

BERICHTE
der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung

Band 46

**Grund- und Karstwasseruntersuchungen im
Hochschwabgebiet**

Teil III

Geophysik — Isotopenuntersuchungen — Hydrochemie

von

Ch. Schmid
H. Zojer
H. Krainer und H. Ertl
R. Ott

Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Landesbaudirektion
Referat für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung
Graz 1980

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Schmid, Ch.:	
Geoelektrische Strukturerkundung im Tragößtal	1
Vorbemerkung	2
a) Tragöß - Kreuzteich	3
1. Einleitung und Problem- stellung	3
2. Durchführung der Messungen	4
3. Die Ergebnisse	5
3.1. Die Profile	5
3.2. Die Isopachenkarte	16
4. Zusammenfassung	18
b) Pichl - Großdorf	20
1. Einleitung und Problem- stellung	20
2. Durchführung der Messungen	21
3. Die Auswertung	23
4. Die Ergebnisse	24
4.1. Allgemein	24
4.2. Die Profile	25
4.3. Die Isopachenkarte	33
4.4. Die Isoohmenkarte der Grundwasserspeicher	35
5. Zusammenfassung	37
Schmid, Ch.:	
Geoelektrische Tiefensondierungen im Raume von St. Ilgen-Bodenbauer	39
1. Einleitung und Problemstellung	40
2. Durchführung der Messungen ..	41
3. Auswertung	43
4. Ergebnisse	44

		Seite
Schmid, Ch.:	Fortsetzung	
	4.1. Allgemein	44
	4.2. Profile	46
	4.3. Die Isopachenkarte	58
	4.3.1. Gebiet Nord	58
	4.3.2. Gebiet Süd	60
	5. Zusammenfassung und Empfehlungen	60
Zojer, H.:	Zur Karstwasserspeicherung im Hochschwabgebiet	62
	1. Die naturräumliche Lage	63
	2. Die regionale Verteilung der Quellaustritte	64
	3. Die hydrochemisch-physikalischen Parameter der Quellwässer	66
	4. Tritiumuntersuchungen	72
	4.1. Interpretation von Tritiummes- sungen anhand von Häufigkeits- diagrammen	74
	4.2. Der jahreszeitliche Tritium- gang der Quellwässer	79
	4.3. Altersmodelle auf der Grundla- ge von Tritiummessungen	86
	5. Die Beziehung Tritiumgehalt - Chemismus der Wässer	87
	6. Zusammenfassung	90
	7. Literatur	91
Krainer, H. u. Ertl, H.:	Grund- und Karstwasseruntersuchungen im „Südlichen Hochschwab“ Chemische und bakteriologische Unter- suchungen	92
	1. Einleitung	93
	2. Untersuchungsstellen	93
	3. Darstellung der Untersuchungser- gebnisse	95
	Grund- und Quellwässer im Tragöb- tal	95
	Untersuchungen im Seegraben	99
	Zusammenfassung	100

	Seite
Ott, R.:	
Grund- und Quellwasseruntersuchungen im Bereich des Ilgnertales Chemische und bakteriologische Untersuchungen	107
Einleitung	108
Untersuchungsstellen	108
Untersuchungsumfang	109
Ergebnisse der Untersuchungen	109
Trawiesbach (1)	110
Kammerhoferquelle (5)	111
Untersuchungsbrunnen BI 2 (6)	112
Untersuchungsbrunnen BI 6 (7)	112
Zusammenfassung	113
Analysenprotokolle (Tabellen 1-3)..	114
Statistische Auswertung von Analyseergebnissen (Tabellen 4-7)	117
Verzeichnis der bisher erschienenen Bände	122

GEOELEKTRISCHE STRUKTURERKUNDUNG IM TRAGÖSSTAL

von

Ch. Schmid.

V O R B E M E R K U N G

Der vorliegende Bericht stellt eine Zusammenfassung von 5 Einzelberichten über die Ergebnisse von geoelektrischen Untersuchungen im Raume Tragöß dar, welche im Auftrage des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung, Referat für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung, in den Jahren 1977 und 1978 durchgeführt wurden.

Diese Untersuchung wurde, im Raume Pichl-Großdorf beginnend und schwerpunktmäßig einzelne Untersuchungsgebiete erfassend, schließlich über das gesamte Tragößtal zwischen Oberort und Unterort ausgedehnt, indem die einzelnen Untersuchungsgebiete durch ergänzende Profile zusammengeslossen wurden.

Wenngleich weder von arbeitstechnischer Seite noch von den Ergebnissen her Unterschiede bestehen, wurde hier auf Grundlage der bestehenden Schlußberichte aus Gründen der Übersichtlichkeit eine Trennung in den Raum Tragöß-Kreuzteich und Pichl-Großdorf beibehalten.

a) TRAGÖSS - KREUZTEICH

1. Einleitung und Problemstellung

Nachdem die Verbindungsprofile im Raum von Pichl-Großdorf gemessen worden waren und sich abzeichnete, daß eine mehr oder minder gut ausgebildete Tiefenrinne mit zum Teil beträchtlichen Schottermächtigkeiten dieses Gebiet durchquert, wurde der Auftrag erteilt, auch das Gebiet westlich Oberort bis zum Kreuzteich hin übersichtsmäßig mittels geoelektrischer Tiefensondierungen zu vermessen. Es sollte auch für dieses Gebiet eine Isopachenkarte der grobklastischen Talfüllung erstellt werden, die dann als Grundlage für die Reservoirberechnung dienen kann.

Da vor allem der nördliche Bereich dieses Untersuchungsgebietes relativ weit von den bisher gemessenen Gebieten entfernt lag, schien es notwendig, zumindest an einzelnen Bohrungen, Vergleichsmessungen durchzuführen, um überprüfen zu können, ob auch in diesem Raum die Widerstandsverteilung der zu erwartenden Schichtglieder Gültigkeit hat.

Außerdem war im Bereich der Bohrung BT2 am Kreuzteich der undurchlässige Untergrund (Werfener Schiefer) in einer Tiefe von über 200 m erbohrt worden, die Eindringtiefe der verwendeten Apparatur liegt jedoch bei maximal 150 m. Es mußte daher in unmittelbarer Nähe dieser Bohrung die Unterkante der grobklastischen Talfüllung mittels Leit-horizonten (zwischenlagerte Seetone), die innerhalb der apparativen Eindringtiefe lagen, interpoliert werden, wozu ebenfalls eine Vergleichsmessung an der Bohrung notwendig war.

Eine genauere Bestimmung der Oberkante Seeton könnte in diesem Bereich nur mittels einer leistungsstärkeren Apparatur erreicht werden. Allerdings müßte erst geprüft werden, ob die hierfür nötigen Elektrodenabstände (ca. 800 m) in diesem einerseits von Laming und Haringbach begrenzten, andererseits doch relativ dicht besiedelten Gebiet möglich wären.

Aus diesem Grund, und da außerdem aus den vorhandenen Bohrprofilen ersichtlich war, daß im übrigen Teil des Meßgebietes die Seetonoberkante innerhalb der Eindringtiefe der verwendeten Apparatur liegen dürfte, wurde die Durchführung der Messungen doch wieder mit dem vielfach bewährten ABEM-Terrameter geplant.

2. Durchführung der Messungen

Insgesamt waren für dieses Meßgebiet 35 Tiefensondierungspunkte geplant worden. Zwischen 18.4.1978 und 23.4.1978 wurden nun im Gebiet zwischen der Bohrung BT5, nahe dem Anwesen Angerer, und der Bohrung BT2 beim Kreuzteich 33 Neupunkte vermessen. Aus den oben erwähnten Gründen wurden außerdem noch in unmittelbarer Nähe der Bohrungen 4 Testpunkte vermessen.

Diese Punkte wurden so gelegt, daß bei der Auswertung daraus bzw. in Verbindung mit den vorhandenen Bohrungen 9 Profile konstruiert werden konnten. Infolge der Topographie sowie der doch relativ dichten Besiedelung dieses Gebietes war es nicht immer möglich, die Profile genau in einer geraden Linie anzulegen.

Verwendet wurde wieder eine Wechselstromapparatur der Firma ABEM aus Schweden. Die maximalen Elektrodenabstände la-

gen zwischen 300 und 360 m. Die Bodenbefeuchtung war infolge der vorangegangenen und zum Teil während der Meßperiode anhaltenden Niederschläge sehr hoch, wodurch ein ausgezeichneter Kontakt zwischen Elektroden und Boden gegeben war.

Die Meßpunkte wurden verpflockt und die notwendigen Vermessungsarbeiten vom Amt der Steiermärkischen Landesregierung vorgenommen.

3. Die Ergebnisse

3.1. Die Profile

3.1.1. Profil A (s. Tafel 1)

Dieses Profil beginnt im Süden bei Punkt P33 und verläuft in etwa NW-Richtung entlang des westlichen Ortsrandes von Oberort bis zum Meßpunkt P27 etwa 100 m östlich der Bohrung P 5.

Im Bereich dieses Profiles liegt der grundwasserhöfliche Horizont unter teilweise bis zu 20 m mächtigen trockenen Schottern oder Konglomeratpartien. Im Süden, unter P33, scheinen diese hochohmigen Partien bis in eine Tiefe von 32 m hinabzureichen. Allerdings keilt dieser Horizont gegen N ziemlich rasch aus und dürfte unter P32 nur mehr sehr geringmächtig vorhanden sein.

Die grundwasserführenden Schotter sind in diesem Bereich widerstandsmäßig zweigeteilt, was einzig und allein auf mehr oder minder geringmächtige Seetonzwischenlagen innerhalb der Schotter zurückzuführen sein dürfte.

Die Seetonoberkante konnte im südlichen Bereich dieses Pro-

fils nicht eindeutig erfaßt werden. Interpolationsversuche ergaben für diese Teile Mindestmächtigkeiten der grobklastischen Talfüllung von 100 m.

Weiter im N, etwa ab dem Meßpunkt P30, scheint der Seeton in meßbaren Teufen zu liegen. Im Mittel dürfte der Grundwasserkörper hier bis in eine Tiefe von 120 m hinabreichen, wobei allerdings an seiner Basis, etwa ab 95 m, der Tonanteil stark zunehmen dürfte. Seine Gesamtmächtigkeit wird zwischen P30 und P27 jedoch durch eine bis zu 30 m mächtige, stark verlehnte Partie beträchtlich gemindert. Unter Meßpunkt P27 scheint diese Schicht infolge der niedrigen Widerstände in reinen Seeton überzugehen.

3.1.2. Profil B (s. Tafel 1)

In der Fortsetzung von Profil A verläuft dieses Profil, beginnend bei Meßpunkt P27, in NW-Richtung bis zur Bohrung BT2. Entlang des Großteils dieses Profils liegt der grundwasserführende Horizont in Tiefen bis zu 25 m. Darüber scheint eine Abfolge von verlehnten Schottern an der Oberfläche, Torf, trockenen Schottern oder Konglomeraten sowie Seetoneinlagerungen zu liegen. Erst ab P22 scheinen diese oberflächennahen Schichten bis auf den Torfhorizont auszuweichen. Ob die Seetonzwischenlage, die bisher noch in einer Tiefe von 7 m liegt, auf eine Teufe von 70 m - wie an der Bohrung BT2 erbohrt, absinkt, oder diese ebenfalls ausweicht, konnte nicht eindeutig geklärt werden.

Die Seetonoberkante scheint bis zur Bohrung BT3 bis auf etwa 48 m aufzutauchen, um dann gegen die Bohrung BT2 bis auf über 200 m abzusinken. Auf Grund dieses doch recht ungewöhnlichen Verlaufes des Seetonreliefs stellt sich die Frage, ob es sich bei dem im Bohrprofil der BT3 verzeichneten Seeton tatsächlich um den Basisseeton handelt oder

ob es vielleicht möglich wäre, daß nur eine etwas mächtigere Zwischenlage erbohrt worden war und der eigentliche Seeton erst 40 - 50 m tiefer liegt. Betrachtet man jedoch Profil D, welches ebenfalls über die Bohrung BT2 verläuft, so ergibt auch dieses Profil ein mehr als unruhiges Seetonrelief. Außerdem ergab die direkt neben BT3 aufgenommene geoelektrische Tiefensondierungskurve ebenfalls nur einen Teufenwert für Seeton, der bei etwa 50 m lag, was ebenfalls diese Darstellung zu bestätigen scheint.

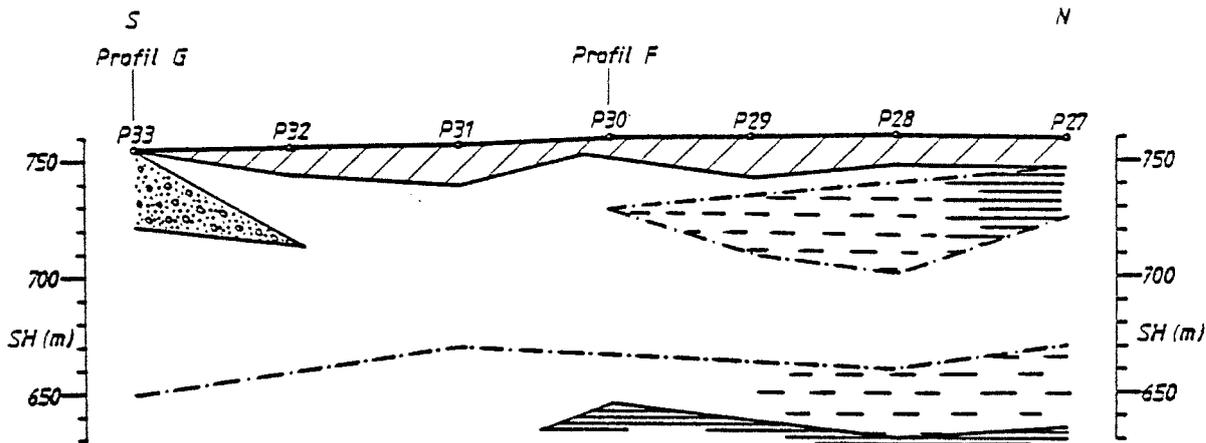
3.1.3. Profil C (s. Tafel 1)

Profil C beginnt im N bei P24, etwa 80 m südlich des Haringbaches, und verläuft ziemlich genau in südlicher Richtung über die Bohrungen P 5 und BT4 bis zum Meßpunkt P17 in der Nähe der Kläranlage von Oberort.

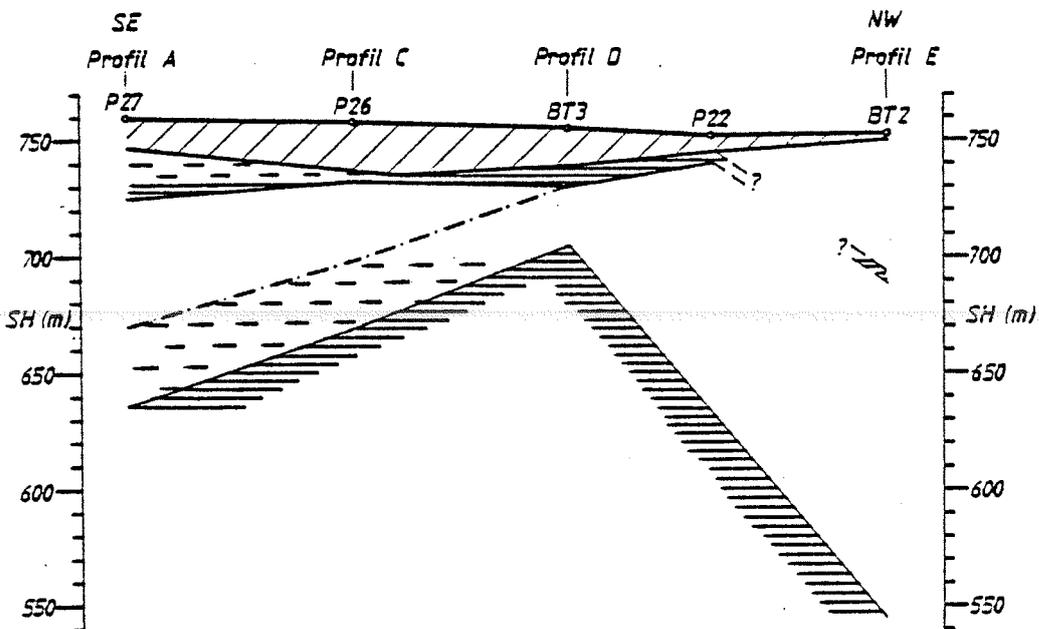
Im Norden, zwischen P24 und P26, scheint der grundwasserführende Schotter von bis zu 20 m mächtigen Schottern überlagert zu sein. Auf Grund der Widerstandsverteilung hat es jedoch den Anschein, als wäre hier in diese hochohmigen Schotter ein oberflächennahes, geringmächtiges, wassergesättigtes Schotterpaket eingelagert. Ab der Pegelbohrung P5 scheinen die grundwasserführenden Schotter nur mehr von einer geringmächtigen Torfschicht überlagert zu werden.

Der Seeton, der unter Meßpunkt P24 meßtechnisch nicht erfaßt werden konnte, taucht bis zur Bohrung P5 ziemlich konstant bis in eine Tiefe von etwa 17 m herauf, um dann bis zum Profilende, unter P18 eine kleine Senke bildend, in dieser geringen Teufe zu bleiben. Dieses Profil verdeutlicht sehr anschaulich die Abnahme der Grundwassermächtigkeit gegen S. War es unter P24 nicht möglich, den Grundwas-

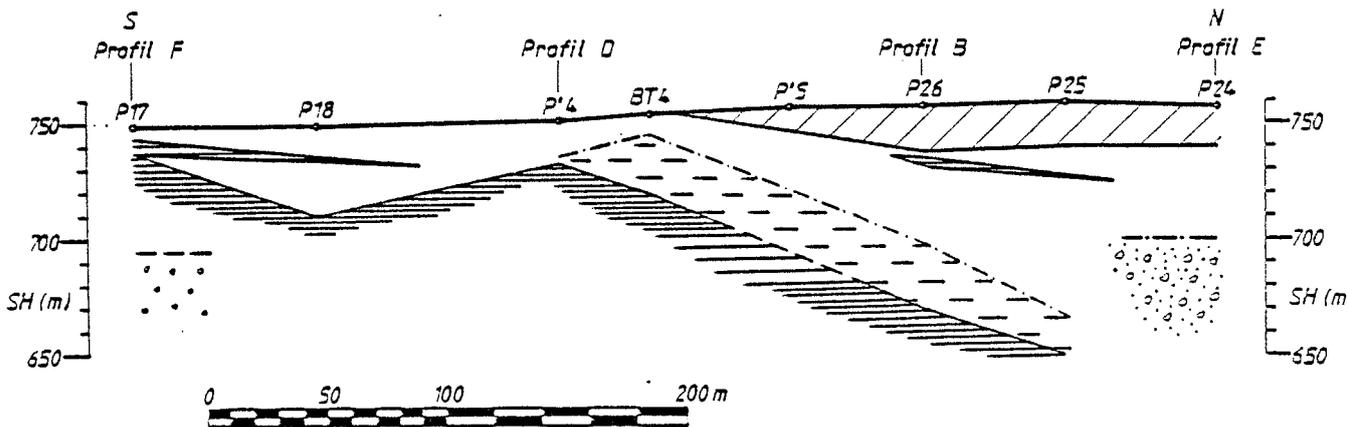
PROFIL A



PROFIL B



PROFIL C



serhorizont auf Grund seiner gewaltigen Mächtigkeit mit den angewandten geophysikalischen Methoden genau zu erfassen, so scheint dieser 120 m weiter südlich nur mehr eine Mächtigkeit von ca. 98 m aufzuweisen, um schließlich am südlichen Profilende nur noch mit einer Mächtigkeit von etwa 7 m vorhanden zu sein.

3.1.4. Profil D (s. Tafel 2)

Zwischen der Bohrung BT3 verläuft dieses kurze Längsprofil in einem Abstand von etwa 120 m parallel zur Laming bis zur Bohrung P 4.

Oberflächennah überlagert entlang dieses Profils wieder eine geringmächtige Torfschicht einen sehr schwach ausgeprägten im N (unter P21) nur etwa 4 m mächtigen Schotterhorizont.

Darunter scheint dann eine verhältnismäßig mächtige Seetonlage einen zweiten, wahrscheinlich wasserführenden Horizont zu überlagern. Dieser Schotterkörper, zum Teil mit Tonlagen durchsetzt, weist im N nur geringe Mächtigkeiten auf, etwas südlicher, etwa unter P 20, wo das Relief des Seetons eine Senke bilden dürfte, wächst dieser Schotterkörper bis auf etwa 55 m an, um dann allerdings sehr rasch auszuweichen. Schließlich erbohrte die Sondierung P4 den Seeton bereits in einer Tiefe von etwa 19 m; dies entspricht ziemlich genau den Teufenwerten, bei denen ansonst die verhältnismäßig mächtige Seetonzwischenlage erbohrt worden war.

Interessant erscheint noch der unter P21 in einer Tiefe von 91 m auftretende, extrem hochohmige Horizont. Ob es sich dabei um eine vom nahen Talrand hereinragende Felsrippe handelt, kann auf Grund dieses einzelnen Meßpunktes nur vermutet werden.

3.1.5. Profil E (s. Tafel 2)

Dieses kurze Querprofil beginnt an der Bohrung BT2 und verläuft ziemlich genau in östlicher Richtung bis zum Meßpunkt P24, nahe der Straße zum Grünen See. Unter einer 2 bis 3 m mächtigen Torfschicht, die zum Teil noch von grobklastischem Material überlagert zu sein scheint, liegt ein sicherlich über 150 m mächtiger Speicherhorizont. Dieser wird nur im W von einer Seetonlage durchsetzt, die dann allmählich auszuweiten scheint. Ob die relativ hohen Widerstandswerte unter P24 darauf hindeuten, daß in diesem Bereich das grobklastische Material zum Teil konglomeratisch verfestigt und daher kaum Durchlässigkeiten aufweist, kann auf Grund der bisherigen Erfahrungen nur vermutet werden.

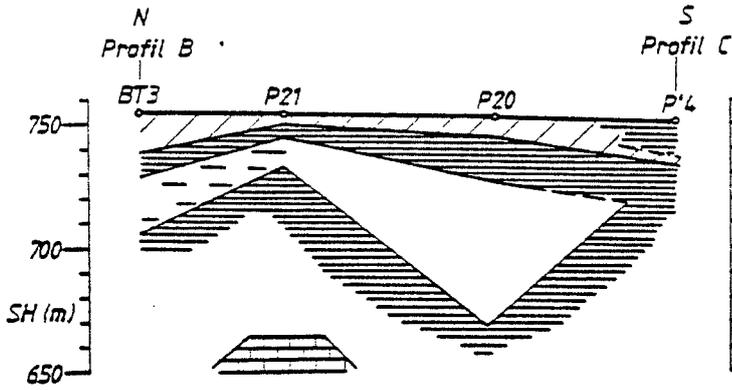
Der Seeton konnte entlang des gesamten Profils geoelektrisch mit dem verwendeten maximalen Spacing von 360 nicht nachgewiesen werden.

3.1.6. Profil F (s. Tafel 2)

Dieses Profil beginnt im W bei Punkt P19 neben dem Anwesen „Meister“ und quert etwa die Hälfte des Lamingtales, um bei P42 eigentlich schon mitten im Siedlungsraum von Oberort zu enden.

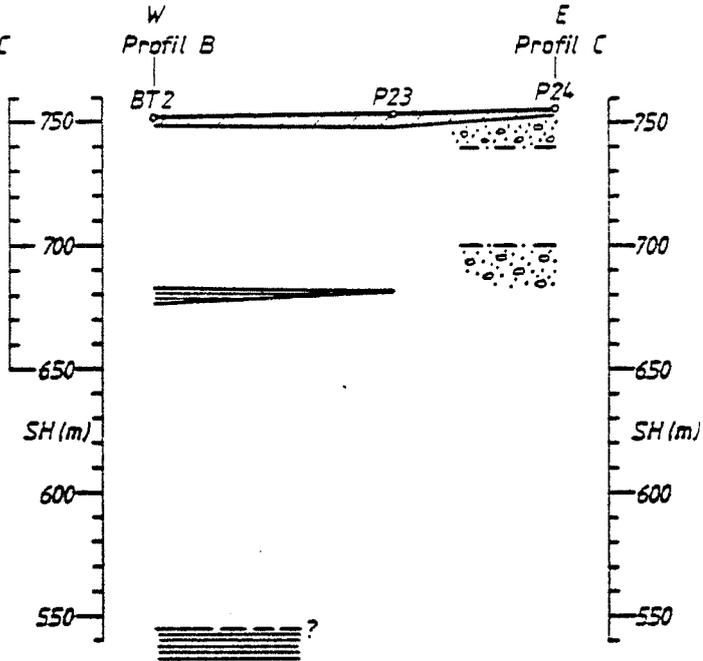
Der größtenteils recht beträchtliche Grundwasserträger wird im W von Torflagen, im E von trockenen Schottern überlagert. Auffallend ist seine starke Mächtigkeitsabnahme unter P17, die jedoch auf Grund des Profils C belegt zu sein scheint. Ab diesem Meßpunkt nimmt die Schottermächtigkeit gegen E rasch zu und erreicht schließlich unter P42 eine Mindestmächtigkeit von etwa 129 m. Wie der Verlauf der

PROFIL D

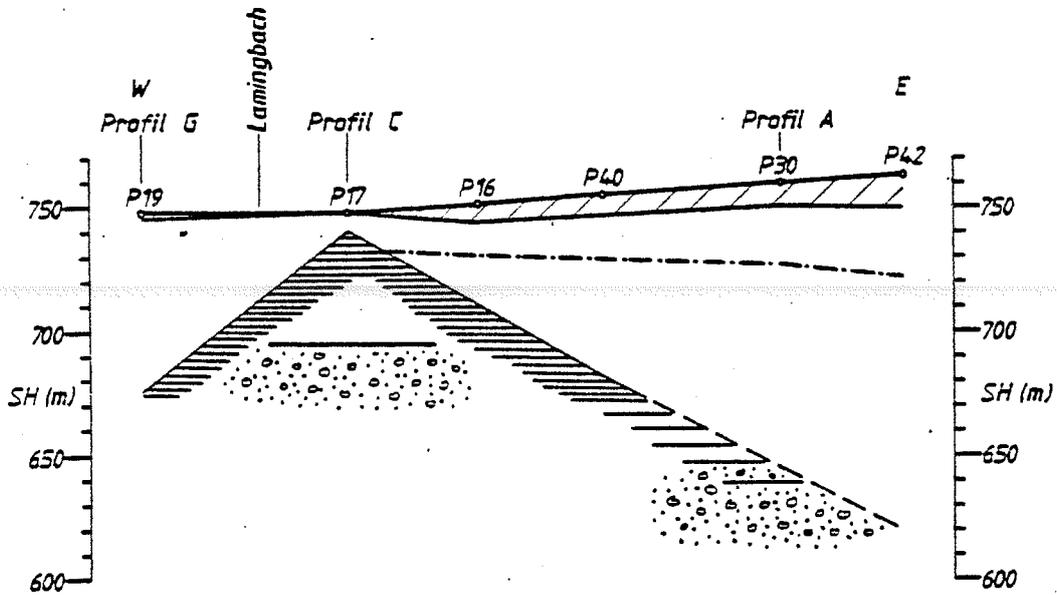


PROFIL E

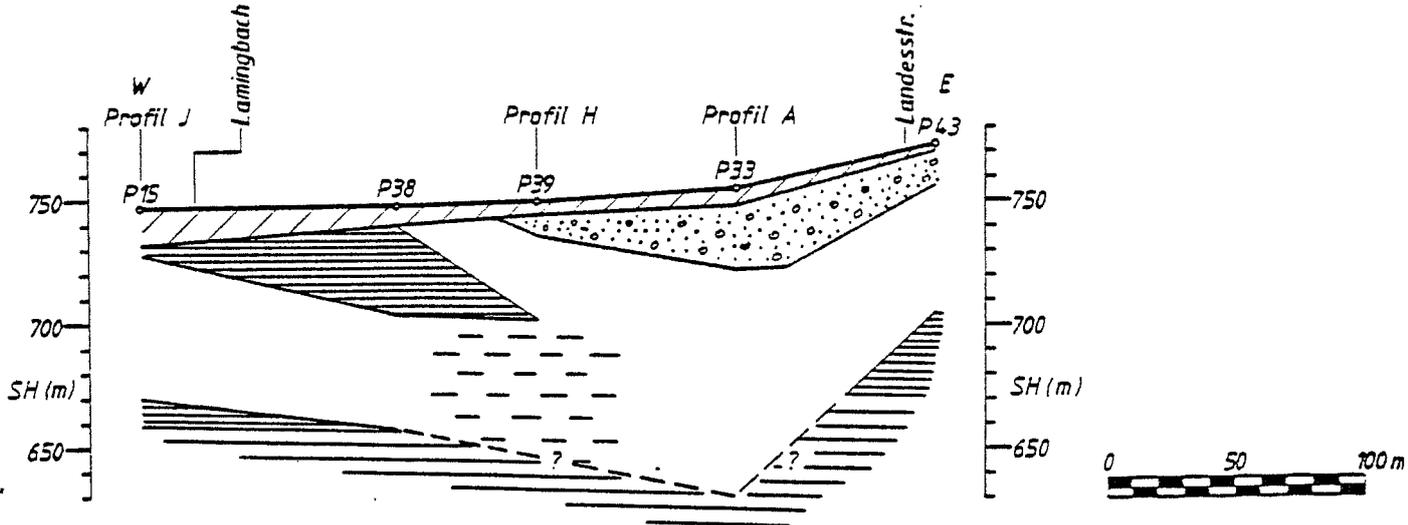
TAFEL 2



PROFIL F



PROFIL G



sich hier andeutenden Tiefenrinne weiter nach E hin aussieht, konnte auf Grund der starken Verbauung nicht durch weitere Sondierungspunkte geklärt werden. In diesem Bereich tritt auch die schon mehrmals erwähnte (Bericht VI) widerstandsmäßige Dreiteilung des Schotterkörpers auf.

Der Seeton, welcher ab P17 ziemlich rasch abzutauchen scheint, dürfte unter P30 und P42 nicht mehr erreicht worden sein. Vielmehr scheint es sich hier wieder um die schon öfters an der Schotterbasis festgestellten Sand-Ton-Wechselagerungen zu handeln. Der eigentliche Seeton dürfte in diesem Bereich noch einige Meter tiefer liegen.

3.1.7. Profil G (s. Tafel 2)

Beginnend bei Meßpunkt P15, westlich der Laming, quert dieses Profil praktisch das gesamte Tal und endet bei Meßpunkt P42 östlich der Landesstraße Nr.285.

Im westlichen Bereich dieses Profils ist der von einer Torfschicht bedeckte Schotterkörper durch eine zum Teil bis zu 35 m mächtige Seetonlage zweigeteilt. Zwischen P38 und P39 scheint diese Seetonlage auszuweichen. Etwa ab P39 überlagern mächtige Partien trockener Schotter den grundwasserhöflichen Horizont.

Unter Meßpunkt P33 dürfte die grobklastische Talfüllung auch ihren Maximalwert erreichen. Hier dürfte eine Art Tiefenrinne, wie sie auch schon in den südlicheren Teilen des Meßgebietes auskartiert worden war, diese doch recht beträchtliche Schottermächtigkeiten hervorrufen.

Da es auf Grund der großen Tiefe der Seetonoberkante am Meßpunkt 33 nicht gelungen war, den Seetonhorizont zu erfassen, handelt es sich bei der im Profil eingetragenen Tiefe von ca. 135 m um eine Mindesttiefe. Würde man die Tiefe für die See-

tonoberkante mittels Leithorizontes interpolieren, ergäbe dies Tiefenwerte, die über 150 m liegen.

Da der grundwasserführende Horizont doch aus mehreren Widerstandspaketen besteht, dürfte dies bedeuten, daß auch hier fallweise kleinere Seetonlagen, deren Mächtigkeiten unter dem apparativen Auflösungsvermögen lagen, eingeschaltet sind.

3.1.8. Profil H (s. Tafel 3)

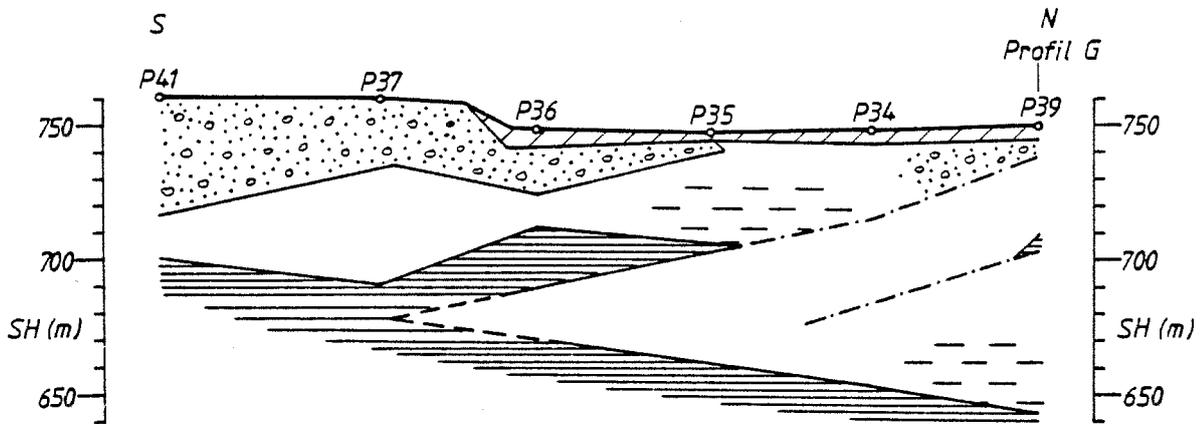
Profil H beginnt im S auf der Terrasse etwas nördlich der Lamingschlinge bei Meßpunkt P41 und verläuft in etwa nördlicher Richtung bis zum Punkt P39, etwa südlich des Güterweges, der Oberort mit der Kläranlage verbindet.

Dieses Profil zeigt, vielleicht bedingt dadurch, daß zwei Meßpunkte auf der Terrasse liegen, die übrigen hingegen auf Lamingniveau, den komplizierten Schichtverlauf.

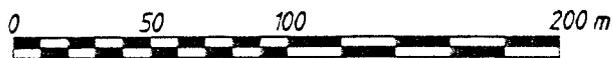
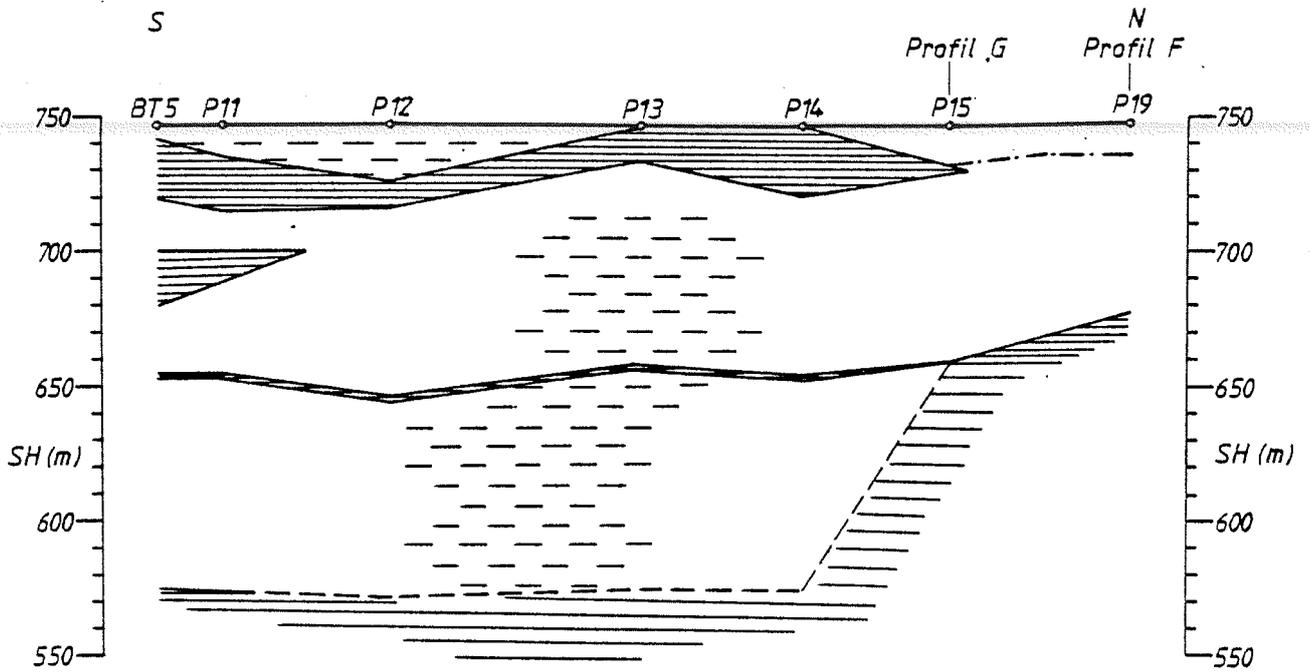
Liegt der Grundwasserhorizont im Terrassenbereich erwartungsgemäß unter trockenen Schottern, so steht er nach dessen Auskeilen bei P35 direkt unter einer bis zu 5 m mächtigen Torfschicht an. Zwischen P35 und P34, bzw. etwas darüber hinaus dürften jedoch die oberflächennahen Partien der grobklastischen, wahrscheinlich wasserführenden Bestandteile der Talfüllung sehr stark von feinklastischem Material durchsetzt sein.

