND DAS SCHWERPUNKTPROGRAMM 1966), von F. Schönbeck, L. Bernhart, E. Gangl, H. Ertl.
- 15 INDUSTRIELLER ABWASSERKATASTER STEIERMARKS, von L. Bernhart ,1970
- 16/17 TÄTIGKEITEN UND ORGANISATION DES WIRTSCHAFTSHOFES DER LANDESHAUPTSTADT GRAZ, ABFALLBEHANDLUNG IN GRAZ, LITERATURANGABEN ZUM THEMA "ABFALLBEHANDLUNG", von A. Wasle; 1970
- 18 ABWASSERFRAGEN AUS BERGBAU UND EISENHÜTTE, von L. Bernhart, K. Stundl, A. Wutschel, 1971.
- 19 MASSNAHMEN ZUR LÖSUNG DER ABWASSERFRAGEN IN ZELLSTOFFFABRIKEN, von B. Walzel - Wiesentreu, W. Schönauer, 1971.
- 20 BODENBEDECKUNG UND TERRASSEN DES MURTALES ZWISCHEN WILDON UND DER STAATSGRENZE, von E. Fabiani, M. Eisenhut, mit Kartenbeilagen, 1971.
- 21 UNTERSUCHUNG AN ARTESISCHEN WÄSSERN IN DER NÖRDLICHEN OSTSTEIERMARK, von L. Bernhart, J. Zötl, H. Zetinigg, 1972.
- 22 GRUNDWASSERUNTERSUCHUNGEN IM SÜDÖSTLICHEN GRAZERFELD, von L. Bernhart, H. Zetinigg, J. Novak, W. Popp, 1973.
- 23 GRUNDWASSERUNTERSUCHUNGEN IM NORDÖSTLICHEN LEIBNITZERFELD, von L. Bernhart, E. Fabiani, M. Eisenhut, F. Weber, E.P. Nemecek, Th. Glanz, W. Wessiak, H. Ertl, H. Schwinghammer; 1973
- 24 GRUNDWASSERVERSORGUNG AUS DEM LEIBNITZERFELD von L. Bernhart, 1973.
- 25 WÄRMEBELASTUNG STEIRISCHER GEWÄSSER, von L. Bernhart, H. Niederl, J. Fuchs, H. Schlatte, H. Salinger, 1973.
- 26 DIE ARTESISCHEN BRUNNEN DER SÜDWESTSTEIERMARK, von H. Zetinigg, 1973.
- 27 DIE BEWEGUNG VON MINERAÖLEN IN BODEN UND GRUNDWASSER, von L. Bernhart, 1973.
- 28 KENNZAHLEN FÜR DEN ENERGIEWIRTSCHAFTLICHEN VERGLEICH THERMISCHER ABLAUGEVERWERTUNGSANLAGEN, von L. Bernhart, D. Radner, H. Artledter, 1974.
- 29 GENERALPLAN DER WASSERVERSORGUNG STEIERMARKS, ENTWURFSSTAND 1973, von L. Bernhart, E. Fabiani, E. Kauderer, H. Zetinigg, J. Zötl, 1974.
- 30 GRUNDLAGEN FÜR WASSERVERSORGUNGSWIRTSCHAFTLICHE PLANUNGEN IN DER SÜDWESTSTEIERMARK, 1. TEIL, EINFÜHRUNG, HYDROGEOLOGIE, KLIMATOLOGIE, von L. Bernhart, J. Zötl, H. Zojer, H. Otto, 1975.

