

B E R I C H T E
der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung

Band 7/1966

Seismische Untersuchungen
im
Grundwasserfeld Friesach
nördlich von Graz

Amt der Steiermärkischen Landesregierung — Landesbaudirektion
Wasserbau
Graz 1966

Inhaltsverzeichnis :

	Seite
Einleitung	VII
ZETINIGG, H. Die Geologie des Grundwas- serfeldes von Friesach	1
PUSCHNIK, Th. u. NOVAK, H. Vorarbeiten für das Wasser- werk Graz - Friesach	12
WEBER, F. Die refraktionsseismischen Messungen in der Murebene bei Friesach	20
Tafelverzeichnis	39
Verzeichnis der bisher er- schienenen Berichte	41

E i n l e i t u n g

Mit dem vorliegenden Band wird ein Einblick in neuere Arbeiten auf dem Gebiete der Grundwasserforschung in der Steiermark gegeben.

Das in diesem Band behandelte Gebiet ist das Friesacher Feld nördlich der Landeshauptstadt Graz, das als drittes Versorgungsfeld für die Wasserversorgung von Graz in nächster Zeit herangezogen werden soll. In Friesach wurde mit den seismischen Untersuchungen dieselbe Methode angewandt, wie im Grundwasser-Versuchsfeld von St. Michael.

Im Grundwasserfeld von St. Michael wurden und werden eine größere Anzahl von Untersuchungsmethoden auf ihre Eignung geprüft, um so zu einem allgemein anwendbaren Untersuchungsverfahren für Grundwasserfelder zu gelangen.

Es werden also in St. Michael nicht nur Seismik und Bohrungen, sondern eine ganze Reihe wissenschaftlicher Methoden zur Erforschung eines Grundwasserfeldes angewandt werden.

Alle diese Arbeiten sollen von der Universität Graz und der Technischen Hochschule Graz, von der Montanistischen Hochschule Leoben, der Vereinigung für hydrogeologische Forschungen und der Bundesversuchs- und Forschungsanstalt-Arsenal in Wien sowie von dem Wasserbaulaboratorium der Fachabteilung IIIa unter Federführung des Organes für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung der Fachabteilung IIIa der Landesbaudirektion durchgeführt werden. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sollen auch technisch für die Regulierung des Grundwasserab- und -durchflusses ausgewertet werden.

Es ist nun beabsichtigt, durch seismische Untersuchungen in nächster Zeit einen Überblick über die Mächtigkeit der Quar-

tärschichten (Schotter, Kiese, Sande) im Mur- und Mürztal zu erhalten.

Diese Schichten stellen die Grundwasserträger unserer Täler dar und genaue Kenntnisse darüber sind zur Erschöpfung des Grundwassers daher unbedingt notwendig.

Diese Andeutungen über das in Aussicht genommene Programm mußten gemacht werden, da dieser Band die erste grundlegende Veröffentlichung darstellt, die die Seismik und Grundwasserforschung in unserem Bundesland zum Gegenstand hat.

Der vorliegende Band beschäftigt sich nur mit einem Grundwasserfeld und steht somit am Anfang einer Kette von beabsichtigten Arbeiten.

Nach einer kurzen geologischen Übersicht und nach Erläuterung der Belange und Vorarbeiten des Wasserwerkes Graz, das unter Leitung des Wasserwerkdirektors Dipl.-Ing. Kassecker steht, kommen die seismischen Untersuchungen zur Darstellung.

Diese seismischen Untersuchungen, die von Seiten der Landesbaudirektion schon früher angeregt wurden, aber erst nach dem Scheitern der gravimetrischen Untersuchungen zur Durchführung gelangten, stehen im Mittelpunkt dieser Arbeit. Die gravimetrischen Untersuchungen, die sicher ihre Vorteile bei der Erkundung von Erz- und Erdöllagerstätten haben, versagen jedoch bei der Untersuchung geringmächtiger Schotterablagerungen. Die vom Institut für Erdölgeologie und angewandte Geophysik der Montanistischen Hochschule Leoben auf dem Gebiet der seismischen Untersuchungen von Grundwasserfeldern gesammelten Erfahrungen werden damit einem weiteren Kreis zur Kenntnis gebracht.

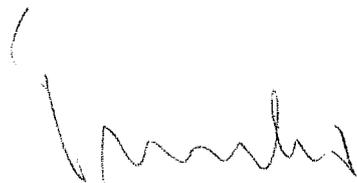
Da durch rein geologische Verfahren der Felsuntergrund der Grundwasserfelder in seiner Tiefenlage kaum abzuschätzen ist,

sind seismische Untersuchungen neben den sehr aufwendigen Bohrungen die gegebene Ergänzung der Geologie. Die Kenntnis des Grundgebirgsreliefs ermöglicht die richtige Situierung der Erkundungsbohrungen, die wiederum die Ergebnisse der Seismik überprüfen.

Selbstverständlich gehören zur Erforschung eines Grundwasserfeldes auch hydrologische und hydraulische Untersuchungen, wie Ermittlung der Hydroisohypsen, der Strömungsrichtung, der K-Werte, der Fließgeschwindigkeit usw.

Als erste Großaufgabe und als Grundlage für alle angeführten Arbeiten steht nun die seismische Bearbeitung der Grundwasserfelder im Mur- und Mürztal bevor. Neben dem Grundwasserfeld von Friesach und St. Michael wird zur Zeit das Feld Murhof - Grahof südlich Frohnleiten seismisch bearbeitet. Dieses große Programm kann nur unter Zusammenarbeit aller Kräfte aus Wissenschaft und Verwaltung durchgeführt werden.

Die Bedeutung der Arbeiten für das Land Steiermark lohnt aber diesen Einsatz. Die Arbeiten werden einen unschätzbaren Beitrag auf der Anbotseite "Wasser" der Wasserbilanz der Steiermark darstellen.



(Dr. W. Tronko)

ZETINIGG Hilmar, Dr.phil., Hydrogeologe der Fachabteilung IIIa
(Wasserbau) des Amtes der Steiermärkischen
Landesregierung Graz:

"Die Geologie des Grundwasserfeldes von Friesach".

Als Einführung zu den in diesem Bericht beschriebenen seismischen und hydrologischen Untersuchungen im Grundwasserfeld von Friesach wird eine kurze geologische Beschreibung des Friesacher Beckens gegeben. Diese Beschreibung gliedert sich in die drei Abschnitte: Grundgebirge, Beckenfüllung und Grundwasser.

Als Unterlage dienen vor allem für den Abschnitt "Grundgebirge" die "Geologische Wanderkarte des Grazer Berglandes" und "Die Geologie des Grazer Berglandes" von H. Flügel.

1. Das Grundgebirge.

Der geologische Rahmen und der daraus erschließbare Untergrund des Grundwasserfeldes werden zusammen behandelt.

Die Westgrenze des Grundwasserfeldes bilden bis zum Stübinggraben die Dolomite der mitteldevonen Dolomit-Sandstein-Folge der Pfaffen- und Gsollerkogel-Abhänge. Die Dolomite zeigen ein generelles NO-SW Streichen und fallen gegen NW ein. Sie sind hellgrau, gebankt und stark zerklüftet. Auf Grund ihrer Klüftigkeit besitzen sie eine gute Wasserdurchlässigkeit. Die Niederschläge können daher rasch versickern. Die Verbreitung des Dolomites ist an der Geländeform sehr gut verfolgbar. Die Hänge des Pfaffen- und Gsollerkogels fallen unter Bildung kleiner Felswände steil gegen das Grundwasserfeld zu ab. Diese Feststellungen gelten auch für

die Dolomite des Eggenberges und des Petschen Kogels im östlichen Rahmen des Grundwasserfeldes. Die aus den Dolomitgebieten der Mur zufließenden Bäche, wie Enzenbach, Haritzbach und Rötschbach, zeigen eine für die Größe ihres Einzugsgebietes recht geringe Wasserführung.

Den nördlich des Stübinggrabens gelegenen Teil der Westgrenze bauen Tonschiefer der devonen Tonschiefer-Fazies auf. Es sind dies phyllitische, bunte bis dunkle graphitische Tonschiefer, die sehr leicht verwittern. In diesem Bereich ist bei sanften Geländeformen mit stärkerem, oberflächlichem Abfluß der Niederschläge zu rechnen.

Der östliche Rahmen des Feldes ist morphologisch stärker gegliedert.

Im Süden, am Eggenberg, finden sich ebenfalls Dolomite (NO-SW Streichen und NW Fallen), die dort durch einen stark gegen Westen vorspringenden Felssporn (Eggenberg) die Südgrenze des Grundwasserfeldes bilden. Diese Dolomite werden vom Rötschgraben, der eine starke Schotterfüllung aufweist, durchschnitten. Im Einmündungsbereich des Rötschgrabens hat das Grundwasserfeld auch seine größte Breite.

Nordöstlich des Ortes Friesach treten noch mitteldevone Crinoiden-Kalke auf, die aus hellblauen Kalken und bläulichem Kalkschiefer mit tonigen Häuten auf den Schichtflächen bestehen. Dieses sehr kleine Gebiet zeigt bereits an das Schieferareal erinnernde, sanftere Oberflächenformen. Die Wasserdurchlässigkeit ist sicher geringer als bei den Dolomiten.

Den weiter nach Norden verlaufenden östlichen Rahmen bilden dann die gleichen Schiefer wie im westlichen Rahmen.

Im N geht das Grundwasserfeld ohne natürliche Abgrenzung in das Becken von Peggau-Deutschfeistritz über. Als willkürliche Abgrenzung wird eine durch das nördliche Ortsende von Klein-Stübing in O-W-Richtung verlaufende Linie angenommen.

In dieses Grundgebirge grub nun die Mur erosiv ihren Lauf ein und arbeitete das heute vorliegende, mit Schottern, Kiesen, Sanden und Lehmen aufgefüllte Becken heraus. Vom Beckenuntergrund ist auf Grund des geologischen Aufbaues des Beckenrahmens zu erwarten, daß er im S aus Dolomiten und im N hauptsächlich aus Schiefeln aufgebaut wird. So haben alle im Südteil des Grundwasserfeldes von den Grazer Stadtwerken abgeteuften Bohrungen Dolomit angefahren. Eine Bohrung (Nr. 4) in der Nähe der Murbrücke von Klein-Stübing traf bereits auf dunkelgraue Tonschiefer. Eine weitere Bohrung (Nr. 3), schon ziemlich weit südlich, brachte graphitische Tonschiefer. Diese Bohrung läßt auf einen weiter nach S vordringenden Tonschiefer-Zug schließen. Diese Verteilung zwischen Dolomit und Tonschiefer im Beckenuntergrund wird auch durch die seismischen Messungen bestätigt. Im S des Meßgebietes tritt ein Maximum mit Geschwindigkeitswerten über 5000 m/sec auf, das dem festen Dolomit entspricht. Bei einem Minimumgebiet mit Werten unter 4000 m/sec dürfte es sich um Tonschiefer handeln. Im Bereiche eines solchen NO-SW-streichenden Minimums liegt auch die früher angeführte Bohrung Nr. 3.