Ist im Süden der Grundwasserhorizont noch verhältnismäßig geringmächtig, so nimmt dessen Mächtigkeit etwa ab P36, nach dem Auskeilen einer Seetonlage bzw. infolge des Absinkens der Oberkante Seeton, rasch zu und erreicht am Profilende eine Nettomächtigkeit von ca. 90 m. Da der Seetonhorizont hier einen Widerstand von knapp über 100 Ohmmeter auf-

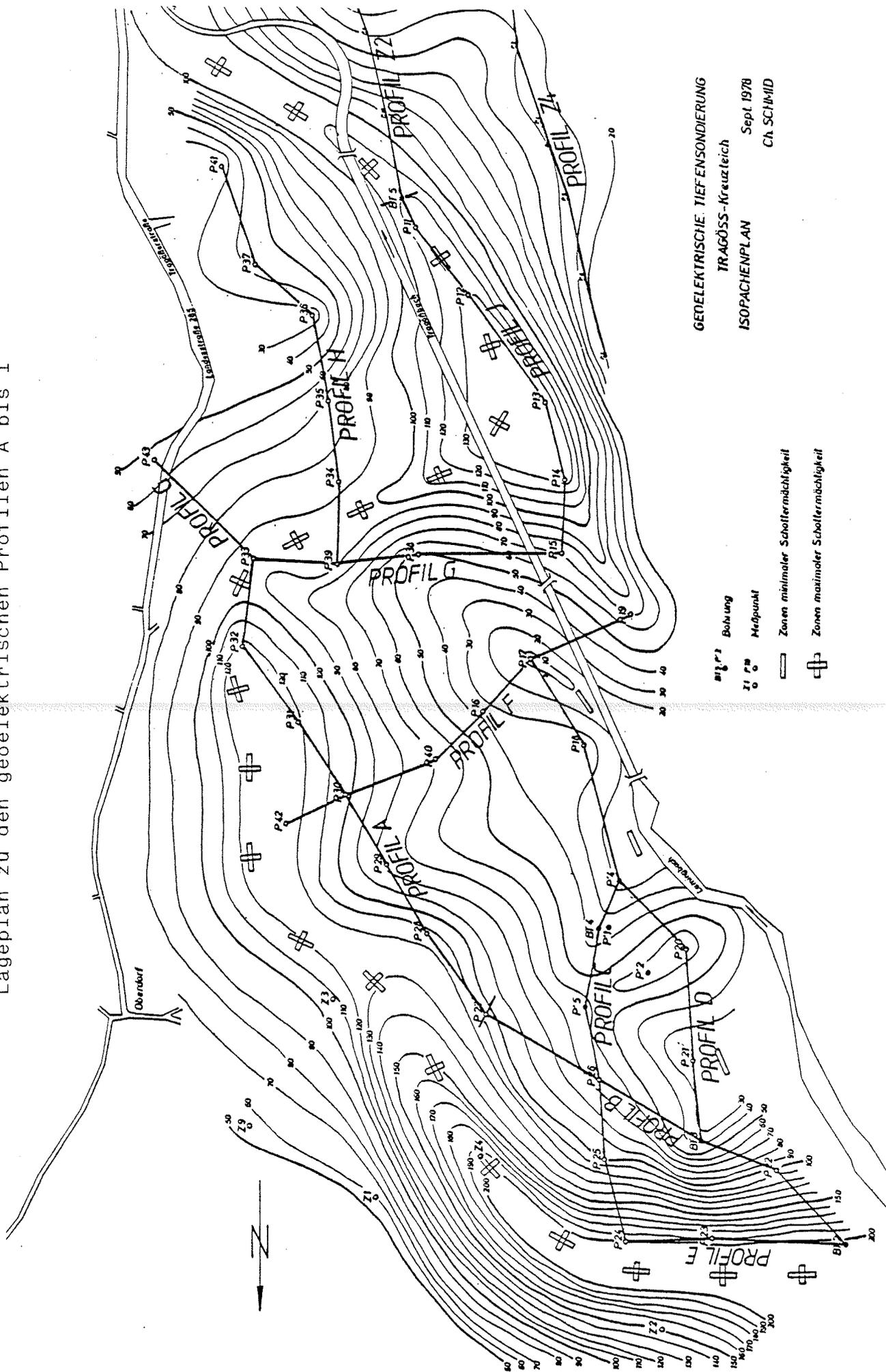
PROFIL H



PROFIL J



Lageplan zu den geoelektrischen Profilen A bis I



GEOELEKTRISCHE TIEFENSONDIERUNG
 TRAGÖSS-Kreuzteich
 ISOPACHENPLAN
 Sept 1978
 CH. SCHMID

- Bl. P. 1 Bohrung
- Z. P. 2 Meßpunkt
- Zonen minimaler Schottermächtigkeit
- ⊕ Zonen maximaler Schottermächtigkeit

zuweisen scheint, liegt die Vermutung nahe, daß hier ein fließender Übergang zwischen Basis Schotter und Seetonoberkante vorhanden ist.

3.1.9. Profil J (s. Tafel 3)

Dieses Profil beginnt im Süden an der Bohrung BT5 und verläuft von hier aus in nördlicher Richtung bis zum Meßpunkt P19.

Oberflächennah steht beinahe entlang des gesamten Profils eine etwa 3 m mächtige, stark durchfeuchtete Torfschichte an. Darunter liegt dann, zumindest bis P13, ein niederohmiges Schotter-Tongemisch.

Die Oberkante des Grundwasserhorizontes wird zwischen BT5 und P14 von einer relativ mächtigen Seetonlage abgegrenzt, die dann zwischen Meßpunkt P14 und 15 schließlich auskeilt.

Der grundwasserhöffige Schotter weist entlang dieses Profils eine ziemlich konstante Mächtigkeit auf, wobei auf Grund der niedrigen Widerstände der Anteil feinklastischer Zwischenlagen verhältnismäßig hoch sein dürfte.

Die Seetonoberkante konnte immer nur jeweils an den Profilen mit ausreichender Genauigkeit ermittelt werden. Im Süden erbrachte die Bohrung eine Teufe von 160 m, im Norden liegt der Seeton plötzlich ab dem Sondierungspunkt P15 nur mehr in einer Teufe von 77 m. Dazwischen mußte der Tiefenwert für die Schotterbasis interpoliert werden.

3.2. Die Isopachenkarte (s. Tafeln 4 und 8)

Bei der Konstruktion einer Isopachenkarte des grundwasserhöffigen Horizontes wurde darauf Bedacht genommen, daß die-

se Karte mit der des Berichtes IV nahtlos zusammenhänge. Dabei mußte jedoch im Grenzbereich, im konkreten Fall, am Sondierungspunkt P35 eine Korrektur vorgenommen werden. Die Punkte P41, P37, P36 und P35 wurden auch bereits in der Isopachenkarte des Juniberichtes berücksichtigt. Allerdings stand zu diesem Zeitpunkt von den oben aufgezählten Sondierungskurven nur eine überschlägige Vorinterpretation zur Verfügung, bei der so manche Einzelheiten noch nicht aufscheinen und sich daher die Mächtigkeitwerte nach der Endauswertung etwas veränderten.

Prinzipiell wurden in die vorliegende Karte wieder die Nettomächtigkeiten der grundwasserhöffigen Horizonte eingetragen und die Linien gleicher Mächtigkeiten gezeichnet. Dies entspricht aber nicht völlig der Summe der Mächtigkeiten der grobklastischen Bestandteile, sondern diejenigen Schichtglieder, die sich auf Grund ihrer Widerstandswerte eindeutig als nicht grundwasserhöffig erwiesen, wie dies zum Beispiel die trockenen Schotter mit Widerständen von 1000 Ohmmeter und darüber sind, wurden dabei ausgeklammert.

Betrachtet man nun die Isopachenkarte, so sieht man auf den ersten Blick wieder eine mehr oder weniger gut ausgeprägte Tiefenrinne, die teilweise mäandrierend von NE nach SW verläuft.

Die Schottermächtigkeiten im Rinnenbereich liegen bis auf einen kleinen Teilbereich immer über 100 m. Schottermächtigkeiten um die 200 m dürften nur im nördlichen Bereich, also etwa an der Bohrung BT2 und den Sondierungspunkten P23 und P24, vorhanden sein. Von hier aus scheint dann die Tiefenrinne entlang des östlichen Ortsrandes der Siedlung Oberort in SE Richtung zu verlaufen, wobei in diesem Bereich auf Grund der bisherigen Punktdichte und der mit 150 m begrenzten Eindringtie-

fe der Apparatur über die exakten Mächtigkeiten keine Aussage gemacht werden kann. Es ist auch durchaus möglich, daß das Maximum noch etwas weiter östlich verläuft.

Im Bereich des Güterweges, der von der Landesstraße zur Mülldeponie führt, scheint die Tiefenrinne plötzlich nach E umzubiegen. In diesem Bereich liegen auch die geringsten Mächtigkeitswerte für die grundwasserhöffigen Horizonte. Ob dies eine Art Schwelle darstellt, die womöglich durch eine Felsrippe des Untergrundes verursacht wurde, kann nur vermutet werden. Dafür spricht einerseits der Isolinienverlauf im Bereich des Meßpunktes P17, andererseits die an den Punkten P14, P13 und P12 festgestellte Rinnenverbreitung, wie sie oft nach derartigen Hindernissen in Bachbetten auftritt.

Ab dem Meßpunkt P12 scheint sich die vermutete Tiefenrinne wieder zu verengen und streicht, unter Beibehaltung von Mächtigkeiten von mehr als 100 m in SE-Richtung, im Bereich des Lamingknies das heutige Flußbett querend über P44 bis zur Bohrung BT9.

Zonen sehr niedriger Mächtigkeiten dürften ab der Bohrung BT3 entlang der Laming bis zum Sondierungspunkt P17 zu erwarten sein, was durch das hier doch verhältnismäßig seicht liegende Grundgebirge zu erklären sein dürfte, welches ja am Sondierungspunkt P21 auch geoelektrisch nachgewiesen worden sein dürfte.

4. Zusammenfassung

In der Zeit vom 18. bis 23. April 1978 wurden im Raum westlich von Oberort, zwischen Kreuzteich und dem Lamingknie nördlich des Galgenwalds, 33 geoelektrische Neupunkte und

an vier Bohrungen die entsprechende Zahl Testpunkte geoelektrisch vermessen.

Diese Meßpunkte wurden so gelegt, daß mittels der Bohrungen neun Profile entstanden. In der Regel wird in diesem Raum der Grundwasserhorizont nach obenhin durch eine Torflage oder trockenen Schotter begrenzt. An der Basis liegen meist Seetone, wobei allerdings auch ein allmählicher Übergang möglich ist. In den Schotterkörper eingelagert sind manchmal mehr oder minder mächtige Seetonzwischenlagen, die zwar die Durchlässigkeit entscheidend vermindern können, volumetrisch jedoch nur eine untergeordnete Rolle spielen dürften.

Die Isopachenkarte verdeutlicht sehr anschaulich das Bild einer Tiefenrinne innerhalb der Seetone, die mit grobklastischem Material aufgefüllt zu sein scheint und leicht mäandrierend gegen SE streicht. Die Schottermächtigkeiten im unmittelbaren Rinnenbereich dürften im Durchschnitt bei 100 m liegen.

Abschließend sei nochmals darauf hingewiesen, daß teilweise die Seetonoberkante von Bohrungen ausgehend an Hand von Leithorizonten interpoliert werden mußte. Dadurch kann natürlich ein Fehler von einigen Prozenten entstehen. Wahrscheinlich dürften etwaige Fehler aber in der Richtung, daß die Seetonoberkante in den fraglichen Bereichen noch tiefer wie auf den Profilen verzeichnet ansteht, liegen, da im vorliegenden Bericht mit Mindestmächtigkeiten gearbeitet wurde.

b) PICHL - GROSSDORF

1. Einleitung und Problemstellung

Begonnen wurden die Feldmessungen für vorliegende Arbeit am 3. August 1977. Aus einem Testprogramm, bestehend aus 13 Sondierungspunkten, welches die Zweckmäßigkeit der geoelektrischen Tiefensondierung in diesem Gebiet unter Beweis stellen sollte, wurde in der Folge eine großräumige Untersuchung, die 80 Sondierungspunkte umfaßt, durchgeführt.

So wurden im Anschluß an die Erfolg verheißenden Testmessungen (Bericht I, August 1977) die Untersuchungen südlich Pichl-Großdorf (Bericht II, September 1977) und nordwestlich Pichl-Großdorf (Bericht III, November 1977) in Angriff genommen.

Bei einer im Spätwinter 1978 durchgeführten Geländebegehung wurde beschlossen, die drei räumlich getrennten Untersuchungsgebiete mittels Zusatzpunkte so zusammenzuhängen, daß sich daraus eine kartenmäßige Darstellung des Großraumes von Pichl-Großdorf verwirklichen läßt.

Insgesamt waren zur Bewältigung dieser Aufgabe weitere 24 Sondierungspunkte mit einem maximalen Elektrodenabstand von 360 m geplant. Da auf Grund der bereits niedergebrachten Bohrungen sowie aus den vorangegangenen geoelektrischen Untersuchungen bekannt war, daß sich die Lithologie dieses Gebietes rasch ändern kann, schien der vorerst mit 200 m festgesetzte Maximalabstand der einzelnen Meßpunkte bzw. Profile für eine sinnvolle Korrelation der einzelnen Untersuchungsergebnisse an der oberen Grenze zu liegen.

Nachdem diese Zusammenschlußarbeiten (Bericht IV, Juni 1978) abgeschlossen waren und deren Auswertung eine leicht mäandrierende Tiefenrinne, die mit grobklastischem Material aufgefüllt zu sein scheint und daher den Hauptgrundwasserspeicher des Untersuchungsgebietes beinhalten dürfte, ergab, schien es notwendig, auch in jenem Bereich, wo ihr Verlauf, da durch keine Meßpunkte belegt, nur vermutet werden konnte, noch einige Ergänzungspunkte zu vermessen. Erst auf Grund dieser zusätzlichen Sondierungspunkte, die zwischen 15. und 16. August 1978 registriert wurden, war es möglich, eine endgültige Isopachenkarte des grundwasserführenden Schotterkörpers dieses Gebietes zu erstellen.

2. Durchführung der Messungen

Die Messungen wurden in der Zeit zwischen 3. August 1977 und 16. August 1978, zum Teil unter äußerst schlechten Witterungsverhältnissen, durchgeführt. Allerdings war an diesen Tagen infolge guter Bodendurchfeuchtung der Übergangswiderstand an den Elektroden sehr niedrig, sodaß trotzdem ein sehr guter Meßfortschritt erzielt werden konnte.

Nachdem im Untersuchungsgebiet bereits mehrere Bohrungen niedergebracht worden waren, wurden vorerst an einzelnen Bohrpunkten geoelektrische Sondierungskurven aufgenommen. Dies bringt den Vorteil, daß an Hand der Bohrprofile die Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen kontrolliert bzw. reinterpretiert werden können. Nur so ist es möglich, ein sich an der Bohrung ergebendes geologisches Modell des Untergrundes mittels Geophysik in unbekannte Gebiete zu verfolgen und auszukartieren. Auf diese Weise kann eine allfällige Mehrdeutigkeit der Interpretation vermieden werden und der Fehler möglichst klein gehalten werden.

Andererseits zeigen derartige Voruntersuchungen bereits, wie weit das verwendete Meßschema den gestellten Anforderungen entspricht. So bestätigten diese ersten Messungen den Eindruck, daß es sich bei den vorliegenden Untersuchungen, vor allem im Bereich der Bohrung BT9, um einen für die geoelektrische Tiefensondierung ziemlich komplizierten Fall handelt, da sowohl der zu erwartende Widerstandskontrast zwischen Seeton, sandigen Tönen und zum Teil tonigen, wasserführenden Schottern verhältnismäßig gering ist, vor allem dann, wenn Zwischenlagen mit geringer Mächtigkeit einen fließenden Übergang der einzelnen Formationen vortäuschen. Auch die Schichtanzahl liegt manchmal an der Obergrenze des Beherrschbaren.

Der Tiefenfehler dürfte jedoch infolge der Möglichkeit, die einzelnen Meßprofile an die vorhandenen Bohrungen anhängen zu können, unter $\pm 10\%$ liegen. Nur rauhe Topographie, extreme Schichtneigung sowie ausgeprägte, laterale Widerstandsänderungen könnten einen größeren Fehler bewirken.

Der Punktabstand schwankt zwischen 40 und 200 m.

Für den überwiegenden Teil der Feldmessungen wurde ein 4 Hz Wechselstromterrameter der Firma ABEM, welches einen maximalen Elektrodenabstand von 400 m erlaubt, verwendet. Als Elektroden wurden entweder kurze Kupferspieße oder bei extremer Trockenheit etwa 80 cm lange Aluminiumspieße benützt.

In den tiefsten Bereichen des Untersuchungsgebietes kam auch ein ABEM DC-Terrameter, welches Elektrodenabstände bis 2000 m erlaubt, zum Einsatz. Da es sich bei dieser Apparatur um eine Gleichstromanlage handelt, und die Potentialdifferenzen bei derart großen Elektrodenabständen im Millivolt-Bereich liegen, machten sich bei den Messungen Kriechströme, die im Herbst entlang elektrischer Weidezäune auftreten, sehr störend bemerkbar.

Die Sondierungspunkte wurden zum Teil vom Amt der Steiermärkischen Landesregierung lage- und höhemäßig eingemessen. Ein Teil der Meßpunkte wurde im Anschluß an die geoelektrischen Messungen von Angehörigen der Montanuniversität Leoben eingemessen.

3. Die Auswertung

Da es sich bei den Sondierungskurven dieses Untersuchungsgebietes um Mehrschichtkurven handelt, wobei die Schichtanzahl meist größer als 3 ist, mußten die Kurven der Berichte I - III mittels Hilfspunktverfahren ausgewertet werden.

Durch diese Art der Auswertung wird der gesamte Informationsinhalt einer geoelektrischen Tiefensondierungskurve ausgeschöpft. Im Hinblick auf Fälle mit mehr als drei Schichten, wo lückenlose Kurvenatlanten wegen der großen Zahl der sich ändernden Parameter zu umfangreich und damit unhandlich werden, handelt es sich bei den Hilfspunktverfahren um eine Methodik, mit der man Sondierungskurven über drei und mehr Schichten mittels der einparametrischen Schar von theoretischen Zweischichtkurven auswerten kann.

Da es am Institut für Geophysik innerhalb des Zeitraumes der Messungen gelungen war, die sehr zeitraubende Auswertung von Sondierungskurven durch den Einsatz der universitätseigenen Rechenanlage wesentlich zu vereinfachen und dadurch auch ein erhöhtes Auflösungsvermögen erzielt werden konnte, wurden die Meßkurven aus dem Jahr 1977 mittels Computer reinterpretiert. Dabei zeigten sich im wesentlichen dieselben Ergebnisse, vereinzelt traten geringfügige Abweichungen auf. Ergaben sich diese bei den Widerstandswerten, so waren sie meist so gering, daß sie zu vernachlässigen waren. Abweichungen der Tiefenwer-

te kamen nur durch das größere Auflösungsvermögen der Computerinterpretation zustande. Es kam dabei vor, daß ein Widerstandspaket, welches bei der Hilfspunktmethode als eine einzige Formation ausgewiesen wurde, in mehrere Schichten mit sich nur geringfügig unterscheidenden Widerständen aufgegliedert wurde. Diese Mehrdeutigkeit konnte jedoch mit Hilfe der an den Bohrungen aufgenommenen Eichkurven rasch geklärt werden.

Das zur Interpretation verwendete Rechenprogramm stammt von Adel A.R. Zohdy und wurde 1973 am U.S. Geological Survey, Denver, Colorado, entwickelt. Die Theorie und die detaillierte Beschreibung des Programmes wird von D.P. Gosh in der Zeitschrift Geophysical Prospecting, Volume 19, sowie von A.A.R. Zohdy im U.S. Geological Survey Report 1974 gegeben. Adaptiert wurde dieses Programm 1977 von E. Ströbl in RC-Fortran für die Universitätsrechenanlage, eine Scanips RC 8000.

Eine Eingabe der digitalisierten Sondierungskurven werden je nach vorgegebener Schichtanzahl die Tiefen und wahren Widerstände der einzelnen Schichten berechnet. Während dieses Vorganges werden ständig die gemessenen mit den berechneten Widerständen verglichen und die Abweichungen ausgeschrieben. Daneben sind noch Programmsicherungen eingebaut, die laterale Einflüsse und Fehler in der Digitalisierung ausschließen.

4. Die Ergebnisse

4.1. Allgemein

Nach Vorlage von über 80 Sondierungskurven wurde vor der profilmäßigen Darstellung der Ergebnisse eine statistische Unter-

suchung bezüglich der Widerstandsverteilung innerhalb der einzelnen Schichtglieder angestellt. Da aus den bei den Bohrungen gemessenen Eichkurven eine ungefähre Zuordnung der Widerstände ermöglicht wurde, konnten die einzelnen Widerstände demnach in Gruppen zusammengefaßt werden.

Dabei ergab sich für:

Oberflächennahe Torfschicht	94 \pm Ohm	28 m
Humus	366 \pm Ohm	148 m
Trockener Schotter	1028 \pm Ohm	655 m
Wassergesättigter Schotter	322 \pm Ohm	103 m
Vertonte wassergesättigte Schotter (Schotter mit Seetonzwischenlagen unter Auflösungsvermögen)	149 \pm Ohm	28 m
Seeton	59 \pm Ohm	25 m

Bei der profilmäßigen Darstellung wurde auf diese Einteilung zurückgegriffen. Dadurch wurde es auch möglich, innerhalb des Grundwasserspeichers mehr oder weniger gute Speicherpartien auszukartieren (Isoohmenkarte).

4.2. Die Profile

4.2.1. Profil Z₁ (s. Tafel 5)

Beginnend im Süden bei Meßpunkt 12E (Bericht November 1977) verläuft dieses Profil in nördlicher Richtung vorerst entlang der Landesstraße Nr. 285, überquert zwischen den Punkten P49 und P48 diese, um ihr dann bis zur großen Biegung beim Galgenwaldl zu folgen.

Generell ergaben die in diesem Bereich gemessenen Sondierungskurven einen geoelektrischen 6-Schichtfall, wobei bei der profilmäßigen Darstellung darauf verzichtet wurde, die Humusbe-

deckung, welche Mächtigkeiten zwischen 0,3 - 0,5 m aufweist, auszuzeichnen.

Der Grundwasserkörper, welcher an der Bohrung BT9 bis in eine Tiefe von 161 m erbohrt worden war, verläuft mit seiner Oberkante etwa bis zum P48 in einer Tiefe zwischen 24 m (12E) und 26 m P48. Die Unterkante dieser Schicht konnte mit den Elektrodenabständen von AB 360 m nicht erfaßt werden. Es kann jedoch mit ziemlicher Sicherheit gesagt werden, daß der Seeton in diesem Bereich in größeren Tiefen als 120 m den Grundwasserkörper unterlagern dürfte.

Zwischen den Meßpunkten P49 und P47 keilen die oberflächennahen Seetonlagen aus, beziehungsweise nimmt, wie aus der Widerstandserhöhung hervorgeht, der Sand- bzw. Schottergehalt zu. Es dürfte ab P47 bis zum Profilende der grundwasserführende Schotter direkt die oberflächennahen trockenen Schotter unterlagern. Hier könnte die Laming den Grundwasserstand direkt beeinflussen.

Der in diesem Bereich sicher über 120 m mächtige Schotterkörper wird, wie aus den Widerstandsunterschieden hervorgeht, sicherlich mehrmals von Seetonzwischenlagen durchsetzt.

Die genaue Mächtigkeit dieses Grundwasserreservoirs sowie seine Qualität bezüglich der Wasserführung wird aber wahrscheinlich nur durch eine Bohrung zu klären sein. Wie tief der Seeton in diesem Bereich liegt, müßte mittels Geoelektrik, wozu aber sicher Elektrodenabstände von über 500 m notwendig wären, zu klären sein. Hiefür müßte dann jedoch eine größere Apparatur verwendet werden.

4.2.2. Profil Z₂ (s. Tafel 5)

Dieses Profil zeigt zwischen den Sondierungspunkten W10 und P9 etwa dieselben Verhältnisse wie sie an der Bohrung BT6 (Galgenwaldl) erbohrt wurden. Allerdings beginnt bereits ab P8 ein leichtes Abtauchen des Seetons und damit eine Zunahme der Schottermächtigkeit.

Weiter nördlich, etwa ab P9, ergab sich eine völlig veränderte Schichtfolge. Es keilt bis in einer Tiefe von etwa 80 m der Seeton aus und macht einem mächtigen Schotterpaket Platz. Dabei dürfte es wahrscheinlich zu einem allmählichen Übergang von Ton in grobklastisches Material kommen.

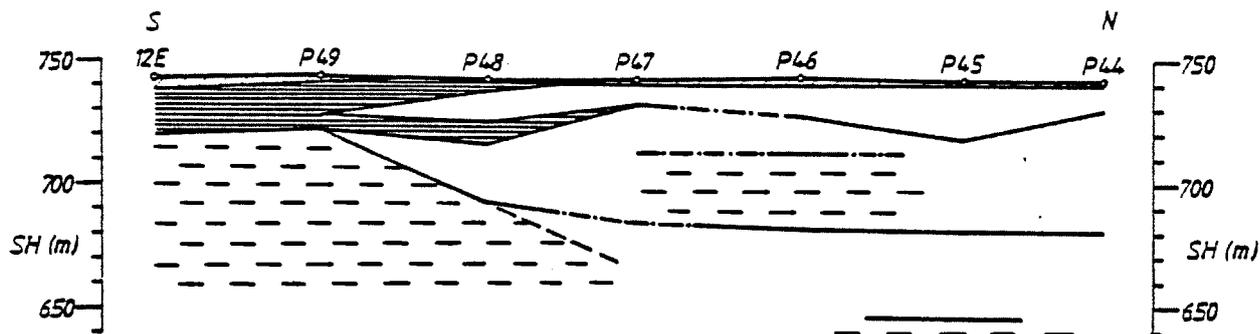
Im Norden dieses Profils taucht der Seeton bis auf 160 m ab. In diesem Bereich ist mit einem bis zu 120 m mächtigen Schotterkörper, dessen Porosität durch die mehrmals zwischengelagerten Seetonlagen beträchtlich schwanken dürfte, zu rechnen. Oberflächennah flacht der trockene Schotter ab P10 aus und macht einer 4 m mächtigen Torfschicht Platz.

4.2.3. Profil Z₄ (s. Tafel 5)

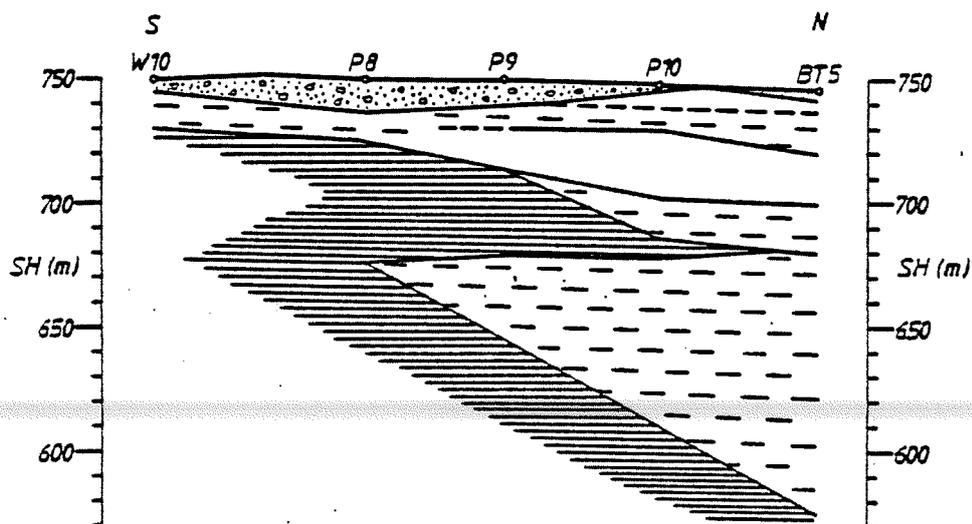
Etwa 250 m westlich Profil Z₂ verläuft dieses Profil wiederum in NNW-Richtung, entlang eines Güterweges.

Beginnend im Süden bei Meßpunkt W13 sinkt der hier etwa 18 m mächtige Grundwasserkörper mit gleichbleibender Mächtigkeit nach Norden hin auf eine Tiefe von 27 m ab. Der Seeton dürfte unter P1 in einer Tiefe von 45 m liegen. Zwischen diesem Punkt und P5 fällt der Seeton sehr flach gegen N ein, um dann gegen Ende des Profils wieder bis auf 45 m unter Niveau heraufzukommen.

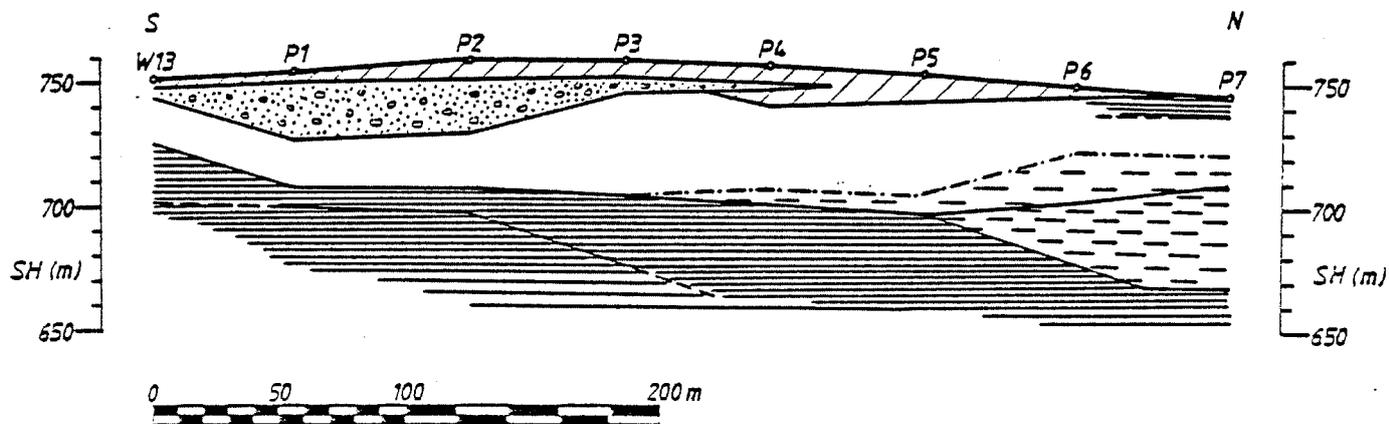
PROFIL Z1



PROFIL Z2



PROFIL Z4



Auf Grund der Widerstandsverhältnisse könnte es jedoch auch sein, daß in diesem Bereich der Seeton bis in eine Tiefe von 77 m noch von einzelnen Schotterlinsen durchsetzt ist und der reine Seeton erst ab dieser Teufe auftritt. Als guter Grundwasserleiter dürfte dieser Horizont jedoch kaum in Frage kommen.

Die maximale Speichermächtigkeit liegt zwischen den Punkten P3 und P5 bei ca. 40 m. Im Bereich des P7 sieht es aus, als würde eine etwa 5 m mächtige Tonlage den hier verhältnismäßig geringmächtigen Schotterkörper überlagern.

4.2.4. Profil Z₅ (s. Tafel 6)

Um auch die Aussage über die Untergrundverhältnisse im unmittelbaren Bereich der Ortschaft Pichl - Großdorf machen zu können, wurden die nördlichen Untersuchungsgebiete (August 77/ November 77) mit dem südlich (September 77) durch zwei etwa NS verlaufende Profile verbunden.

Profil Z₅ beginnt im Norden bei Meßpunkt 7 und erstreckt sich dann entlang der Laming bis zu Punkt 11.

Vom Ergebnis her ist es sicher das interessanteste Profil dieses Meßgebietes. Und zwar zeigt der Seeton zwischen den Punkten 2V und 11 ein auffallendes Relief. Liegt die Seetonoberkante unter den Meßpunkten 7, A1 und 1V in einer Tiefe von etwa 22 m, so sinkt sie bis zum 2V auf 58 m ab, um schließlich unter 3V eine Rinne in 94 m Tiefe zu bilden. Am Punkt 11 stellen sich wieder annähernd jene Werte, wie sie an der Bohrung BT10 erbohrt worden waren, ein.

Interessant ist auch die Dreiteilung der Widerstände des Schotterkörpers im Rinnenbereich. Die oberen 5 m, mit einem Wider-

stand von 250 m Ohmmeter, dürften dem hier starken Grundwasserstrom innerhalb des hier vorherrschenden Konglomerates entsprechen (Bohrprofil BT10). Hierauf folgt eine etwa 23 m mächtige Konglomeratpartie mit schlechteren Porositätswerten. In einer Tiefe von 36 m scheint der Widerstand wieder abzusinken (Zunahme der Durchlässigkeit), was auf einen zweiten Grundwasserstrom im Rinnenbereich hinweisen könnte.

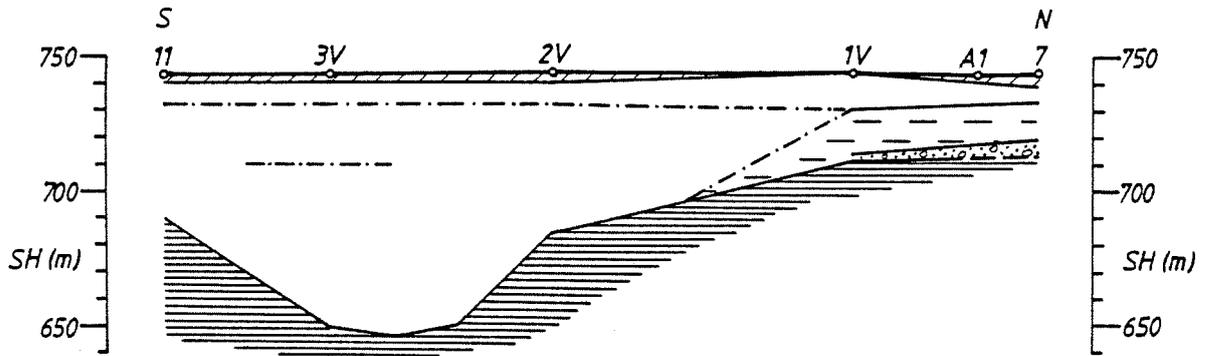
4.2.5. Profil Z₆ (s. Tafel 6)

Dieses Profil beginnt im Norden bei Punkt 8V, etwa 80 m westlich Meßpunkt 7 (Bericht August 1977) und verläuft in etwa südlicher Richtung, zwischen Lagerhaus und Gemeindeamt die Landesstraße querend, bis zur Bohrung BT10.

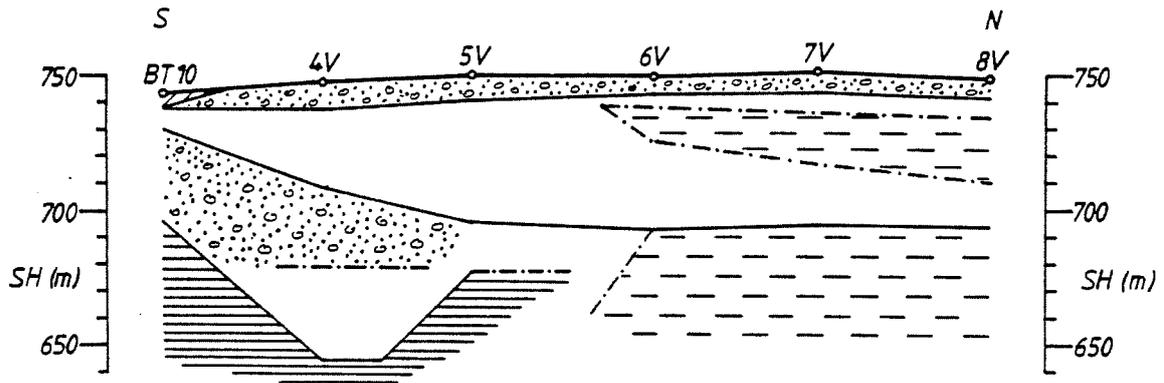
Obwohl dieses Profil bis zu 250 m westlich Profil Z₅ verläuft, zeigt es im wesentlichen doch dieselbe Charakteristik. Im N liegt unter den etwa 8 m mächtigen, trockenen Schottern ca. 7 m grundwasserführender Schotter. Darunter folgt dann eine Wechsellagerung von Schotter und Seeton, der gegen S, etwa zwischen Meßpunkt 6V und 5V, auskeilt. Unter diesem kommt dann wahrscheinlich wieder ein Grundwasserhorizont, der entsprechend dem Auskeilen der darüberliegenden Schichtpakete immer mächtiger zu werden scheint und sich schließlich mit dem oberflächennahen vereinigen dürfte. Darunter, etwa in einer Tiefe von 55 m, scheinen wieder verlehnte Partien anzustehen. Hier könnte auch ein allmählicher Übergang zu reinem Seeton erfolgen.

Im Süden, also zwischen dem Punkt 5V und der Bohrung BT10 scheint wieder die bereits am Profil Z₅ festgestellte Tiefenrinne das Profil zu queren. Wiederum hat es auf Grund der Widerstandsverhältnisse den Anschein, als sei innerhalb die-

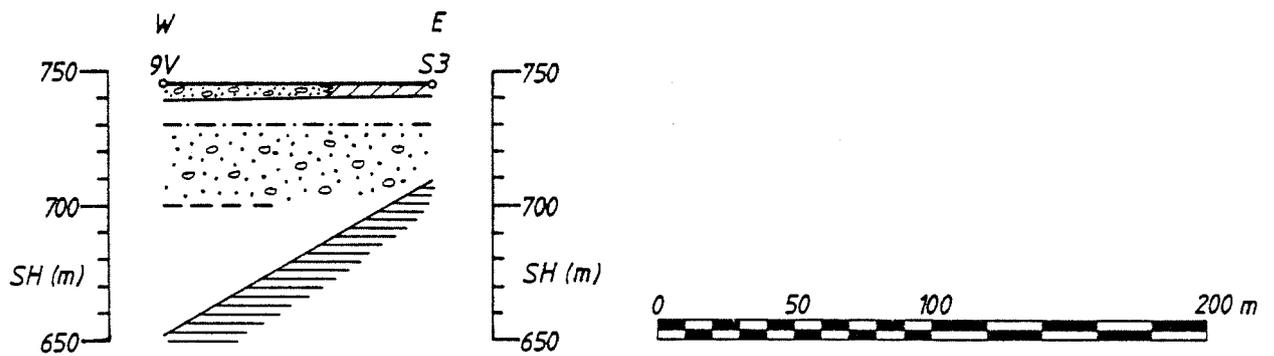
PROFIL Z5



PROFIL Z6

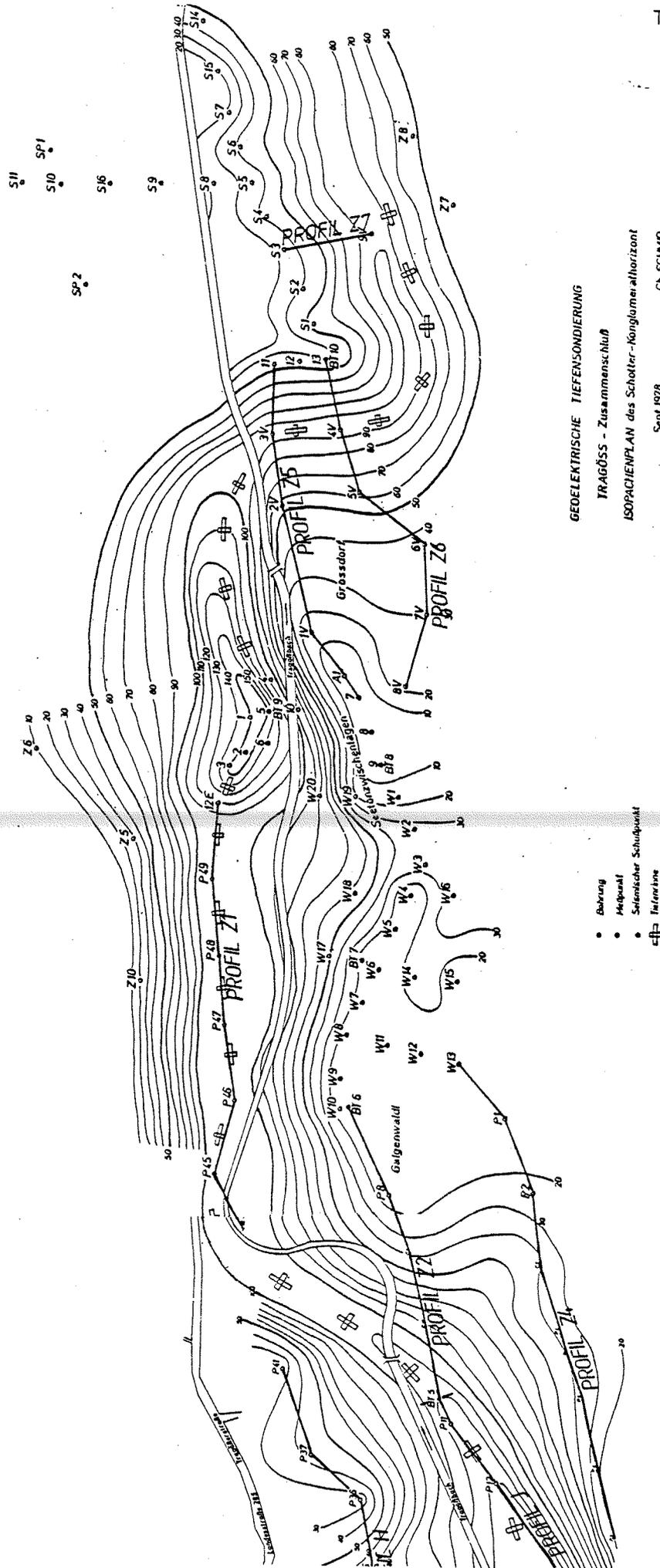


PROFIL Z7



-  Oberflächenschichten (z.B. Torf, Humus)
-  Grundwasserführende Schotter
-  Schotter und Sande (konglomeratisch verfestigt bzw. trocken)
-  Grundwasserführende Schotter mit Seetonzwischenlagen
-  Seeton
-  Goelektrische Schichtgrenze

LAGEPLAN ZU DEN GEOELEKTRISCHEN PROFILEN Z 2 bis Z 7



ser Rinne ein zweiter Grundwasserkörper unterhalb des sicher auch hier vorhandenen Konglomerates vorhanden. Der Seeton wurde im Rinnenbereich, etwa unter Meßpunkt 4V, in einer Tiefe von 105 m festgestellt.