- 31 GRUNDLAGEN FÜR WASSERVERSORGUNGSWIRTSCHAFTLICHE PLANUNGEN IN DER SÜDWESTSTEIERMARKE, 2. TEIL, GEOLOGIE, von L. Bernhart, P. Beck - Mannagetta, A. Alker, 1975.
- 32 BEITRÄGE ZUR WASSERWIRTSCHAFTLICHEN RAHMENPLANUNG IN DER STEIERMARK, von L. Bernhart, 1975.
- 33 HYDROGEOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN AN BOHRUNGEN UND BRUNNEN IN DER OSTSTEIERMARKE, von H. Janschek, I. Küpper, H. Polesny, H. Zetinigg, 1975.
- 34 DAS GRUNDWASSERVORKOMMEN IM MURTAL BEI ST. STEFAN O.L. UND KRAUBATH, von I. Arbeiter, P. Hacker, H. Janschek, H. Krainer, H. Ertl, J. Novak, D. Rank, F. Weber, H. Zetinigg, 1976.
- 35 WASSERVERSORGUNG FÜR DAS UMLAND VON GRAZ. ZUR GRÜNDUNG DES WASSERVERBANDES UMLAND - GRAZ, von L. Bernhart, K. Pirkner, 1977.
- 36 GRUNDWASSERSCHONGEBIETE, von W. Kasper, H. Zetinigg, 1977.
- 37 VORBEREITUNG EINER ZENTRALWASSERVERSORGUNG FÜR DIE SÜDOSTSTEIERMARKE, von L. Bernhart, 1978.
- 38 ZENTRALWASSERVERSORGUNG FÜR DIE SÜDOSTSTEIERMARKE, von L. Bernhart, 1978
- 39 GRUNDWASSERUNTERSUCHUNGEN IM UNTEREN MURTAL, von E. Fabiani, H. Krainer, H. Ertl, W. Wessiak, 1978.
- 40 GRUNDLAGEN FÜR WASSERVERSORGUNGSWIRTSCHAFTLICHE PLANUNGEN IN DER SÜDWESTSTEIERMARKE, 3. TEIL, DIE GRUNDWASSERFÜHRUNG IM TALE DER LASSNITZ, SULM, UND SAGGAU ZWISCHEN GRUNDGEBIRGE UND LEIBNITZERFELD, von H. Fessler, 1978.
- 41 GRUNDLAGEN FÜR WASSERVERSORGUNGSWIRTSCHAFTLICHE PLANUNGEN IN DER SÜDWESTSTEIERMARKE, 4. TEIL, DIE GRUNDWASSERERSCHLIESSUNG IM TALE DER LASSNITZ, SULM, UND SAGGAU ZWISCHEN GRUNDGEBIRGE UND LEIBNITZERFELD, von H. Zetinigg, 1978.
- 42 ZUR GEOLOGIE IM RAUM EISENERZ - RADMER UND ZU IHREM EINFLUSS AUF DIE HYDROCHEMIE DER DORTIGEN GRUNDWASSER, von U. Mager, 1979.
- 43 DIE GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE IM KAINACHTAL (ST. JOHANN O.H. - WEITENDORF), von M. Eisenhut, J. Novak, H. Zojer, H. Krainer, H. Ertl, H. Zetinigg, 1979.
- 44 GRUND- UND KARSTWASSERUNTERSUCHUNGEN IM HOCHSCHWABGEBIET, TEIL I, NATURRÄUMLICHE GRUNDLAGEN; GEOLOGIE - MORPHOLOGIE - KLIMATOLOGIE, von E. Fabiani, V. Weissensteiner, H. Wakonigg, 1980.