Bei den von den Stadtwerken Graz durchgeführten Bohrungen wurde das Grundgebirge in folgenden Teufen angefahren:

Bohrung Nr. 3	brachte in 27,30m Tiefe	Tonschiefer
Bohrung Nr. 4	" " 8,20 m "	Tonschiefer
Bohrung Nr. 7	" " 25,50 m "	Fels (die Gesteinsart wurde leider nicht angegeben)

Bohrung Nr. 8 brachte in 12.00 m Tiefe Dolomit
Bohrung Nr. 9 " " 10.00 " " "
Bohrung Nr. 10 " " 17.10 " " " .

Die auf Grund der Entstehung des Beckens durch die erosive Tätigkeit des Flusses gehegte Vermutung eines Grundgebirgsreliefs wurde nun durch diese Bohrergebnisse und durch die seismischen Messungen bestätigt. Die seismischen Aufnahmen zeigen ein deutliches Untergrundrelief mit Schwellen und einer Tiefenrinne, deren Kenntnis für den Ansatzpunkt der projektierten Horizontalfilterbrunnen von großer Bedeutung ist.

2. Die Beckenfüllung.

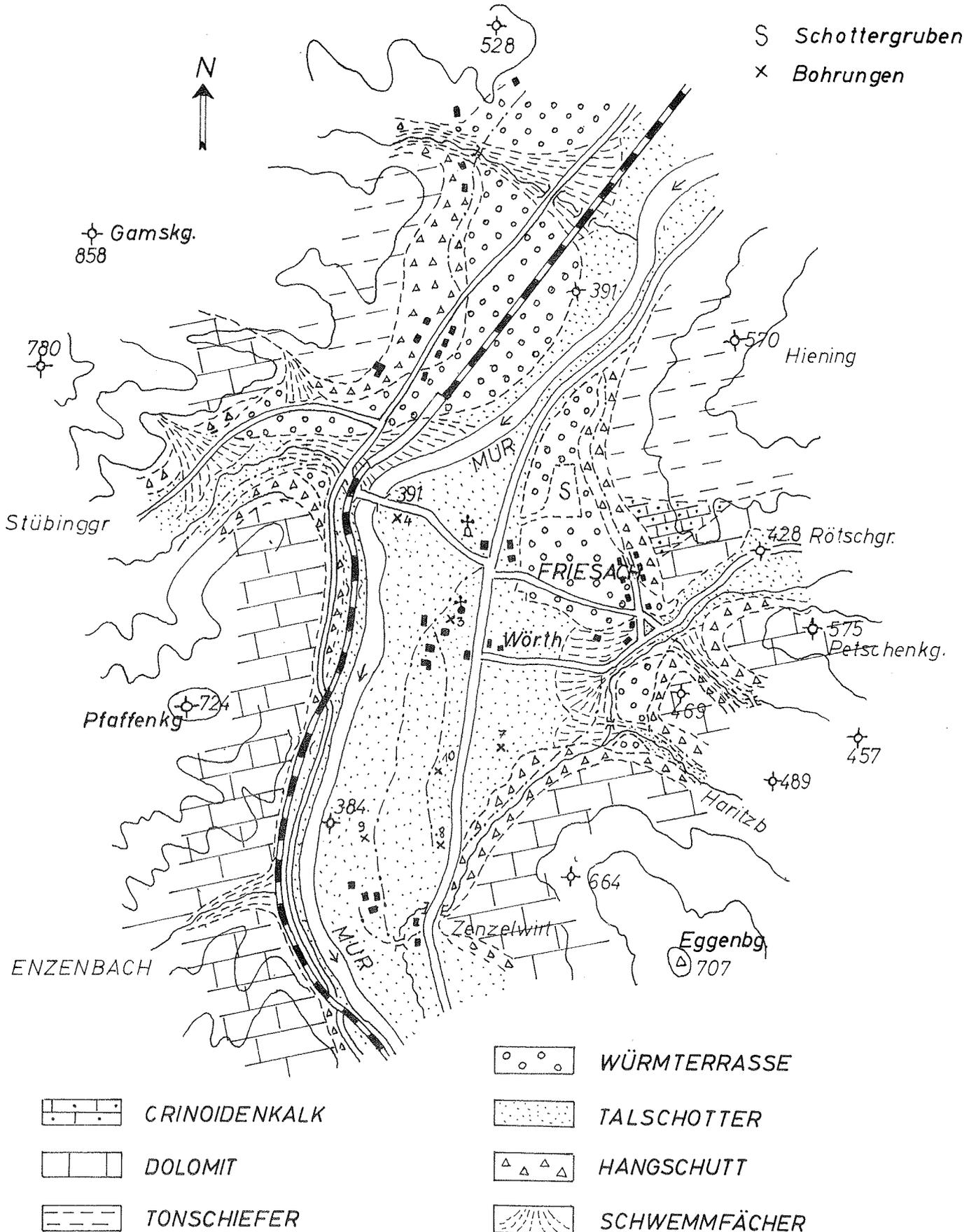
Dieses ins Grundgebirge eingetiefte Becken wurde nun in der Folge durch den Fluß, seinen von den Seiten zufließenden Nebenflüssen (Bächen) und von den Hängen herab allmählich mit Lockerablagerungen aufgefüllt. In diese gräbt sich der heutige Fluß nun seinen Lauf. Die Lockerablagerungen des Grundwasserfeldes bestehen aus 4 auf der beiliegenden Karte ausgeschiedenen Bauelementen:

- a) der würmeiszeitlichen Terrasse
- b) den nacheiszeitlichen Schottern (Holozön)
- c) den Schwemmfächern der Seitengraben und
- d) dem Hangschutt und Hanglehm.

a) Die würmeiszeitliche Terrasse.

Die würmeiszeitliche Terrasse ist heute nur an den Beckenrändern - und da nicht einmal durchlaufend - erhalten. Im Zentrum des Beckens und in den Einmündungsbereichen der Seitentäler wurde sie ausgeräumt. Es ist jedoch anzunehmen, daß auch in diesen Bereichen keine Ausräumung bis zum Grund-

GEOLOGISCHE KARTE des Grundwasserfeldes von FRIESACH



gebirge erfolgte, so daß unter den nacheiszeitlichen Schottern und unter den Schwemmfächern der Seitengraben wärmeiszeitliches Terrassenmaterial erhalten ist. Eine Trennung von wärmeiszeitlichem und nacheiszeitlichem Material ist nicht möglich.

In den Aufbau der Würmterrasse gibt die Schottergrube Tieber guten Einblick. Es soll hier nur kurz und summarisch der Aufbau des Terrassenkörpers beschrieben werden. Die ungefähr 6 - 7 m hohe Abbauwand zeigt einen ziemlich einheitlichen Körper aus gemischten Schottern, Kiesen und Sanden, in denen einzelne, länger durchlaufende Lagen von größerem Schotter (über 10 cm Gerölldurchmesser) vorhanden sind. Gerölle mit Durchmessern über 20 cm treten selten auf. In den höheren Anteilen des Schotterkörpers findet sich stellenweise Kreuzschichtung. Einzelne durchschnittlich 20 - 30 cm mächtige Feinsandlagen, geringer horizontaler Ausbreitung, sind vorhanden. Am Aufbau des Terrassenkörpers beteiligen sich hauptsächlich Granitgneise, Gneise, Amphibolite, Quarzite, Kalke und Dolomite. Überdeckt wird der Schotterkörper von ca. 2 m mächtigen Lehmen, die gegen den Beckenrand zu, durch Hinzutreten von Hanglehm an Mächtigkeit zunehmen.

Die Würmterrasse zeigt fast keine Abflußmöglichkeiten für Niederschläge, so daß die Versickerung ziemlich groß ist. Die starke Lehmüberdeckung schützt vor Verunreinigungen aller Art.

b) Die nacheiszeitlichen Lockerablagerungen.

Die Schotter, Kiese und Sande der wärmeiszeitlichen Terrasse wurden nach der Vereisung durch Schmelzwasser weitgehend erodiert, so daß in diesem Material eine neue Talfurche

entstand, die wieder mit Lockermaterial aufgefüllt wurde, das den heute ebenen Talboden bildet. Diese Schotter, Kiese und Sande bestehen aus den gleichen Gesteinen wie die Würmterrasse und sind in der Tiefe von dieser nicht scharf zu trennen. Die Talschotter sind mit den Überschwemmungsprodukten der Mur, bestehend aus Letten und sandigen Lehmen, überdeckt.

Die Erkundungsbohrungen der Stadtwerke Graz wurden alle im Bereiche der nacheiszeitlichen Ablagerungen abgeteuft und gewähren daher einen gewissen Einblick in die Zusammensetzung dieser Ablagerungen. Schottergruben sind in diesem Bereiche nicht vorhanden. Eine summarische Beschreibung nach den vorliegenden Bohrprofilen - die Bohrproben selbst stehen nicht mehr zur Verfügung - ergeben für die Bohrungen Nr. 3,7,8,9 und 10 folgendes:

Nach einer zwischen 1 m und 3 m mächtigen Lehmdecke (Letten und sandige Lehme) folgen graubraune Sande (1 - 2 m), darauf ein mehrmaliger Wechsel von geringmächtigen Schotter-Kies- und Sandschichten (ca. 1 m). Die mittleren Teufen dieser Bohrungen setzen sich aus gemischten Schottern, Kiesen und Sanden zusammen. Vor Erreichen des aus Dolomit oder Tonschiefer bestehenden Grundgebirges zeigen alle Bohrprofile eine ca. 1 m mächtige Feinsandschicht.

Es kann also allgemein festgestellt werden, daß in den mittleren Teilen des Grundwasserfeldes, bestehend aus nacheiszeitlichen Ablagerungen, eine nur geringmächtige Lehmüberdeckung von ca. 1 - 3 m auftritt. Für eine wirksame Abschirmung des Grundwassers gegen Verschmutzungen von der Oberfläche her, ist das wenig. Für die Niederschlagswasser bestehen, wie bei der Würmterrasse, fast keine Abflußmöglichkeiten und daher ist der Anteil der Versickerung groß.

c) Die Schuttkegel der Seitengraben.

Die Bäche des Rötischgrabens, Petschengrabens, Haritzgrabens und Stübinggrabens haben die Würmterrasse durchschnitten und am Ausgang ihrer Täler flache Schuttkegel abgelagert. Beim Rötischgraben, Haritzgraben, Petschengraben und Enzenbach bestehen die Schuttkegel hauptsächlich aus kalkig dolomitischem Material. Diese Schuttkegel liegen heute zwar über den Talschottern, doch bestehen in der Tiefe sicher Verzahnungen mit den nacheiszeitlichen Ablagerungen.

Eine nicht sehr weit vom oberflächlich sichtbaren Ende des Rötischgraben-Schwemmfächers abgeteufte Bohrung (Nr. 4) zeigt 1,80 m braunen Aulehm und darunter noch 3 m Lehm mit Feinkieseinstreuung. Diese Schichte dürfte Material aus dem Schwemmfächer des Rötischgrabens darstellen. Ein Hausbrunnen aus dem Bereich desselben Schwemmfächers soll 7 m Lehm durchhörtern. Ein anderer Hausbrunnen im kleinen Schwemmfächer des Haritzgrabens weist 4 m Lehmüberdeckung auf. Der Rötischgraben durchzieht nicht die Mitte seines Schwemmfächers, sondern ist an den Rand desselben abgedrängt. Bei der recht geringen Eintiefung des Bachbettes kommt es zu oftmaligen Ausuferungen und damit zu starken Rinnen- und Senkenbildungen im Schwemmfächer. Besonders gut zeigt sich dies bei der Durchschneidung des Haritzgraben-Schwemmfächers durch den Rötischbach.

d) Der Hangschutt und Hangfußschutt.