4.2.8. Profil Z₇ (s. Tafel 6)

Dieses Profil besteht eigentlich nur aus einem Zusatzpunkt, der etwa 180 m südlich der Schule von Pichl - Großdorf liegt. Wie die Auswertung, vor allem die Isopachenkarte, zeigte, scheint dieser Meßpunkt zur Klärung der gestellten Aufgabe von eminenter Bedeutung zu sein.

Liegt beim Meßpunkt S3 der Seeton in einer Tiefe von 37 m, so scheint dieser gegen Westen hin verhältnismäßig rasch abzutauen. Es dürfte also im Bereich von 9V wieder die sich bereits auf den oben beschriebenen Profilen abzeichnende Tiefenrinne dieses Profils queren. Wiederum wird der in einer Tiefe von 7 m beginnende Schotterkörper widerstandsmäßig dreigeteilt, was, wie bereits oben erwähnt, auf einen zusätzlichen Grundwasserstrom an der Schotterbasis hindeuten könnte. Ob in diesem Bereich das Rinnenmaximum noch weiter westlich oder auch vielleicht zwischen S3 und 9V liegt, könnte nur durch Zusatzpunkte zu klären sein.

4.3. Die Isopachenkarte (s. Tafeln 7 und 8)

Neben der profilmäßigen Darstellung war vereinbart worden, für das gesamte Untersuchungsgebiet eine Mächtigkeitkarte des grundwasserhöffigen Schotterkörpers zu zeichnen. Es wird hier absichtlich das Wort „grundwasserhöffig“ gebraucht, da auf

Grund der Widerstandsänderungen innerhalb des Schotterkörpers sowohl in horizontaler wie auch in vertikaler Richtung es möglich ist, daß einzelne Seetonzwischenlagen die Durchlässigkeit des Schotters beeinträchtigen. Bei einer volumetrischen Betrachtung dürften diese Zwischenlagen jedoch nur Fehler innerhalb der Meßgenauigkeit verursachen und daher unbedeutend sein.

Es wurden bei der vorliegenden Isopachenkarte all jene Schichtpakete berücksichtigt, die Widerstände zwischen 121 und 423 Ohmmeter (laut statistischer Voruntersuchung) aufweisen. Treten an einem Meßpunkt zwei oder mehrere derartige Horizonte, die durch mächtigere Seetonlagen getrennt sind, auf, so wurden deren Mächtigkeitswerte addiert und der Summand in die Karte eingetragen.

Betrachtet man die sich daraus ergebende Isopachenkarte, so sieht man auf dem ersten Blick ein mächtiges Schichtpaket, welches annähernd NS verläuft. Im Norden, bei den Untersuchungsstellen BT5 und P7, dürften die grundwasserhöffigen Schotter Mächtigkeiten über 140 m aufweisen. Da dieses Schichtpaket gegen S schmaler zu werden scheint und außerdem die Profile Z₅ und Z₆ diese Vermutung erhärten, dürfte hier eine Tiefenrinne innerhalb des Seetons mit grobklastischem Material aufgefüllt worden sein. Infolge der fehlenden Durchlässigkeit der umgebenden Tone ist der Grundwasserstrom gezwungen, ausschließlich dieser Tiefenrinne zu folgen.

Diese sich im Norden westlich der Laming abzeichnende Tiefenrinne scheint bis P44 etwa SE zu streichen. Bei diesem Meßpunkt scheint sie die Laming zu queren, um dann östlich der Laming in mehr oder minder NS-Richtung bis zum Punkt 12E zu verlaufen. Dieser Teil der Karte ist vorerst mit einer gewissen Unsicherheit behaftet, da es trotz Erhöhung der Elektro-

Präbicht Schichten

W.Schiefer

Schutt

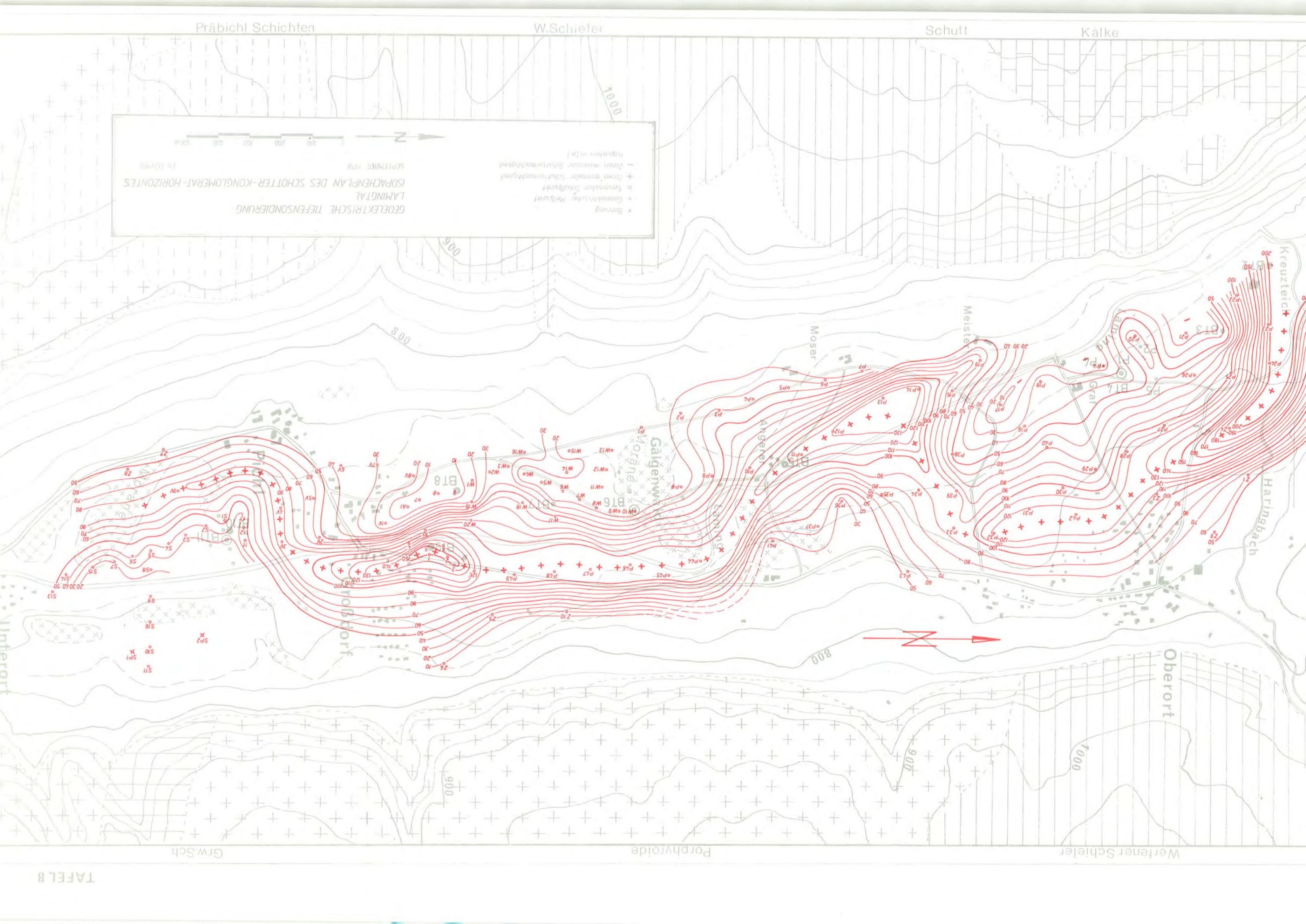
Kälke

GEOLEKTRISCHE TIEFENSONDIERUNG
LÄMNGTAL
ISOPACHENPLAN DES SCHOTTER-KONGLOMERAT-HORIZONTES
IM SEPTEMBER 1978

0 100 200 300 400 500m

N

- Bohrung
- Geoelektrischer Meßpunkt
- ✕ Seismischer Schlußpunkt
- ✦ Zonen neuerer Schottermächtigkeit
- ✧ Zonen älterer Schottermächtigkeit
- Isopachen in 1m



Grw.Sch.

Porphyröide

Werfener Schiefer

Minterort

Robdorf

Galgenwäldchen
Moräne

Angere

Moser

Meiste

Gar

Haringbach

Kreuteich

Oberort

denabstände nicht gelang, die Unterkante des Grundwasserkörpers eindeutig auszukartieren. Es kann jedoch mit ziemlicher Sicherheit angenommen werden, daß in diesem Bereich die Schotter eine größere Mächtigkeit als 100 m aufweisen.

Nördlich Pichl - Großdorf konnte die Tiefenrinne infolge der drei Zusatzpunkte (August 1978) wesentlich genauer begrenzt werden. So hat es den Anschein, daß sich im heutigen Ortsbereich eine Schwelle im Untergrund (Bergsturz?) ausgebildet hat, wodurch die bis hierher etwa 150 m mächtige Rinne bis auf Mächtigkeiten, die unter 100 m liegen, abnimmt.

Die Schleppung der 50 m Isopache im östlichen Siedlungsbereich dürfte auf einen zweiten Grundwasserstrom innerhalb des hier anstehenden Schwemmkegels zurückzuführen sein.

Etwa im Bereich des Gasthofes „Schabiner“ dürfte dann die Tiefenrinne wieder in südlicher Richtung umbiegen und östlich der Landesstraße, zu dieser parallel, verlaufen. Die Schottermächtigkeit liegt bei 90 m.

4.4. Die Isoohmenkarte der Grundwasserspeicher (s. Tafel 9)

Geht man von der empirischen Formel aus:

$$R_o = F \cdot R_w$$

R_o spez. Widerstand einer 100 % wassergesättigten Formation
 R_w spez. elektr. Widerstand des Formationswassers
F Formationsfaktor.

Nach Berechnung des Formationsfaktors ist es mittels der Formel von Archis möglich, die Porosität des Speichers zu ermitteln.

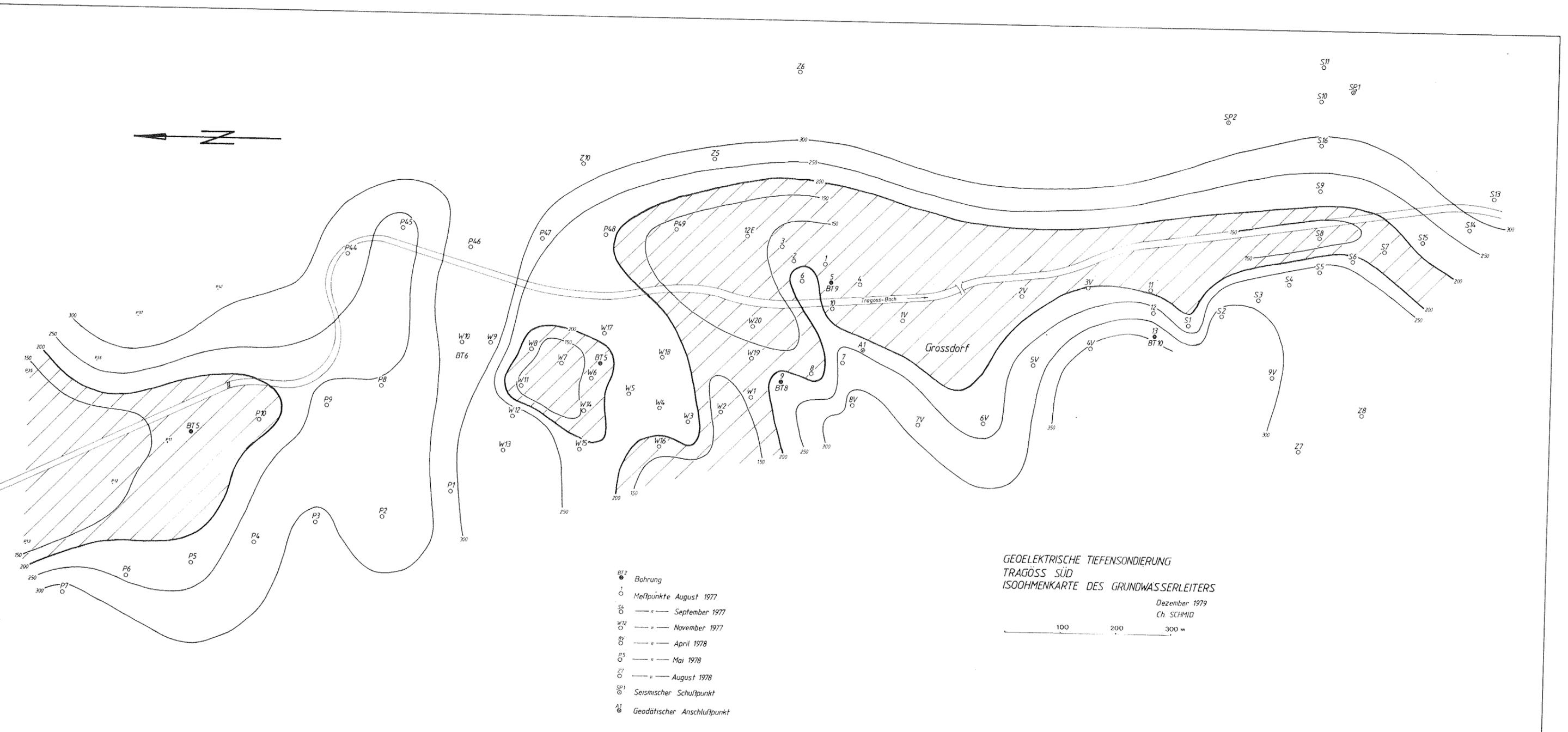
$$F = \frac{a}{\varnothing^m}$$

- a experimentell ermittelte Konstante
- Ø Porosität
- m Zementationsfaktor

Da a und m meist innerhalb eines Grundwasserfeldes annähernd konstant sind, der Wasserwiderstand ebenfalls kaum größeren Schwankungen unterliegt, kann oftmals direkt aus den gemessenen Widerständen auf die Porosität des grundwasserführenden Schotters geschlossen werden. Erfahrungsgemäß streuen die Widerstände infolge unterschiedlicher Porositätswerte zwischen 300 und 450 Ohmmeter.

Da aus der Literatur (H.Janschek, 1974) bekannt ist, daß im Porenraum vorhandener Tongehalt zwar das Volumen des Wassers verringert, jedoch wegen eines eigenen, niedrigen, spezifischen Widerstandes ebenfalls den Widerstand des Grundwasserspeichers erheblich erniedrigen kann, wird dementsprechend angenommen, daß Widerstände unter 300 Ohmmeter auf Tongehalt im Grundwasserspeicher hinweisen.

Betrachtet man die Isoohmenkarte so stellt man fest, daß praktisch im gesamten Untersuchungsgebiet die Widerstände des grundwasserführenden Schotters unter 300 Ohmmeter liegen. Dabei ist allerdings zu bedenken, daß, vor allem im Bereich der Tiefenrinne, der grundwasserhöfliche Schotter aus mehreren Stockwerken unterschiedlicher Widerstände besteht. Da aber für vorliegende Karten die Widerstände der einzelnen Grundwasserstockwerke - ihrer Mächtigkeit entsprechend - zusammengefaßt wurden, täuschen diese Summenwiderstände oftmals zu niedrige Werte vor. Es wurde daher die Grenze zwischen vertonten (schraffiert) und weitgehend tonfreien Schottern bewußt auf 200 Ohmmeter herabgesetzt. Im übrigen scheinen im Untersuchungsgebiet fast alle Schotter geringe Tonanteile



- BT 2 ● Bohrung
- Meßpunkte August 1977
- — — — September 1977
- ····· November 1977
- - · - · April 1978
- - - - Mai 1978
- - · - · August 1978
- Seismischer Schlußpunkt
- Geodätischer Anschlußpunkt

GEOELEKTRISCHE TIEFENSONDIERUNG
 TRAGOSS SÜD
 ISOOHMENKARTE DES GRUNDWASSERLEITERS
 Dezember 1979
 Ch. SCHMID

aufzuweisen, wodurch generell die Widerstände etwas niedriger erscheinen.

Betrachtet man die Isoohmenkarte, so fällt auf, daß großteils die niederohmigen Partien den bis in größere Tiefen hinabreichenden Grundwasserkörpern der Tiefenrinne folgen. Nur im Bereich des Galgenwalds dürfte es infolge höherer Fließgeschwindigkeit des Wassers, verursacht durch eine Talenge, zu keiner Sedimentation von Feinstfraktionen gekommen sein.

Südlich Pichl - Großdorf dürften die oberflächennahen Torfpartien die Widerstandsverhältnisse etwas beeinflusst haben. Außerdem scheinen hier die Schotter im Bereich der vermuteten Tiefenrinne infolge eines Bergsturzes jüngeren Ursprunges zu sein. Es kann auch sein, daß erst die größere Durchlässigkeit dieser Schotter den ursprünglich weiter östlich fließenden Grundwasserstrom veranlaßte, im Ortskern von Pichl - Großdorf eine derart ungewöhnliche Biegung zu machen.

5. Zusammenfassung

In der Zeit zwischen August 1977 und August 1978 wurden im Raum von Pichl - Großdorf 80 geoelektrische Tiefensondierungspunkte vermessen. Ziel der Untersuchungen war es, die bei den bereits abgeteuften Bohrungen angetroffenen unterschiedlichen Untergrundverhältnisse auszukartieren. Außerdem sollte eine Isopachenkarte des grundwasserführenden Schotters gezeichnet werden.

Die Profile ergaben meist einen geoelektrischen Sechsschichtfall, wobei allerdings generell darauf verzichtet wurde, die nur wenige Dezimeter mächtige Humusschicht getrennt zu zeichnen.

Eine statistische Voruntersuchung ordnete den erbohrten Schichten die entsprechenden Widerstände zu. Die Seetonoberkante konnte nur am Profil Z_1 infolge zu kleiner Elektrodenabstände und ungünstiger Widerstandsverhältnisse nicht völlig auskartiert werden.

Die Isopachenkarte ergab eine Tiefenrinne, die mit mehr oder minder grundwasserführenden Schottern gefüllt zu sein scheint. Die maximalen Mächtigkeiten dieses Grundwasserkörpers dürften im Bereich der Bohrung BT9 liegen. Welche Mächtigkeiten die Schotter innerhalb dieser Tiefenrinne im südlichen Bereich des Meßgebietes aufweisen, konnte nicht völlig geklärt werden. Es scheint jedoch sicher, daß hier kaum noch Mächtigkeiten von mehr als 100 m auftreten.

Bezüglich der Durchlässigkeiten ergab die Isoohmenkarte der grundwasserführenden Schotter vor allem im Bereich der vermuteten Tiefenrinne relativ hohen Tonanteil. Da dieser Schotterkörper jedoch meist dreigeteilt ist, durfte der Hauptgrundwasserstrom dennoch in der Tiefenrinne, allerdings fast ausschließlich in den in den Profilen ausgewiesenen hochohmigen Stockwerken, fließen.

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Ing. Dr. mont. Ch. Schmid
Institut für Geophysik
Montanuniversität Leoben

GEOELEKTRISCHE TIEFENSONDIERUNGEN
IM RAUME VON ST.ILGEN - BODENBAUER

von

Ch. Schmid.

1. Einleitung und Problemstellung

Im Anschluß an die im Raume Tragöß durchgeführten Untersuchungen wurde der Gefertigte vom Wasserverband Hochschwab-Süd beauftragt, den Raum Buchberg - St. Ilgen geoelektrisch zu untersuchen. Bei einer am 21.5.1979 durchgeführten Geländebegehung wurde vereinbart, den Abschnitt Karlschütt-Innerzwain zwischen den Bohrungen P 4 und P 13 zu untersuchen. Ziel dieser Untersuchungen war es, die an den bisher abgeteufte Bohrungen angetroffenen Untergrundsverhältnisse in jene Gebiete weiterzuverfolgen, wo bis dato noch keine Bohrung niedergebracht werden konnte. Wie aus den Bohrprofilen hervorgeht, war aufgrund der zu erwartenden Widerstandsverhältnisse der quartären Beckenfüllung sowie des präquartären Untergrundes mit beinahe idealen Meßbedingungen zu rechnen.

Es war daher zu erwarten, daß es möglich sein werde, die Mächtigkeit der wasserführenden Schotter bis in Tiefen von maximal 150 m auszukartieren. Außerdem sollte versucht werden, bis in diese Tiefen einen eventuellen Karstwasserspiegel abzugrenzen. Ein weiteres Untersuchungsziel war, die im Süden des Meßgebietes die quartären Schotter unterlagernden Werfener Schiefer von den im nördlichen Bereich anstehenden Kalken und Dolomiten abzugrenzen.

Mit Problemen mußte nur infolge der zum Teil ungünstigen Topographie, wie zum Beispiel die Enge des Tales, die im Extremfall Seiteneffekte vortäuschen könnte und mit zum Teil sehr hohen Übergangswiderständen infolge der extrem trockenen oberflächennahen Kalkschotter gerechnet werden.

Die Ergebnisse sollten profilmäßig dargestellt werden und

von jenen Bereichen des Untersuchungsgebietes, wo es möglich ist, Querprofile zu messen, war geplant, eine Isopachenkarte (Mächtigkeitkarte) der wasserführenden Schotter zu zeichnen.

2. Durchführung der Messungen

Die Messungen wurden in der Zeit zwischen dem 16. und 24. Juni 1979 durchgeführt. Bei der verwendeten Apparatur handelt es sich um ein Terrameter der Firma ABEM, Schweden. Um den Polarisierungseffekt an den Elektroden zu unterbinden, arbeitet das Gerät mit Wechselstrom von 4 Hz. Die Eindringtiefe dieser Apparatur ist je nach Bodenbeschaffenheit verschieden; 200 m stellen aber auch im günstigsten Fall die Obergrenze dar.

Gearbeitet wurde nach der sogenannten Schlumberger Anordnung, bei der der Innenelektrodenabstand theoretisch unendlich klein ist, praktisch aber endliche Werte hat. Je weiter die beiden Außenelektroden mittelpunktsymmetrisch auseinander wandern, desto tiefere Schichten sind an der Stromleitung beteiligt. Im vorliegenden Fall wurden die Elektrodenpaare durchschnittlich 27-mal pro Meßpunkt versetzt.

Das während dieses Zeitraumes vorherrschende Schlechtwetter begünstigte die Messungen. Infolge der anhaltenden Niederschläge waren die oberflächennahen Kalkschotter gut durchfeuchtet und die Übergangswiderstände zwischen Elektrode und Boden auf Werte abgesunken, die ein Messen ohne größeren Aufwand ermöglichten. Sonst wäre es wahrscheinlich bei einer Untersuchung während einer sommerlichen Trockenperiode notwendig gewesen, jede Elektrode nach dem Setzen zu befeuchten, was sowohl personell wie auch zeitlich wesentlich größere Anforderungen mit sich gebracht hätte.

Insgesamt wurden 61 geoelektrische Tiefensondierungen durchgeführt. Drei dieser Meßpunkte liegen unmittelbar neben Pegelbohrungen. Die Punkte liegen entlang von 9 Profilen mit einer Gesamtlänge von 2927,4 m. Der mittlere Punktabstand beträgt 47,12 m. Die Profile 1a, 1b, 2 und 6 sind sogenannte Längsprofile, annähernd parallel der Tallängsachse. Während die obgenannten Profile aneinandergereiht ein einziges langes Profil ergeben und nur aus meßtechnischen Gründen beziehungsweise zur übersichtlicheren Darstellung getrennt wurden, verläuft Profil 5 in einem Abstand von 40 bis maximal 160 m parallel zu Längsprofil 2. Bei den Profilen 3, 4, 7, 8 und 9 handelt es sich um Querprofile, die meist annähernd senkrecht zu den Längsprofilen verlaufen. Auf diesen Profilen variiert der Punktabstand je nach Notwendigkeit mehr als sonst üblich war. So beträgt entlang Profil 7, wo nach dem Bohrprotokoll des Pegels 13 der Werfener Schiefer in geringer Teufe ansteht, der mittlere Punktabstand 31,95 m und wird dann auf den nördlicheren Profilen allmählich größer.

Dieses Variieren des Punktabstandes war unumgänglich notwendig, da einerseits bei der Auftragserteilung ein Punktemaximum von 60 vorgegeben wurde, andererseits die Länge der Profile durch die Festlegung des Meßgebietes gegeben war und die komplexe Problemstellung vor allem im Bereich der Querprofile nur durch einen relativ geringen Punktabstand zufriedenstellend zu lösen war.

Da wegen des zum Teil sehr engen Tales die Eindringtiefe der Tiefensondierungen mit 120 - 150 m begrenzt war, wurde mit maximalen Elektrodenabständen von AB 400 m gearbeitet. Die geoelektrischen Methoden erlauben zwar im Normalfall wesentlich größere Eindringtiefen, da sich der elektrische Strom im Boden jedoch annähernd halbkugelförmig ausbreitet, passiert es

immer wieder, daß im Randbereich der Täler gelegene Meßpunkte statt der Untergrundtiefe die kürzeste Entfernung zu dem in nächster Nähe steil einfallenden Fels ausweisen.

Heute lassen sich jedoch durch die Computerprogramminterpretation und vor allem, wenn im Untersuchungsgebiet bereits vereinzelt felsnahe Bohrungen abgeteuft wurden, durch Simulationstechniken derartige Störeinflüsse teilweise beseitigen. So war es für die vorliegenden Messungen von großem Vorteil, am Pegel 4, bei dem der Fels nur in 40 m Entfernung ansteht, Testmessungen machen zu können. Dabei wurde aufgrund des Bohrprofiles eine künstliche Sondierungskurve errechnet, diese mit der gemessenen verglichen und die durch Seiteneffekte bedingte Kurvenabweichung rechnerisch ausgeglichen. Die Sondierungspunkte wurden verpflockt und vom Amt der Steiermärkischen Landesregierung sowohl in Lage wie auch Höhe eingemessen.

3. Auswertung

Bis vor kurzem war das rationellste Auswerteverfahren für Sondierungskurven, vorausberechnete theoretische Kurven, die in Katalogen zusammengestellt und im Fachhandel erhältlich sind, mit den gemessenen zu vergleichen. Allerdings ist diesem Verfahren wegen der Vielzahl von Möglichkeiten bereits bei einem Dreischichtfall eine Grenze gesetzt.

Bei größerer Schichtanzahl mußte man die Mehrschichtkurven in Zwei- und Dreischichtkurven zerlegen und diese nach dem sogenannten Hilfspunktverfahren auswerten. Diese Methode ist auch heute noch durchaus üblich, nur relativ zeitaufwendig und außerdem ab einer Schichtzahl von sechs bis sieben wegen zu großer Ungenauigkeit kaum mehr einsetzbar.

Seit etwa zwei Jahren werden am Institut für Angewandte Geophysik in Leoben die geoelektrischen Tiefensondierungen auf der universitätseigenen Rechenanlage ausgewertet. Das zur Interpretation verwendete Programm stammt von Adel A.R. Zohdy und wurde 1973 am U.S. Geological Survey in Denver, Colorado, entwickelt. Die Theorie und die detaillierte Beschreibung des Programmes wird von D.P. Gosh in der Zeitschrift Geophysical Prospecting, Volume 19, sowie von A.A.R. Zohdy im U.S. Geological Survey Report 1974 gegeben.

Durch dieses Auswerteverfahren wird ein wesentlich höheres Auflösevermögen erzielt. Für die eingegebenen scheinbaren Widerstände werden je nach vorgegebener Schichtanzahl die zugehörigen Tiefen und die wahren Widerstände berechnet. Während dieses Vorganges werden ständig die gemessenen mit den berechneten Widerständen verglichen und, falls die Abweichung die vorgegebene Fehlergrenze überschreiten wird, diese ausgewiesen, so daß die Vorgabe (Schichtanzahl) geändert werden kann. Daneben sind Programmsicherungen eingebaut, die laterale Einflüsse und Fehler in der Digitalisierung ausschließen.

4. Ergebnisse

4.1. Allgemein

Die im Untersuchungsgebiet vorhandenen Bohrungen waren für die Zuordnung der Widerstandspakete von großer Bedeutung. Als erstes wurden jene Sondierungskurven ausgewertet, die direkt an den Bohrungen aufgenommen worden waren. Hier war es anhand der Bohrprofile leicht möglich, den darin ausgewiesenen Formationen die entsprechenden Widerstände zuzuordnen. Manchmal war dies jedoch nur teilweise möglich, da manche Pe-

gelbohrungen in geringeren Teufen eingestellt worden waren, die Eindringtiefe der geoelektrischen Tiefensondierung an diesen Referenzpunkten die Bohrteufe übertraf.

Um auch bei lateralen Änderungen (Korngröße, Lehmanteil, Klüftigkeit, etc.) innerhalb der einzelnen Schichtglieder eine verlässliche qualitative Interpretation bieten zu können, wurden sämtliche Sondierungskurven dieses Gebietes statistisch untersucht. Dabei zeichneten sich folgende Widerstandsbereiche für die im Untersuchungsgebiet anstehenden Formationen ab:

Trockene Schotter	581 \pm Ohm	247 m
Grundwasserführende Schotter	2197 \pm Ohm	1570 m
Seeton	206 \pm Ohm	75 m
Verkarsteter Kalk	1302 \pm Ohm	992 m
Dichter Kalk	19080 \pm Ohm	14295 m
Verwitterter Werfener Schiefer	188 \pm Ohm	45 m
Werfener Schiefer	926 \pm Ohm	704 m

Betrachtet man diese Zusammenstellung, so sieht man auf den ersten Blick, daß sich die Mittelwerte der einzelnen Formationen signifikant unterscheiden. Eine Ausnahme stellen nur die Widerstände von Seeton und verwittertem Werfener Schiefer dar. Da diese beiden Einheiten jedoch räumlich getrennt vorkommen, war auch hier die Unterscheidung möglich. Problematischer wird die Interpretation jedoch, wenn man auch die Standardabweichung der einzelnen Mittelwerte miteinbezieht. Bei einer derartigen Betrachtung sieht man, daß der verkarstete Kalk und die Werfener Schiefer fallweise ähnliche Widerstandswerte aufweisen können. In diesem Fall ist eine Unterscheidung nur schwer möglich. Unter Zuhilfenahme der Meßpunkte in unmittelbarer Umgebung des Pegels 13^{*)}, an dem die Werfener Schiefer erbohrt wurden, konnte jedoch bei vorliegender Arbeit auch diese Frage gelöst werden.

*) Pegel 13 entspricht BI 12

Aber auch die wasserführenden Schotter können im Extremfall ähnliche Widerstände aufweisen. Da dieser Umstand jedoch äußerst selten war, konnte durch profilmäßige Korrelation dieser Unsicherheitsfaktor ausgeklammert werden.

Abschließend sei noch vermerkt, daß die scheinbar große Streuung der Widerstandswerte auf relativ große Inhomogenitäten innerhalb der einzelnen Schichtglieder schließen läßt. Außerdem wird durch die Computerinterpretation, die infolge des erhöhten Auflösungsvermögens auch noch innerhalb der einzelnen Formationen die Widerstände aufgliedert, die Standardabweichung größer.

4.2. Profile

4.2.1. Profil 1a (s. Tafel 1)

Dieses Tallängsprofil beginnt an der Bohrung BR4^{*)} und endet im Bereich der Kammerhofquellen. Die Profillänge beträgt 873,7 m, der durchschnittliche Meßpunktabstand liegt bei 48,74 m.

Entlang dieses Profiles, genauer gesagt zwischen BR4 und dem Sondierungspunkt Nr.1^{**)}, endet das im nördlichen Teil des Untersuchungsgebietes gelegene Becken. Es zeigt daher dieses Profil mit Ausnahme von BR4 einen geoelektrischen 6-Schichtfall.

Nach den oberflächennahen, humusbedeckten Schottern folgt meist eine bis zu 15 m mächtige Schotterlage, deren Widerstände zumindest in den zentralen Teilen des Profiles relativ konstant sind. Ab einer Tiefe zwischen 5 und 15 m, hier dürfte zum Zeitpunkt der Messungen der Grundwasserspiegel gewesen sein, nehmen die Widerstände stark ab. Auf Grund der Widerstände dürfte der Grundwasserkörper in dieser Talenge gute Durchlässigkeiten aufweisen. Die Maximalwiderstände, wie sie im Be-

*) Die Bezeichnung BR4 entspricht BI 6.

***) Der Sondierungspunkt Nr. 1 entspricht der Untersuchungsbohrung BI 3.

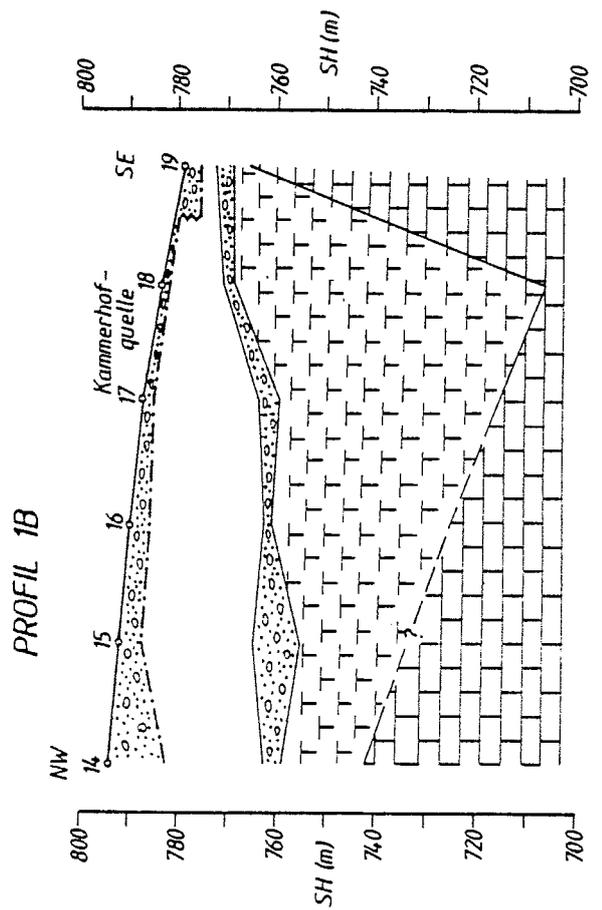
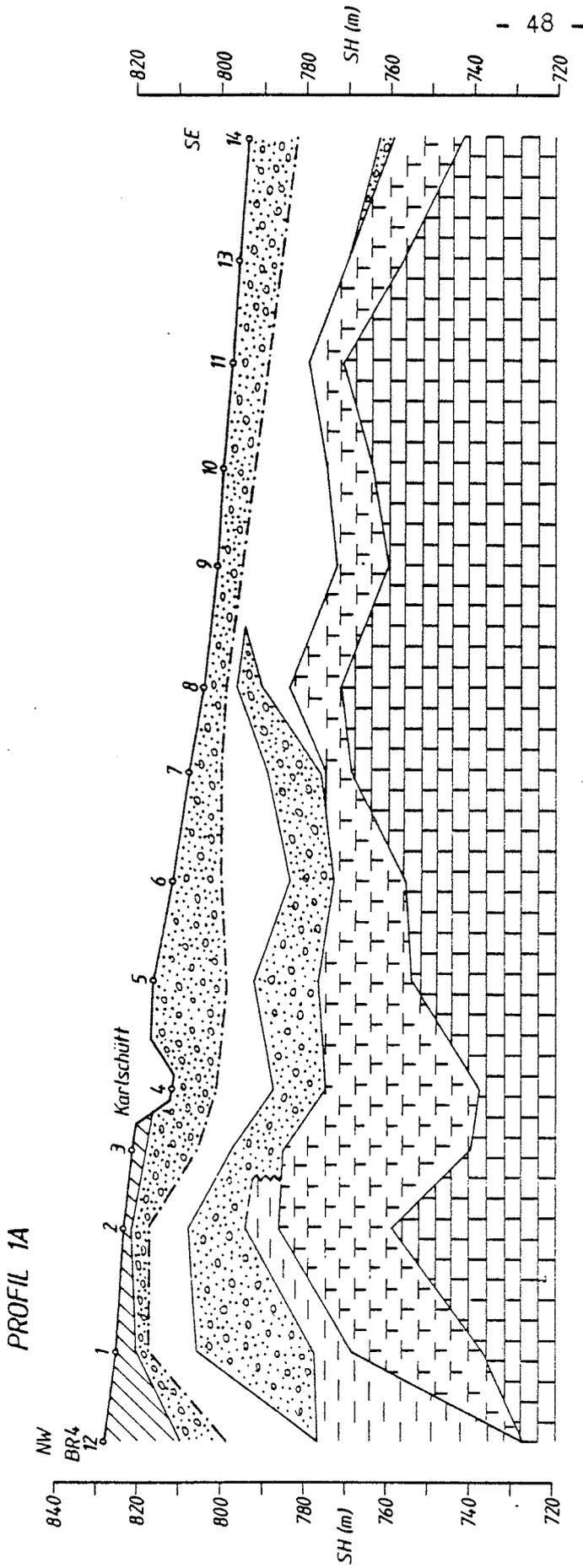
reich der Karlschütt auftreten, können durch kleine Konglomerateinlagerungen oder durch extrem grobblockiges Material entstehen. In diesem Fall reicht selbst das hohe Auflösungsvermögen des Computers nicht aus, um hier die reinen Grundwasserhorizonte auszuweisen. Tatsächlich dürfte es sich bei diesen Widerständen um Mischwiderstände handeln. Die Nettomächtigkeit der grundwasserführenden Schotter dürfte daher in diesem Fall etwas geringer, als auf den Profilen eingezeichnet, sein. Interessant ist das plötzliche Ansteigen des Grundwasserspiegels zwischen BR4 und Meßpunkt 1. Der Grund dafür dürfte die in diesem Bereich anstehende Untergrundschwelle sein. An dieser wird der mächtige Grundwasserstrom des nördlich davon gelegenen Beckens nach oben gedrückt.