- 45 GRUND- UND KARSTWASSERUNTERSUCHUNGEN IM HOCHSCHWABGEBIET, TEIL II, DIE UNTERSUCHUNGEN: GESCHICHTE - DURCHFÜHRUNG - METHODIK; von E. Fabiani, 1980.
- 46 GRUND- UND KARSTWASSERUNTERSUCHUNGEN IM HOCHSCHWABGEBIET, TEIL III, GEOPHYSIK - ISOTOPENUNTERSUCHUNG - HYDROCHEMIE, von Ch. Schmid, H. Zojer, H. Krainer, H. Ertl, R. Ott, 1980.
- 47 GRUND- UND KARSTWASSERUNTERSUCHUNGEN IM HOCHSCHWABGEBIET, TEIL IV, DIE UNTERSUCHUNG IM TRAGÖSSTAL, von E. Fabiani, 1980.
- 48 GRUND- UND KARSTWASSERUNTERSUCHUNGEN IM HOCHSCHWABGEBIET, TEIL V, UNTERSUCHUNGEN IN DEN SÜDLICHEN HOCHSCHWABTÄLERN (ILGENERTAL BIS SEEGRABEN), von E. Fabiani, 1980.
- 49 UNTERSUCHUNG ÜBER DIE MÖGLICHKEIT ZUR ENTNAHME VON GRUNDWASSER IM SÜDLICHEN HOCHSCHWABGEBIET UND DEREN BEWIRTSCHAFTUNG, von Ch. Meidl, J. Novak, W. Wessiak, 1980.
- 50 KONZEPT EINER ZENTRALWASSERVERSORGUNG HOCHSCHWAB SÜD, von L. Bernhart, 1980.
- 51 REGIONALE ABWASSERANLAGEN IN DER STEIERMARK, BEMÜHUNGEN UND ERGEBNISSE, von L. Bernhart, P. Bilek, E. Kauderer, H. Senekowitsch, O. Thaller, 1980.
- 52 GRUNDWASSERUNTERSUCHUNGEN IM MURTAL ZWISCHEN KNITTELFELD UND ZELTWEG, von I. Arbeiter, H. Krainer, H. Ertl, H. Zetinigg, 1980.
- 53 GRUNDWASSERUNTERSUCHUNGEN IM UNTEREN SAGGAUTAL, von I. Arbeiter, H. Krainer, H. Zetinigg, 1980.
- 54 "10 JAHRE WASSERVERBAND HOCHSCHWAB - SÜD" von L. Bernhart, W. Kneissel, J. Novak, R. Ott, F. Schönbeck, 1981.
- 55 DIE AUSWIRKUNGEN DES KRAFTWERKBAUES VON OBERVOGAU AUF DAS GRUNDWASSER, von H. Fessler, 1981.
- 56 FESTVERANSTALTUNG "10 JAHRE WASSERVERBAND HOCHSCHWAB - SÜD 1971 - 1981", von L. Bernhart, R. Burgstaller, M. Rupprecht, H. Sölkner, G. Bujatti, E. Wurzer, A. Zdar-sky, J. Krainer, V. Ahrer, 1981.
- 57 GRUNDLAGEN FÜR WASSERVERSORGUNGSWIRTSCHAFTLICHE PLANUNGEN IN DER SÜDWESTSTEIERMARK, von L. Bernhart, E. Hübl, E. Schubert, E. Fabiani, H. Zetinigg, H. Zojer, E.P. Nemecek, E.P. Kauch, 1981.
- 58 WASSERBEDARF DER SÜDWESTSTEIERMARK, von L. Bernhart, 1982.
- 59 KOSTENAUFTEILUNGSSCHLÜSSEL FÜR ABWASSERVERBÄNDE, von P. Bilek, E. Kauderer, 1982.