Der die Würmterrasse, oder wo diese fehlt, die nacheiszeitlichen Ablagerungen randlich bedeckende Hangschutt besteht vornehmlich aus eckigem Material und Lehm. Das eckige Material stammt aus dem unmittelbar anschließenden, anstehenden Fels und ist daher Dolomit oder Schiefer. Die Hang-

schuttmassen sind für die Wasserführung von Bedeutung, da die oberflächlich abfließenden Niederschläge im Hangschutt versickern, von wo eine weitere Ableitung in das Grundwasser erfolgt.

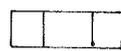
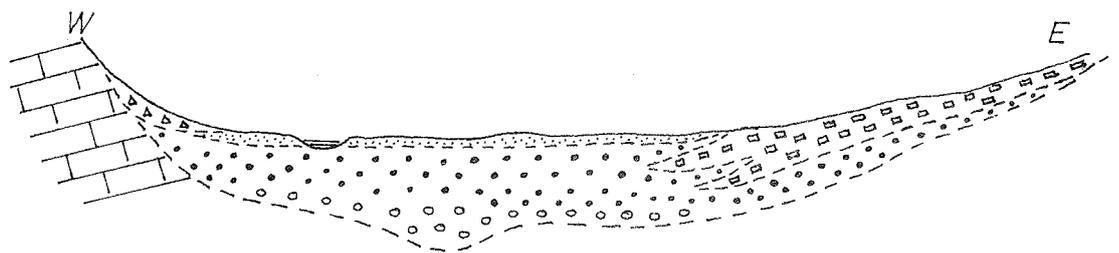
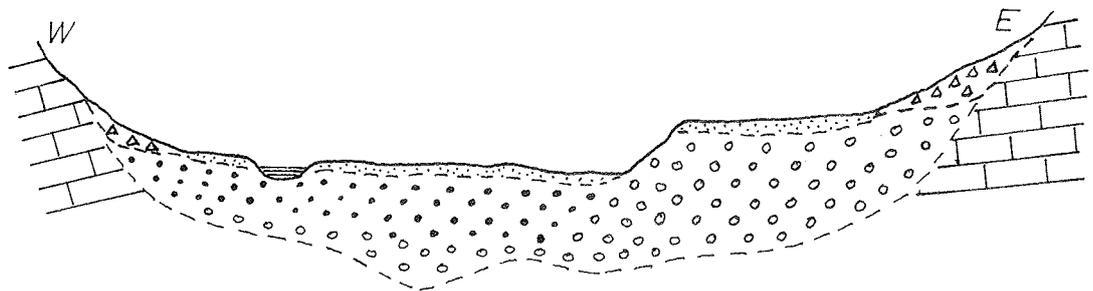
Die beiden beigeschlossenen schematisierten, nicht maßstäblichen O-W Profile (Tafel II) durch das Grundwasserfeld zeigen den Aufbau der Lockerablagerungen und die Stellung der einzelnen Komponenten dieser Ablagerungen zueinander.

Ganz allgemein kann festgestellt werden, daß die mittleren Teile des Grundwasserfeldes eine nur geringmächtige Lehmüberdeckung von ca. 1 - 3 m aufweisen, die den einzigen Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzungen von der Oberfläche her darstellt. Die randlichen Teile zeigen hingegen eine durch Hanglehne und Schwemmfächer über 4 m Mächtigkeit hinausgehende Lehmbedeckung. Diese Angaben über die Lehmbedeckung gelten natürlich nur generell, da durch das Mäandrieren der Mur und durch Ausuferungen der übrigen Wasserläufe sicher stellenweise größere oder kleinere Mächtigkeiten auftreten. Es soll daher an dieser Stelle auf die Wichtigkeit einer Karte der Überdeckungsmächtigkeiten für die Abgrenzung des engeren Schutzgebietes hingewiesen und ihre Erstellung angeregt werden.

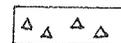
3. Das Grundwasser.

Die Lockerablagerungen der Beckenfüllung, insbesondere die Talschotter, enthalten, wie die hydrologischen Untersuchungen der Stadtwerke Graz zeigen, reichlich Grundwasser. Dieses Grundwasser durchzieht in einer generellen N-S-Strömung das Friesacher Becken, das folgende Einzugs- und Ergänzungsgebiete für das Grundwasser besitzt:

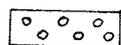
PROFILTAFEL



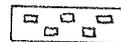
Grundgebirge



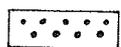
Hangschutt u. Lehm



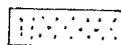
Würmterrasse



Schwemmfächer



Talalluvionen



Deckschichte

a) Die direkte Oberfläche.

Da weder die Würmterrasse noch der Talboden aus nacheiszeitlichen Ablagerungen einen Abfluß zeigen, versickert ein großer Teil der Niederschläge. Die von O der Mur zufließenden Bäche des Enzenbach- und Stübinggrabens münden sehr rasch in die Mur, da diese dort entlang des Grundwasserfeld-Ostrandens verläuft. Der von W kommende Haritz- und Petschenbach münden gleich nach Eintritt in das Grundwasserfeld in den Rötschbach, der entlang des östlichen Grundgebirgsrandes der Mur zufließt. So kommt also durch alle diese Bäche keine Entwässerung des Friesacher Beckens zustande.

b) Die umgebenden Hänge.

Von den das Grundwasserfeld umgebenden Hängen wird abfließendes Niederschlagswasser über den Hangschutt und Hangfußschutt den Talschottern zugeleitet.

c) Der Grundwasser-Zufluß aus dem Peggauer Feld.

Von dem ohne natürliche Grenzen gegen N hin anschließenden Peggauer Feld ist der Zufluß eines bedeutenden Grundwasserstromes zu erwarten.

d) Der Zufluß aus den Seitengräben.

Aus dem mit größeren Talschottermassen erfüllten Stübinggraben und dem Rötschgraben ist der Zuzug kleiner Grundwasserströme zu erwarten.

e) Das Einströmen von Murwasser.

Bei höheren Murwasserständen ist ein stärkeres Einströmen von Murwasser in das Grundwasser zu erwarten, doch wäre diese Vermutung durch einen Hydroisohypsenplan nachzuweisen.

4. Zusammenfassung.

Das Friesacher Feld zeigt also folgendes geologisches Bild:

Ein von der Mur aus den Schiefeln und Dolomiten herausgearbeitetes Becken wurde vom Fluß und von den Seitenbächen unter Zwischenschaltung von Ausräumungsphasen wieder allmählich mit Schottern, Kiesen und Sanden aufgefüllt. In diese Beckenfüllung gräbt nun der heutige Fluß seinen Lauf.

Diese mächtigen Lockerablagerungen in der Talfurche der Mur stellen nun einen Grundwasserträger dar, der für die zusätzliche Wasserversorgung der Landeshauptstadt Graz von großer Bedeutung ist. Da die Oberfläche dieser Lockerablagerungen keine absolut dichte Deckschicht besitzt, bestehen günstige Versickerungsmöglichkeiten für Niederschläge, jedoch muß auch mit Verunreinigungen von der Oberfläche her gerechnet werden.

Abschließend soll Herrn Univ.Prof.Dr. A. Thurner für die anlässlich der Verfassung der Arbeit geführten Diskussionen herzlich gedankt werden.

Literaturverzeichnis :

- Flügel, H. Die Geologie des Grazer Berglandes.
Mitteil. des Museums f. Bergbau und
Geologie am Landesmuseum "Joanneum"
H. 23, Graz 1961.
- " " Die tektonischen Verhältnisse zwischen
Stübinggraben und Mur.
Mitteil. des naturw. Ver. f. Stmk. Bd. 84,
Graz 1954, S. 40 - 49.
- " " Geologische Wanderkarte des Grazer
Berglandes, Wien 1960.
- Stiny, J. Die Lage des Felsuntergrundes in unse-
ren Alpentälern.
Geologie und Bauwesen. Jg. 10 H. 2 Wien
1938, S. 54 - 58.

PUSCHNIK Theodor, Oberbaurat Dipl.-Ing.
Betriebsleiter des Wasserwerkes der Landes-
hauptstadt Graz

NOVAK Hans, Dipl.-Ing.
Stellvertretender Betriebsleiter des Wasser-
werkes der Landeshauptstadt Graz:

"Vorarbeiten für das Wasserwerk Graz - Friesach".

Das Studium der Entwicklung der Bevölkerungszahl, der stark zunehmende Verbrauch je Kopf (im Jahr 1966: 220 l/Kopf und Tag) und die bedeutende Zunahme der Industrieanlagen, besonders in den Jahren 1950 bis 1960, führten zwangsläufig zu der Folgerung, daß die Leistungsfähigkeit des Wasserwerkes der Landeshauptstadt Graz dringend gesteigert werden muß.

Die Werke Andritz und Feldkirchen wurden in dieser Zeit ausgebaut. Es mußte daher ein neues Grundwasserfeld gefunden werden, um die Landeshauptstadt Graz mit Trinkwasser zu versorgen. Es kam nur Grundwasser in Frage, da in unmittelbarer Umgebung des Stadtgebietes nur spärliche Quellen vorhanden sind, die für die Wasserversorgung einer Großstadt nicht herangezogen werden können, und von einer Oberflächenwassergewinnung wurde derzeit noch Abstand genommen.

Gemeinsam mit der Universität Graz, der Technischen Hochschule Graz und dem Landesbauamt wurden generelle Untersuchungen hinsichtlich größerer Wasservorkommen in nachfolgenden Räumen der engeren und weiteren Umgebung von Graz durchgeführt.

Im Raume der Hochterrasse im Süden von Graz bis Wildon, im Raume von Leibnitz, im Raume des Murtales nördlich von Graz bis Frohnleiten, des Stübing- und Übelbachgrabens, im Raume

oberhalb St. Michaels, im Liesing- und Paltental und im Raume des Mürztales oberhalb Kapfenberg.

Aus umfangreichen Untersuchungen während und nach dem zweiten Weltkrieg geht eindeutig hervor, daß vorläufig nur das Wassergewinnungsfeld im Raume Friesach der Landeshauptstadt Graz zur Verfügung steht. So wurden im Jahre 1942 zwei Probebohrungen in diesem Raum durchgeführt und im Jahre 1955 ein generelles Projekt für die Wasserversorgung von Graz aus dem Raume Friesach erstellt. Im Jahre 1958 wurden weitere zehn Probebohrungen durchgeführt, so daß das gesamte Grundwasserfeld Friesach durch 12 Bohrlöcher aufgeschlossen war.

Die am 31.5.1958 konstituierte Studienkommission für die Wasserversorgung von Graz beschäftigte sich nun eingehend mit den Vorarbeiten im Raume Friesach - Wörth für die Errichtung des Wasserwerkes Graz - Friesach. In ihrer Sitzung vom 30.12.1958 empfahl die Studienkommission in Ergänzung der durchgeführten geologischen und hydraulischen Untersuchungen einen Pumpversuch im Grundwasserfeld Friesach durchzuführen. Es sollte auch durch einen praktischen Versuch die Grundwasserergiebigkeit nachgewiesen werden. Ein Unterausschuß der Studienkommission situierte den Pumpbrunnen. Der Pumpbrunnen, ein Filterrohrbrunnen, mit einem \emptyset von 900 mm, wurde bis ca. 5 m über der wasserundurchlässigen Schichte abgeteuft. Die Abteuftiefe betrug 20 m.