Zwischen den Sondierungspunkten 1 und 8 scheint eine bis zu 25 m mächtige, konglomeratisch verfestigte Schotterpartie zu folgen. Es ist aber aus den oben erwähnten Gründen durchaus möglich, daß auch innerhalb dieser Formation geringmächtige Horizonte mit guten Durchlässigkeiten auftreten. Da die Widerstände für reines Konglomerat viel zu niedrig sind, scheint dies sehr wahrscheinlich zu sein.

Die an BR4, beziehungsweise an P7^{*)} erbohrte Seetonlage dürfte zwischen Punkt 1 und 2 auskeilen. Nach den Widerständen dürften die Seetone in diesem Bereich einen zum Teil beträchtlichen Sandgehalt aufweisen.

Unter dieser Seetonlage bzw. unter den zum Teil verfestigten Schottern stehen dann klüftige, wasserführende Kalke an. Charakteristisch für dieses Profil ist das rasche Auftauchen der Kalke zwischen BR4 und Meßpunkt 2. Während bei der Pegelbohrung 7 die Kalke in einer Tiefe von 101,0 m erbohrt wurden, stehen diese 100 m weiter südlich schon in einer Tiefe von ca. 39 m an. Die Mächtigkeit dieser klüftigen Kalke nimmt von an-

*) P7 entspricht BI 7.



fänglich 45 m (Punkt 3) gegen Süden hin bis auf 5 m (Punkt 11) ab. Gerade bei diesen klüftigen Kalken lassen die Widerstände gute Schlüsse auf Klüftigkeit und Wasserführung zu. Je niedriger die Widerstände dieser Formation sind, desto höher die Klüftigkeit.

Als tiefste Einheit wurde entlang dieses Profiles der dichte, wahrscheinlich kaum wasserführende Kalk erreicht. Allerdings weist das große Spektrum der gemessenen Widerstände auch in dieser Formation auf unterschiedliche Kompaktheit hin. Nach den Erfahrungswerten unseres Institutes ist jedoch anzunehmen, daß Schichtglieder, deren Widerstände größer als 5000 Ohmmeter sind, kaum mehr wasserführend sind.

4.2.2. Profil 1b (s. Tafel 1)

Dieses Profil ist die Fortsetzung von Profil 1a. Der Grundwasserspiegel steigt entlang dieses Profiles bis in eine Tiefe von 1 m herauf. Die über den Kalken liegende Konglomeratlage verliert an Mächtigkeit, wurde jedoch meßtechnisch an sämtlichen Punkten dieses Profiles eindeutig erfaßt.

Die verkarsteten Kalke gewinnen wieder an Mächtigkeit und reichen wahrscheinlich im Bereich der Kammerhofquelle bis in eine Teufe von über 70 m. Der verhältnismäßig niedrige Widerstand für die dichten Kalke unter Punkt 18 läßt sogar die Möglichkeit offen, daß der Karstwasserspiegel hier noch etwas tiefer zu suchen ist. Dafür spricht auch der Umstand, daß an den Meßpunkten 15, 16 und auch 17 die Grenze verkarsteter zu dichtem Kalk auf den Meßkurven nicht ausgewiesen wurde. Die strichlierte Linie ist daher reininterpoliert.

Auffallend ist das plötzliche Auftauchen der dichten Kalke zwischen 18 und 19. Betrachtet man jedoch Lageplan und topogra-

phische Karte so bemerkt man, daß Punkt 19 schon unmittelbar am Talrand liegt, wodurch auch die an diesem Punkt abweichende Schichtfolge der klastischen Sedimente zu erklären ist.

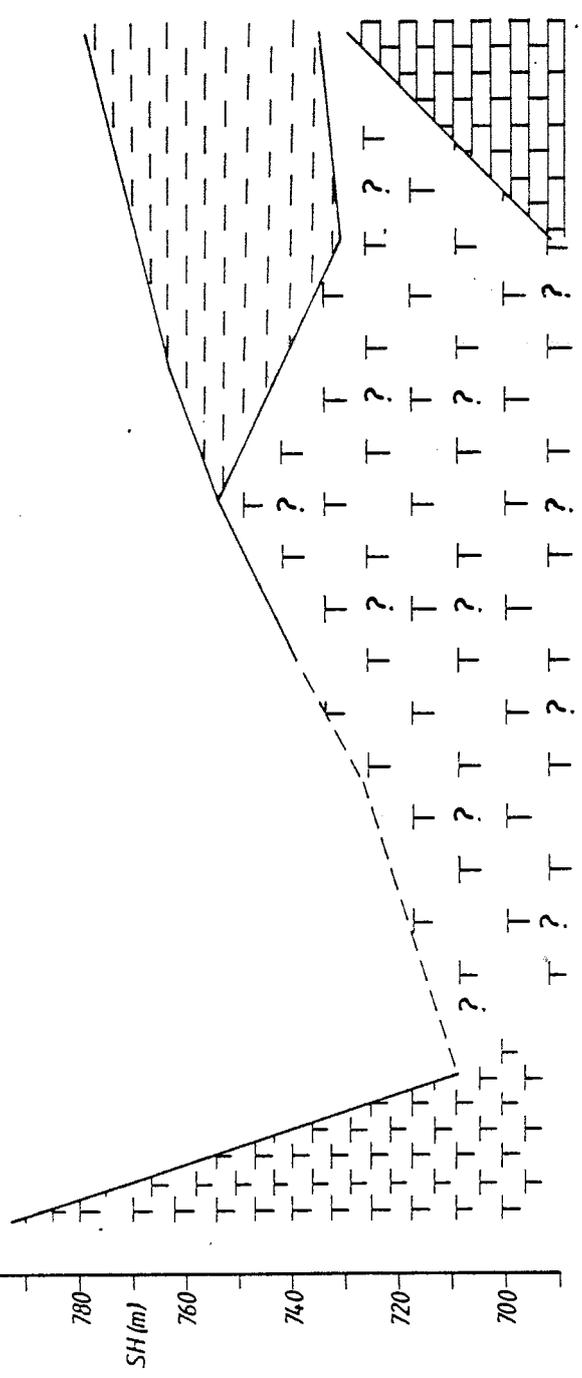
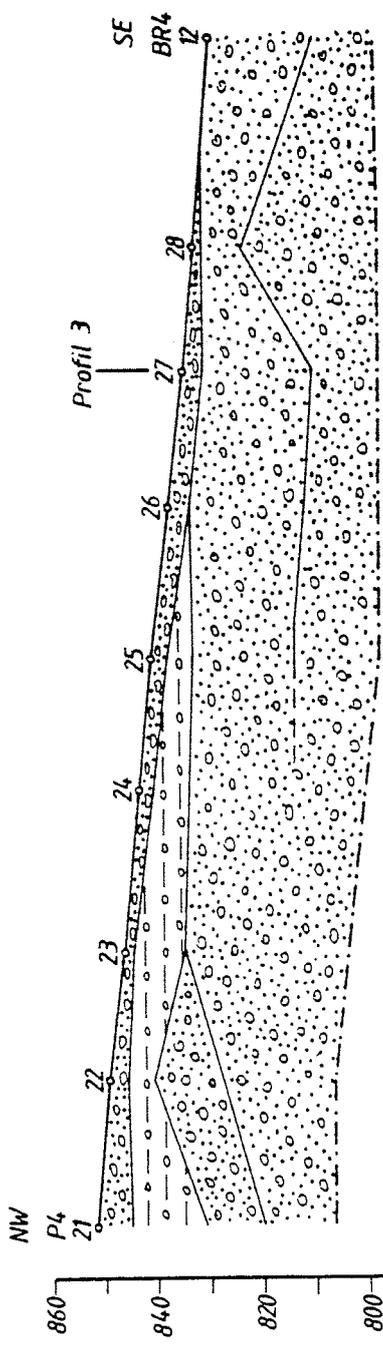
4.2.3. Profil 2 (s. Tafel 2)

Profil 2 beginnt im Norden bei Pegel 4 (Meßpunkt 21) und endet an der Bohrung BR4, ist also die nördliche Fortsetzung des Tallängsprofils 1a. Die Profillänge beträgt 452,8 m, der durchschnittliche Meßpunktabstand liegt mit 56,6 m an der vereinbarten Obergrenze von 60 m.

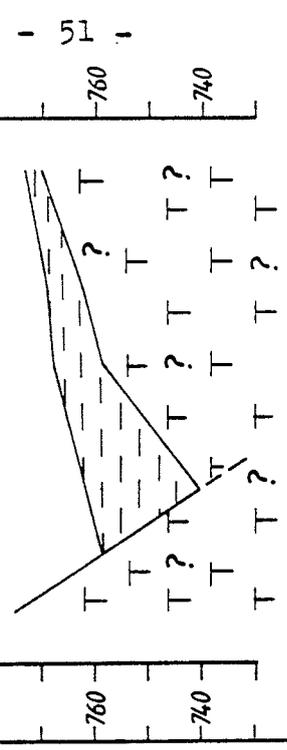
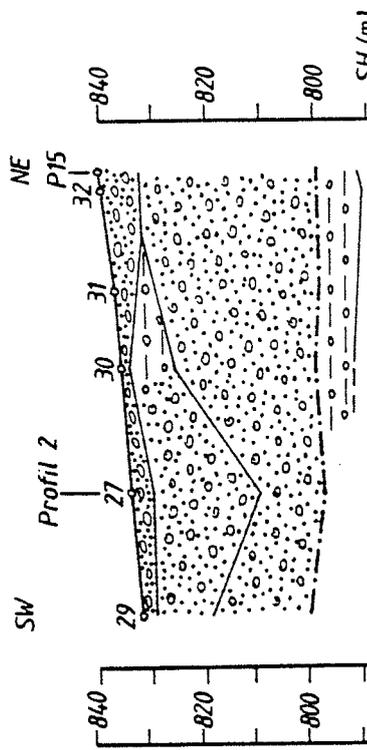
Dieses Profil quert die wahrscheinlich größten Schottermächtigkeiten des Untersuchungsgebietes. Der felsige Untergrund konnte entlang dieses Profils nur an jenen Punkten, die in unmittelbarer Nähe des Talrandes liegen, geoelektrisch erfaßt werden. Verkarsteter Kalk mit entsprechenden Widerständen wurde nur an den Punkten 21 und 22 erfaßt. Daß es sich bei der in der Profildarstellung mit „verkarsteter Kalk“ signierten Formation möglicherweise um wasserführende Schotter mit etwas geänderter Lithologie handelt, kann nur vermutet werden. Bei eingehendem Betrachten der Widerstände, die sich in diesem Bereich nur geringfügig von jenen der darüberliegenden Schotter unterscheiden, kommt man eher zu der Ansicht, daß zwischen Punkt 23 und 27 keine Kalke innerhalb der apparativen Eindringtiefe anstehen.

Die um die Bohrung BR4 relativ mächtige Seetonlage dürfte bei Punkt 26 auskeilen. Da die Widerstände auch entlang dieses Profils für reinen Seeton zu hoch sind, kann man annehmen, daß innerhalb dieser Formation ebenfalls geringmächtige, zum Teil wasserführende Schotterlagen anzutreffen sind. Der ab Meßpunkt 28 auftauchende felsige Untergrund dürfte in diesem Abschnitt kaum wasserführend sein.

PROFIL 2



PROFIL 3



4.2.4. Profil 3 (s. Tafel 2)

Dieses Querprofil kreuzt Profil 2 bei Meßpunkt 27. Die Profillänge beträgt 170 m und endet bei der Pegelbohrung P15.

Die Problematik ist entlang dieses Profiles dieselbe wie bei Profil 2. Die verkarsteten Kalke konnten auch hier nicht mit hinreichender Sicherheit ausgeschieden werden. Es ist also auch hier die Wahrscheinlichkeit groß, daß die „verkarsteten Kalke“ dieses Profiles in Wirklichkeit wasserführende Schotter sind.

Leider ist die Pegelbohrung P15^{*)} in einer Tiefe von 48 m eingestellt worden, so daß weder die hier bereits geringmächtige Seetonlage, noch der darunterliegende, einstweilen noch ungeklärte Horizont erreicht wurde.

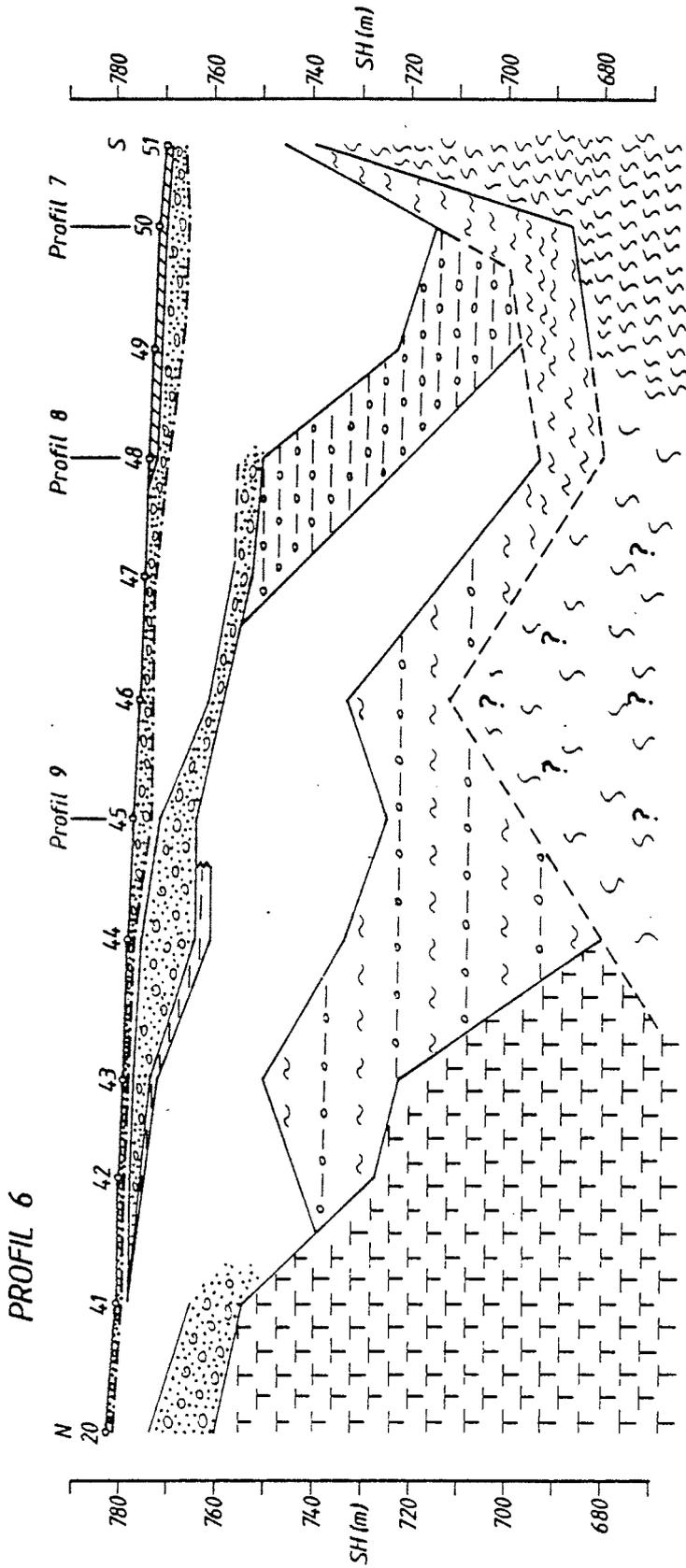
4.2.5. Profil 4 (s. Tafel 4)

Das zweite Querprofil dieses Untersuchungsgebietes beginnt bei der Pegelbohrung P4 und verläuft etwa 206 m in NE-Richtung. An den Meßpunkten 33 bis 35 konnte auch entlang dieses Profiles der kalkalpine Untergrund nicht erreicht werden. Ob es sich bei der zwischen Punkt 34 und 35 als „verkarsteter Kalk“ ausgewiesenen Formation tatsächlich um jenen handelt, sei aus den oben erwähnten Gründen dahingestellt. Interpoliert man das Einfallen der bei Punkt 36 anstehenden Dolomite, so kommt man allerdings in einen entsprechenden Teufenbereich. Das bei Meßpunkt 34 beginnende Auftauchen des Grundwasserspiegels spricht ebenfalls für einen derartigen Strukturverlauf.

4.2.6. Profil 5 (s. Tafel 4)

Dieses NNE-SSW streichende Profil beginnt bei Meßpunkt 34 am Profil 4 und endet nach etwa 265 m bei Punkt 40, westlich der Schottergrube Pierer.

^{*)} entspricht Untersuchungsbohrung Pierer



- | | | | |
|---|---|---|--------------------------------|
|  | Oberflächenschichten (z.B. Humus, wenn nicht ausgewiesen, durchschnittlich 0.3-0.6 m mächtig) |  | Verkarsteter Kalk |
|  | Grundwasserführende Schotter |  | Kalk, bzw. Dolomit |
|  | Schotter und Sande (konglomeratisch verfestigt, bzw. trocken) |  | Verwitterter Werfener Schiefer |
|  | Grundwasserführende Schotter mit Lehmzwischenlagen |  | Werfener Schiefer |
|  | Seeton mit Schotterlagen |  | Grundwasserspiegel |

Zwischen den Punkten 35 und 38 kommt es entlang dieses Profils zu einem deutlichen Absinken des Grundwasserspiegels. Die Widerstände der wasserführenden Schotter sind auch hier relativ hoch, was auf grobkörnigen Schotter mit geringem Tonanteil schließen läßt.

Diese Formation wird ab einer Tiefe von 55 m (Punkt 35) bis in eine Tiefe von 97 m (Punkt 40) wiederum von einer geringfügig niederohmigeren Schicht unterlagert. Im Gegensatz zu den übrigen Profilen dieses nördlichen Meßabschnittes konnte hier auf allen Punkten dieser Horizont erfaßt werden. Die Gleichförmigkeit der Widerstände scheint ein Durchzeichnen dieser Schichtgrenze zu rechtfertigen. Eine endgültige Aussage über die Lithologie dieser Formation scheint jedoch auch hier erst nach Abteufen einer Zusatzbohrung möglich.

4.2.7. Profil 6 (s. Tafel 3)

Profil 6 stellt die südliche Fortsetzung der Tallängsprofile dar. Aus topographischen Gründen war es notwendig, dieses Profil etwas versetzt zum Profilende von 1b zu beginnen. Das Profil mit seiner Gesamtlänge von 539 m ist das wahrscheinlich interessanteste des gesamten Untersuchungsgebietes.

Im Norden dieses Profils kommt es zu einem raschen Abtauchen des stark verkarsteten Kalkes. Diese klüftigen Kalke dürften hier eine ziemlich große Mächtigkeit aufweisen, da die hochohmigen, dichten Partien auf diesem Profilabschnitt nicht erreicht wurden. Der anfänglich beinahe oberflächennahe Grundwasserspiegel sinkt bis zum Profilende auf etwa 5 m ab. Die wasserführenden Schotter zeigen ein auffallend unterschiedliches Widerstandsverhalten. Abgesehen von geringmächtigen Konglomeratzwischenlagen dürfte auch der An-

teil an Feinfraktionen innerhalb dieser Schotter sehr unterschiedlich sein. Generell ist zu beobachten, daß die im Bereich des kalkalpinen Untergrundes anstehenden Schotter höhere Widerstände aufweisen wie die, die Werfener Schiefer überlagernden Schotter. Die Frage zu lösen, wo die Grenze Werfener Schiefer - Kalk verläuft, ist allein aufgrund der Widerstandsverhältnisse nur schwer zu lösen, da es sich bei den hier anstehenden Kalken um extrem klüftige, wasserführende Gesteine handelt, die annähernd dieselben Widerstände aufweisen wie die südlich davon anstehenden Werfener Schiefer. Da diese Schiefer jedoch im Bereich der Pegelbohrung Pl3 von einer Verwitterungsschicht, die auch geoelektrisch signifikant ist, überlagert werden, wurde aufgrund dieses Leithorizontes versucht, die anstehenden Werfener Schiefer auszukartieren. Ob allerdings die sich unter Meßpunkt 46 abzeichnende Aufragung den Werfener Schiefen oder den kalkalpinen Schottern zuzuordnen ist, kann nur vermutet werden. Hier könnten zusätzliche Meßpunkte westlich des Ilgener-Baches eine rasche Klärung dieser Frage ergeben.

Das steile Auftauchen der Schieferoberkante zwischen Punkt 50 und 51 dürfte auf den hier nahen Talrand zurückzuführen sein.

4.2.8. Profil 7 (s. Tafel 4)

Dieses Querprofil kreuzt Profil 6 bei Punkt 50. Es ist, wie auch die übrigen beiden Querprofile, sehr kurz, da bei der Geländebegehung vereinbart worden war, nur östlich des Ilgener-Baches zu messen. Der durchschnittliche Meßpunktabstand wurde entlang dieses Profiles auf ca. 32 m herabgesetzt, da der bei der Pegelbohrung 13 in nur 32 m anstehende kompakte Werfener Schiefer in diesem Bereich widerstandsmäßig am besten zu erfassen war.

Die geoelektrischen Untersuchungen ergaben einen eindeutigen Fünfschichtfall. Auf den oberflächennahen Humus folgen relativ niederohmige, jedoch trockene Schotter. Der Lehmanteil dürfte hier wesentlich höher sein als in den nördlichen Teilen des Untersuchungsgebietes. Der Grundwasserspiegel fällt gegen Osten hin ein.

Die wasserführenden Schotter zeigen sehr einheitliche Widerstände. Auffallend ist das starke Relief der darunter anstehenden, verwitterten Schiefer. Dabei ist allerdings zu bedenken, daß die Profile aus zeichnerischen Gründen 2 : 1 überhöht dargestellt wurden. Dieses Relief kommt mit beinahe derselben Ausbildung auch bei den anstehenden, kompakten Werfener Schiefen zum Ausdruck. Diese Schiefer haben Widerstände um 700 Ohmmeter. Wegen der Nähe der Pegelbohrung konnte dieser Horizont jedoch eindeutig den kompakten Werfener Schiefen zugeordnet werden.

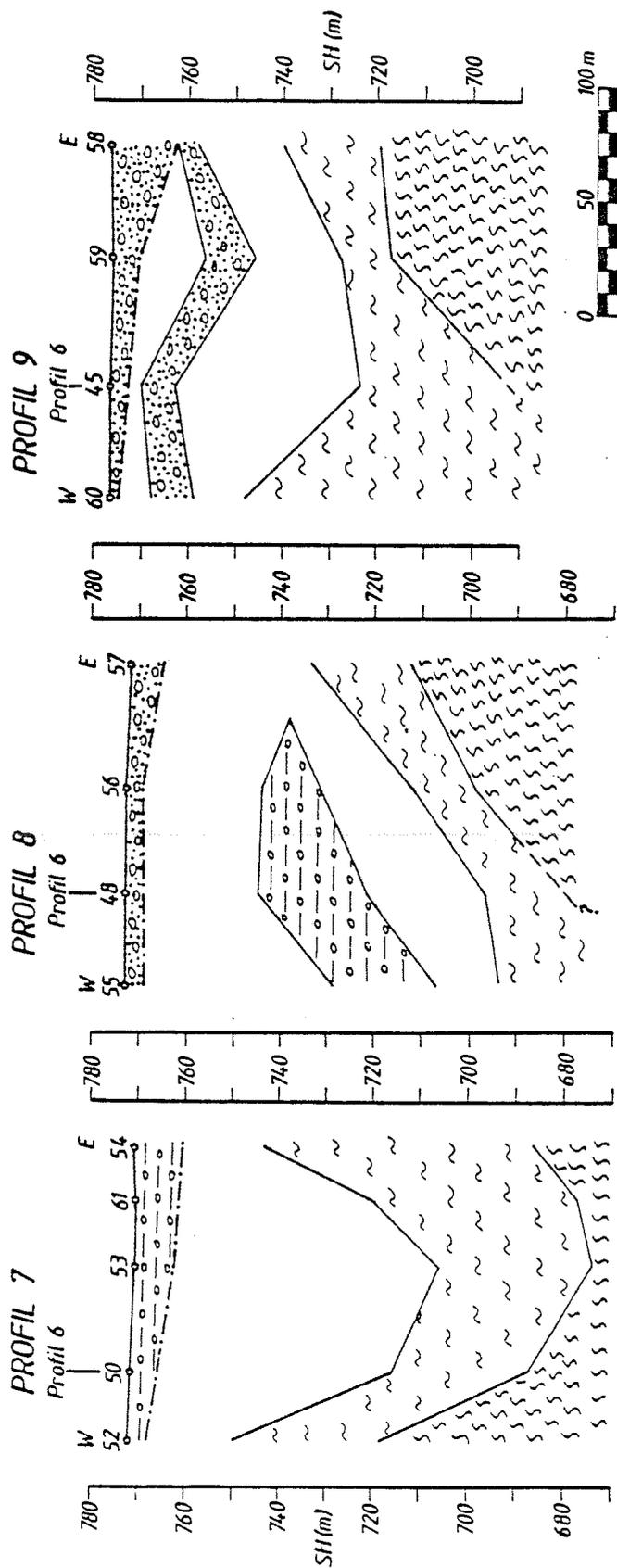
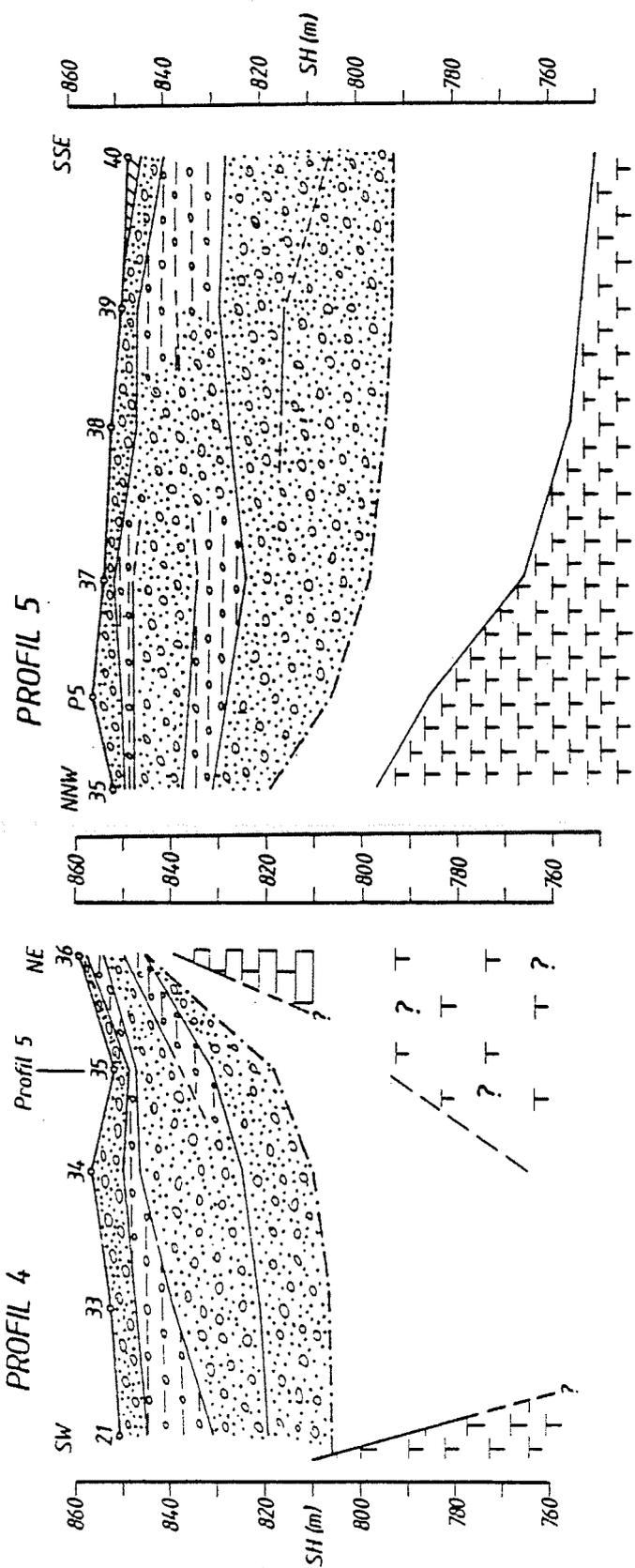
4.2.9. Profil 8 (s. Tafel 4)

Das zweite Querprofil in diesem Abschnitt zeigt eine wesentlich kompliziertere Struktur wie Profil 7. Bei den Punkten 55, 48 und 56 sind nämlich die hier bereits wesentlich mächtigeren wassergefüllten Schotter durch eine wahrscheinlich verlehnte, etwas über 20 m mächtige Partie getrennt.

Die Werfener Schiefer dürften in diesem Bereich gegen Westen einfallen. Unter Punkt 55 scheinen sie in einer Tiefe anzustehen, die meßtechnisch nicht mehr erfaßt werden konnte.

4.2.10. Profil 9 (s. Tafel 4)

Das nördlichste Querprofil in diesem Südabschnitt der Untersuchungen liegt wahrscheinlich im Übergang zum kalkalpinen Untergrund. Die grundwasserführenden Schotter weisen bereits



die nördlich davon vorherrschende, konglomeratische Zwischenlage auf.

Ob es sich bei der hier als „verwitterter Werfener Schiefer“ ausgewiesenen Schicht tatsächlich um diese handelt oder ob dies nur die auch auf Profil 8 vorkommenden verlehnten Schotter sind, konnte aufgrund der Widerstände nicht eindeutig geklärt werden. In diesem Fall wären dann die mit einem Fragezeichen versehenen Werfener Schiefer das sich ebenfalls in Profil 8 angedeutete 2. Grundwasserstockwerk.

4.3. Die Isopachenkarten (s. Tafel 5)

Die Karten wurden aufgrund der in den Profilen ausgewiesenen Nettomächtigkeiten der wasserführenden Schotter erstellt. Dabei wurde versucht, nur die sicher erscheinenden, wassergesättigten Schotter zu berücksichtigen. Es kann also durchaus sein, daß vereinzelt größere Mächtigkeiten gegeben sind, da es ja zum Beispiel nicht ausgeschlossen ist, daß auch innerhalb der als Seeton ausgewiesenen Formationen Zwischenlagen mit guten Durchlässigkeiten vorhanden sind. Dasselbe gilt für die als konglomeratisch verfestigte oder als verlehnte Schotter ausgewiesenen Horizonte. Weiters wurde in den Isopachenkarten die klüftigen Kalke, die sicherlich einen Großteil des Grundwassers leiten, nicht berücksichtigt.

4.3.1. Gebiet Nord

Die Karte des nördlichen Teiles des Untersuchungsgebietes zeigt eine annähernd NNE-SSE streichende Tiefenrinne. Die maximalen Schottermächtigkeiten wurden mit 90 m angenommen. Da im Bereich des Punktes 33 der Untergrund nicht erreicht wurde, ist es in diesem Abschnitt durchaus möglich, daß die Nettomächtigkeit der grobklastischen, wasserführenden Bek-

kenfüllung über 100 m liegt. Außerdem waren zum Zeitpunkt der Messungen keine Pegelablesungen gemacht worden, so daß der Grundwasserspiegel nur aus den Sondierungskurven ermittelt werden mußte. Erfahrungsgemäß kann der Fehler infolge kapillarischer Durchfeuchtung der über dem Grundwasserspiegel anstehenden Schotter bis 10 Prozent der Tiefenwerte ausmachen.

Auffallend ist die ausgeprägte Asymmetrie der Tiefenrinne, die wahrscheinlich mit der Talform konform geht. Gegen die Schottergrube „Pierer“ flacht die Tiefenrinne wesentlich langsamer aus. Etwa im Bereich der Bohrung BR4 endet der mächtige Grundwasserkörper infolge einer kalkalpinen Schwelle des Untergrundes.

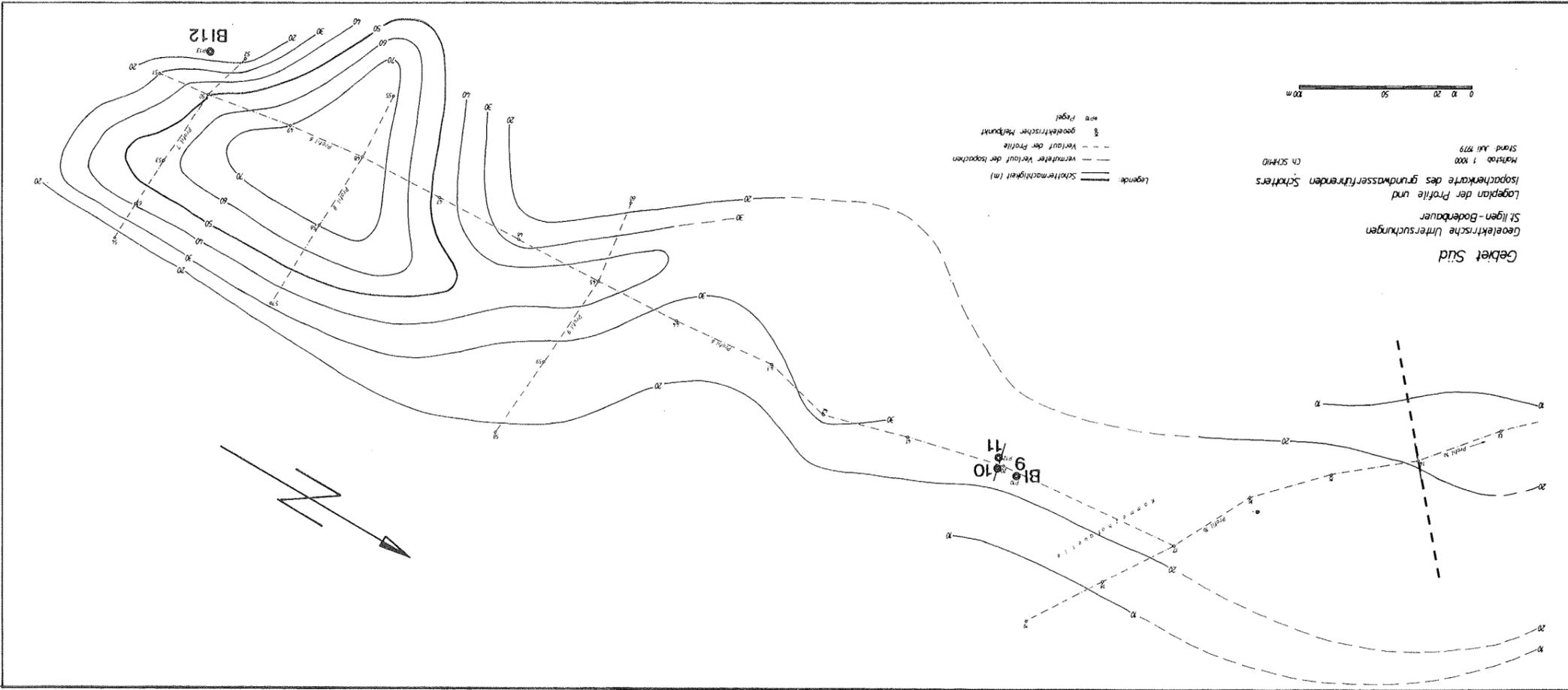
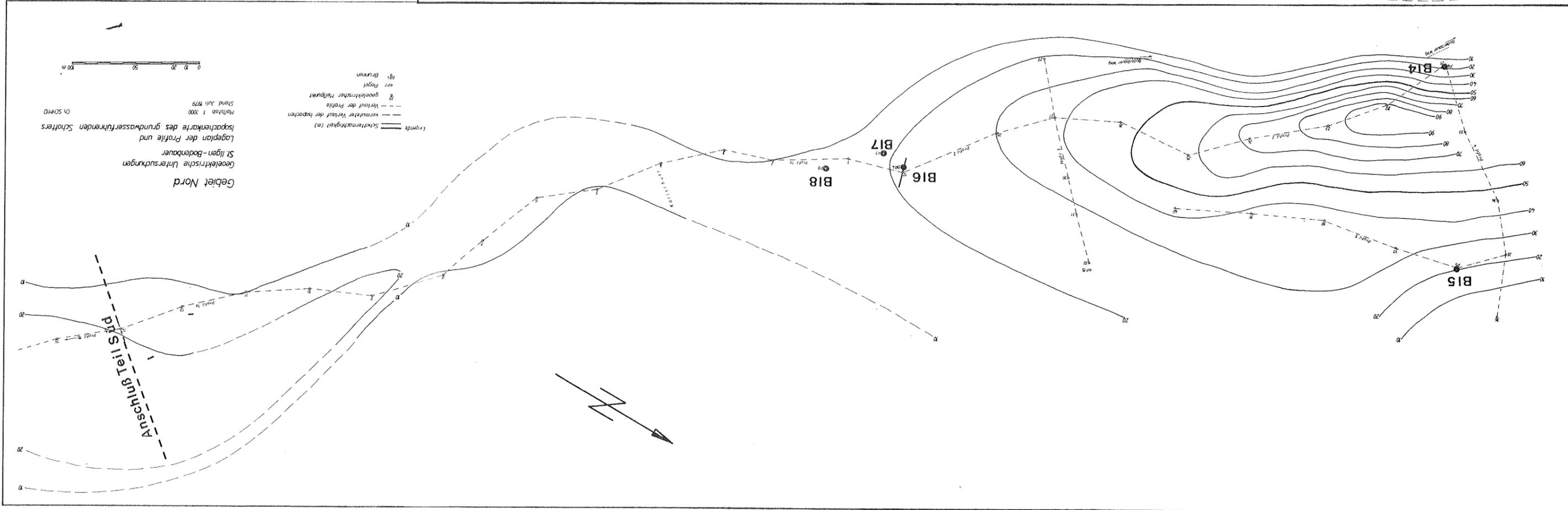
Da ab dieser Bohrung nur noch ein Längsprofil gemessen werden konnte, mußte hier der Verlauf der Tiefenrinne interpoliert werden. Der Grundwasserkörper dürfte in diesem Bereich kaum größere Mächtigkeiten als etwa 15 m erreichen. Obwohl ein starkes Auftauchen des Grundwasserspiegels festgestellt werden konnte, ist nicht anzunehmen, daß das gesamte Wasser des nördlich davon gelegenen Beckens innerhalb dieses geringmächtigen Schotterkörpers fließt. Es hat vielmehr den Anschein, als würde ab hier ein Teil des Grundwassers in die zum Teil sehr klüftigen Kalke eingespeist werden.

Etwa ab dem Meßpunkt 9 scheint die Schottermächtigkeit wieder etwas größer zu werden. Allerdings konnten entlang der Profile keine Mächtigkeiten über 25 m festgestellt werden. Leider war es wegen der Nähe der Schottergrube Tieber nicht möglich, diesen Abschnitt mittels eines Querprofiles genauer zu untersuchen.