- 60 DIE QUELLEN DES SCHÖCKLGEBIETS, von H. Zetinigg, W. Griessler, Th. Untersweg, V. Weissensteiner, Ch. Meidl, 1982.
- 61 BEDARFSERMITTLUNG FÜR EINEN STEIRISCHEN WASSERVERBUND, von Ch. Meidl, Ch. Kaiser, mit einer Einführung von L. Bernhart, 1983.
- 62 DIE MESSUNGEN DER FLIESSGESCHWINDIGKEITEN DES GRUNDWASSERS IM MUR- UND MÜRZTAL, von H. Zetinigg, 1983.
- 63 GRUNDLAGEN FÜR EINEN STEIRISCHEN WASSERVERBUND -LEITUNGSFÜHRUNGEN IN DER SÜDWESTSTEIERMARK, von J. Novak, Ch. Kaiser, 1983.
- 64 STEIRISCHES WASSERVERBUNDMODELL 1982, von J. Novak, 1983.
- 65 DER KARST AM OSTUFER DER WEIZKLAMM, von G. Fuchs, 1983.
- 66 HYDROGEOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN IN DEN NÖRDLICHEN GESÄUSEBERGEN, von W. Kollmann, 1983.
- 67 DIE AUSWIRKUNGEN DES KRAFTWERKBAUES SPIELFELD AUF DAS GRUNDWASSER, von H. Fessler, 1983.
- 68 BEITRÄGE ZUR KENNNTNIS DER ARTESISCHEN WÄSSER IM STEIRISCHEN BECKEN, von H. Zojer, H. Zetinigg, 1987.
- 69 BEITRÄGE ZUR KENNNTNIS DER GESPANNTEN GRUNDWÄSSER IM MITTERENNSTAL UND PALTENTAL, von G. Suette, H. Zetinigg, 1988.
- 70 GRUNDWASSERMODELL MURTAL, ABSCHNITT ST. STEFAN O.L. - KRAUBATH, von W. Erhart - Schippeck, Ch. Kaiser, 1990.
- 71 KARSTHYDROLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN IM WEIZER BERGLAND, von P. Hacker, 1991.
- 72 MARKIERUNGSVERSUCHE IN KARSTGEBIETEN DER STEIERMARK, von A. Huber, M. Pöschl, H. Zetinigg, 1991.
- 73 KARSTHYDROLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN IM EINZUGSGEBIET DES MIXNITZBACHES, von H. Stadler, 1992.
- 74 HYDROGEOLOGIE UND GRUNDWASSERMODELL DES LEIBNITZERFELDES, von J. Frank, A. Jawecki, H.P. Nachtnebel, H. Zojer, 1993.
- 75 UNTERSUCHUNGEN DER GESPANNTEN GRUNDWASSERVORKOMMEN IM FEISTRITZTAL UND SAFENTAL, OSTSTEIERMARK, von H. Bergmann, A. Lettowsky, E. Niesner, Ch. Schmid, J. Schön, F. Überwimmer, 1993.

- 76 GROSSPUMPVERSUCH UND GRUNDWASSERMODELL KALSDORF, von J. Fank und G. Rock, 1994
- 77 DIE NEUEN GRUNDWASSERSCHUTZGEBIETE von F. Bauer, A. Bernhart, R. Guschlbauer, Ch. Kaiser, H. Stadlbauer, G. Suetter, H. Zetinigg, 1995
- 78 DIE QUELLEN DER BLOCKGLETSCHER IN DEN NIEDEREN TAUERN von Th. Untersweg und A. Schwendt, 1995
- 79/1 DER QUELLKATASTER DER STEIERMARK von H. Zetinigg, E. Fabiani, H. Stadlbauer und N. Plass, 1996
79/2
- 80 KARSTHYDROGEOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN IM TANNEBENMASSIV (MITTELSTEIRISCHER KARST) von R. Benischke, V. Maurin, H. Ehrenreich, T. Harum und H. Stadler, 1997
- 81 HILMAR ZETINIGG - FESTSCHRIFT ZUM 60. GEBURTSTAG mit Beiträgen von Benischke, R. & Stadler, H.; Bernhart, A.; Edlinger, E. & Kollmann, W.F.H.; Fabiani, E.; Fank, J.; Gamerith, W. & Stadler, H.; Goldbrunner, J.; Hacker, P.; Harum, T. & Rock, G. & Leditzky, H.P.; Kaiser, Ch.; Meidl, B. & Schurl, P.; Novak, H.; Pramberger, F. & Völkl, G. & Schimon, W.; Reichl, P.; Saurer, B.; Schmid, Ch.; Schütter, F. & Gortan, P.; Suetter, G.; Ultes, W.; Uresch, E.; Wehinger, K.; Wiespeiner, M.; Zojer, H.; 1997

Die Berichtsbände sind, soweit noch nicht vergriffen, in der Fachabteilung IIIa, Ref. II - Wasserversorgung, (Stempfergasse 5 - 7, II. Stock, 8010 Graz) erhältlich.



A-8010 Graz, Austria
Hofgasse 15 (Burg)



Tel (0316) 80 95

Fax (0316) 80 95 35

Formblätterverlag:

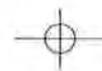
Tel (0316) 80 95 45



Steiermärkische **LandesDRUCKEREI** GmbH



digitalPRINTshop[®]



Ihre Druckerei im Zentrum mit dem Gesamtservice
Layout, Satz, Repro, Vierfarbendruck, Endfertigung