Zur Auswertung des Pumpversuches standen 33 Meß-Stellen in Form von Schlag-, bzw. Hausbrunnen zur Verfügung. Zur Beobachtung des Grundwasserstandes im unmittelbaren Bereich des Probebrunnens wurden die Meßbrunnen (Schlagbrunnen) des Brunnenkreuzes errichtet.

Am 27. April 1959 wurden die Grundwasserstände gemessen und daraus die Isohypsen bei unabgesenktem Grundwasser (Förderung: $Q = 0,0 \text{ l/s}$) ermittelt. (Tafel III) Der Pumpbrunnen wurde in Probetrieb genommen. Mittels einer 400 mm Leitung wurde das Wasser zur Mur geführt. Es stellte sich jedoch bald heraus, daß der Probetrieb unterbrochen werden mußte, da die Absenkung so groß war, daß die Hausbrunnen der Anrainer wasserlos wurden. Zur Durchführung des ungestörten Pumpversuches mußte eine provisorische Wasserversorgung für die umliegenden Anrainer errichtet werden.

Am 10. Juni 1959 wurde eine Pumpleistung von 240 l/s aus dem 900 mm Filterrohrbrunnen erreicht, wobei die Absenkung 7,10 m im Brunnen betrug. (Tafel IV und V)

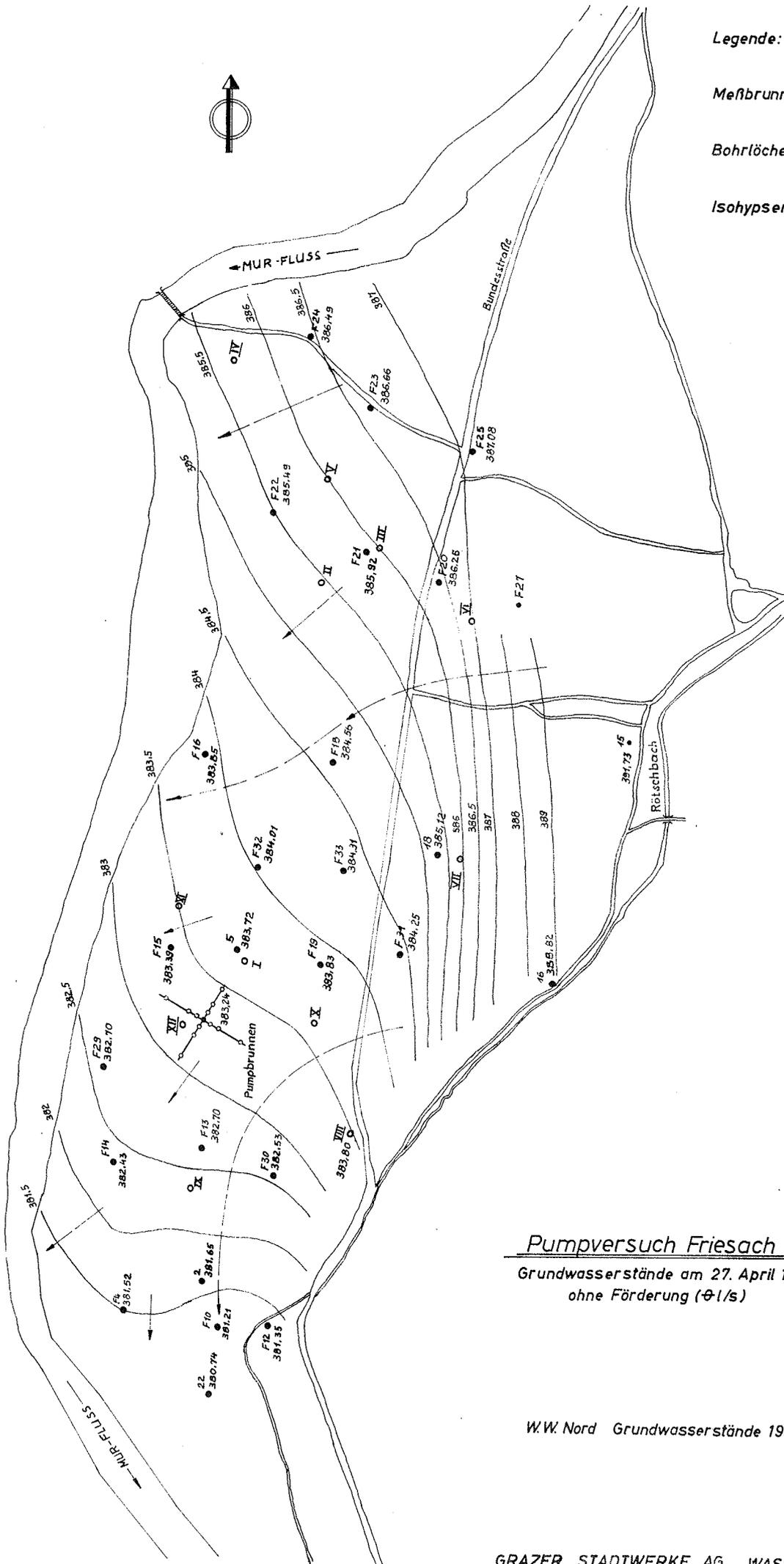
Während des gesamten Pumpbetriebes vom 18.3. bis 1.7.1959 wurden die Grundwasserstände in den einzelnen Meßbrunnen gemessen und ausgewertet. Das Ergebnis dieses Pumpversuches war nun so, daß das Grundwasserfeld Friesach - Wörth geeignet ist, die Landeshauptstadt Graz zusätzlich zu den vorhandenen beiden Werken mit Wasser zu versorgen. Bei diesem Pumpversuch wurden jedoch nicht nur Grundwasseruntersuchungen bezüglich der Qualität, sondern auch der Quantität durchgeführt. Die zuständigen Institute der Universität und der Technischen Hochschule Graz führten die chemischen und bakteriologischen Untersuchungen durch. Aus den Gutachten ging hervor, daß das Grundwasser schon während des Pumpversuches, wobei zum Schutze des Grundwassers keine besonderen Maßnahmen getroffen wurden, für Trinkzwecke geeignet war. Trotz des guten Ergebnisses wurden vom Institut für Hygiene der Universität Graz weitere bakteriologische Untersuchungen verlangt. Die Gesamthärte schwankte in den einzelnen Beobachtungsbrunnen zwischen $14 - 20^{\circ} \text{ dH}$. Das Wasser hat alkali-

Legende:

Meßbrunnen ●

Bohrlöcher ○

Isohypsen 385



Pumpversuch Friesach

Grundwasserstände am 27. April 1959
ohne Förderung (±1/s)

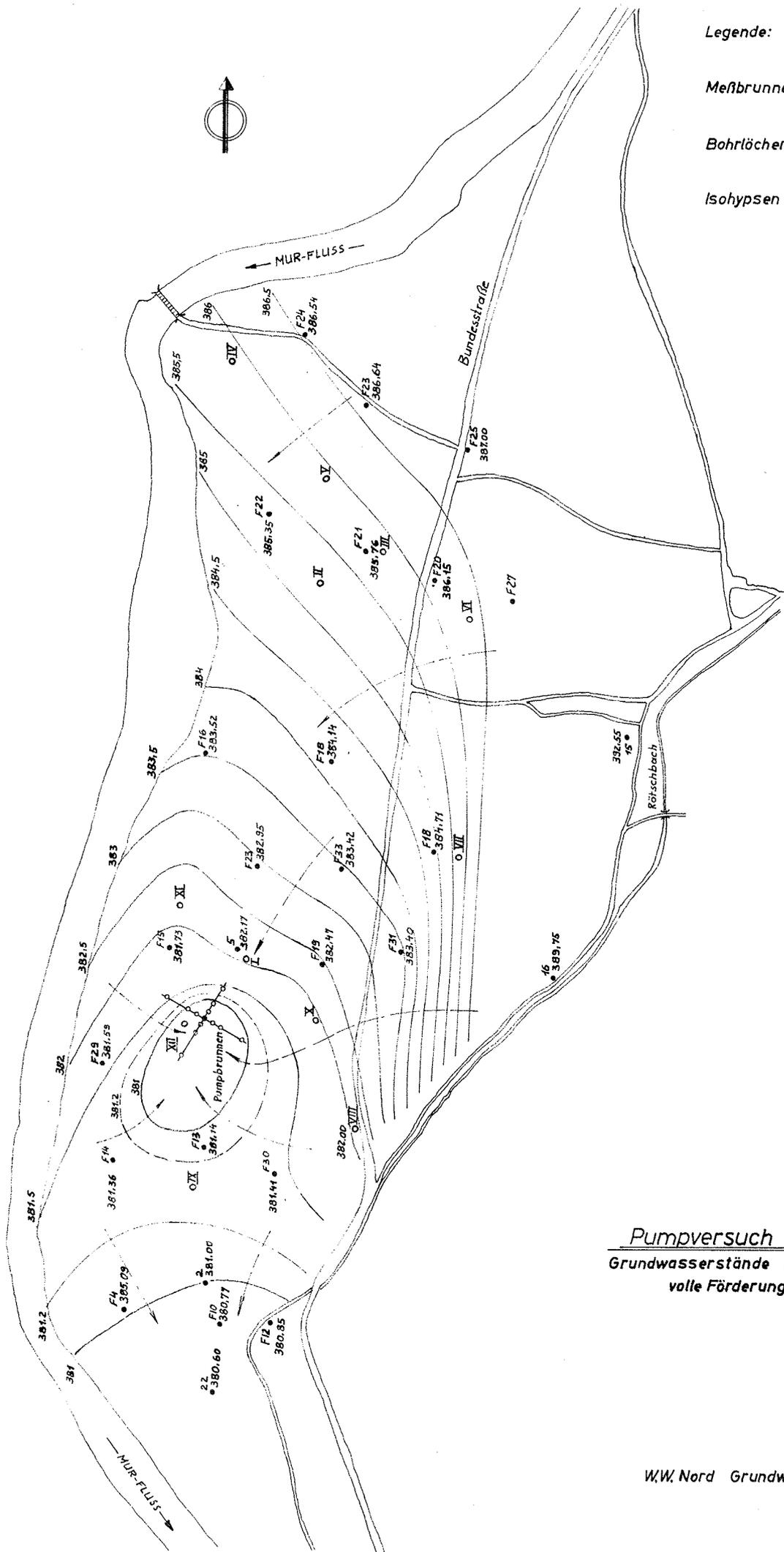
W.W. Nord Grundwasserstände 1959

Legende:

Meßbrunnen ●

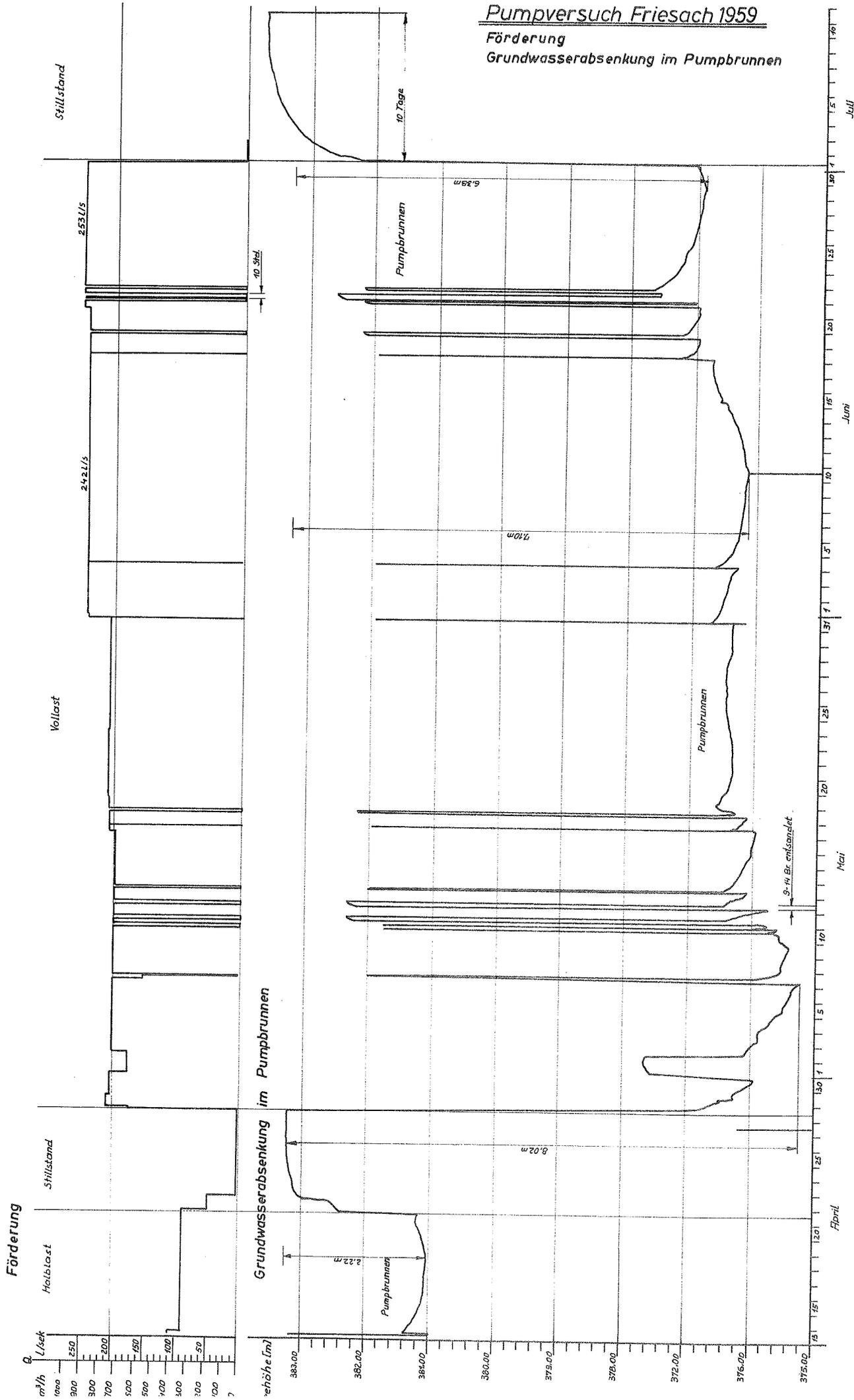
Bohrlöcher ○

Isohypsen 385



Pumpversuch Friesach
Grundwasserstände am 10. Juni 1959
volle Förderung (240 l/s)

Pumpversuch Friesach 1959
 Förderung
 Grundwasserabsenkung im Pumpbrunnen



schen Charakter bei einem mittleren p_H -Wert von 7.4. Es konnte somit ein abschließendes Urteil über das Grundwasserfeld erstellt werden, demzufolge der Raum Friesach - Wörth geeignet ist, ein drittes Wasserwerk zur Trinkwasserversorgung von Graz zu errichten. (Tafel VI)

Mit dem Abschluß der Vorarbeiten, dem Pumpversuch und den chemischen und bakteriologischen Untersuchungen, war nur ein Teil der Aufgaben gelöst, die für die Errichtung eines Wasserwerkes erforderlich sind. Die neue Aufgabe war die Situierung der Brunnen. Es stand fest, die Brunnen sollten Horizontalfilterbrunnen sein. Der Ausbau des Wasserwerkes Feldkirchen hat gezeigt, daß für die moderne Grundwasserfassung in dem mächtigen Schotterfeld des Murtales ausschließlich der Horizontalfilterbrunnen in Frage kommt. Das Wasserwerk Graz hat sich nach umfangreichen Studien für das System Ranney entschlossen, da der Murschotter bestens geeignet ist, einen Stützfilter um die Filterrohre zu bilden und es nicht notwendig ist, einen Stützfilter einzubringen. Auf Grund der 12 Bohrlöcher (I bis XII) und der daraus ermittelten Bohrprofile wurden Querprofile durch das Grundwasserfeld gelegt.

Diese Querprofile ließen auf eine Tiefenrinne schließen, die noch genau erfaßt werden mußte.

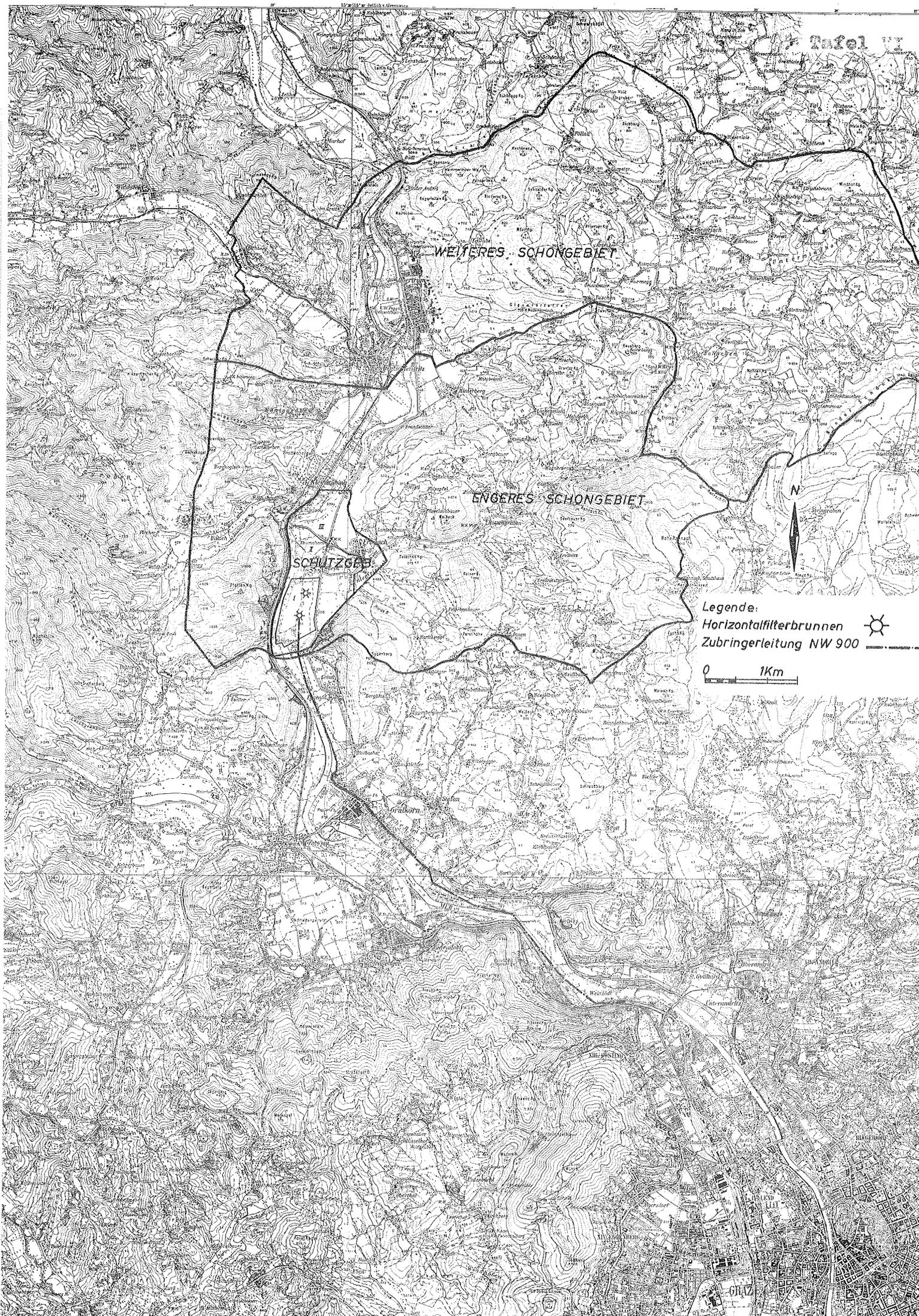
Eine ungefähre Situierung der beiden Horizontalbrunnen konnte auf Grund der Querprofile durchgeführt werden. Mit diesen Ergebnissen konnten die Anträge auf die Errichtung der beiden Schongebiete (engeres und weiteres Schongebiet) und auf die Errichtung der Schutzgebiete (Zone I - III) gestellt werden. Im Landesgesetzblatt vom 20.3.1963 wurde die Schongebietsverordnung und im Bundesgesetzblatt vom 21.3.1963 die wasserwirtschaftliche Rahmenverfügung veröffentlicht. Mit Bescheid vom 8.10.1963 des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung

wurden die 3 Schutzzonen erlassen und ein einstweiliger Entnahmekonsens von 550 l/s festgelegt.

Der genaue Verlauf der Tiefenrinne konnte durch die bereits durchgeführten Bohrungen nur annähernd ermittelt werden. Eine gravimetrisch durchgeführte Messung des Grundwasserfeldes war unbefriedigend, da die Ergebnisse mit den vorhandenen Bohrprofilen nicht übereinstimmten.

In dieser Tiefenrinne sollten die beiden Brunnen (Horizontalfilterbrunnen) errichtet werden. Diese Rinne durch Probebohrungen zu erfassen wäre viel zu aufwendig gewesen, zumal etwa 40 Bohrungen bis zu einer durchschnittlichen Tiefe von 20 m notwendig gewesen wären. Wenn man eine Bohrung mit ca. S 35.000.-- berechnet (Nov. 1966), so hätte die Erschließung der Tiefenrinne einen Betrag von ca. S 1,4 Millionen ergeben. Dieser Aufwand stand in keinem Verhältnis zum Erfolg einer solchen Aufschließung, da ja die Brunnen auf Grund der Querprofile schon festgelegt werden konnten. Es sollte vielmehr nur die Richtigkeit der Brunnensituierung bestätigt werden, bzw., falls notwendig, eine geringfügige Korrektur durchgeführt werden. Verschiedentlich erhielten wir von ausländischen Firmen Angebote über die Durchführung von geoelektrischen, bzw. geoseismischen Messungen. Die Techniker des Wasserwerkes standen diesen Messungen wegen der relativ geringen Meßtiefe skeptisch gegenüber.

Im Jänner 1966 teilte das Institut für Geologie der Technischen Hochschule Graz dem Wasserwerk mit, daß sich das Institut für angewandte Geophysik der Montanistischen Hochschule Leoben mit gutem Erfolg mit geoseismischen Messungen beschäftigt. Die gleiche Mitteilung erhielt das Wasserwerk im März 1966 vom Steiermärkischen Landesbauamt. Die Techniker des Wasserwerkes hatten Gelegenheit, mit dem Vorstand des

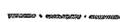


WEITERES SCHONGEBIET

ENGESERES SCHONGEBIET

SCHUTZGEB.