ISOPACHENKARTEN

GEOLEKTRISCHE
UNTERSUCHUNGEN
im
Raum INNERZWAIN
- KARLSCHÜTT

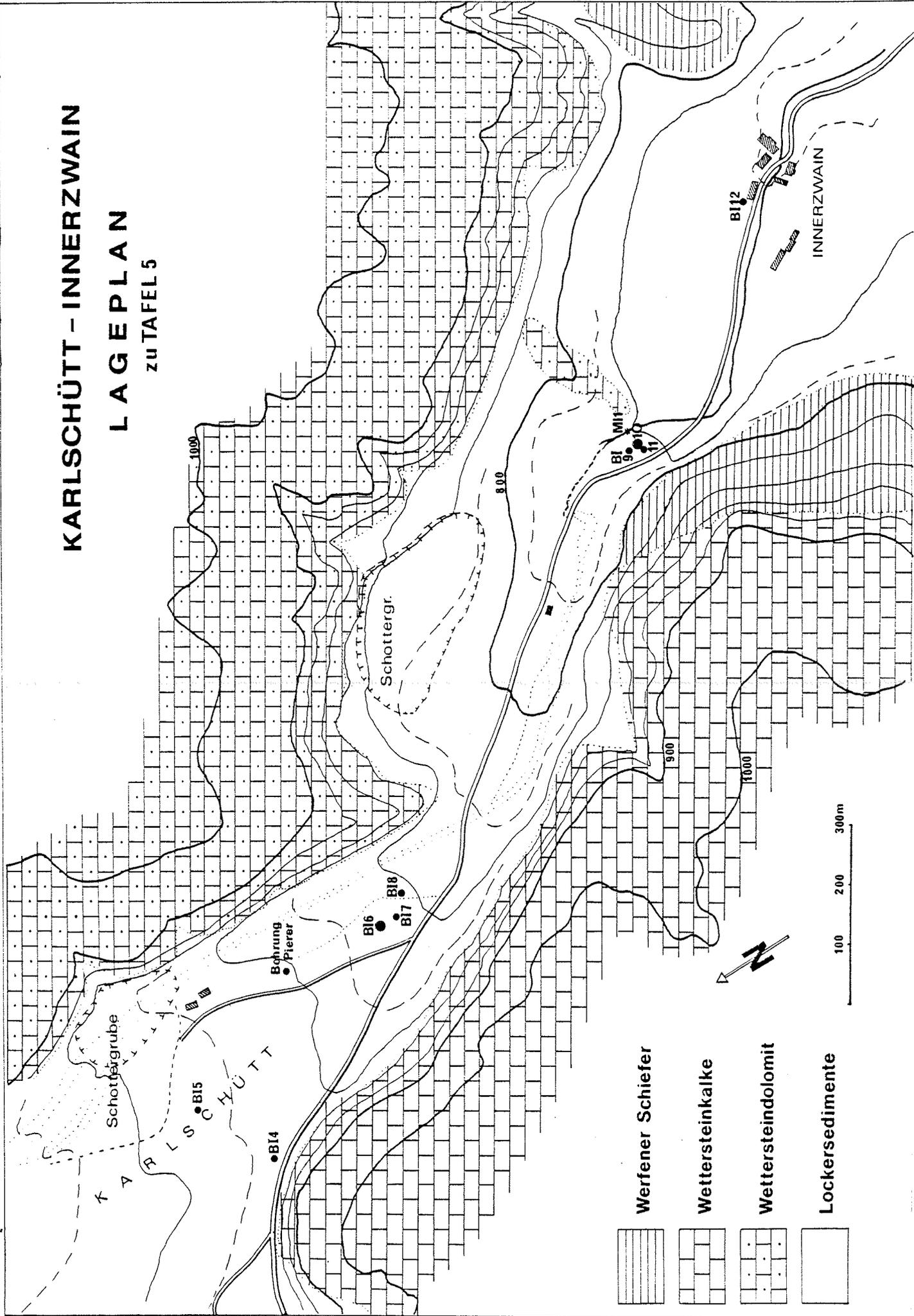
TAFEL 5

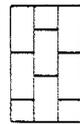
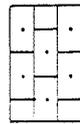


KARLSCHÜTT - INNERZWAIN

LAGEPLAN

zu TAFEL 5



-  Werfener Schiefer
-  Wettersteinkalke
-  Wettersteindolomit
-  Lockersedimente

4.3.2. Gebiet Süd

Der Südabschnitt des Untersuchungsgebietes zeigt bis in den Bereich der Kammerhofquellen dieselben Schottermächtigkeiten. Etwas südlich Pegel 12^{*)} beginnt sich das Tal etwas zu verbreitern und ab hier nehmen auch die Mächtigkeiten der grundwassergefüllten Schotter allmählich zu.

Herrscht bis zu Punkt 45 die NNW-SSE Streichrichtung vor, so kommt es bei Punkt 46 zu einem plötzlichen Umbiegen der Isolinien nach WSW. Ab diesem Punkt nehmen auch die Schottermächtigkeiten rasch zu. Betrachtet man den Isolinienverlauf, so hat es den Anschein, als würde hier die Tiefenrinne infolge der bei Pegel 13^{**)} anstehenden Werfener Schiefer in eine andere Richtung gezwungen.

Bedenkt man, daß der Isolinienverlauf im Bereich von Profil 7 infolge der Punktdichte sehr genau gegeben ist, hingegen die Isopachen westlich Punkt 55 wegen fehlender Meßpunkte hypothetisch gezeichnet wurden, so könnte es durchaus sein, daß auch westlich des Ilgener-Baches die grundwasserführenden Schotter noch Mächtigkeiten von über 50 m aufweisen. Hier müßten Zusatzpunkte oder eine Zusatzbohrung eine Klärung dieser Frage herbeiführen können.

5. Zusammenfassung und Empfehlungen

Die in der Zeit zwischen dem 16. und 24. Juni 1979 im Raum von St. Ilgen durchgeführten geoelektrischen Untersuchungen hatten die Aufgabe, die Grundwasserverhältnisse zwischen den bereits vorhandenen Bohrungen abzuklären. Außerdem sollte versucht werden, die Grenze zwischen kalkalpinem Unter-

*) Pegel 12 entspricht BI 11.

***) Pegel 13 entspricht BI 12.

grund und den im Süden anstehenden Werfener Schiefern auszukartieren.

Die Messungen ergaben zwei beckenartige Vertiefungen, die durch eine Aufragung, bestehend aus verkarsteten, wasserführenden Kalken sowie diese unterlagernd, dichten hochohmigen Kalken gebildet wird, getrennt werden. Im nördlichen Becken konnten wassergefüllte Schotter mit einer Maximummächtigkeit von annähernd 100 m auskartiert werden. Die Schottermächtigkeit im südlicheren Becken erreicht Werte von etwa 70 m. Allerdings ist hier durch die südlich davon anstehenden Werfener Schiefer ein Umbiegen der Isopachen von anfänglich SSE auf WSW zu bemerken, was die Vermutung aufkommen läßt, daß in diesem Bereich auch westlich des Ilgener-Baches größere Mächtigkeiten an wassergefüllten, grobklastischen Sedimenten zu erwarten sind.

Da es am Übergang Werfener Schiefer zu kalkalpinem Untergrund infolge ähnlicher Widerstände nur schwer möglich war, eine genaue Unterscheidung zwischen diesen beiden Einheiten zu treffen, wäre zur Klärung dieser Frage eine Bohrung unbedingt erforderlich.

Außerdem erscheint es sinnvoll, eventuell westlich des Ilgener-Baches einige Zusatzpunkte zu vermessen, da es mit Hilfe dieser möglich sein würde, den Verlauf des Hauptgrundwasserstromes in dieser Übergangszone besser zu erfassen.

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Ing. Dr. mont. Ch. Schmid

Institut für Geophysik
Montanuniversität Leoben

ZUR KARSTWASSERSPEICHERUNG
IM HOCHSCHWABMASSIV

von

H. Zojer.

1. Die naturräumliche Lage

Der Hochschwab ist einer der mächtigsten Karststöcke im östlichen Abschnitt der Nördlichen Kalkalpen und erreicht eine Fläche von etwa 560 km². Als tektonische Großeinheit gehört er dem Mesozoikum des Oberostalpins an. Seine nördliche Begrenzung durch die Salza ist tektonisch vorgezeichnet und bietet ein imposantes Bild von der Nordstirn des Karststockes. Demgegenüber ist das Gebirge im S stark aufgefiedert, was wohl in erster Linie auf die weite Verbreitung der Werfener Schichten in diesem Gebiet zurückzuführen ist. Das Auftreten der wasserstauenden Gesteine bringt naturgemäß einen vermehrten oberirdischen Abfluß mit sich, der sich in der Anlage von weit nach N zurückreichenden Tälern äußert (z.B. Jassing, Ilgnertal, Fölzgraben, Feistringgraben, Seegraben). Diese erosiv entstandenen Täler schließen fast durchwegs Dolomite auf, die durch ihre feinmaschige Zerbrechung leicht transportiert werden können und in der Folge ziemlich mächtige Talschuttkörper aufbauen.

Die Karbonatgesteine des Hochschwabs sind fast ausschließlich triassischen Alters. Lediglich Gosauablagerungen - in geringer Verbreitung - sind örtlich aufgeschlossen. Das am weitesten verbreitete Gestein ist der Wettersteinkalk, der besonders im zentralen und nördlichen Teil des Massivs ein bedeutender Wandbildner ist. Von den Dolomitgesteinen findet der Wettersteindolomit als Schuttlieferant für die nach S auslaufenden Täler Erwähnung.

Die komplizierten tektonischen Verstellungen der einzelnen Schichtpakete lassen karsthydrologische Eigenheiten der Gesteine selbst weitgehend in den Hintergrund treten (J.ZÖTL, 1961). Vielmehr sind hydrogeologisch zwei WSW-ESE streichen-

de Antiklinale wirksam, weil in ihrem Gefolge auch im Nord- bzw. Nordostteil des Massivs die wasserstauenden Werfener Schichten an die Oberfläche treten.

2. Die regionale Verteilung der Quellaustritte

Der Charakter in der Verteilung der Wasseraustritte, die durch umfangreiche Feldaufnahmen klar erfaßt sind, läßt sich in wenigen Punkten zusammenfassen:

- a) Die Plateaubereiche sind arm an Quellen. Treten welche auf, so sind sie durchwegs gering an Schüttung und meistens an die Grenze Kalk - Dolomit gebunden.
- b) Für die Quellen am Südrand des Hochschwabs ist das Auftreten von Werfener Schichten von entscheidender Bedeutung. Da die Schiefer hier jedoch nach N einfallen, hat sich nicht direkt am Kontakt zu den hangenden Karbonatgesteinen ein Quellhorizont gebildet, sondern an der orographisch tieferen Vorflut der nach S führenden Täler, wo die Werfener Schiefer die Talflur erreichen. Hier haben sich entweder Schichtgrenzquellen ausgebildet (z.B. Saggmüerquelle im Feistringgraben) oder daraus durch die Überlagerung von Dolomitschutt Grundwasserauftriebe entwickelt (z.B. Ilgnerbachquelle). Gleichen Ursprungs sind auch die Quellen um den Grünen See und den Kreuzteich, die im großen die Synklinale des Trenchtlings und der Meßnerin entwässern.
- c) Zusammen mit der Bedeutung der Antiklinalen für die unterirdische Entwässerung des Hochschwabs muß hier die größte Quelle des Massivs, die Kläfferquelle, erwähnt werden, die an die Gschöderer Antiklinale gebunden ist.

Im S bildet die Eisenerz-Seewiesen Antiklinale den Tal-schluß der zur Mur-Mürz Furche gerichteten oberirdischen Entwässerung; lediglich die Quelle in der hinteren Jassing entwässert über diese Barriere hinweg Areale der zentralen Wettersteinkalke.

- d) Die Dolomitbereiche weisen gegenüber den Kalkgebieten durchwegs eine höhere Quelldichte auf. Hier sind auch die Schüttungsschwankungen der Quellen bedeutend geringer, was auf ein feinschariges unterirdisches Entwässerungsnetz hinweist.

Da aus technischen Gründen nicht alle Quellen in die Analysenreihe des Radioisotops Tritium einbezogen werden konnten, wird im folgenden bei der Behandlung der chemischen und isopenhydrologischen Parameter nur auf jene Wasser zurückgegriffen, von denen Tritiumdaten vorliegen (Tab. 1).

Tab. 1: Untersuchte Quellen im südlichen (S) und nördlichen (N) Teil des Hochschwabs

S 1	Quelle in der hinteren Jassing (J 45) *)
S 2	Sonnschienbachquelle (J 6)
S 3	Klambachquelle (K 1)
S 5a	Quelle am Pfarrer Teich (G 12/13)
S 6	Quelle am Kreuzteich (G 22)
S 8	Schlaggrabenquelle (H 10)
S 10	Ilgnerbachquelle (I 1)
S 12a	Fölzgrabenquelle (F 5)
S 13b	Feistringgrabenquelle (F 8)
S 14	Sagmauerquelle (F 50)
S 15	Seebachgrabenquelle (S 28)
S 18	Quelle im Hinterseeaugraben) (siehe Lageplan)
S 18a	Quelle im Hinterseeaugraben
S 19	Quelle am Leopoldsteiner See (siehe Lageplan)

*) Bezeichnung lt. Quellkataster ()

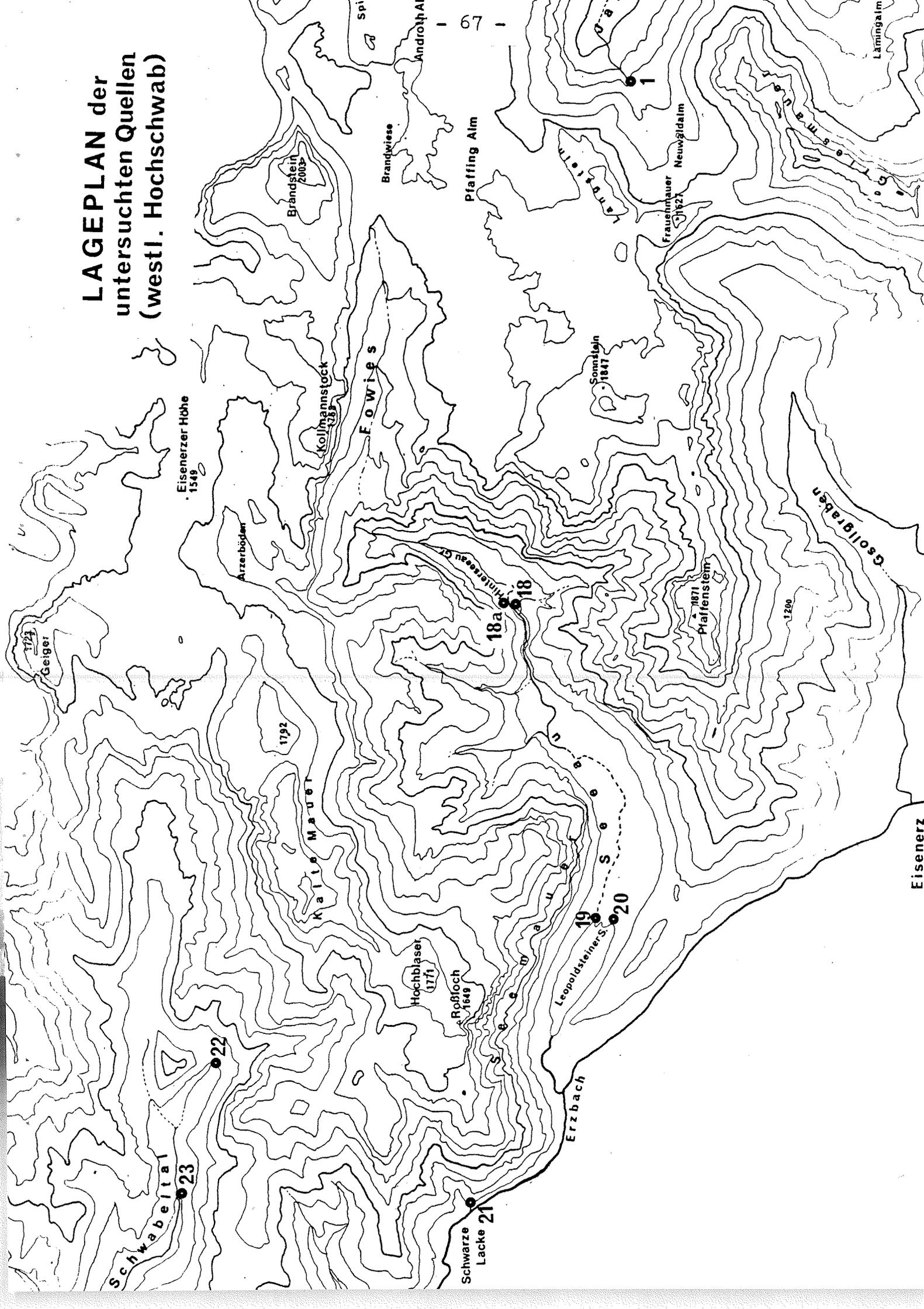
S 20	Quelle am Leopoldsteiner See)	
S 21	Schwarze Lacke)	siehe
S 22	Quelle im Schwabeltal)	Lageplan
S 23	Quelle im Schwabeltal)	
N 1	Brunnkogelquelle		
N 2	Schreierquelle		
N 3d,e,f,h,l	Siebenseequellen		
N 4	Säusensteinquelle		
N 5	Kräuterbrunnquelle		
N 6 l,r	Brunnseequellen		
N 7	Antenkarquelle		
N 8	Kläfferquelle		
N 9	Höllquelle		
N 10a,b	Brunngrabenquellen		
N 11	Pfannbauerquelle		

3. Die hydrochemisch-physikalischen Parameter der Quellwässer

Das Hochschwabgebiet liegt in wasserwirtschaftlicher Hinsicht sowohl im Interessensgebiet der Stadtgemeinde Wien als auch des Wasserverbandes Hochschwab-Süd. Die erste einheitliche Quellaufnahme stammt von J. ZÖTL (1961). Die von ihm in hydrochemischer Hinsicht erfaßte Karbonathärte (in °dH) bietet einen interessanten Vergleich in der regionalen Differenzierung der Alkalität, doch stellt sie auf der anderen Seite nur eine Momentaufnahme dar, die keine Rückschlüsse auf längerzeitliche Schwankungen der chemisch-physikalischen Eigenschaften zuläßt.

Einen guten Einblick in das Verhältnis Gestein-Wasser vermittelt die Summe der Erdalkalien ($\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$), die von den

LAGEPLAN der untersuchten Quellen (westl. Hochschwab)



oben angeführten Quellen in einer Meßreihe mit je 11 Werten sowohl vom Nord- als auch vom Südteil zwischen Oktober 1971 und August 1972 vorliegt. Ihre gemittelten Werte sind zusammen mit den Amplituden der Quellwassertemperatur innerhalb dieses Zeitraumes in Beilage I dargestellt.

Die linke Hälfte des Doppelbalkens gibt den mittleren Erdalkaliengehalt mit dessen Schwankungsbreite (in meV/l) wieder, während die rechte Seite des Blocks der Darstellung der Wassertemperatur vorbehalten ist. Hier repräsentiert die Höhe des vollen Balkens die Schwankung zwischen minimaler und maximaler Temperatur.

Der niedrigste Gehalt an Calcium und Magnesium kommt jenen Wässern zu, die direkt aus dem Kalk entspringen. So liegt der mittlere Erdalkaliengehalt bei der Schwarzen Lacke, bei den Quellen im Hinterseeaugraben, in der hinteren Jassing und bei der Kläfferquelle nur knapp über 2 meV/l. Dies ist ein Beispiel dafür, daß in den Kalken die unterirdische Erosion und Korrosion die größten Hohlräume geschaffen hat und das durchströmende Wasser nur eine relativ kleine Kontaktfläche zum Gestein vorfindet, um Feststoffe zu lösen. Parallel mit dem niedrigen $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ -Gehalt geht die große Schwankung der Erdalkalien innerhalb der 11-monatigen Meßperiode. Die Schwankungsbreite des Calciums und Magnesiums erreicht zusammen bei den Quellen N 8, S 21, S 19, S 18a, S 18, S 10, S 14 und S 15 mehr als 0,60 meV/l. Abgesehen von den drei letztgenannten Quellen trifft die Parallelität von großen Schwankungen im Chemismus mit einer schnellen Durchströmung des Aquifers infolge großlumiger Wasserwege zu. Diese Tatsache deckt sich auch größtenteils mit stärkeren Schwankungen der Quellschüttung. Alle diese Merkmale treffen für die Kläfferquelle (N 8) zu, wo allerdings auch bei Niederwasser noch eine beachtliche Schüttmenge abfließt.

In einem Gebirgsstock wie dem Hochschwab, wo die Kalkareale oft kaum merkbar in Dolomitbereiche übergehen, tritt natürlich auch eine Reihe von Mischquellen aus, deren Einzugsgebiete über mehrere stratigraphische Einheiten hinweggreifen. Die höchste Menge gelöster Stoffe führen Quellen aus dem Dolomit und den Lockersedimenten der Täler, wenn auch das Einzugsgebiet letzterer Gruppe in den karbonatischen Festgesteinen liegt. Typische Dolomitquellen sind im SE und am Ostrand des Massivs anzutreffen, so z.B. im Fölz- und hinteren Feistringgraben, wo die nach N einfallenden Werfener Schichten bei Erreichen der Talsohle die Basis der Vorflut für austretende unterirdische Wässer bilden. Im östlichen Teil der Zeller Staritzen, in einem Gebiet stärkerer Verbreitung von Wettersteindolomiten, tragen die Wässer der Brunngrabenquellen und der Pfannbauerquelle den typischen Habitus dolomitischen Hinterlandes. Die Wässer dieser Quellgruppen sind mit über 3 meV/l relativ hoch mineralisiert, was auf die feinverzweigten Wasserwege im Dolomit hinweist. Die unterirdische Speicherfähigkeit - Merkmale dafür sind die zeitlichen Schwankungen des Calciums und Magnesiums - ist unterschiedlich. So sind die Schwankungen der Dolomitquellen bei Gußwerk gering, während die Quellen im Fölz- und hinteren Feistringgraben stärkeren $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ -Konzentrationsunterschieden unterworfen sind.

Quellen aus dem Schutt und anderen Tallockersedimenten sind in erster Linie im Südabschnitt des Hochschwabs anzutreffen. Die Ilgnerbachquelle (S 10) und die Quellgruppe im Seegraben (S 15) weisen mit über 4 meV/l die höchsten $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ -Konzentrationen aller Quellwässer des Massivs auf. Dementsprechend muß ein Teil der Wasserbewegung im Untergrund im Lockermaterial erfolgen, das durch seine große Gesteinsoberfläche die besten Voraussetzungen für eine gute Benetzungsmög-

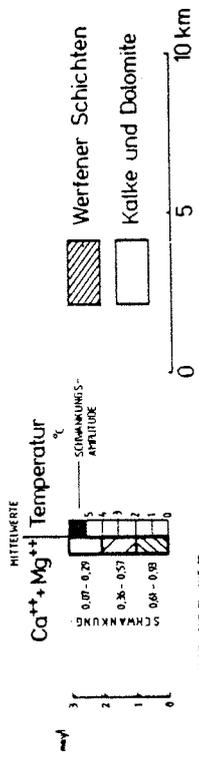
lichkeit durch das Wasser mit sich bringt. Die beachtliche Schwankungsbreite im Erdalkaliengehalt weist auf der anderen Seite darauf hin, daß die den tatsächlichen Austritt aus dem Festgestein überlagernden Lockersedimente die Wasser nicht länger speichern können, um dadurch eine bessere Durchmischung herbeizuführen. Besonders kraß dürfte diese Tatsache auf das Brunntal (N 61,r) zutreffen, wo die Quellen, aus dem Lockermaterial austretend, nur geringe Erdalkalikonzentrationen aufweisen. Dem groben, aus Kalk aufgebauten Schuttkörper des Brunntales kommt nur eine geringe Speicherfähigkeit zu, die Strömungsgeschwindigkeit dürfte hier nur kaum von jener im Kalk abweichen.

Bemerkenswerte Unterschiede auf engem Raum bietet der Chemismus der Siebenseequellen (N 3). Während die Austritte d, e und f im S den Habitus von Kalkquellen tragen, sind die Wasser von h und l (weiter im N) wesentlich höher mineralisiert, was auf einen unmittelbaren Einfluß der Dolomite oder auf ein Durchströmen von Lockermaterialabschnitten hinweist.

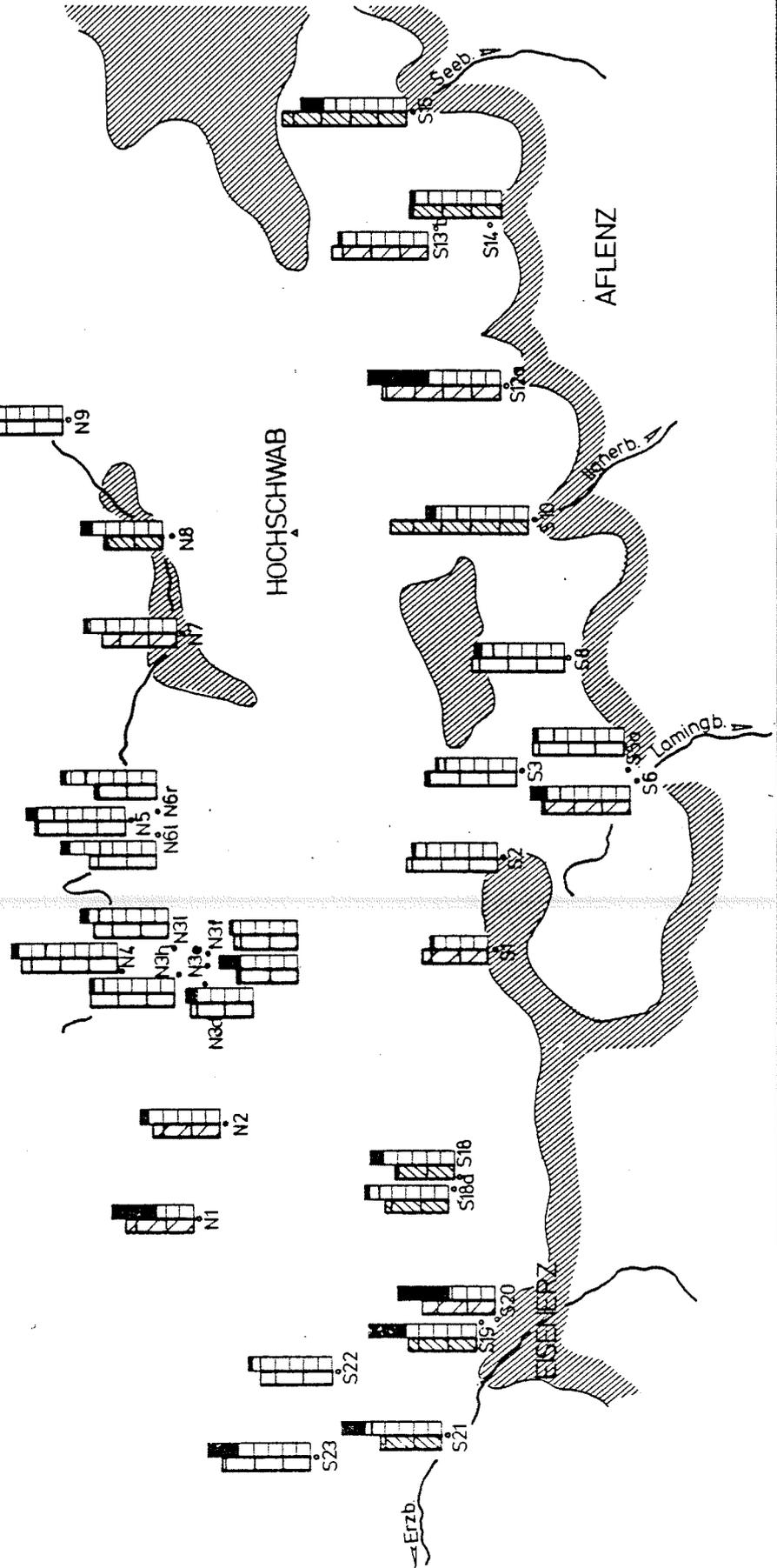
Beilage I gibt auch Temperaturschwankungen wieder, von denen sich Hinweise auf die unterirdische Speicherung ableiten lassen. Allerdings ist hier der Mischungscharakter hoch, so daß die Aussagekraft dieser Werte wohl hinter den chemischen Folgerungen zurückbleibt. Immerhin ist aber bei Quellen mit stärkeren hydrochemischen Schwankungen eine recht uneinheitliche Wassertemperatur über die 11 beobachteten Monate gegeben.

Für denselben Beobachtungszeitraum (Oktober 1971 - August 1972) stehen bei den Quellwässern im Südteil des Massivs Angaben über die elektrolytische Leitfähigkeit zur Verfügung (Tab. 2), die in ihren Durchschnittswerten im allgemeinen mit den Erdalkalikonzentrationen konform gehen.

CALCIUM-MAGNESIUM-TEMPERATURKARTOGRAMM HOCHSCHWAB



BEOBACHTUNGSZEIT: OKT 71 - AUG 72



Tab. 2: Mittelwerte der elektrolytischen Leitfähigkeit vom Oktober 1971 bis zum August 1972 (in Mikrosiemens/20°C) bei den untersuchten Wässern

S 1	199	S 14	267
S 2	279	S 15	376
S 3	275	S 18	158
S 5a	274	S 18a	182
S 6	279	S 19	193
S 8	258	S 20	216
S 10	400	S 21	192
S 12a	349	S 22	213
S 13b	283	S 23	258

Diese Meßwerte bestätigen die aus den Calcium- und Magnesiumdaten gewonnenen Ergebnisse, zumal auch die jahreszeitlichen Schwankungen der elektrolytischen Leitfähigkeit bei den einzelnen Quellen mit den Fluktuationen der Erdalkalien durchaus parallel verlaufen.

4. Tritiumuntersuchungen

Für eine wasserwirtschaftliche Nutzung von Quellvorkommen ist die Kenntnis der unterirdischen Speicherfähigkeit des Gesteins von entscheidender Bedeutung, wodurch im negativen Fall Fehlinvestitionen vermieden werden können. Durch konventionelle Methoden, wie etwa kontinuierliche Schüttungs- und Temperaturmessungen, ist es möglich, die jahreszeitliche Charakteristik einer Quelle in groben Zügen zu erfassen. Allerdings geben solche Messungen keine Auskunft über die Art der Durchmischung des Aquifers. So zeigt etwa der Schüttungshochstand zur Zeit der Schneeschmelze nicht an, ob die geschmolzene Schneerücklage schnell bei den Quellen wieder aus-

tritt oder ob älteres Wasser durch den erhöhten hydrostatischen Druck aus dem Bergleib gepreßt wird.

Eine hervorragende Möglichkeit zur Einstufung der Quellen hinsichtlich der Speicherfähigkeit ihres Hinterlandes bietet die Messung des radioaktiven Wasserstoffisotops Tritium (^3H , Halbwertszeit 12,25 Jahre), das von der Atmosphäre her in den Wasserkreislauf eingebunden wird. Die Konzentration wird in Tritiumeinheiten (T.U. = Tritium Unit) angegeben, ein T.U. entspricht dem Verhältnis von 10^{18} Wasserstoffatomen zu einem ^3H -Isotop. Die besondere hydrogeologische Aussagekraft wurde dem Tritium durch die in den 50-er Jahren begonnenen atmosphärischen Nuklearversuche verliehen, die zu einer gewaltigen ^3H -Impfung der Atmosphäre führte, wobei in der Folge der Tritiumgehalt des Niederschlages in die Höhe schnellte. Das Maximum wurde im Sommer 1963 (Wien 5.500 T.U.) erreicht. In den nächsten Jahren stellte sich eine fallende Ganglinie bis in das 70-er Dezennium ein, gegenwärtig schwankt der Tritiumgehalt des Niederschlages auf der nördlichen Hemisphäre etwa zwischen 50 und 200 T.U. Für hydrologische Aussagen bedeutend sind auch die jahreszeitlichen Schwankungen des Tritiums im Niederschlag, die sich in einem Zyklus sommerlicher Maxima und winterlicher Minima äußern. Die Ursache dafür liegt im Strömungsaustausch zwischen der Stratosphäre und Atmosphäre. Somit ist durch die Verwendung des Isotops Tritium bei hydrogeologischen Untersuchungen nicht nur die Kenntnis der Durchmischung des Aquifers als Funktion der Speicherfähigkeit möglich, sondern auch eine altersmäßige Einstufung der Quellwässer.

Aus dem Untersuchungsgebiet liegen vom Nordabschnitt Tritiumdaten in monatlichen oder zweimonatlichen Abständen zwischen Oktober 1971 und Februar 1973 vor. Die Quellen im Südteil des Hochschwabs wurden zwischen Juni 1971 und Juli 1972 monatlich

für Tritiumuntersuchungen beprobt. Somit ergibt sich ein vergleichbarer Zeitraum für die untersuchten Quellen des gesamten Massivs zwischen Oktober 1971 und Juli 1972.

4.1. Interpretation von Tritiummessungen anhand von Häufigkeitsdiagrammen

Eine grobe altersmäßige Gliederung der Quellwässer bringt die Darstellung der Tritiummessungen im Häufigkeitsdiagramm (Beilage II). Der Tritiumgehalt des Niederschlages bei den für den Untersuchungszeitraum repräsentativen Meßstationen Wildalpen, Weichselboden, Brunngraben und Seewiesen lag im Winter 1971/72 (November - Februar) zwischen 60 und 90 T.U. Einem starken Anstieg im März 1972 (allerdings nur in Weichselboden und Brunngraben) folgte im Sommer ein mittlerer Tritiumgehalt von knapp über 200 T.U. Dies ist als Grundlage für den Vergleich aller vorliegenden ^3H -Werte von Quellen zu betrachten:

1. Tritiumgehalt unter 200 T.U. mit einer breiten Streuung der Werte:

N 1	Brunnkogelquelle
N 2	Schreierquelle
N 4	Säusensteinquelle
N 8	Kläfferquelle
S 8	Schlaggrabenquelle
S 12a	Fölzgrabenquelle
S 13b	Feistringgrabenquelle
S 14	Sagmauerquelle
S 18	Quelle im Hinterseeaugraben
S 18a	Quelle im Hinterseeaugraben
S 19	Quelle am Leopoldsteiner See
S 21	Schwarze Lacke

Niedrige Tritiumwerte können im Detail nur dann aussagekräftig sein, wenn ihre Schwankungsbreite bekannt ist. Große Fluktuationen bei niedrigen Tritiumgehalten weisen auf eine geringe unterirdische Speicherung hin, da hier bei einem rezenten Input (niedrige ^3H -Konzentration) das Wasser im Aquifer kaum durchmischt wird, bevor es wieder austritt. In den Modellvorstellungen der Isotopenhydrologie entspricht dies einem modifizierten „Piston-flow“.

Ein großer Teil dieser Quellgruppe entwässert Kalkareale, lediglich der Wasseraustritt nördlich von Aflenz (Fölzgraben) entspringt aus dem Dolomit, der hier durch seine tektonische Bearbeitung stark gestört ist und keine große unterirdische Wasserspeicherung gewährt.

2. Tritiumgehalt mit breiter Streuung bis etwa 250 T.U.

N 5	Kräuterbrunnquelle
N 7	Antenkarquelle
S 1	Quelle in der hinteren Jassing
S 2	Sonnschienbachquelle
S 15	Seebachgrabenquelle
S 20	Quelle am Leopoldsteiner See
S 22	Quelle im Schwabeltal
S 23	Quelle im Schwabeltal

Die Gesteine im Einzugsgebiet dieser Quellen haben zwar eine etwas höhere Speicherfähigkeit als die erste Gruppe, doch weisen die starken Schwankungen des Tritiumgehaltes auf eine mindere Durchmischung des Aquifers hin, was hier auf ein ziemlich großes Einzugsgebiet der Wasseraustritte mit relativ großen Input-Output Entfernungen zurückgeführt werden kann. Bei den zwei aus dem Schutt tretenden Quellen S 15 (Seebach) und S 20 (Leopoldsteiner See) ist erkennbar, daß die aus der hy-

drochemischen Betrachtung hervorgegangene relativ gute Speicherung aufgrund der Tritiummessungen doch etwas unterschiedlich ist.