Legende:

- Horizontalfilterbrunnen 
- Zubringerleitung NW 900 

0 1Km



Institutes für Geophysik zu sprechen, wobei Ergebnisse bereits durchgeführter Messungen gezeigt wurden. Die Aussprache und die gezeigten Auswertungen geoseismischer Messungen waren so überzeugend, daß sich das Wasserwerk entschloß, den Raum Friesach - Wörth gemeinsam mit dem Landesbauamt nach der Methode der Refraktionsseismik untersuchen zu lassen. Die Kosten für diese Arbeiten waren im Verhältnis zu den Kosten, das Gebiet durch Bohrungen aufschließen zu lassen, wesentlich niedriger.

In einem Lageplan (Maßstab 1 : 2.880) wurden die gewünschten Profile, Längs- und Querprofile, eingetragen. Die Profile wurden entweder entlang eines Weges oder entlang einer Parzellengrenze gewählt, um den Flurschaden so gering wie möglich zu halten. Sämtliche Arbeiten wurden selbstverständlich im Einverständnis mit den betroffenen Grundstückbesitzern durchgeführt.

Für die Durchführung der Messungen war es notwendig, in Abständen von ca. 150 bis 200 m Schußpunkte festzulegen, um in ihnen kleine Sprengungen durchführen zu können.

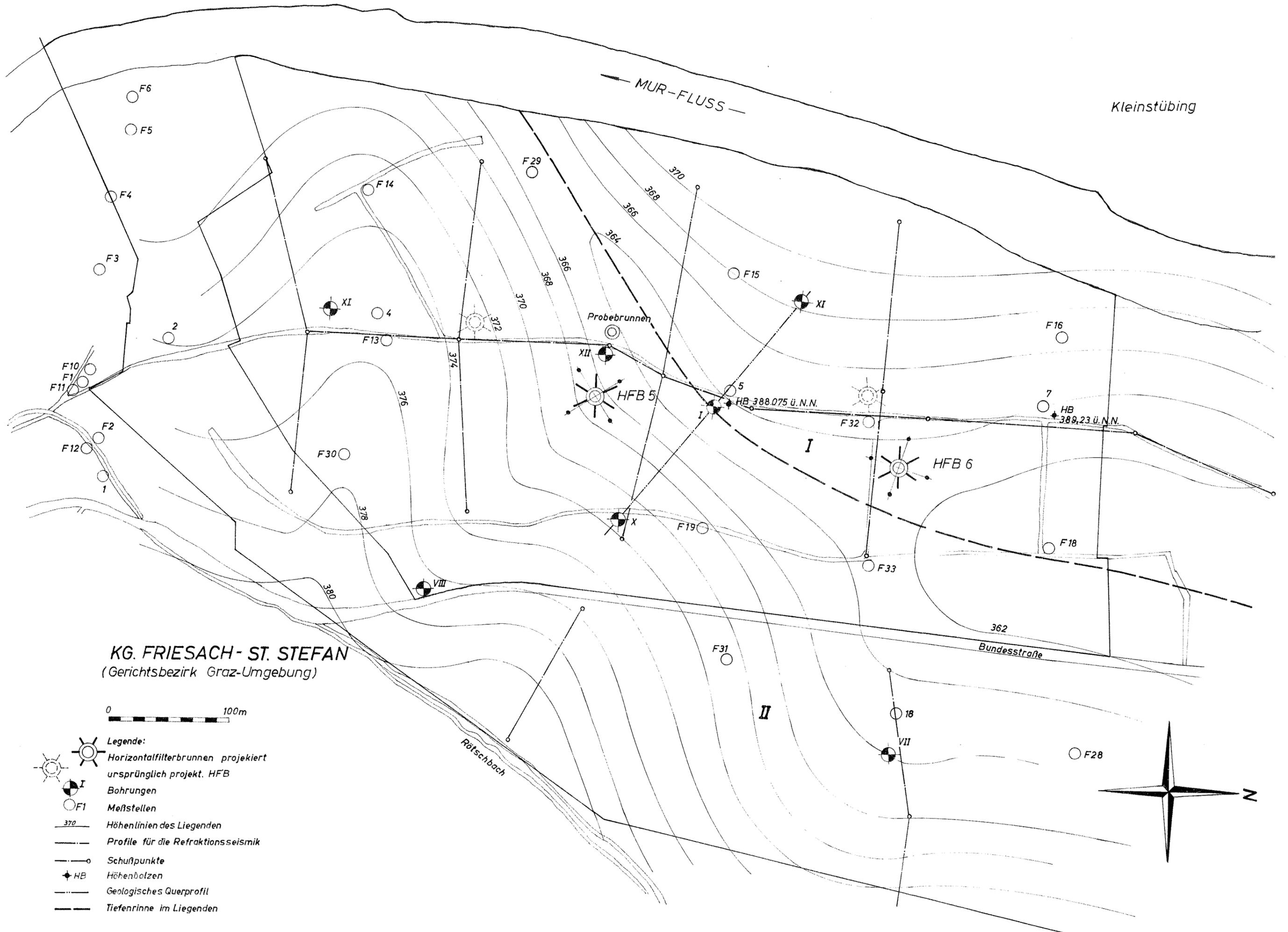
Die Schußpunkte wurden mit Pflöcken vermarkt. Somit waren die Längs- und Querprofile mittels der Pflöcke in den jeweiligen Schußpunkten auch in der Natur festgelegt. Die Profile wurden durch Liniennivellements erfaßt und an das Präzisionshöhenetz angeschlossen. Die Vorarbeiten für die Ermittlungen des Untergrundes mit Hilfe der Refraktionsseismik waren somit von Seiten des Wasserwerkes abgeschlossen und das Institut für angewandte Geophysik konnte mit der Feldarbeit beginnen.

Mit einem Erdbohrer (Handbohrer) wurden in den Schußpunkten Löcher mit einem \emptyset von ca. 100 mm und einer Tiefe von 1.50

bis 2.50 m gebohrt und mit ca. 500 g Sprengstoff gefüllt. Entlang des zu messenden Profiles wurde ein Kabel aufgelegt, an welches Geophone angeschlossen wurden. Die Geophone, die zur Übertragung der seismischen Wellen dienten, hatten einen Abstand von 20 m. Das Kabel führte in einen Meßwagen, in dem Registriergeräte untergebracht waren. Nachdem im Schußpunkt der Sprengstoff zur Explosion gebracht wurde, registrierten die Geophone die seismischen Wellen und leiteten diese zu den Registriergeräten, in denen sie photographisch festgehalten und sofort entwickelt wurden. Die sofortige Entwicklung der photographischen Aufnahmen war sehr wichtig, da Störelemente, wie Hochspannungsleitungen, vorbeifahrende Autos und Züge oder zu starke, bzw. zu schwache Sprengungen sofort erkannt wurden und die Sprengung nochmals durchgeführt werden konnte. Profil für Profil wurde auf diese Weise durchgemessen. Im Raume Friesach waren zur Erfassung des gesamten Grundwasserfeldes 40 Schußpunkte und ca. 320 Geophonaufstellungen notwendig. Die Feldarbeiten dauerten 10 Tage, wobei die Gesamtprofillänge ca. 6,5 km betrug.

10 Wochen nach Abschluß der Feldarbeiten wurde dem Wasserwerk vom Institut für Geophysik die Auswertung in Form eines Gutachtens und eines Schichtenplanes der wasserundurchlässigen Schichte übermittelt. (Tafel VII und VIII)

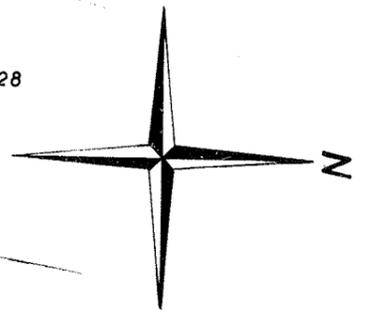
Die Frage nach der Tiefenrinne war damit beantwortet und, wie aus Tafel VII zu ersehen ist, zieht diese Rinne in Nord-südrichtung. Die Profile der Aufschlußbohrungen wurden mit dem erstellten Schichtenplan verglichen. Beide stimmten gut überein und das Ergebnis der Refraktionsseismik war zur vollsten Zufriedenheit ausgefallen. Der Tiefenrinne entsprechend wurden die ursprünglich situierten Horizontalfilterbrunnen etwas geändert und erreichen jetzt eine Tiefe von 20.0 m



KG. FRIESACH-ST. STEFAN
(Gerichtsbezirk Graz-Umgebung)

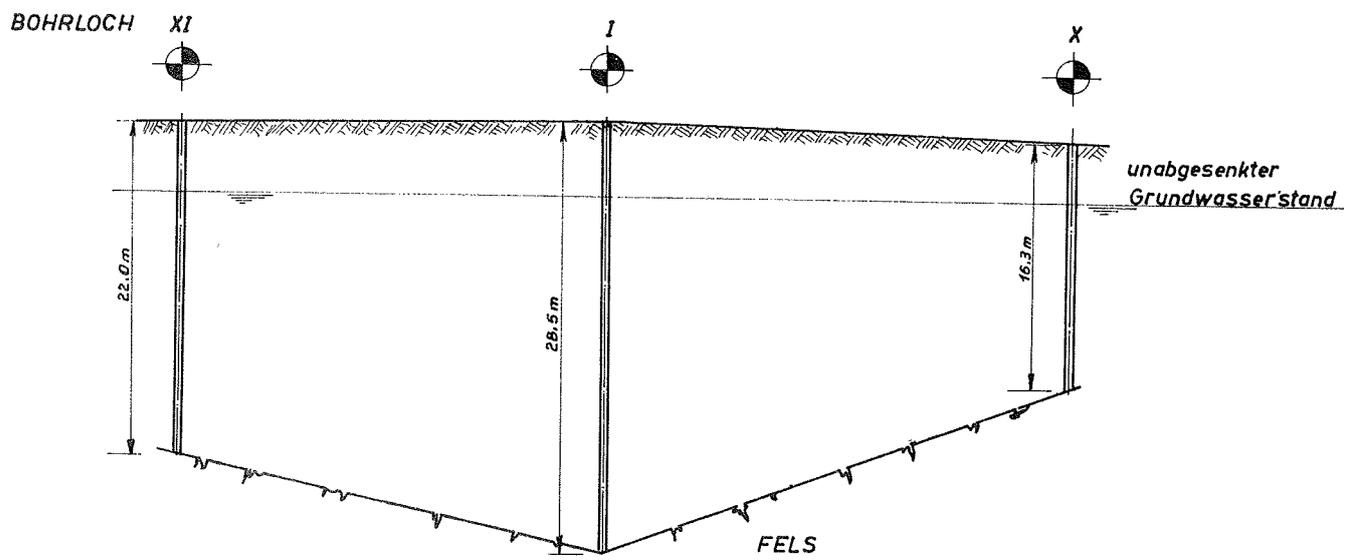
0 100m

- Legende:**
- Horizontalfilterbrunnen projiziert
 - ursprünglich projekt. HFB
 - Bohrungen
 - Meßstellen
 - Höhenlinien des Liegenden
 - Profile für die Refraktionsseismik
 - Schußpunkte
 - Höhenbolzen
 - Geologisches Querprofil
 - Tiefenrinne im Liegenden



QUERPROFIL

Tafel VIII



M_L : 1:2880

M_H : 1:500

gegenüber einer Tiefe von 14.0 m der ursprünglichen Situierung. (Tafel VII) Der Errichtung des Wasserwerkes steht somit nichts mehr im Wege und das Wasserwerk wird noch im heurigen Jahr mit den Aufschlußbohrungen (Zentralbohrung zur Bestimmung des k-Wertes und Kontaktbohrungen) für die Horizontalfilterbrunnen beginnen, um anschließend die Schächte abzuteufen und die Vortriebe durchzuführen.

Literatur:

- Kassecker, F.: Über die Verschmutzung von Grundwasser durch ausgeronnene Treibstoffe nach Tankwagenunfällen. Das Gas- und Wasserfach. Jg. 1963, S. 108.
- Kassecker, F.: Beseitigung von Rohbenzol-Verschmutzung des Grundwassers nördlich des Wasserwerkes Süd. Das Gas- und Wasserfach. Jg. 1963, S. 655.
- Kassecker, F.: Probleme bei der Wasserversorgung von Graz. Das Gas- und Wasserfach. Jg. 1963, S. 1500.
- Kassecker, F.: Zur Broschüre Elektrizitätsversorgung und Wasserleitungsnetz. Jg. 1964, S. 218.
- Pirkner, K. und Puschnik, Th.: Erster HFB im Wasserwerk Feldkirchen. Gas-Wasser-Wärme. Jg. 1964, S. 199.
- Pirkner, K.: Der Trinkwasserbehälter "Spielberg" des Wasserwerkes der Grazer Stadtwerke AG. Gas-Wasser-Wärme. Jg. 1966, S. 16.
- Varetza, H.: Gesetzliche Bestimmungen zur Reinhaltung des Bodensees. Das Gas- und Wasserfach. Jg. 1964, S. 1101.
- Varetza, H.: Ursachen der Korrosionsschäden an den Wasserleitungsanlagen der Stadt Graz und Maßnahmen zu deren Einschränkung. Das Gas- und Wasserfach. Jg. 1964, S. 1327.

WEBER Franz, Prof.Dr., Vorstand des Institutes für Erdölgeologie
und Angewandte Geophysik an der Montanistischen
Hochschule Leoben:

"Die refraktionsseismischen Messungen in der Murebene
bei Friesach".

Allgemeines und Problemstellung

Technische Durchführung der Messungen

- 1) Das Meßprogramm
- 2) Die seismische Apparatur

Auswertung der Messungen

- 1) Die Grundlagen der Auswertung refraktionsseismischer Messungen
- 2) Der Mehrschichtenfall
- 3) Die Geschwindigkeitsverhältnisse im Raum Friesach
- 4) Die den Berechnungen zugrunde liegenden Annahmen und deren Gültigkeit

Ergebnisse

- 1) Die Darstellung der Ergebnisse
- 2) Der Tiefenlinienplan
- 3) Die Quartärmächtigkeitkarte
- 4) Die Isogeschwindigkeitkarte
- 5) Vergleich mit den Bohrerergebnissen

Schlußfolgerungen

Zusammenfassung

Allgemeines und Problemstellung.

Im Bereich der Murebene von F r i e s a c h bei Graz wurden refraktionsseismische Untersuchungen ausgeführt, die den Zweck hatten, die Mächtigkeit der Schotter und das Relief des Felsuntergrundes zu bestimmen. Da beabsichtigt ist, 2 Horizontalfilterbrunnen für die Wasserversorgung der Stadt Graz niederzubringen, war wesentlich, die dafür günstigsten Stellen ausfindig zu machen. Es wurden deshalb in Zusammenarbeit mit den Grazer Stadtwerken und der Fachabteilung IIIa des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung ein Längs- und sechs Querprofile über das Meßgebiet gelegt. Nach Möglichkeit wurde entlang von Wegen gemessen, um Flurschäden zu vermeiden. Die Schußpunkte mußten sich weiters in bestimmtem Abstand von Häusern befinden, was vor allem für die stärker besiedelte nördliche Hälfte des Meßgebietes von Bedeutung war. Ferner mußte auch auf die zahlreichen Hochspannungsleitungen Rücksicht genommen werden, dies nicht nur aus Sicherheitsgründen, sondern auch wegen der die Qualität der Ergebnisse beeinträchtigenden Induktion. Das nunmehr vorliegende Netz von Meßlinien stellt daher einen Kompromiß aus allen diesen Forderungen dar. Eine wertvolle Ergänzung bilden die acht im Untersuchungsgebiet niedergebrachten Bohrungen, da durch diese nicht nur exakte Werte der Grundgebirgsoberkante geliefert, sondern auch ein Einblick in die Zusammensetzung des Quartärs gegeben wird. Auf Grund eines Vergleiches mit geologisch ähnlich gelagerten Fällen konnte mit Sicherheit angenommen werden, daß ein guter Geschwindigkeitskontrast zwischen den Schottern und dem Felsuntergrund besteht und daher günstige Voraussetzungen für den Einsatz der Refraktionsseismik gegeben sind. Die Bohrungen im Nordteil des Meßgebietes haben durchwegs schwarzgrauen Graphitschiefer (Paläozoikum) unter der Schot-

terdecke angetroffen, während im S dichter, massiger, grauer Dolomit erbohrt wurde. Das Quartär besteht überwiegend aus Schottern, wechsellagernd mit Kiesen und Sanden, wobei die Feststellung bedeutungsvoll ist, daß die Schotter lagenweise fest gelagert sind, da sich dies auch auf die Geschwindigkeit auswirkt. Über den Schottern liegt eine bis 4 m mächtige Decke von Aulehm und lehmigem Sand, die auf Grund ihrer niedrigen Geschwindigkeit den refraktierten Impuls verzögert und daher bei den Berechnungen wegkorrigiert wird.

Technische Durchführung der Messungen.

1) Das Meßprogramm

Zur Ausführung des Meßprogrammes wurde in der Zeit vom 16. - 22.5.1966 an 40 Schußpunkten gesprengt und registriert. Die Schußpunkte verteilen sich folgendermaßen auf die einzelnen Profile:

- Linie 1: SP 2, 10 - 22,
- Linie 2: SP 18, 23, 24, 39 - 41,
- Linie 3: SP 16, 28, 29, 32 - 35,
- Linie 4: SP 7 - 9, 36 - 38,
- Linie 5: SP 4 - 6, 30, 31,
- Linie 6: SP 1 - 3,
- Linie 7: SP 10, 25, 26.

Das Meßgebiet wurde also durch ein ausgedehntes Längsprofil (Linie 1, Tafel XII und XIII) und durch sechs Querprofile (Linie 2 bis 7, Tafel XIV - XVIII) unterteilt.

Insgesamt wurden 147 Schüsse mit einem Gesamtprennstoffverbrauch von 72,5 kg abgetan. Die Sprengladungen wurden in der Regel 1,5 bis 2,5 m tief eingegraben, lediglich bei

steinigem Untergrund war die Ladungstiefe geringer. Schwierigkeiten im Schießbetrieb traten - abgesehen von dem in der Schottergrube gelegenen SP 40 - nicht auf. Die Ladungsmenge pro Schuß betrug im Durchschnitt 0,5 kg. Der Energiedurchgang war fast im gesamten Meßgebiet gut. Eine Ausnahme bilden die nördlich der Mur gelegenen SP 20 bis 22, wo in den Bohrungen eine den Schallimpuls stark dämpfende Feinsandschicht angetroffen wurde, weshalb die Ladungen beträchtlich erhöht werden mußten.

Die Entfernung zwischen den Schußpunkten betrug - soweit dies die Geländeverhältnisse, Besiedlung, etc. zuließen - 200 m. Das erste Geophon befand sich in 10 m, das zweite in 20 m Abstand vom Schußpunkt, der Abstand zwischen den übrigen Geophonen betrug stets 20 m.

Ungünstig wirkte sich der Umstand aus, daß das Meßgebiet von der Triester Bundesstraße in N-S-Richtung durchschnitten wird. Es wurden deshalb die Schußpunkte so nahe an die Straße heran angelegt, als dies aus Sicherheitsgründen möglich war, um die Lücke möglichst klein zu halten.

2) Die seismische Apparatur

Die Apparatur war eine 6-kanälige, tragbare, refraktionsseismische Apparatur, die die Registrierung seismischer Wellen bis ca. 1,0 sec Laufzeit gestattet. Die Aufnahmen wurden auf Agfa-EKG-Filmen registriert. Die Zeitmarkierung ist in konventioneller Weise bei allen 0,01 sec durch einen quer über den Film verlaufenden Strich gekennzeichnet, so daß die Tausendstel sec bei einem mittleren Strichabstand von 4 mm auf 0,001 sec genau geschätzt werden können.

Das Sprengmoment wird mit einer getrennten Leitung zu einer eigenen Spur geführt, die sich am Streifen unterhalb der 6 Geophonspuren befindet. Da das Sprengmoment einen ganz scharfen Abriß der Spur ergibt und die Verzögerungszeit der elektrischen Momentzündung sehr gering ist und daher vernachlässigt werden kann, ist die Bestimmung des Sprengmoments ohne weiters mit einer Genauigkeit von 0,001 sec möglich. (Taf. IX)

Auswertung der Messungen.

1) Die Grundlagen der Auswertung refraktionsseismischer Messungen

Die Auswertung der Seismogramme hat die Konstruktion der direkten und refraktierten Wellen zur Grundlage. Bevor mit der eigentlichen Auswertung begonnen werden kann, müssen die Meßwerte auf eine Bezugsebene reduziert werden. Bei nicht zu großen Geländeunterschieden wird man einen einheitlichen Bezugshorizont - am besten knapp unterhalb des Schußniveaus - für das gesamte Meßgebiet auswählen. Bei größeren Höhendifferenzen wird ein gleitendes (schräges) Bezugsniveau angenommen, damit die Korrekturen möglichst klein sind. Aus den korrigierten Laufzeitkurven werden sodann die Geschwindigkeiten, Tiefen- und Neigungswinkel der einzelnen Schichten graphisch und rechnerisch ermittelt. Bei der Tiefenberechnung ist methodisch zu unterscheiden zwischen der Berechnung der Tiefen unter den Schußpunkten - wobei auch die generelle Neigung des refraktierenden Horizonts berechnet wird - und der Tiefenberechnung an den Geophonpunkten.