3. Hoher Tritiumgehalt mit breiter Streuung:

N	3d	Siebenseequelle
N	3e	Siebenseequelle
N	3f	Siebenseequelle
N	3l	Siebenseequelle
N	6l	Brunnseequelle
N	6r	Brunnseequelle
S	3	Klambachquelle
S	5a	Quelle am Pfarrerteich (Kreuzteich)
S	6	Quelle am Kreuzteich
S	10	Ilgnerbachquelle

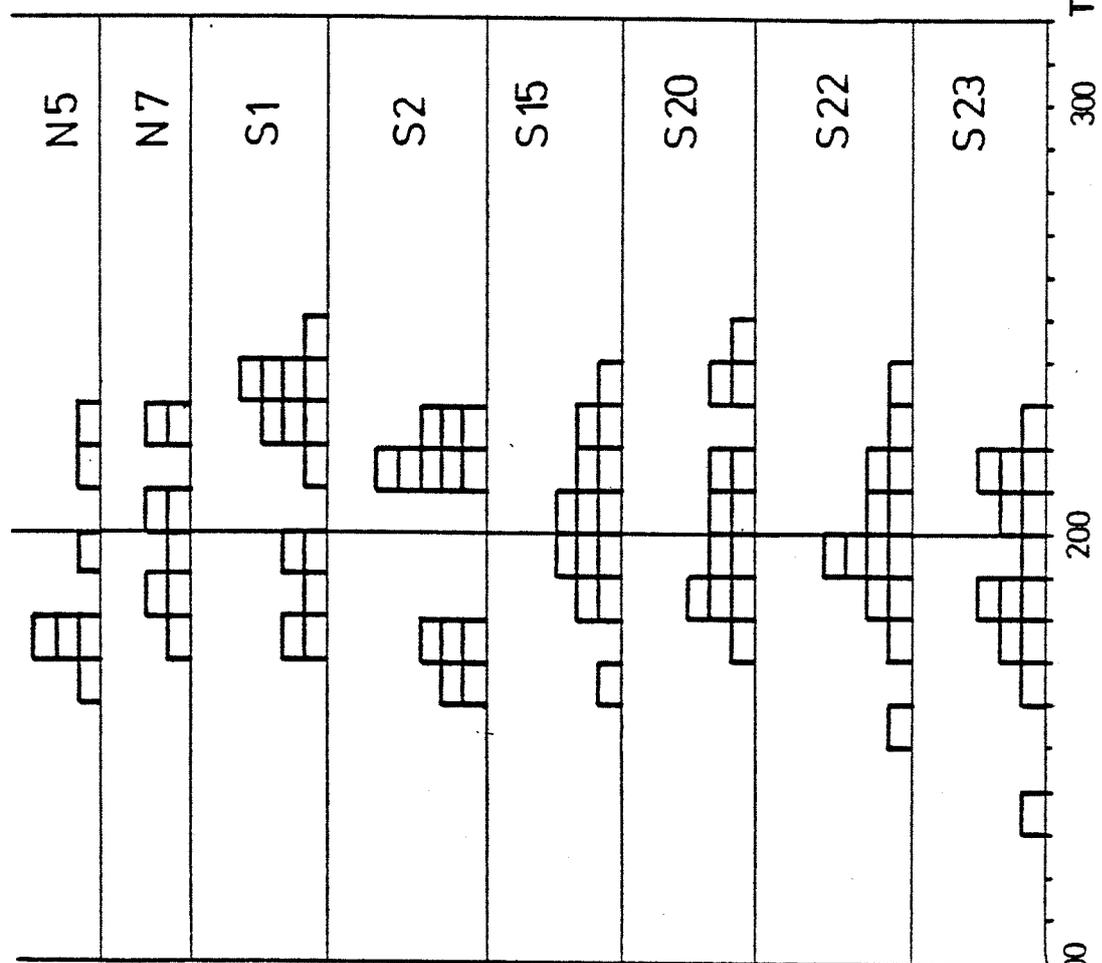
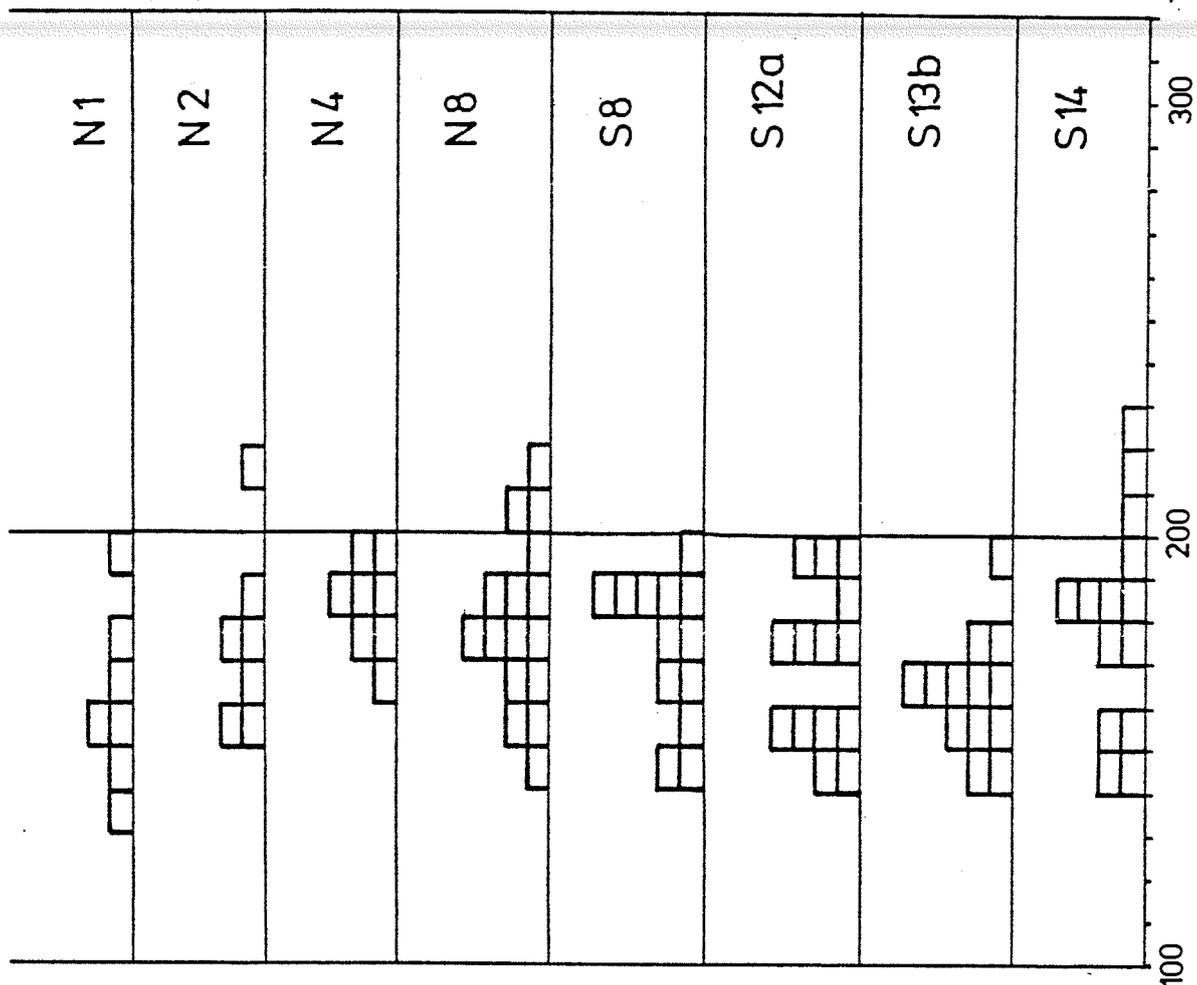
Die hohen Tritiumwerte - bis an die 300 T.U. - weisen auf eine relativ lange mittlere unterirdische Verweildauer der Quellwässer hin. Die leichte Streuung der Werte ist wohl in erster Linie auf eine Überlagerung durch jüngere Infiltrationswässer zurückzuführen. Eine bessere Differenzierung ist in dieser Gruppe mit Hilfe des Häufigkeitsdiagrammes nicht möglich.

4. Gleichmäßiger Tritiumgehalt in verschiedener Konzentrationshöhe:

N	3h	Siebenseequelle (160 - 180 T.U.)
N	9	Höllquelle (190 - 210 T.U.)
N	10a	Brunngrabenquelle (140 - 160 T.U.)
N	10b	Brunngrabenquelle (130 - 150 T.U.)
N	11	Pfannbauerquelle (100 - 120 T.U.)

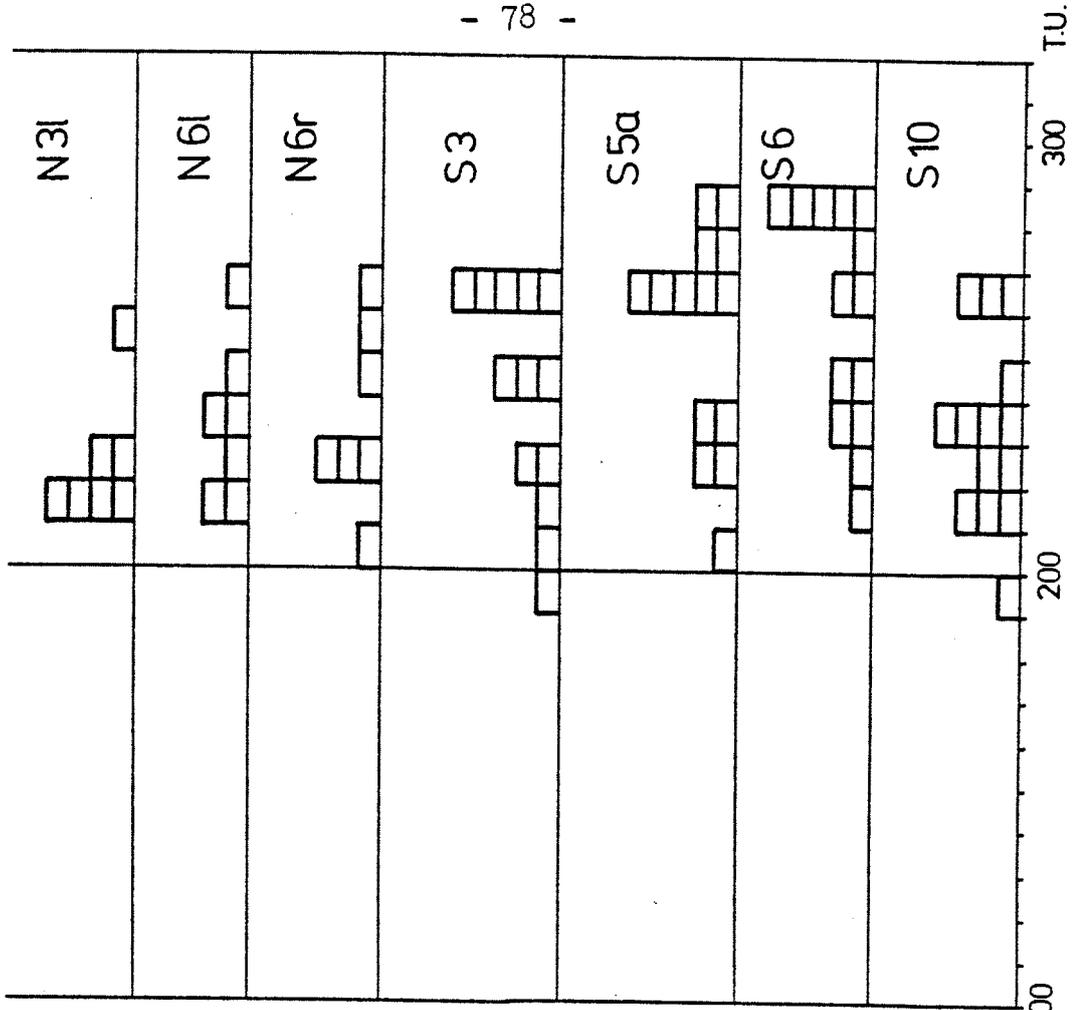
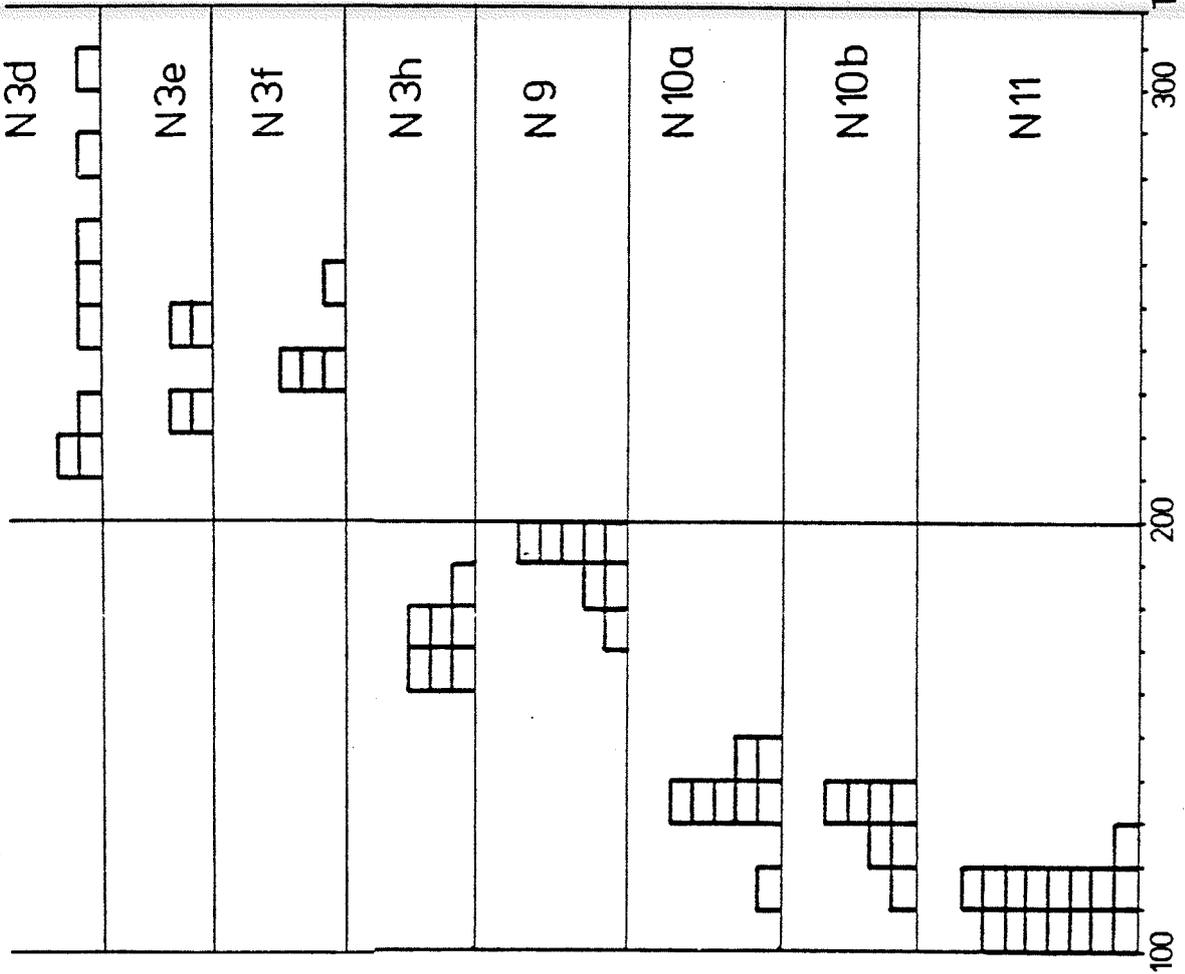
Den Wässern dieser Quellen kommt die beste unterirdische Speicherung zu, wobei die Mischung von älterem und jüngerem Wasser von Bedeutung sein dürfte. Infolge des sehr hohen

Tritium - Häufigkeitsdiagramme



Tritium - Häufigkeitsdiagramme

Forts. BI.II



Tritiumgehaltes von durchwegs 200 T.U. dürfte die Beimengung jüngeren Wassers bei der Höllquelle (N 9) nur minimal sein. Der Anteil rezenten Wassers ist bei der Pfannbauerquelle (N 11) sicher höher, doch auch dieser Infiltrationskörper ist fast vollständig durchmischt und entspricht etwa der hydrologischen Vorstellung eines Exponentialmodells.

4.2. Der jahreszeitliche Tritiumgang der Quellwässer

Um eine gute Vergleichsmöglichkeit der Tritiumganglinien zu erhalten, wurden ausgewählte Wässer in 5 Quellgruppen nach regionalen Gesichtspunkten zusammengefaßt:

- Gruppe Salza
- Gruppe Siebensee
- Gruppe Eisenerz
- Gruppe Tragöß
- Gruppe Aflenz

Innerhalb der Gruppe Salza (Fig. 1) wurden die Tritiumganglinien der Brunnseequelle (N 6r), Kläfferquelle (N 8), Höllquelle (N 9) und Pfannbauerquelle (N 11) dargestellt. Auffallend ist dabei das völlige Herausfallen der Quelle N 11 mit einer nahezu schwankungslosen Ganglinie um 110 T.U. Das winterliche Konzentrationsminimum im Niederschlag ist hier nicht zu erkennen, die leichten Unregelmäßigkeiten im ^3H -Gehalt liegen innerhalb der Meßgenauigkeit. Die Ursache der niedrigen ausgeglichenen Tritium-Ganglinie liegt in einer Grundkomponente alten Wassers mit einer gleichmäßigen Beimengung jungen Wassers in Form einer Verschmelzung zweier fast vollkommen durchmischter Aquifers. Ähnlich verhält es sich bei der Höllquelle, nur tritt dort der junge Anteil von Infiltrationswässern stark zurück. Ein deutliches Abbild der Niederschlags-

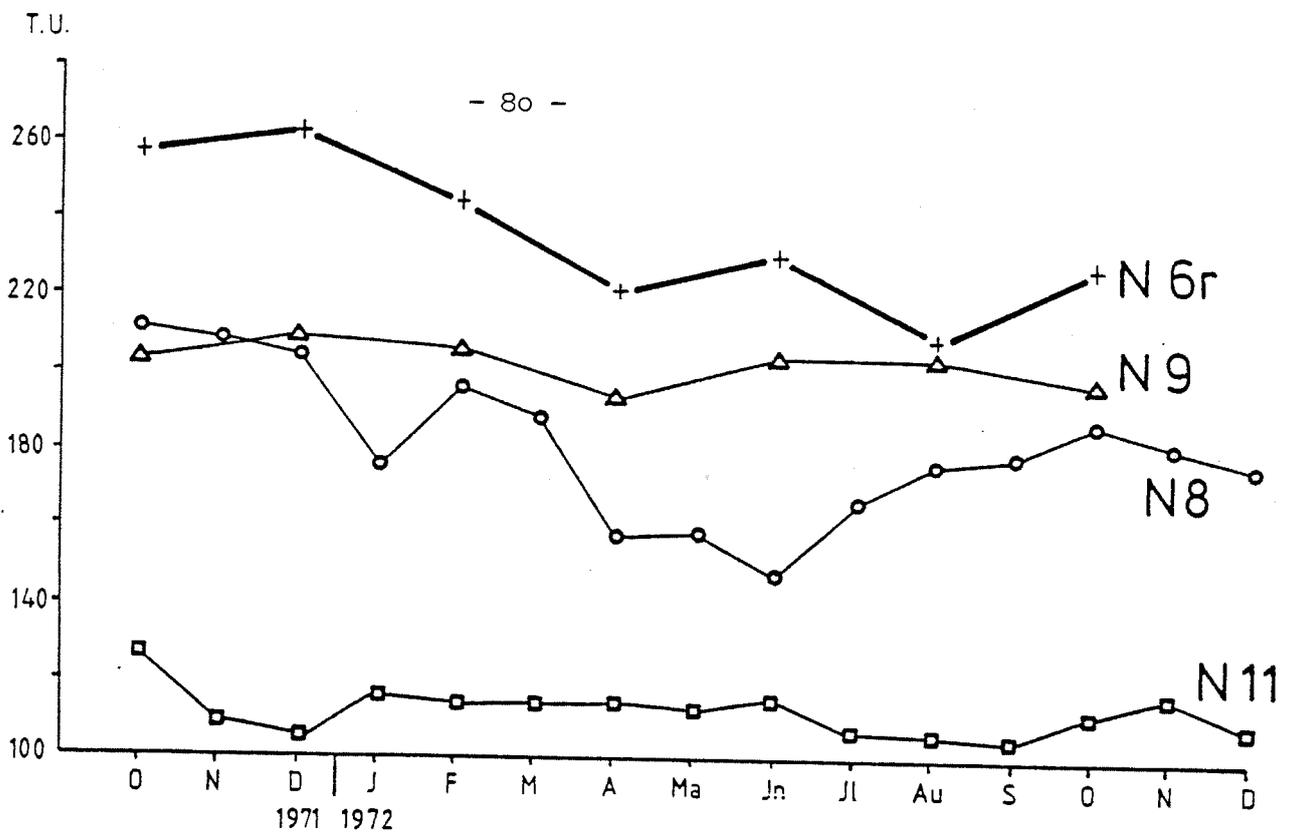


Fig. 1: Der Tritiumgang von Quellwässern der Gruppe Salza

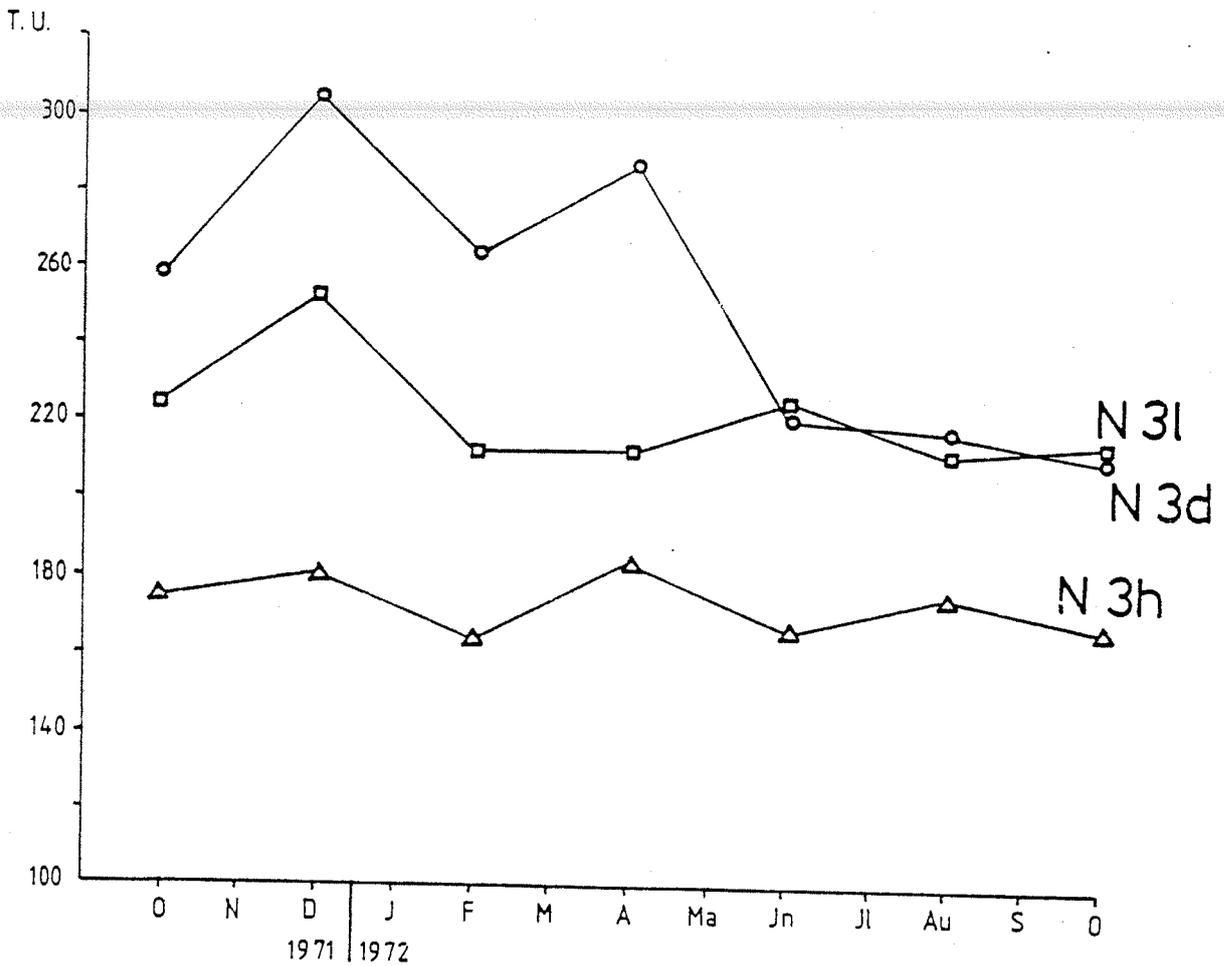


Fig. 2: Der Tritiumgang bei den Siebenseequellen

schwankungen im Tritiumgehalt bietet hingegen die Kläfferquelle (N 8). Das Minimum im Juni zeigt den hohen Schmelzwasseranteil zu dieser Zeit. Die Jahresamplitude zwischen 150 und 210 T.U. gibt den gedämpften zeitversetzten Niederschlagsgang wieder, wo zwar - wohl aufgrund der enormen Größe des Einzugsgebietes - eine geringe Mischung der Wässer erfolgt, es aber im ganzen doch zu einer raschen Entleerung des Systems kommt. Die Brunnseequellen (N 6) liegen in ihrer Charakteristik zwischen den Wässern N 9 und N 8. Der hohe Tritiumgehalt weist sie als relativ alte Wässer aus, der beachtliche Konzentrationsabfall hingegen spricht gegen eine gute Durchmischung des Aquifers, die aber immer noch so weit vorhanden ist, als die jährlichen Unregelmäßigkeiten des Niederschlages ausgeglichen werden können.

Für die hydrogeologische Betrachtung dieser Gruppe beachtenswert ist die Größe des Einzugsgebietes der Kläfferquelle. Ihr kommt vor allem der Verlauf der beiden Antiklinalen zugute, durch deren Lage die liegenden Werfener Wasserstauer unterirdische Wasserscheiden bilden. So stehen die Schiefer am Seeberg und bei Gollrad sehr hoch an und zwingen das Berggrundwasser der Aflenzer Staritzen vornehmlich an ihrer Nordflanke nach N und NW zu strömen. Die Verbindung zu den Kläfferquellen wurde auch durch einen kombinierten Markierungsversuch von F. BAUER (1972) nachgewiesen.

In der Zeller Staritzen haben sich in ihrer Eigenheit zwei spezifische Aquifer ausgebildet. Hier dürften die im allgemeinen den Westteil aufbauenden Wettersteinkalke eine liegende hydrogeologische Verbindung bis zur Pfannbauerquelle besitzen, wo in der westlichen Umgebung eine Mischung mit den Dolomitwässern erfolgt. Der Kalkaquifer muß im NW einer passiven Speicherung unterliegen. In diesem Fall befindet sich die Basis des Horizontes aufgrund der gezogenen

Schlüsse aus der Tritiumganglinie tiefer als die Austrittsstelle der Höllquelle.

Im Brunntal ist den Quellen (N 6) ein relativ mächtiger Kalkschutt unterlagert, der in seiner Speicherfähigkeit zwar nicht mit den Lockerablagerungen auf der Südseite des Massivs vergleichbar ist, aber dennoch einen Stau im Dachsteinkalk des Hinterlandes hervorruft. Es treten daher relativ alte Wässer in den Kalkgrobschutt des Brunntales ein.

Von besonderem Interesse ist der Tritiumverlauf im Bereich der Siebenquellen (Fig. 2). Die Wässer der Austritte N 3e und N 3f sind nur bedingt verwendbar, da nur 4 Messungen vorliegen. Sie dürften aber im groben der Ganglinie von N 3 l entsprechen, dessen Wasser dolomitischen Ursprungs ist. Die größten Schwankungen des Tritiumgehaltes zeigen sich bei N 3d, die schlecht durchmischt austritt. Die günstigste Speichermöglichkeit findet man bei der Quelle N 3h vor, wobei die lockere Talfüllung eine größere Speicherfähigkeit garantiert.

Im W des Untersuchungsgebietes wurde innerhalb der Gruppe Eisenerz (Fig. 3) die Schwarze Lacke (S 21), die Schuttquelle am Leopoldsteiner See (S 20), eine Quelle im Hinterseeaugraben (S 18) und eine Quelle im Schwabeltal (S 23) für einen Vergleich der Tritiumganglinien herangezogen. Dabei zeigt es sich, daß alle 4 Quellen mehr oder weniger starken Tritiumschwankungen unterworfen sind. Lediglich die Quelle S 20 mit dem schwankungsausgleichenden Schuttaquifer im unittelbaren Hinterland bietet wohl aus diesem Grund erwähnenswerte Speichermöglichkeiten. So widerspiegelt die Tritiumganglinie dieser Quelle mit im allgemeinen fallender Tendenz in ihren Schwankungen nur undeutlich die maximalen und minimalen Inputkonzentrationen durch den Niederschlag. Fast parallel verlaufen die Ganglinien der Quellen S 18 und S 21 mit einem

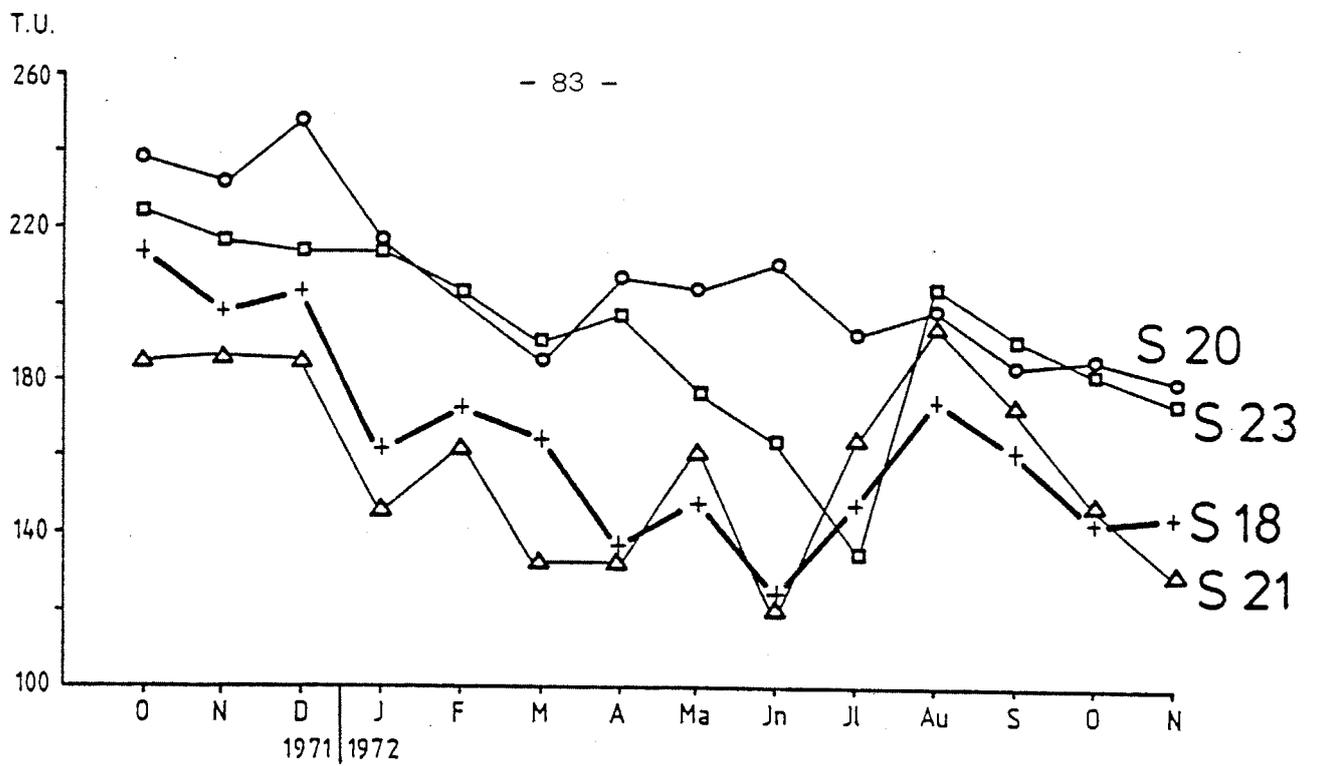


Fig. 3: Der Tritiumgang von Quellwässern der Gruppe Eisenerz

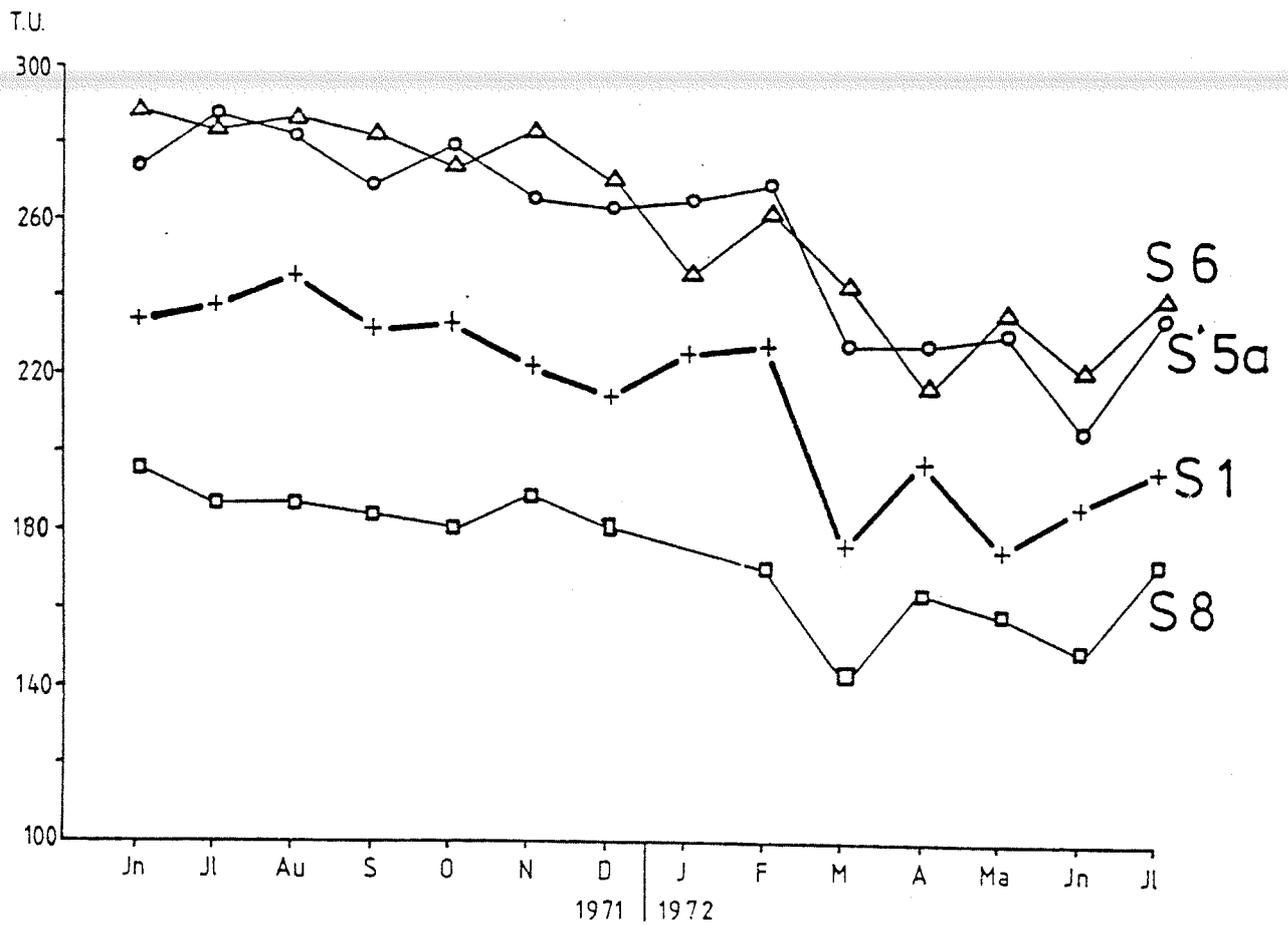


Fig. 4: Der Tritiumgang von Quellwässern der Gruppe Tragöb

schwankungsbreiten Minimum im Frühjahr und Frühsommer als Ausdruck einer sehr geringen Speicherfähigkeit im Aquifer. Die Quelle S 23 im Schwabeltal läßt sich zwischen diese beiden Gruppen einstufen.

Die Gruppe Tragöß (Fig. 4) umfaßt die Tritiumganglinien im zentralen südlichen Bereich des Hochschwabs mit den Quellen beim Kreuzteich (S 5a, S 6), der Quelle in der hinteren Jassing (S 1) und der Schlaggrabenquelle (S 8). Allen 4 Wässern ist eine fallende Tendenz des Tritiumgehaltes eigen. Der Tritiumgang bei den Quellen in der Nähe des Kreuzteiches ist durchaus gleichlaufend und zeigt eine relativ hohe unterirdische Verweildauer, was allerdings nicht mit einer guten Durchmischung gleichzusetzen ist. Dies zeigt auch das zwar nicht extreme aber doch deutliche Tritiumminimum zwischen März und Juni 1972. Geringere Verweilzeiten als die beiden Kreuzteichquellen weisen die Wässer S 1 und S 8 auf, wobei die Jassingquelle stärkeren Schwankungen unterliegt. Die relativ geringen Konzentrationsunterschiede bei S 8 zeigen, daß eine gute Durchmischung des Aquifers durchaus nicht immer mit einer langen unterirdischen Verweildauer des Wassers einhergeht.

Vom südöstlichsten Zipfel des Hochschwabs wurden die Tritiumganglinien der Quellwässer S 10 (Ilgnerbachquelle), S 13b (Feistringgrabenquelle), S 14 (Sagmauerquelle) und S 15 (Seebachgrabenquelle) zur Gruppe Aflenz (Fig. 5) zusammengefaßt. Hier fällt die Ilgnerbachquelle durch ihren höchsten Tritiumgang heraus, ihr Wasser ist am längsten im Untergrund gespeichert. Obwohl Schwankungen im Jahresgang vorhanden sind, ist kein direkter Einfluß des winterlichen Inputminimums erkennbar. Eine deutliche Tritiummulde im Frühjahr schlägt sich bei den Quellen im Feistring- und Seegraben nieder, ein Ausdruck schlechter Durchmischung des Horizontes.

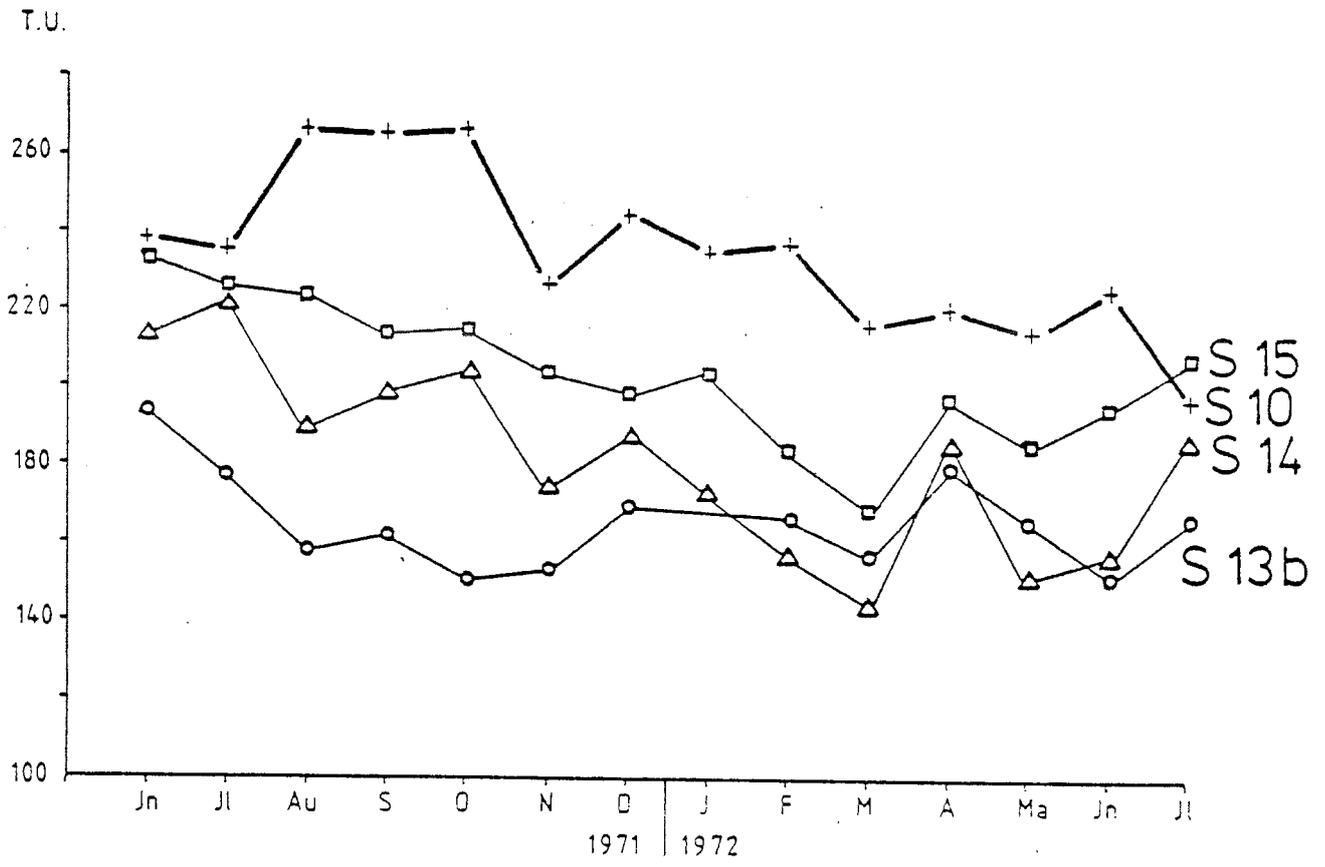
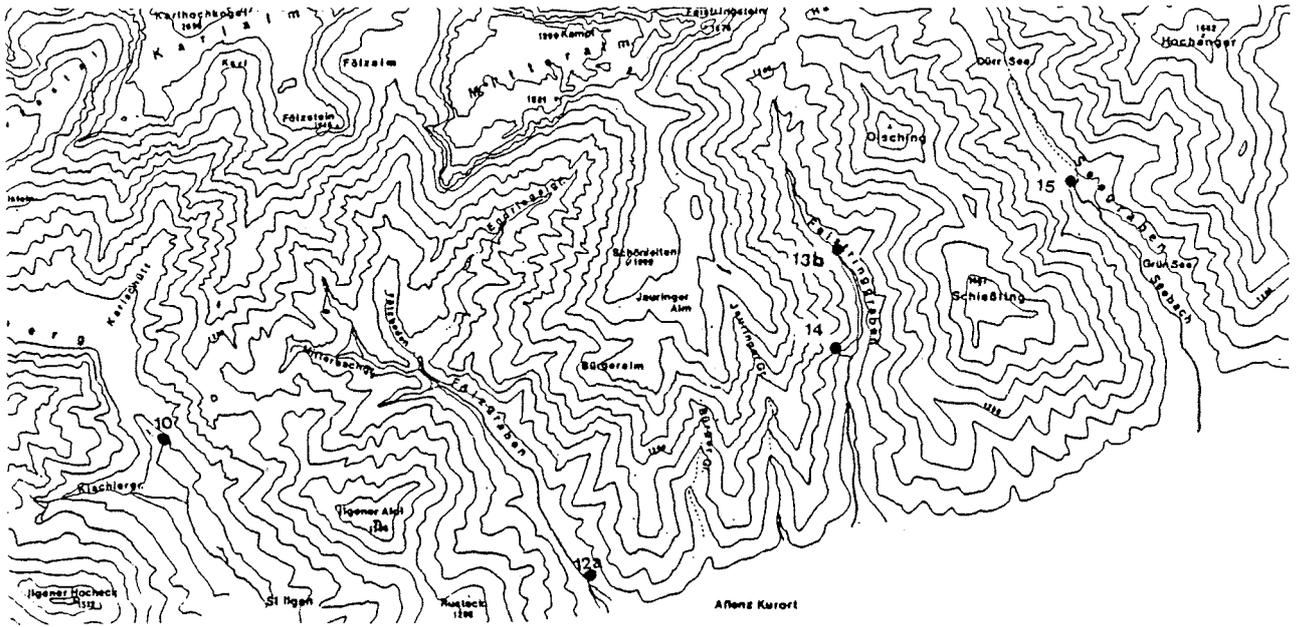


Fig. 5: Der Tritiumgang von Quellwässern der Gruppe Aflenz

4.3. Altersmodelle auf der Grundlage von Tritiummessungen

Modelle für die Berechnung der unterirdischen Fließzeit entstammen dem physikalischen Denken über die schematische Festlegung der Wasserbewegung im Aquifer. Beim „Piston-flow“-Modell wird angenommen, daß das Wasser völlig unvermischt nach einer bestimmten Fließzeit im Grundwasserkörper wieder an die Oberfläche gelangt. In diesem Fall müßte im Aquifer der eindringende Wasseranteil einen anderen verdrängen, ohne daß die Kontaktfläche dazwischen verwischt wird. Dies ist praktisch unmöglich, weil immer eine gewisse Durchmischung des Aquifers erfolgt. Etwas realistischer ist die Vorstellung einer vollkommenen Durchmischung, die durch das Exponentialmodell repräsentiert wird. In diesem Fall müßte sich das infiltrierte Wasserpaket im Grundwasserhorizont sofort homogen verteilen. Die praktische Anwendung dieses Modells ist allerdings nur in Extremfällen möglich, nämlich dort, wo eine nahezu schwankungslose Tritium-Ganglinie eine fast vollkommene Durchmischung des Aquifers voraussetzt. Solcherart läßt sich die mittlere unterirdische Verweildauer nach H. ÖSCHGER & A. GUGELMANN (1974) nach folgenden Faktoren berechnen:

$$C_{out} = C_{in} \frac{1}{1 + nT_0}$$

C_{out} = Output-Konzentration
 C_{in} = Input-Konzentration
 nT_0 = mittlere Verweildauer

Aus den Tritium-Ganglinien in den Figuren 1 - 5 lassen sich nur wenige Wässer gut durchmischter Aquifer in die Auswahlkategorie für eine Altersberechnung einordnen. So wurde für die Pfannbauerquelle (N 11) ein mittleres Alter ihres Wassers von 6 Jahren errechnet. Hydrogeologisch ist hierzu aber zu be-

merken, daß hier die Verweilzeit der Anteilswässer stark divergiert, d.h. zu älterem Wasser gelangt in gleichmäßiger Form junges Wasser hinzu. Als Speicher für den älteren Anteil ist der Wettersteinkalk im W maßgebend, dessen Aquifer - in einem Trog liegend - nach E (N 11) und W (N 9) entwässert. Die Höllquelle (N 9), die ausschließlich aus diesem (alten) Reservoir zehrt, dürfte etwa 9 - 10 Jahre altes Wasser schütten.

Im südlichen Teil wurde die Quelle S 5a (beim Kreuzteich) für eine Altersberechnung herangezogen, obwohl die kurzfristigen Tritiumschwankungen beachtlich sind, ein Zeichen deutlichen Zutritts rezenteren Wassers. Infolge der hohen Tritiumwerte wurde eine mittlere unterirdische Verweildauer des Wassers von 8 - 9 Jahren errechnet. Hingegen braucht das Wasser der Quelle S 8 - obwohl besser durchmischt - nur etwa 7 - 8 Jahre von der Versickerung bis zum Austritt bei der Quelle.

5. Die Beziehung Tritiumgehalt - Chemismus der Wässer

Aus der Betrachtung der Tritiumanalysen ergaben sich zwei Faktoren, die eine gültige Interpretation der Meßdaten zulassen: Das Maß der Tritiumschwankungen als Hinweis auf die Durchmischung des Aquifers und die Höhe der Tritiumkonzentration als Basis für eine altersmäßige Einstufung der Wässer. Diese beiden Komponenten - vereint mit dem HCO_3^- -Gehalt als Ausdruck der Lösung fester Gesteinsbestandteile - sind in Fig. 6 dargestellt. Dabei lassen sich die Wässer in 4 Gruppen zusammenfassen, von denen die beiden ersten von einiger wasserwirtschaftlicher Bedeutung sind.



- 5,9 meV l
- ▲ 5,9 - 7,3
- 7,6 - 8,9

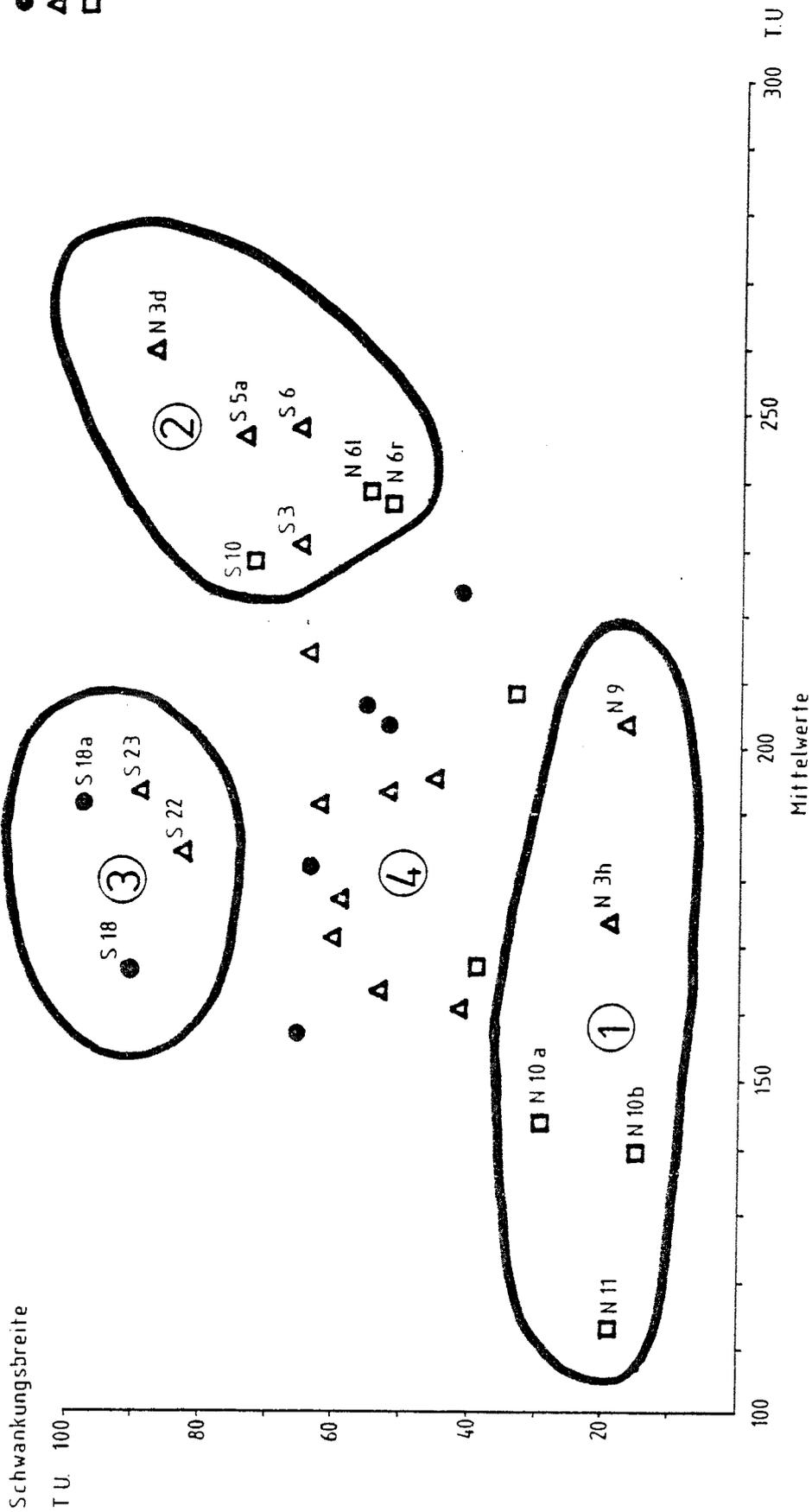


Fig. 6: Tritiumdiagramm von Quellwässern mit Kennwerten des HCO_3^- - Gehaltes

1. Pfannbauerquelle (N 11)
Brunngrabenquelle (N 10a,b)
Höllquelle (N 9)
Siebenseequelle (N 3h)

Die hydrogeologische Bedeutung dieser Quellen ist in der geringen Schwankungsamplitude des Tritiumgehaltes zu suchen, was eine gute Durchmischung des Aquifers voraussetzt. Dies ist wiederum nur möglich, wenn immer genügend Wasser im Grundwasserkörper vorhanden ist, um eine homogene Verteilung frisch infiltrierter Wässer zu garantieren. Es fällt auch auf, daß die Wässer dieser Gruppe durchwegs hoch mineralisiert sind, was auf eine Dolomitentwässerung oder eine lange Speicherung in einem Kalkaquifer (z.B. bei N 9) hinweist.

2. Siebenseequelle (N 3d)
Brunnseequellen (N 6 1,r)
Klambachquelle (S 3)
Quellen beim Kreuzteich (S 5a, 6)
Ilgnerbachquelle (S 10)

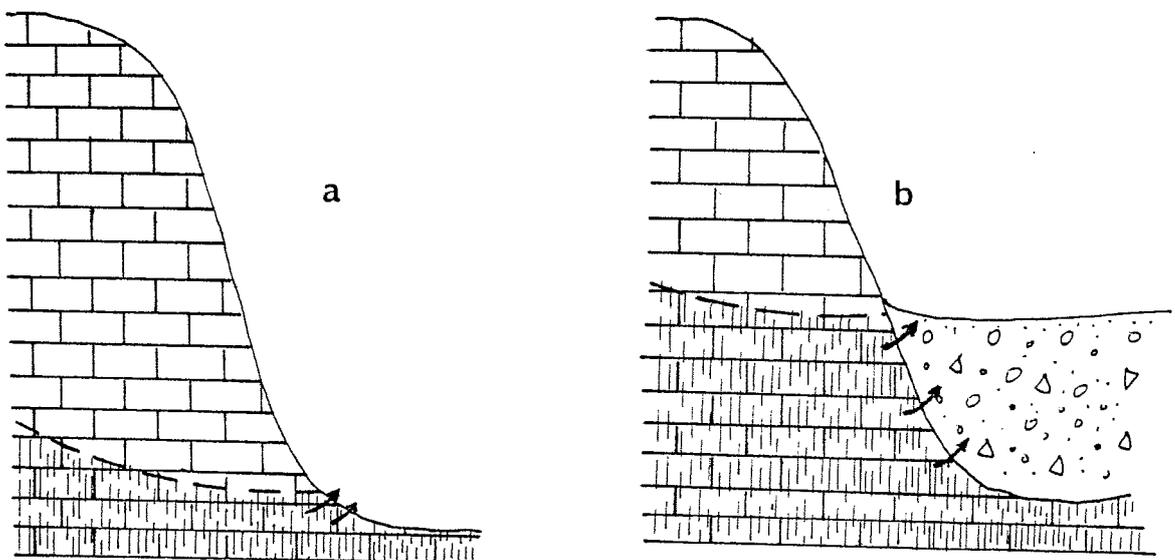
Die wasserwirtschaftliche Bedeutung dieser Wasseraustritte liegt - erkennbar durch den relativ hohen mittleren Tritiumgehalt - in der ziemlich langen unterirdischen Verweildauer der Wässer. Die größere Schwankungsbreite wird durch eine rezente Infiltration von Niederschlagswässern während des gesamten Jahres hervorgerufen, die den naturbedingten, zeitlich längeren Tritiumabfall überlagern. Auch hier stellt sich ein generell hoher HCO_3^- -Gehalt ein, der sich besonders bei den aus dem Schutt entspringenden Quellen (S 10, N 6d) ausdrückt, wo das Wasser im Untergrund bessere Lösungsmöglichkeiten vorfindet.

Der Kreis schließt sich in einer Gruppe von ^3H -schwankungsreichen und chemisch niedrig konzentrierten Wässern(3), von

denen die Quellen im Hinterseeaugraben mit einem besonders schlechten unterirdischen Speicher herausragen. Die übrigen Wasseraustritte führen wohl Mischwasser (4) mit Übergängen zu allen drei oben erwähnten Quellgruppen.

6. Zusammenfassung

Hydrochemische und isotopenhydrologische Untersuchungen führten zu einer Klassifizierung der wichtigsten Quellaustritte des Hochschwabmassivs. Es ist dabei augenscheinlich, daß die Quellen mit einer besseren Durchmischung des Horizontes im N und NE austreten, während im südlichen Abschnitt Wasser oft länger unterirdisch gespeichert werden. Hier überlagert allerdings ein rezenter Infiltrationsanteil die älteren Karstwässer und bedingt somit einen stärker schwankenden Tritiumgang. Ein typisches Beispiel dafür sind die Quellen beim Kreuzteich. Die Ursache für die relativ alten Wasser dieses Gebietes liegt in der mächtigen Auffüllung der weit nach N zurückreichenden Täler durch Lockermaterial. Man muß bedenken, daß das ursprüngliche Vorflutniveau in diesem Bereich wesentlich tiefer lag, auf das sich die Entwässerung seinerzeit eingestellt hat (siehe Skizze, a). Durch die äußerst inhomogene Auffüllung der Täler



in einer Abfolge glazialer Reste und unregelmäßigen Hangschutts verlagerte sich der Austritt der Quellen nahezu vertikal nach oben, weil die Lockersedimente nicht in der Lage sind, das gesamte aus dem Festgestein austretende Wasser aufzunehmen (z.B. Ilgnerbachquelle), so daß vielerorts Wallerquellen auftreten. Da jedoch das Reservoir bis zur Basis der ehemaligen Vorflut hinunterreicht, besteht ein beachtlicher unterirdischer Speicherraum, der die Infiltrationswässer relativ lange in sich aufnimmt (s. Skizze, b).

Es bieten sich daher für eine wasserwirtschaftliche Nutzung im Südteil des Hochschwabs besonders jene Bereiche an, wo größere Quellen aus den mit Lockermaterial aufgefüllten Tälern austreten, da gerade dort - wie die vorliegende Untersuchung zeigt - ein beachtliches Wasserangebot vorhanden ist, das weit über die natürlich in den Quellen austretenden Mengen hinausgeht:

S 20	Leopoldsteiner See
S 5a, S 6	Kreuzteich
S 10	Ilgnerthal

7. Literatur

Bauer, F.: Bericht über den Markierungsversuch Hochschwab 1971. - Unveröff. Bericht, Wien 1972.

Öschger, H. und Gugelmann, A.: Das geophysikalische Verhalten der Umweltisotope als Basis für Modellrechnungen in der Isotopenhydrologie. - ÖWW, Sh., 26, Wien 1974.

Zötl, J.: Die Hydrographie des nordostalpinen Karstes. - Steir. Beitr. Hydrogeol., 2, Graz 1961.

Anschrift des Verfassers:

Dozent Dr. Hans Zojer
Institut für Geothermie und angewandte
Hydrogeologie am Forschungszentrum Graz
Elisabethstraße 16, 8010 Graz

GRUND- UND KARSTWASSERUNTERSUCHUNGEN IM
„SÜDLICHEN HOCHSCHWAB“

Chemische und bakteriologische Untersuchungen

von

H.Krainer
und
H.Ertl.

1) Einleitung

Das Referat für Gewässeraufsicht und Gewässerschutz führte in Zusammenarbeit mit dem Referat für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung in den Jahren 1976 bis 1978 Grund- und Karstwasseruntersuchungen im südlichen Teil des Hochschwabs, und zwar im Bereich Tragöbital und Seegraben, durch. Zu diesem Zweck wurden nicht nur die in diesem Bereich niedergebrachten Bohrbrunnen, von denen 3 auch zur Durchführung von Pumpversuchen ausgebaut worden sind (BT 4, BT 6 und BT 11), sondern auch zahlreiche Quellen, von denen einige bereits zur Wasserversorgung herangezogen werden, untersucht. Zweck dieser Untersuchung war es, einerseits Aufschlüsse über den Chemismus dieser Wässer und die Eignung des erschroteten Grundwassers als Trink- und Brauchwasser zu erhalten, andererseits sollte durch eine mehrmalige Untersuchung der Hauptbohrung in Oberdorf (BT 4) festgestellt werden, ob sulfatreiches Wasser aus dem Haringbach oder dessen Einzugsgebiet während der Pumpversuche oder jahreszeitlich bedingt in den Bereich dieser Bohrung gelangt.

2) Untersuchungsstellen

Im Tragöbital wurden 5 Bohrbrunnen, 11 Quellen, der Überlauf der Wasserversorgungsanlage Oberort und der Haringbach, zum Teil mehrmals, untersucht. Im Seegraben erfolgte die Untersuchung des Wassers aus einem Bohrbrunnen und von 5 Quellen. Im einzelnen sind die untersuchten Bohrbrunnen und Quellen in der nachfolgenden Tabelle angeführt; die in der anschließenden Darstellung der Untersuchungsergebnisse angeführten Zahlen entsprechen dieser Aufstellung und stimmen mit den Zahlen in den Planunterlagen überein:

VERZEICHNIS DER UNTERSUCHUNGSSTELLEN *)

TragöBtal

- 1 Quelle 5
- 2 " 1
- 3 " 8 (Pfarrer Teich)
- 4 Quelle, dient der Wasserversorgung des Hauses Oberort 31
- 5 Ortswasserversorgung TragöB Oberort (Überlauf)
- 6 Quelle, dient der Wasserversorgung des Hauses Oberort 26
- 7 Quelle neben dem Haus TragöB Oberort 24
- 8 Quelle 16
- 9 Quelle 12 und 13
- 10 Haring-Bach
- 11 Abfluß Kreuzteich
- 12 Bohrbrunnen BT 2
- 13 Offenes Gerinne (Wasser des Kreuzteiches)
- 14 Quelle 25
- 15 Bohrbrunnen BT 4 (\varnothing 600 mm)
- 16 Bohrung Galgenwald BT 6 (\varnothing 500 mm)
- 17 Quellen im Galgenwald
- 18 Bohrbrunnen BT 9
- 19 Bohrbrunnen BT 11 (\varnothing 500 mm)

Seegraben

- 1 Bohrbrunnen BS II
- 2 Quelle MÜ 1 (bei Meßüberfall 1)
- 3 " MÜ 2 (bei Meßüberfall 2)
- 4 Quelle 1
- 5 Quelle 2
- 6 Quelle MÜ 3 (bei Meßüberfall 3)

*) Lage der Untersuchungsstellen
TragöBtal und Seegraben Seiten 105/106.

3) Darstellung der Untersuchungsergebnisse

Als Kriterium für die Beurteilung der erschroteten Wässer im Hinblick auf deren eventuelle spätere Nutzung als Trinkwasser wurden unter Berücksichtigung des ÖNORM-Entwurfes M 6250 „Öffentliche Trinkwasserversorgung, Anforderung an die Beschaffenheit des Trinkwassers“, vor allem ihr Sauerstoffgehalt, der Gehalt an Eisen und Mangan, ihr Gehalt an Verschmutzungsindikatoren wie Ammonium, Nitrit und Phosphat, der Kaliumpermanganatverbrauch als Zeichen einer Verunreinigung mit organischen Stoffen, sowie ihr bakteriologischer Befund herangezogen. Die Untersuchungsergebnisse sind in den Tabellen 1 und 2 zusammengefaßt.

Grund- und Quellwässer im Tragöbital

Der Bohrbrunnen BT 4 (Nr. 15) wurde mit einem \varnothing von 600 mm bis zu einer Tiefe von 37 m östlich der Ortschaft Oberort auf einer Wiese niedergebracht. Das Wasser dieses Bohrbrunnens wurde insgesamt achtmal chemisch und bakteriologisch untersucht; es ist als mittelhart bis ziemlich hart und leicht alkalisch zu bezeichnen und wies einen hohen Sauerstoffgehalt zwischen 8,3 und 9,7 mg/l auf. Ammonium und Phosphat waren in keiner Probe nachweisbar; ein sehr geringer Nitritgehalt (0,012 mg/l berechnet als NO_2) konnte am 17.10.1977 und ein Eisengehalt von 0,23 mg/l am 18.4.1977 nachgewiesen werden. Auch in bakteriologischer Hinsicht wurden durchwegs günstige Ergebnisse erzielt. Coliforme Keime waren bei keiner Untersuchung nachzuweisen; die Keimzahlen lagen durchwegs weit unterhalb des in obzittierter ÖNORM festgesetzten Grenzwertes von 100 Keimkolonien/ml.

An diesem Brunnen wurde ein Pumpversuch in 2 Stufen in der Zeit vom 31.1.1977 bis 6.2.1977 mit 74 l/s und vom 6.2.1977

bis 23.2.1977 mit 153 l/s durchgeführt; in der Zeit vom 18.4.1977 bis 12.5.1977 erfolgte mit einer Förderleistung von 120 l/s ein weiterer Pumpversuch.

Aus den in Tabelle angeführten Analysendaten ist ersichtlich, daß die vor dem 2-stufigen Pumpversuch erhaltenen Analysendaten (25.1.1977) den nach Wiederaufspiegelung des Grundwassers zu Beginn des 3. Pumpversuches (18.4.1977) erhaltenen Daten ähneln. Während des 2-stufigen Pumpversuches stieg die Härte von 11,8°dH über 12°dH auf 12,3°dH, die Karbonathärte von 8,3°dH über 8,5°dH auf 8,9°dH, während der Sulfatgehalt von 57 mg/l SO_4^{--} auf 54 mg/l SO_4^{--} absank.

Während des 3. Pumpversuches stieg die Härte von 11,8°dH auf 13,2°dH, die Karbonathärte von 8,1°dH auf 9,1°dH und der Sulfatgehalt von 58 mg/l SO_4^{--} auf 62 mg/l SO_4^{--} . Hiezu muß allerdings bemerkt werden, daß diese geringen Änderungen auch durch die Schneeschmelze beeinflusst worden sein könnten. Da sowohl während der Schneeschmelze als auch während der Pumpversuche keine größeren Änderungen im Chemismus des Wassers festzustellen waren, ist das Grundwasserfeld in diesem Bereich als ziemlich einheitlich und nicht durch andersartige Grundwasserfelder oder oberflächennahe Wasser beeinflusst zu bezeichnen. Bemerkenswert ist allerdings ein relativ hoher Sulfatgehalt von 54 bis 65 mg/l SO_4^{--} , der überaus niedere Gehalt an Natrium und Kalium, der mit einer Ausnahme durchwegs unter 1 mg/l lag, sowie der niedere Chlorid- und Nitratgehalt.

Der Chemismus der im Norden, Nordosten und Nordwesten des BT 4 entspringenden Quellen (Nr. 1 bis 7, 8 und 9) unterscheidet sich nach deren Lage zum Teil wesentlich voneinander, wobei besonders die extremen Unterschiede beim Sulfatgehalt und auch bei der Härte auffallend sind.

Quelle 5 (Nr. 1) und Quelle 1 (Nr. 2) beim Grünen See haben mittelhartes Wasser und einen ähnlichen Chemismus; sie unterscheiden sich nur in ihrem Sulfatgehalt. Quelle 8 (Nr. 3) beim Pfarrer Teich hat zwar eine ähnliche Härte wie die vorgenannten Quellen, aber einen wesentlich niedrigeren Sulfatgehalt (23 bis 25 mg/l SO_4^{--}). Die sich im Haringgraben befindliche Quelle beim Haus Oberort 31 (Nr. 4) und das Wasser der Wasserversorgungsanlage Tragöß - Oberort (Nr. 5) weisen weiches Wasser und den niedrigsten Sulfatgehalt (13 mg/l SO_4^{--}) aller untersuchten Quellen auf. Hingegen besitzen extrem hohe Sulfatgehalte (208 und 287 mg/l SO_4^{--}) und eine hohe Gesamthärte (23,5 und 27,2^odH) die Wässer der Quelle, die der Wasserversorgung des Hauses Oberort 26 dient (Nr. 6) und der Quelle neben dem Haus Oberort 24 (Nr. 7). Die Sulfatgehalte dieser Wässer liegen teilweise nicht nur über dem in der zitierten ÖNORM festgesetzten Richtwert für Sulfat von 150 mg/l SO_4^{--} , sondern teilweise auch über dem festgesetzten Grenzwert von 250 mg/l SO_4^{--} . Dieser hohe Sulfatgehalt ist auf Gipsstöcke zurückzuführen, die in deren Einzugsgebiet liegen. Einen ähnlichen Chemismus wie diese beiden Quellen weist auch das Wasser des Haringbaches (Nr. 10) auf.

Der Chemismus des Wassers der Quellen 16 (Nr. 8), 12 und 13 (Nr. 9) und des Abflusses des Kreuzteiches (Nr. 11) ähnelt dem des Wassers der Quelle 8 (Nr. 3) auch in bezug auf seine Härte und seinen Sulfatgehalt; auch die Wässer des offenen Gerinnes (Nr. 13) und der Quelle 25 (Nr. 14) haben eine ähnliche Härte, weisen aber einen höheren Sulfatgehalt auf. Bemerkenswert ist aber die Erhöhung des Sulfatgehaltes bei der Quelle 16 (Nr. 8) von 22 bzw. 23 mg/l SO_4^{--} zurzeit der Schneeschmelze (18. April 1977) auf 43 mg/l SO_4^{--} .

Im Süden von Oberort, im sogenannten Galgenwald, wurde eine weitere Bohrung mit einem \varnothing von 500 mm errichtet. Der Chemismus des Wassers dieses Bohrbrunnens BT 6 (Nr. 16) unterscheidet sich - ebenso wie der einer westlich des Bohrbrunnens entspringenden Quelle (Nr. 17) - kaum von dem des Bohrbrunnens BT 4. Auch diese Wässer weisen ausgezeichnete Sauerstoffverhältnisse auf; der am 20.2.1978 ermittelte Eisengehalt von 0,19 mg/l Fe im Wasser des BT 6 dürfte auf feinmineralische Stoffe, die beim Pumpen mitgerissen wurden, zurückzuführen sein.

Bei Großdorf linksseitig der Laming wurde die Bohrung BT 9 (Nr. 18) niedergebracht. Auch bei dieser Bohrung handelt es sich um die Erschließung eines gespannten Grundwassers, wobei die wasserführende Schichte von ca. 30 m mächtigen, teils torfigen Schluffen überlagert wird. Das Wasser dieses Bohrbrunnens weist einen äußerst niederen Sauerstoffgehalt von nur 1 mg/l auf. Dies deutet ebenso wie ein Eisengehalt von 0,23 mg/l und ein Nitritgehalt von 0,015 mg/l NO_2^- einerseits auf eine geringe Fließgeschwindigkeit des Wassers im Boden und somit langsame Ergänzung und andererseits auch auf sauerstoffzehrende Vorgänge im Untergrund hin.

Im sumpfigen Bereich der Einmündung des Haringbaches in die Laming wurde die Bohrung BT 2 (Nr. 12) errichtet. Das Wasser dieser Bohrung ist gleichfalls durch einen extrem niederen Sauerstoffgehalt von nur 0,75 mg/l gekennzeichnet; dies dürfte darauf zurückzuführen sein, daß hier ein in einer Tiefe zwischen 75 und 100 m liegender gespannter Grundwasserhorizont mit geringer Wassererneuerung und geringer Wasserbewegung erschlossen worden ist. Entsprechend diesem niederen Sauerstoffgehalt ist auch ein Eisengehalt von 0,36 mg/l und ein Nitritgehalt von 0,015 mg/l NO_2^- nachweisbar. Seine Härte von 15,2°dH und sein hoher Sulfatgehalt von 119 mg/l SO_4^{--}

dürften auf Gipseinlagerungen im Werfener Schiefer zurückzuführen sein.

Der 3. Bohrbrunnen mit einem \emptyset von 500 mm BT 11(Nr. 19) wurde südlich von Großdorf niedergebracht. Auch dessen Wasser hat, wenn man von einer etwas größeren Härte absieht, Ähnlichkeit mit dem Wasser der beiden anderen Untersuchungsbrunnen (BT 4 und BT 6). Unterschiede zu diesen gibt es aber im Hinblick auf den Sauerstoffgehalt des Wassers, der zwischen 5,1 und 5,7 mg/l schwankte und knapp über dem in der zitierten ÖNORM festgelegten Richtwert von 5 mg/l O_2 lag. Die am 17.10.1977 und 13.3.1978 gefundenen Nitritwerte von 0,018 und 0,01 mg/l NO_2^- lassen den Schluß zu, daß das Wasser in diesem Bereich, zumindest zeitweilig, durch verunreinigte Wässer beeinträchtigt wird. Da die wasserführende Schichte in diesem Bereich zeitweise bis in die teilweise versumpfte Oberfläche reicht, könnte beim Pumpbetrieb auch der Einzug oberflächennahen, durch den moorigen Boden und durch die Viehhaltung beeinflussten Wassers stattgefunden haben. Dies würde auch den Umstand erklären, daß am 22.11.1977 am Ende eines Pumpversuches aufgrund der erfolgten Absenkung des Grundwasserspiegels kein Nitrit nachweisbar war. Da zu diesem Zeitpunkt auch der Sauerstoffgehalt geringfügig höher war, kann erwartet werden, daß sich bei einer dauernden Wasserentnahme die Wasserqualität bessert.

Untersuchungen im Seegraben

Das Wasser des im Seegraben niedergebrachten Bohrbrunnens BS 2 (Nr. 1) und das Wasser der in diesem Bereich untersuchten 5 Quellen hat in bezug auf seinen niederen Gehalt an Natrium, Kalium, Chlorid und Nitrat den gleichen Chemismus wie das Wasser der im Tragöbital untersuchten Quellen und Bohrbrunnen. Auch hier gibt es größere Unterschiede nur im Sulfatge-

halt und bei der Härte. So weist das Wasser des BS 2 ziemlich hartes Wasser auf und hat einen Sulfatgehalt von 76 mg/l SO_4^{--} . Geringe Härteunterschiede und einen etwas niedrigeren Sulfatgehalt haben im Vergleich dazu die Wässer der Quelle MÜ 1 (Nr. 2) und der Quelle 4 (Nr. 5), während die Wässer der Quellen MÜ 2 (Nr. 3), Quelle 1 (Nr. 4) und MÜ 3 (Nr. 6) mittelhartes Wasser mit einem wesentlich geringeren Sulfatgehalt von 31 und 42 mg/l SO_4^{--} aufweisen.

Zusammenfassung

Die vom Referat für Gewässeraufsicht und Gewässerschutz im Bereich Tragößtal durchgeführten Untersuchungen von Quellen und Bohrbrunnen haben gezeigt, daß sich die untersuchten Wässer hauptsächlich in bezug auf ihren Sulfatgehalt und ihre Härte unterscheiden. Extrem hohe Sulfatgehalte und Härten weisen die Quellwässer der Untersuchungsstellen Nr. 6 und 7 sowie das Wasser des Haringbaches auf; einen hohen Sulfatgehalt hat auch das Wasser des Bohrbrunnens BT 2.

Im Gegensatz dazu haben die Quellwässer der Untersuchungsstellen Nr. 4 und 5 nur einen sehr geringen Sulfatgehalt und eine geringere Härte. Auffallend ist jedoch bei sämtlichen untersuchten Wässern deren äußerst geringer Gehalt an Chlorid, Nitrat, Kalium und Natrium. Auch der Sauerstoffgehalt ist in fast allen Wässern sehr hoch; ausgenommen hievon sind nur die Wässer der Bohrbrunnen BT 2, BT 9 und in gewisser Hinsicht auch des BT 11. Der Kaliumpermanganatverbrauch, als eine Kenngröße für die im Wasser gelöste Menge an organischer Substanz, ist fast durchwegs sehr niedrig und liegt stets unter dem im ÖNORM-Entwurf M 6250 festgelegten Grenzwert von 12 mg/l, berechnet als KMnO_4 . Die bakteriologischen Befunde sind als durchwegs günstig zu bezeichnen; eine Ausnahme bildet nur die Quelle im Galgenwald, bei der 100 coliforme Keime pro 100 ml

nachgewiesen werden konnten. Erwähnenswert ist auch, daß in keinem der untersuchten Grund- und Quellwässer Phosphat nachgewiesen werden konnte.

Auch das Wasser der im Seegraben untersuchten Quellen und des Bohrbrunnens gleichen in ihrem Chemismus, ihrem hohen Sauerstoffgehalt, dem günstigen bakteriologischen Befund und dem Fehlen von primären Verschmutzungsindikatoren, wie Ammonium, Nitrit und Phosphat, den im Tragöstal untersuchten Quellen und Bohrbrunnen.

Anschrift der Verfasser:

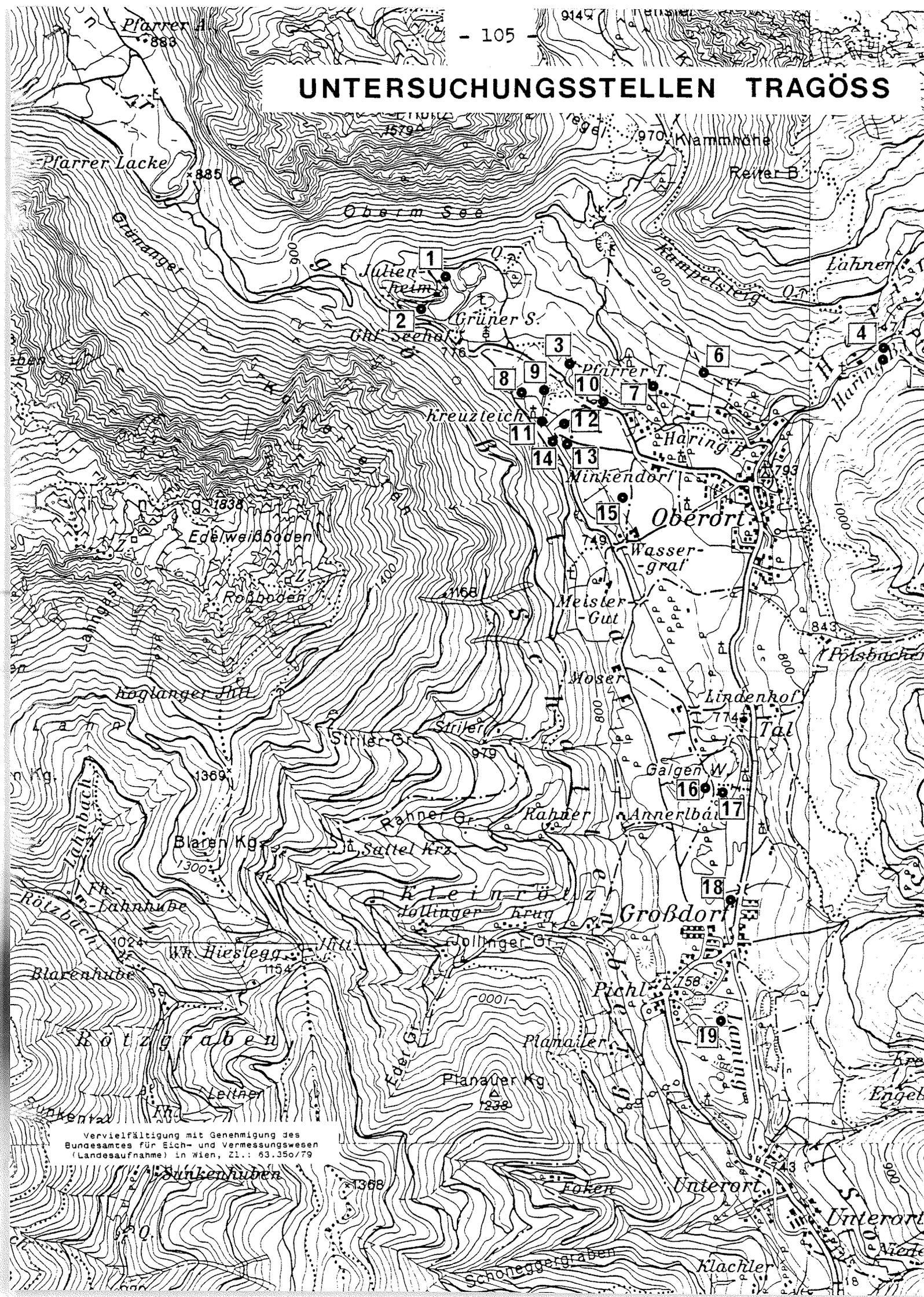
Wirkl.Hofrat Dipl.-Ing.H.Ertl,
Reg.Obbrt.Dipl.-Ing.Dr.H.Krainer,
 beide
Referat für Gewässeraufsicht und
Gewässerschutz, Fachabteilung Ia,
Landhausgasse 7,8011 Graz.

Entnahmestelle	Datum	pH-Wert	el. Lf. $\mu\text{S/cm}$	K^+MnO_4 mg/l	NH_4^+ mg/l	Ca^{2+} mg/l	Mg^{2+} mg/l	Fe^{2+} mg/l	Mn^{2+} mg/l	K^+ mg/l	Na^+ mg/l	GH_{dH}	KH_{dH}	m-Wert mval/l	HCO_3^- mg/l	NO_2^- mg/l	NO_3^- mg/l	SO_4^{2-} mg/l	Cl^- mg/l	PO_4^{3-} mg/l
1	18.4.77	7,8	256	3,2	n.n.	52,0	9,5	n.n.	n.n.	0,3	0,5	9,5	7,0	2,5	156	n.n.	3	38	2	n.n.
2	18.4.77	7,8	269	2,2	n.n.	52,8	9,4	n.n.	n.n.	1,35	0,5	9,6	6,3	2,3	140	n.n.	3	52	3	n.n.
3	25.1.77	8,0	237	3,8	n.n.	44,0	10,9	n.n.	n.n.	0,45	0,4	8,7	7,0	2,5	153	n.n.	3	23	3	n.n.
4	18.4.77	7,9	227	4,1	n.n.	48,8	6,7	n.n.	n.n.	0,35	0,4	8,4	6,7	2,4	146	n.n.	3	25	2	n.n.
5	20.2.78	7,5	233	3,2	n.n.	50,4	6,7	n.n.	n.n.	0,25	0,4	8,5	6,9	2,5	149	n.n.	4	24	2	n.n.
6	10.2.77	7,5	205	2,2	n.n.	38,0	11,1	n.n.	n.n.	0,25	0,6	7,9	7,0	2,5	153	n.n.	2	13	1	n.n.
7	10.2.77	7,7	211	1,6	n.n.	38,4	11,5	n.n.	n.n.	0,28	0,6	8,1	7,1	2,6	156	n.n.	2	13	2	n.n.
8	10.2.77	7,0	607	2,8	n.n.	144,8	13,7	n.n.	n.n.	0,15	0,7	23,5	11,1	4,0	241	n.n.	3	208	1	n.n.
9	10.2.77	6,9	680	2,2	n.n.	148,0	28,6	n.n.	n.n.	0,25	1,0	27,2	10,4	3,7	226	n.n.	3	287	1	n.n.
10	25.1.77	7,7	234	1,6	n.n.	44,8	10,8	n.n.	n.n.	0,5	0,4	8,8	7,1	2,6	156	n.n.	3	22	3	n.n.
11	18.4.77	7,9	259	1,9	n.n.	51,2	10,0	n.n.	n.n.	0,4	0,4	9,5	6,7	2,4	146	n.n.	4	43	2	n.n.
12	20.2.78	7,7	227	2,8	n.n.	50,8	5,9	n.n.	n.n.	0,25	0,3	8,5	6,9	2,5	149	n.n.	4	23	2	n.n.
13	25.1.77	7,8	227	2,2	n.n.	44,0	11,3	n.n.	n.n.	0,95	1,4	8,8	7,1	2,6	156	n.n.	4	25	3	n.n.
14	18.4.77	7,9	232	1,9	n.n.	46,4	9,4	n.n.	n.n.	0,2	0,3	8,7	6,9	2,5	149	n.n.	4	25	3	n.n.
15	20.2.78	7,6	232	2,8	n.n.	52,0	5,6	n.n.	n.n.	0,25	0,4	8,6	6,7	2,4	146	n.n.	4	28	1	n.n.
16	25.1.77	8,4	575	4,1	n.n.	123,2	22	n.n.	n.n.	0,4	0,8	22,4	7,6	2,7	146	<0,005	3	248	2	0,16
17	10.2.77	8,2	469	3,5	<0,005	100,0	16,7	n.n.	n.n.	0,46	1,0	17,9	7,8	2,8	158,6	0,005	2	167	3	0,12
18	7.2.77	8,0	223	1,6	n.n.	47,2	8,7	n.n.	n.n.	n.n.	0,3	8,7	6,9	2,5	149	n.n.	3	27	1	0,16
19	17.10.77	7,4	401	3,2	n.n.	44,8	38,4	0,36	n.n.	0,70	3,7	15,2	8,5	3,1	186	0,015	1	119	3	0,16
20	7.2.77	7,9	245	1,6	n.n.	49,6	8,8	n.n.	n.n.	0,08	0,4	9,0	6,6	2,4	143	<0,005	3	36	1	0,19
21	25.1.77	7,6	239	1,6	n.n.	44,8	10,2	n.n.	n.n.	1,6	2,3	8,7	6,4	2,3	140	n.n.	3	37	3	n.n.
22	18.4.77	7,9	242	3,5	n.n.	47,2	9,8	n.n.	n.n.	0,44	0,5	8,9	6,2	2,2	134	n.n.	3	42	2	n.n.
23	20.2.78	7,5	245	2,2	n.n.	50,4	8,3	n.n.	n.n.	0,3	0,6	9,0	6,4	2,3	140	n.n.	4	40	2	n.n.
24	25.1.77	7,4	316	3,2	n.n.	49,6	20,2	n.n.	n.n.	0,35	0,6	11,8	8,3	3,0	180	n.n.	3	57	2	n.n.
25	7.2.77	7,6	327	2,5	n.n.	64,0	13,0	n.n.	n.n.	0,15	0,5	12,0	8,5	3,1	186	n.n.	3	54	2	n.n.
26	10.2.77	7,5	330	1,3	n.n.	60,8	16,3	n.n.	n.n.	0,12	0,6	12,3	8,9	3,2	195	n.n.	3	54	1	n.n.
27	18.4.77	7,7	321	1,6	n.n.	64,0	12,1	0,23	n.n.	0,5	0,6	11,8	8,1	2,9	177	n.n.	3	58	3	n.n.
28	2.5.77	7,9	342	1,3	n.n.	76	13,1	n.n.	n.n.	0,5	0,8	13,7	9,8	3,5	214	n.n.	3	62	2	n.n.
29	17.10.77	7,3	331	3,2	n.n.	66,4	14,1	n.n.	n.n.	0,35	0,6	12,6	8,5	3,1	186	0,012	3	64	3	n.n.
30	20.2.78	7,4	322	2,5	n.n.	70,4	10,0	n.n.	n.n.	0,9	1,0	12,2	8,4	3,0	183	n.n.	3	61	2	n.n.
31	13.3.78	7,3	306	2,5	n.n.	66,4	13,9	n.n.	n.n.	0,3	0,6	12,1	8,5	3,1	186	n.n.	3	65	2	n.n.
32	20.2.78	7,3	334	2,5	n.n.	60,0	17,7	0,19	n.n.	0,7	2,0	12,7	9,5	3,4	207	n.n.	4	50	2	n.n.
33	13.3.78	7,3	330	3,5	n.n.	67,2	14,1	n.n.	n.n.	1,1	2,3	12,7	9,7	3,5	210	n.n.	3	53	1	n.n.
34	20.2.78	7,4	325	2,8	n.n.	64,0	13,0	n.n.	n.n.	0,95	1,0	12,0	9,2	3,3	201	n.n.	4	44	1	n.n.
35	17.10.77	7,5	350	3,8	n.n.	45,6	32,8	0,23	n.n.	0,85	2,6	14,0	11,2	4,0	244	0,015	1	57	3	n.n.
36	17.10.77	7,1	408	8,9	n.n.	72	25,0	n.n.	n.n.	1,2	3,0	15,9	12,9	4,6	281	0,018	6	48	4	n.n.
37	22.11.77	7,6	377	2,5	n.n.	71,2	22,0	0,15	n.n.	1,1	2,4	15,1	12,5	4,5	271	n.n.	5	43	4	n.n.
38	13.3.78	7,1	400	3,2	n.n.	78,4	18,5	n.n.	n.n.	1,1	3,3	15,3	12,0	4,3	262	0,01	4	56	3	n.n.

Entnahme- stelle	Datum	pH- Wert	el. Lf. µS/cm	KMnO ₄ mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l	Ca ²⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	Fe ²⁺ mg/l	Mn ²⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Na ⁺ mg/l	GH dH	KH ₀ dH	m-Wert mval/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	PO ₄ ⁻³ mg/l
1	5.4.76	7,6	335	3,8	n.n.	65,6	14,2	n.n.	n.n.	0,5	1,3	12,5	7,6	2,7	165	n.n.	4	76	5	n.n.
2	5.4.76	7,6	329	5	n.n.	62,4	14,4	n.n.	n.n.	0,6	1,6	12,1	8,1	2,9	177	n.n.	3	61	6	n.n.
3	5.4.76	7,7	289	7,5	n.n.	56	11,8	n.n.	n.n.	0,3	1,9	10,6	7,4	2,65	162	n.n.	5	42	7	n.n.
4	5.4.76	7,6	266	9,4	n.n.	52	9,9	n.n.	n.n.	0,3	0,8	9,6	7,3	2,6	159	n.n.	5	31	4	n.n.
5	5.4.76	7,7	332	2,2	n.n.	62,4	15,7	n.n.	n.n.	0,3	1	12,4	8,1	2,9	177	n.n.	3	65	5	n.n.
6	5.4.76	7,9	252	5	n.n.	56	6,6	n.n.	n.n.	0,3	0,8	9,4	7,1	2,55	156	n.n.	4	31	3	n.n.

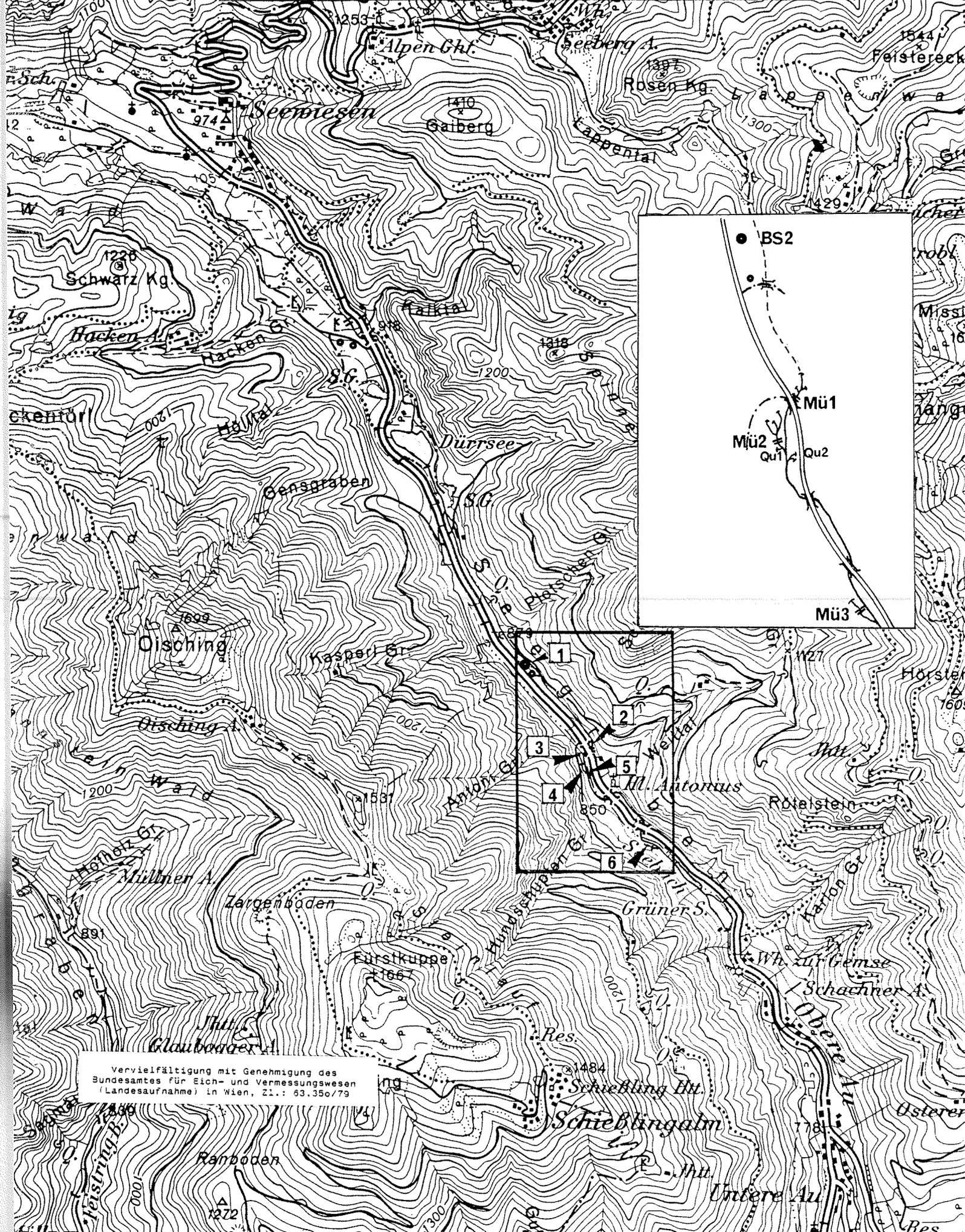
Entnahmestelle	Datum	Temp. °C	O ₂ mg/l	O ₂ %	Keimzahl 1 ml	Coli 100 ml
<u>Tragöstal</u>						
1	18.4.77	7,2	10,6	98	39	0
2	18.4.77	7,4	10,7	100	1	0
3	25.1.77	5,5	10,4	93	4	0
	18.4.77	6,6	10,8	99	0	0
	20.2.78	4,8	10,5	95	32	0
4	10.2.77	4,5	11,2	100	4	0
5	10.2.77	5,1	11,1	100	3	0
6	10.2.77	3,0	11,1	95	10	0
7	10.2.77	7,6	10,2	98	6	0
8	25.1.77	6,2	10,3	94	9	0
	18.4.77	6,8	10,7	98	3	0
	20.2.78	5,9	10,4	94	32	0
9	25.1.77	5,8	10,4	94	2	0
	18.4.77	6,8	10,8	99	4	0
	20.2.78	5,9	10,9	98	30	0
10	25.1.77	4,5	11,5	100	1600	1900
	10.2.77	4,6	11,4	100	160	28
11	7.2.77	5,5	11,1	98	5	0
12	17.10.77	8,3	0,75	7	0	0
13	7.2.77	6,1	10,8	97	56	0
14	25.1.77	6,0	10,3	93	2	0
	18.4.77	6,5	11,0	100	0	0
	20.2.78	6,0	10,8	97	3	0
15	25.1.77	6,6	9,0	83	8	0
	7.2.77	6,6	8,7	80	44	0
	10.2.77	6,7	9,5	88	0	0
	18.4.77	7,8	9,1	86	11	0
	2.5.77	n.b.	9,0	n.b.	n.b.	n.b.
	17.10.77	8,8	9,7	93	2	0
	20.2.78	6,3	9,4	85	5	0
	13.3.78	6,8	8,4	77	0	0
16	20.2.78	6,5	8,3	75	20	0
	13.3.78	6,9	10,0	93	0	0
17	20.2.78	5,3	9,9	88	45	100
18	17.10.77	8,5	1,0	10	2	0
19	17.10.77	9,0	5,1	50	7	0
	22.11.77	7,9	5,7	55	1	0
	13.3.78	8,1	5,2	50	0	0
<u>Seegraben</u>						
1	5.4.76	4,8	n.b.	n.b.	0	0
2	"	5,8	10	90	44	0
3	"	5,5	10,9	97	40	0
4	"	5,8	10,4	94	21	0
5	"	6,1	10,0	91	0	0
6	"	5,8	10,3	93	280	0

UNTERSUCHUNGSSTELLEN TRAGÖSS



Vervielfältigung mit Genehmigung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme) in Wien, Zl.: 63.350/79

UNTERSUCHUNGSSTELLEN SEEGRABEN



Vervielfältigung mit Genehmigung des
 Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen
 (Landesaufnahme) in Wien, ZL.: 63.350/79

GRUND- UND QUELLWASSERUNTERSUCHUNGEN IM BEREICH
DES ILGNERTALES

Chemische und bakteriologische Untersuchungen

von

R. Ott.

EINLEITUNG

In der Sorge um eine Sicherung der zukünftigen Wasserversorgung für die Landeshauptstadt Graz wurden schon ab dem Jahre 1969 im Raume des Ilgnertales Untersuchungen durchgeführt. Dabei sollte durch bakteriologische und chemische Untersuchungen die grundsätzliche Eignung der in diesem Bereich angetroffenen Wässer für eine Trinkwasserversorgung festgestellt werden. In der Folge wurden dann im Zusammenhang mit umfangreichen hydrologischen Untersuchungen auch Wässer aus einzelnen Untersuchungsbrunnen in das Untersuchungsprogramm einbezogen.

UNTERSUCHUNGSSTELLEN

In der ersten Untersuchungsphase wurden die Wässer des Trawiesbaches, der Karlschütt, des Josersees, einer unbenannten Quelle beim Josersee und die einzelnen Wasseraustritte im Bereiche der Kammerhoferquelle untersucht. Dazu kamen Untersuchungen aus den Untersuchungsbrunnen BI 2 und dem Untersuchungsbrunnen BI 6 im Zusammenhang mit den aus diesen Brunnen durchgeführten Pumpversuchen.

Die einzelnen untersuchten Quellen und Brunnen sind im Plan und in den Tabellen angeführt.

- | | |
|---|---------------------------|
| 1 | Trawiesbach |
| 2 | Karlschütt |
| 3 | Josersee |
| 4 | Quelle J 10 |
| 5 | Kammerhoferquelle |
| 6 | Untersuchungsbrunnen BI 2 |
| 7 | Untersuchungsbrunnen BI 6 |

UNTERSUCHUNGSUMFANG

Die Untersuchungen erstreckten sich in den meisten Fällen auf die nachstehend angeführten Parameter:

Temperatur des Wassers
elektrische Leitfähigkeit
pH-Wert
Kaliumpermanganatverbrauch
Gesamthärte
Karbonathärte
Nicht-Karbonathärte
Calcium
Magnesium
Ammonium
Eisen
Mangan
Chlorid
Nitrat
Nitrit
Sulfat
Phosphat
Koloniezahl
E-Coli

Ab 1977 wurden auch Natrium und Kalium mitbestimmt. Der Gehalt an gelöstem Sauerstoff wurde nur sporadisch bestimmt.

ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNGEN

Von den angeführten Wässern wurden die Karlschütt, die Quelle beim Josersee und das Wasser aus dem Josersee nur einmal untersucht, da sie bis auf geringe Abweichungen die gleiche che-

mische Beschaffenheit wie die anderen untersuchten Wässer aufweisen.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind im Anschluß beige-fügt (Tabelle 1 - 3).

TRAWIESBACH (1)

Bei den ersten Untersuchungen im Oktober 1969 wurden zwei Quellläste des Trawiesbaches im Bereich der Trawiesalm getrennt untersucht. Es zeigte sich, daß ein geringer Unterschied im Gehalt an Calcium und Sulfat feststellbar war. Da diesem Unterschied jedoch nicht besondere Bedeutung beizumessen ist, wurde in der Folge nur mehr das Wasser des Trawiesbaches nach dem Zusammenschluß der beiden Wasserläufe untersucht.

Es handelt sich um ein weiches, alkalisch reagierendes Wasser mit hohem Sauerstoffgehalt. Ammonium, Phosphat, Eisen, Mangan und Nitrit sind nur sporadisch in Spuren nachweisbar.

Eine statistische Auswertung der Ergebnisse seit dem Jahre 1969 ist in der Tabelle 4 angegeben.

Auf Grund des Verhältnisses von Karbonathärte zu pH-Wert ist darauf zu schließen, daß sich das Wasser nicht im Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht befindet. Der Gehalt an freier, überschüssiger Kohlensäure wird zeitweise im Bereich von ca. 10 - 15 mg/l liegen.

Die bakteriologische Beschaffenheit ist für ein Oberflächenwasser ausgezeichnet. Coliforme Keime konnten nur in Einzelfällen (16.4.77, 12.8.77, 11.8.75, 15.10.76, 16.11.76) in geringer Anzahl (max. 32 in 100 ml Wasser) nachgewiesen werden. Die Koloniezahlen waren in der Regel ebenfalls niedrig und

liegen zwischen 0 und 100 in 1 ml Wasser. Höhere Werte konnten nur am 11.5.79 (167) und am 14.9.79 (500) festgestellt werden.

Witterungsbedingt treten sowohl in der chemischen als auch in der bakteriologischen Beschaffenheit des Wassers Schwankungen auf.

KAMMERHOFERQUELLE (5)

Bei den ersten Untersuchungen im September 1969 wurden die verschiedenen Quellaustritte einzeln untersucht. Es konnten jedoch in der chemischen Beschaffenheit keine deutlichen Unterschiede festgestellt werden. In der Folge wurde daher auf eine getrennte Probenentnahme verzichtet und nur mehr bei stärkstem Quellaustritt die Wasserentnahme durchgeführt.

Es handelt sich um ein mäßig bis ziemlich hartes, schwach sauer bis schwach alkalisch reagierendes Wasser mit hohem Sauerstoffgehalt. Ammonium, Eisen, Mangan, Nitrit und Phosphat sind nur vereinzelt in Spuren nachweisbar. Der Sulfatgehalt ist verhältnismäßig hoch und schwankt zwischen 60 - 90 mg/l.

Auf Grund des Verhältnisses von Karbonathärte zu pH-Wert ist darauf zu schließen, daß sich das Wasser nicht im Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht befindet. Es ist damit zu rechnen, daß der Gehalt an freier, überschüssiger Kohlensäure zeitweise im Bereich von ca. 20 mg/l liegt.

Die bakteriologische Beschaffenheit war bis auf wenige Ausnahmen einwandfrei und entsprach den hygienischen Richtlinien für die Verwendung als Trinkwasser.

Witterungsbedingt treten vor allem in der chemischen Beschaffenheit des Wassers Schwankungen auf. Nach starken Niederschlägen ist ein Ansteigen des Calcium- und Magnesiumsgehaltes bei

gleichzeitigem Sinken des Sulfatgehaltes feststellbar.

Die statistische Auswertung der Untersuchungsergebnisse ist in Tabelle 5 angegeben.

UNTERSUCHUNGSBRUNNEN BI 2 (6)

Im Jahre 1974 wurde im Bereich des Forsthauses bei Buchberg ein Filterrohrbrunnen errichtet und zwischen 20.12.1974 und 6.1.1975 ein Pumpversuch durchgeführt. Während dieser Zeit wurden auch chemische und bakteriologische Untersuchungen des Wassers aus diesem Brunnen vorgenommen.

Es handelt sich um ein ziemlich hartes, neutral bis schwach alkalisch reagierendes Wasser. Ammonium, Eisen, Mangan, Nitrit und Phosphat waren nicht oder nur in geringen Spuren nachweisbar. Der Gehalt an Sulfat ist verhältnismäßig hoch.

Auf Grund des Verhältnisses von Karbonathärte zu pH-Wert ist darauf zu schließen, daß sich das Wasser nicht im Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht befindet. Ein Gehalt an freier, überschüssiger Kohlensäure im Bereich zwischen ca. 20 - 40 mg/l ist - zumindest zeitweise - zu erwarten.

Die bakteriologische Beschaffenheit des Wassers war stark schwankend und mit Sicherheit durch äußere Einflüsse beeinflusst.

Eine statistische Auswertung der durchgeführten Untersuchungen ist in Tabelle 6 wiedergegeben.

UNTERSUCHUNGSBRUNNEN BI 6 (7)

Im Jahre 1979 wurde im Bereich der Karlschütt ein Filterrohrbrunnen errichtet und im November 1979 ein Pumpversuch durchgeführt.

Es handelt sich um ein mäßig hartes, schwach alkalisch reagierendes Wasser mit hohem Sauerstoffgehalt. Ammonium, Eisen, Mangan, Nitrit und Phosphat waren nur vereinzelt in geringen Spuren nachweisbar. Der Gehalt an Sulfat ist verhältnismäßig hoch. Auf Grund des Verhältnisses von Karbonathärte zu pH-Wert ist darauf zu schließen, daß sich das Wasser nicht im Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht befindet. Ein Gehalt an freier, überschüssiger Kohlensäure im Bereich zwischen ca. 20 - 40 mg/l ist - zumindest zeitweise - zu erwarten.

Die bakteriologische Beschaffenheit des Wassers war stets einwandfrei.

Eine statistische Auswertung der bisher durchgeführten Ergebnisse ist in Tabelle 7 wiedergegeben.

ZUSAMMENFASSUNG

1. In der chemischen Beschaffenheit der Wässer ist zwischen den Oberflächenwässern und jenen Wässern, die eine Untergrundpassage durchgemacht haben, ein deutlicher Unterschied im Sulfatgehalt feststellbar, der durch Auslaugungen aus dem Untergrund bedingt ist.
2. Schwankungen der chemischen Beschaffenheit, abhängig von jahreszeitlich bedingten Wasserständen sind stets zu erwarten.
3. Bei ordnungsgemäßer Fassung ist mit einer stets einwandfreien bakteriologischen Beschaffenheit zu rechnen.

Tabelle 1

Analysenprotokoll

Entnahmestelle: Quelle Josersee (J 10)

Entnahmetag: 15.10.1969

pH-Wert	8,0	
Leitfähigkeit	350	$\mu\text{S cm}^{-1}$
Temperatur	6,9	$^{\circ}\text{C}$
Kaliumpermanganatverbrauch	3,7	mg/l
Gesamthärte	11,6	$^{\circ}\text{dH}$
Karbonathärte	10,1	$^{\circ}\text{dH}$
Nichtkarbonathärte	1,5	$^{\circ}\text{dH}$
Sauerstoff, gelöst	11,0	mg/l
Calcium	46,6	mg/l
Magnesium	22,4	mg/l
Ammonium	kl.als 0,01	mg/l
Eisen	kl.als 0,03	mg/l
Mangan	kl.als 0,03	mg/l
Chlorid	0,7	mg/l
Nitrat	2,6	mg/l
Nitrit	kl.als 0,005	mg/l
Sulfat	11,0	mg/l
Phosphat	kl.als 0,05	mg/l

Tabelle 2

Analysenprotokoll

Entnahmestelle: Josersee
Entnahmetag: 15.10.1969

pH-Wert	8,3	
Leitfähigkeit	260	$\mu\text{S cm}^{-1}$
Temperatur	7,8	$^{\circ}\text{C}$
Kaliumpermanganatverbrauch	9,6	mg/l
Gesamthärte	8,0	$^{\circ}\text{dH}$
Karbonathärte	7,3	$^{\circ}\text{dH}$
Nichtkarbonathärte	0,7	$^{\circ}\text{dH}$
Sauerstoff, gelöst	11,4	mg/l
Calcium	40,1	mg/l
Magnesium	10,4	mg/l
Ammonium	kl.als 0,01	mg/l
Eisen	0,03	mg/l
Mangan	kl.als 0,03	mg/l
Chlorid	0,4	mg/l
Nitrat	4,0	mg/l
Nitrit	kl.als 0,005	mg/l
Sulfat	9,3	mg/l
Phosphat	kl.als 0,05	mg/l

Tabelle 3

Analysenprotokoll

Entnahmestelle: Karlschütt

Entnahmetag: 23.9.1969

pH-Wert	8,5		
Leitfähigkeit	330	μS	cm^{-1}
Temperatur	7,4	$^{\circ}\text{C}$	
Kaliumpermanganatverbrauch	6,6		mg/l
Gesamthärte	10,0	$^{\circ}\text{dH}$	
Karbonathärte	5,5	$^{\circ}\text{dH}$	
Nichtkarbonathärte	4,5	$^{\circ}\text{dH}$	
Sauerstoff, gelöst	-		
Calcium	48,9		mg/l
Magnesium	13,8		mg/l
Ammonium	kl.als 0,01		mg/l
Eisen	kl.als 0,03		mg/l
Mangan	kl.als 0,03		mg/l
Chlorid	0,6		mg/l
Nitrat	3,4		mg/l
Nitrit	0,005		mg/l
Sulfat	70,1		mg/l
Phosphat	kl.als 0,05		mg/l

Tabelle 4

Statistische Auswertung der Analysenergebnisse
1969 - 1979
Trawiesbach

	Mittelwert	Maximalwert	Minimalwert
Temperatur °C	5,1	9,3	0,2
Leitfähigkeit $\mu\text{S cm}^{-1}$	220	230	210
UV-Absorption 254 nm m^{-1}	2,29	7,10	0,30
Sauerstoff mg/l	11,0	11,8	9,7
Kaliumpermanganat- verbrauch mg/l	3,7	8,0	1,9
Gesamthärte °dH	7,7	10,5	6,1
Karbonathärte °dH	6,1	9,2	3,5
Calcium mg/l	36,9	68,5	30,9
Magnesium mg/l	11,5	51,8	2,7
Eisen mg/l	0,03	0,39	kl. als 0,03
Nitrat	3,6	28,0	0,1
Chlorid	1,4	7,6	0,4
Sulfat	12,7	26,4	2,4

Tabelle 5

Statistische Auswertung der Analysenergebnisse
1969 - 1979
Kammerhoferquelle

	Mittelwert	Maximalwert	Minimalwert
Temperatur °C	6,3	7,4	4,0
Leitfähigkeit $\mu\text{S cm}^{-1}$	220	230	210
UV-Absorption 254 nm m^{-1}	1,96	3,88	0,30
Sauerstoff mg/l	11,0	11,8	10,3
Kaliumpermanganat- verbrauch mg/l	2,7	10,0	0,8
Gesamthärte °dH	14,1	18,6	8,0
Karbonathärte °dH	8,0	8,9	5,4
Calcium mg/l	66,7	82,6	25,3
Magnesium mg/l	22,0	46,2	11,2
Eisen mg/l	kl.als 0,03	0,160	kl.als 0,03
Nitrat	3,4	5,6	0,3
Chlorid	1,7	11,1	0,5
Sulfat	75,9	94,7	57,8

Tabelle 6

Statistische Auswertung der Analysenergebnisse
des Pumpversuches BI 2
(1974 - 1975)

	Mittelwert	Maximalwert	Minimalwert
Temperatur °C	6,6	7,0	6,0
Leitfähigkeit $\mu\text{S cm}^{-1}$	-	-	-
UV-Absorption 254 nm m^{-1}	-	-	-
Sauerstoff mg/l	-	-	-
Kaliumpermanganat- verbrauch mg/l	2,6	3,2	2,2
Gesamthärte °dH	17,8	18,9	16,8
Karbonathärte °dH	10,1	10,8	9,7
Calcium mg/l	90,1	96,6	85,4
Magnesium mg/l	23,4	27,5	17,3
Eisen mg/l	kl.als 0,03	-	-
Nitrat mg/l	3,3	4,7	2,8
Chlorid mg/l	0,7	0,8	0,6
Sulfat mg/l	89,2	96,5	84,0

Tabelle 7

Statistische Auswertung der Analysenergebnisse
des Pumpversuches BI 6
1979

	Mittelwert	Maximalwert	Minimalwert
Temperatur °C	6,2	6,4	6,1
Leitfähigkeit $\mu\text{S cm}^{-1}$	345	350	340
UV-Absorption 254 nm m^{-1}	1,23	1,78	0,74
Sauerstoff mg/l	11,5	11,9	9,8
Kaliumpermanganat- verbrauch mg/l	2,2	3,2	1,8
Gesamthärte °dH	12,3	13,4	10,8
Karbonathärte °dH	8,6	9,1	8,2
Calcium mg/l	65,3	73,3	58,5
Magnesium mg/l	13,9	21,1	8,3
Eisen mg/l	kl.als 0,03	-	-
Nitrat mg/l	3,1	3,6	0,7
Chlorid mg/l	0,9	1,0	0,7
Sulfat mg/l	51,7	64,9	35,7

Anschrift des Verfassers:

Dr. Richard Ott
Chemiker
Grazer Stadtwerke AG - Wasserwerk
Andreas Hoferplatz 15, 8010 Graz

BERICHTE DER WASSERWIRTSCHAFTLICHEN RAHMENPLANUNG DES
AMTES DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG
- LANDESBAUDIREKTION -

Verzeichnis der bisher erschienenen Bände:

Band 1	Vortragsreihe Abfallbeseitigung 18. April 1964, Neuauflage 1968, von W. Tronko, P. Bilek, J. Wotschke, K. Stundl, F. Heigl, E. v. Conrad	S	84.--
Band 2	Ein Beitrag zur Geologie und Morpho- logie des Mürztales von R. Sperlich, W. Scharf, A. Thurner, 1965	S	84.--
Band 3	Vortragsreihe Abfallverarbeitung 18. März 1965 von F. Fischer, R. Braun, F. Schönbeck, W. Tronko, K. Stundl, B. Urban	S	84.--
Band 4	„Gewässerschutz ist nötig“ von J. Krainer, F. Hahne, H. Kalloch, F. Schönbeck, H. Moosbrugger, L. Bernhart, W. Tronko, 1965	S	56.--
Band 5	Die Müllverbrennungsanlage, Versuch einer zusammenfassenden Darstellung von F. Heigl, 1965	S	140.--
Band 6	Vortragsreihe Abfallverarbeitung 18. November 1965 von F. Schönbeck, H. Sontheimer, A. Kern, H. Raswor- schegg, J. Wotschke, J. Brodbeck, R. Spinola, K. Stundl, W. Tronko, 1966	S	112.--
Band 7	Seismische Untersuchungen im Grund- wasserfeld Friesach nördlich von Graz von H. Zetinigg, Th. Puschnik und H. No- vak, F. Weber, 1966	S	140.--
Band 8	Der Mürzverband von E. Fabiani, P. Bi- lek, H. Novak, E. Kauderer, F. Hartl, 1966	S	140.--

Band 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	S	140.--
Band 10	Sammlung, Beseitigung und Verarbeitung der festen Siedlungsabfälle von H.Erhard, 1967	S	66.--
Band 11	Siedlungskundliche Grundlagen für die wasserwirtschaftliche Rahmenplanung im Flußgebiet der Mürz von H.Wengert, E.Hillbrand, K.Freisitzer, 1967	S	131.--
Band 12	Hydrogeologie des Murtales von N.Anderle, 1969	S	131.--
Band 13	10 Jahre Gewässergüteaufsicht in der Steiermark 1959 - 1969 von L.Bernhart, H.Sölkner, H.Ertl, W.Popp, M.Noë, 1969	S	112.--
Band 14	Gewässerschutzmaßnahmen in Schwerpunktsgebieten Steiermarks, 1970 (Das vorläufige Schwerpunktsprogramm 1964 und das Schwerpunktsprogramm 1966) von F.Schönbeck, L.Bernhart, E.Gangl, H.Ertl)	S	66.--
Band 15	Industrieller Abwasserkataster Steiermarks von L.Bernhart, 1970	S	187.--
Band 16/ 17	Tätigkeiten und Organisation des Wirtschaftshofes der Landeshauptstadt Graz Abfallbehandlung in Graz		
	- - -		
	Literaturangaben zum Thema Abfallbehandlung von A.Wasle	S	112.--
Band 18	Abwasserfragen aus Bergbau und Eisenhütte von L.Bernhart, K.Stundl, A.Wutschel, 1971	S	66.--
Band 19	Maßnahmen zur Lösung der Abwasserfragen in Zellstoffabriken von B.Walzel-Wiesentreu, W.Schönauer, 1971	S	150.--

Band 20	Bodenbedeckung und Terrassen des Murtales zwischen Wildon und der Staatsgrenze von E.Fabiani, M.Eisenhut, mit Kartenbeilagen, 1971	S	168.--
Band 21	Untersuchungen an artesischen Wässern in der nördlichen Oststeiermark von L.Bernhart, J.Zötl, H.Zetinigg, 1972	S	112.--
Band 22	Grundwasseruntersuchungen im südöstlichen Grazerfeld von L.Bernhart, H.Zetinigg, J.Novak, W.Popp, 1973	S	90.--
Band 23	Grundwasseruntersuchungen im nordöstlichen Leibnitzerfeld von L.Bernhart, E.Fabiani, M.Eisenhut, F.Weber, E.P.Nemecek, Th.Glanz, W.Wessiak, H.Ertl u.H.Schwinghammer, 1973	S	250.--
Band 24	Grundwasserversorgung aus dem Leibnitzerfeld von L.Bernhart, 1973	S	150.--
Band 25	Wärmebelastung steirischer Gewässer von L.Bernhart, H.Niederl, J.Fuchs, H.Schlatter und H.Saliger, 1973	S	150.--
Band 26	Die artesischen Brunnen der Süd-Weststeiermark von H.Zetinigg, 1973	S	120.--
Band 27	Die Bewegung von Mineralölen in Boden und Grundwasser von L.Bernhart, 1973	S	150.--
Band 28	Kennzahlen für den energiewirtschaftlichen Vergleich thermischer Ablaugeverwertungsanlagen von L.Bernhart, D.Radner und H.Arledter, 1974	S	100.--
Band 29	Generalplan der Wasserversorgung Steiermarks, Entwurfsstand 1973, von L.Bernhart, E.Fabiani, E.Kauderer, H.Zetinigg, J.Zötl, 1974	S	400.--
Band 30	Grundlagen für wasserversorgungswirtschaftliche Planungen in der Süd-Weststeiermark, 1. Teil, Einführung Hydrogeologie, Klimatologie von L.Bernhart, J.Zötl und H.Zojer, H.Otto, 1975	S	120.--

Band 31	Grundlagen für wasserversorgungswirtschaftliche Planungen in der Süd-Weststeiermark, 2. Teil, Geologie, von L. Bernhart, P. Beck-Mannagetta, A. Alker, 1975	S	120.--
Band 32	Beiträge zur wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung in Steiermark von L. Bernhart, 1975	S	200.--
Band 33	Hydrogeologische Untersuchungen an Bohrungen und Brunnen in der Oststeiermark von H. Janschek, I. Küpper, H. Polesny, H. Zetinigg, 1975	S	150.--
Band 34	Das Grundwasservorkommen im Murtal bei St. Stefan o.L. und Kraubath von I. Arbeiter, P. Hacker, H. Janschek, H. Krainer u. H. Ertl, J. Novak, D. Rank, F. Weber, H. Zetinigg, 1976	S	200.--
Band 35	Wasserversorgung für das Umland von Graz. Zur Gründung des Wasserverbandes Umland Graz von L. Bernhart, K. Pirkner, 1977	S	180.--
Band 36	Grundwasserschongebiete von W. Kasper, H. Zetinigg, 1977	S	150.--
Band 37	Vorbereitung einer Zentralwasserversorgung für die Südoststeiermark von L. Bernhart, 1978	S	140.--
Band 38	Zentralwasserversorgung für die Südoststeiermark. Entwicklung eines Konzeptes von L. Bernhart, 1978	S	200.--
Band 39	Grundwasseruntersuchungen im „Unteren Murtal“ von E. Fabiani, H. Krainer u. H. Ertl, W. Wessiak, 1978	S	250.--
Band 40	Grundlagen für wasserversorgungswirtschaftliche Planungen in der Südweststeiermark, 3. Teil. Die Grundwasserführung im Tale der Laßnitz, Sulm und Saggau zwischen Grundgebirge und Leibnitzerfeld von H. Feßler, 1978	S	80.--

- | | | | |
|---------|---|---|--------|
| Band 41 | Grundlagen für wasserversorgungswirtschaftliche Planungen in der Südweststeiermark, 4. Teil. Grundwassererschließungen im Tal der Laßnitz, Sulm und Saggau zwischen Grundgebirge und Leibnitzerfeld von H. Zetinigg, 1978 | S | 100.-- |
| Band 42 | Zur Geologie im Raum Eisenerz-Radmer und zu ihrem Einfluß auf die Hydrochemie der dortigen Grundwässer von U.Mager, 1979 | S | 120.-- |
| Band 43 | Die Grundwasserverhältnisse im Kainachtal (St.Johann o.H. - Weitendorf) von M.Eisenhut, J.Novak u. H.Zojer, H.Ertl u.H.Krainer, H.Zetinigg, 1979 | S | 150.-- |
| Band 44 | Grund- und Karstwasseruntersuchungen im Hochschwabgebiet, Teil I. Naturräumliche Grundlagen, Geologie - Morphologie - Klimatologie von E.Fabiani, V.Weißensteiner, H.Wakonigg, 1980 | S | 180.-- |
| Band 45 | Grund- und Karstwasseruntersuchungen im Hochschwabgebiet, Teil II. Die Untersuchungen, Geschichte - Durchführung - Methodik, von E.Fabiani, 1980 | S | 80.-- |
| Band 46 | Grund- und Karstwasseruntersuchungen im Hochschwabgebiet, Teil III. Geophysik - Isotopenuntersuchungen - Hydrochemie von Ch.Schmid, H.Zojer, H.Krainer u.H.Ertl, R.Ott, 1980 | S | 160.-- |

In diesen Preisen ist die 8 %ige Mehrwertsteuer nicht enthalten.

Soweit lagernd, sind sämtliche Berichtsbände bei der Steiermärkischen Landesdruckerei (Verlag: A Solo Graz, Hofgasse Nr. 15) erhältlich.