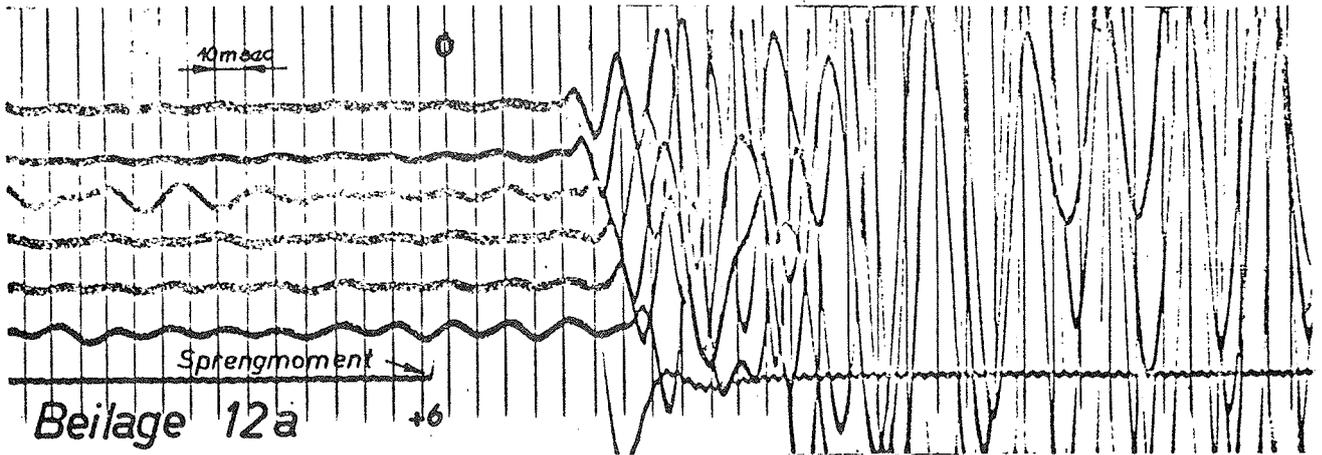


Fig. 12a: Weite Aufstellung, Spuren gestört durch Induktion
 Aufnahme von SP 2 (Richtung SP 3)
 Entfernung 100 - 200 m: Geophonabstand 20 m
 Induktion besonders deutlich auf Spur 6 (Frequenz 50Hz)

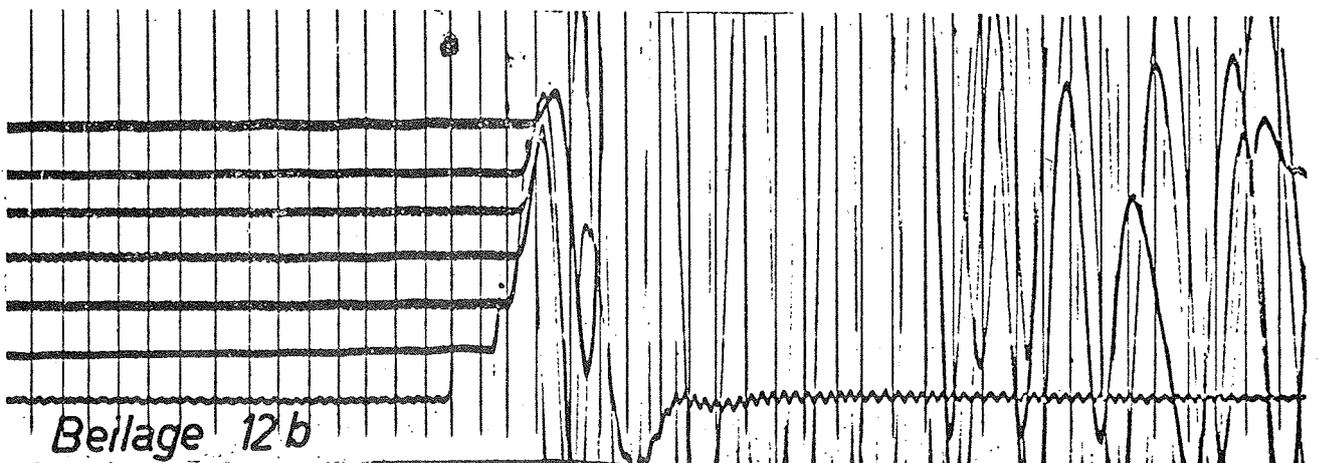


Fig. 12b: Verwitterungsschießen
 Geophonabstand 3 m

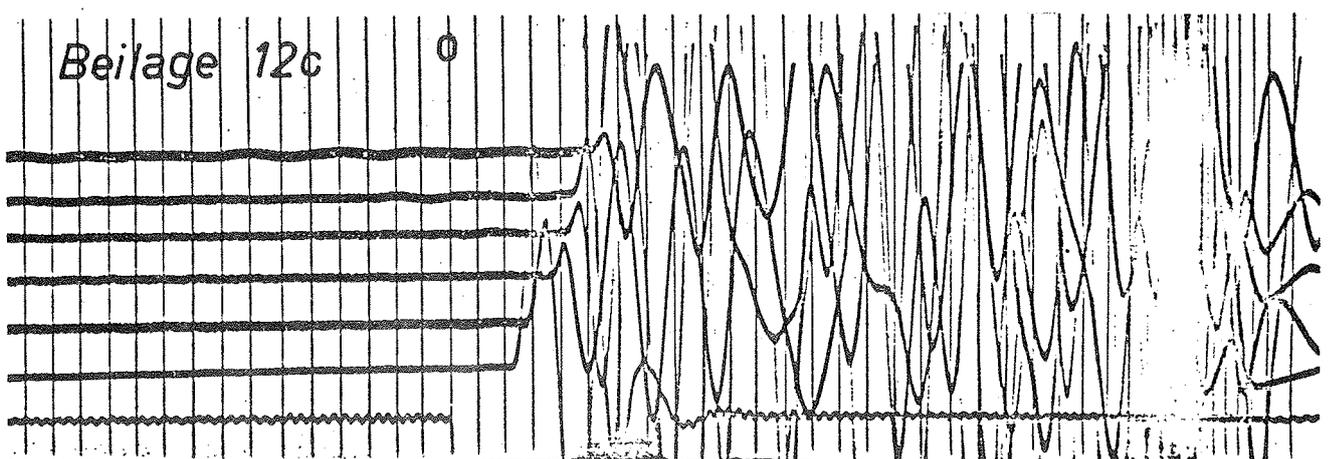


Fig. 12c: Nahe Aufstellung
 Aufnahme von SP 16 (Richtung SP 28)
 Entfernung 10 - 100 m

Bei ersterer ist die Methode der Intercepttime am gebräuchlichsten; das ist jener Zeitabschnitt, der bei Verlängerung des Laufzeitkurvenastes bis zur Ordinate (Zeitachse) entsteht. Im einfachsten Fall, nämlich bei 2 Schichten mit horizontaler Lagerung, besteht folgende Beziehung zwischen der Interceptzeit, der Tiefe und den Geschwindigkeiten:

$$t_0 = 2Z \sqrt{\frac{1}{V_1^2} - \frac{1}{V_2^2}}$$

t_0 = Interceptzeit

V_1 = Geschwindigkeit des ober der Grenzfläche liegenden Mediums

V_2 = Geschwindigkeit des unter der Grenzfläche liegenden Mediums

Z = Tiefe bis zur Grenzfläche

Daraus ergibt sich die Tiefe

$$Z = \frac{t_0}{2} \sqrt{\frac{V_1^2 V_2^2}{V_2^2 - V_1^2}}$$

Im Falle einer Neigung des Horizonts werden nicht mehr die wahren Geschwindigkeiten des Untergrundes, sondern davon abweichende Scheingeschwindigkeiten gemessen. Das äußert sich darin, daß die beiden Laufzeitgeraden der refraktierten Welle verschieden stark geneigt sind, woraus sich auch eine in beiden Richtungen verschiedene Interceptzeit ergibt (Tafel X). Aus den beiden Scheingeschwindigkeiten wird der Neigungswinkel des Horizonts und die wahre Geschwindigkeit V_2 des unteren Mediums berechnet. Bei der Berechnung der Tiefe muß dann der Neigungswinkel des Horizonts berücksichtigt werden.

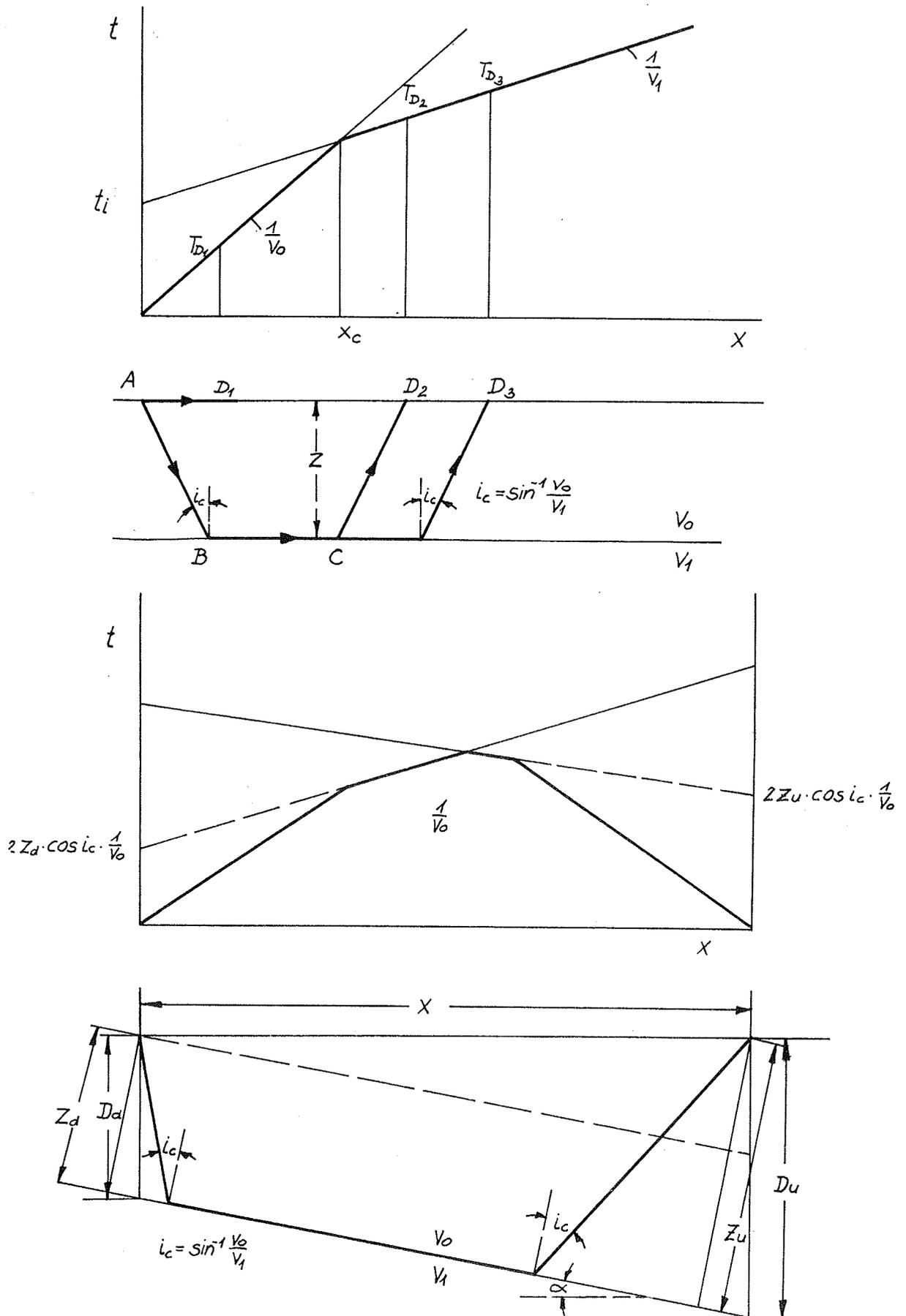
$$Z = \frac{t_0}{2 \cos \theta} \sqrt{\frac{v_1 v_2}{v_2^2 - v_1^2}} \quad \theta = \text{Neigung des Horizonts}$$

$$Z' = \frac{t_0'}{2 \cos \theta} \sqrt{\frac{v_1 v_2}{v_2^2 - v_1^2}}$$

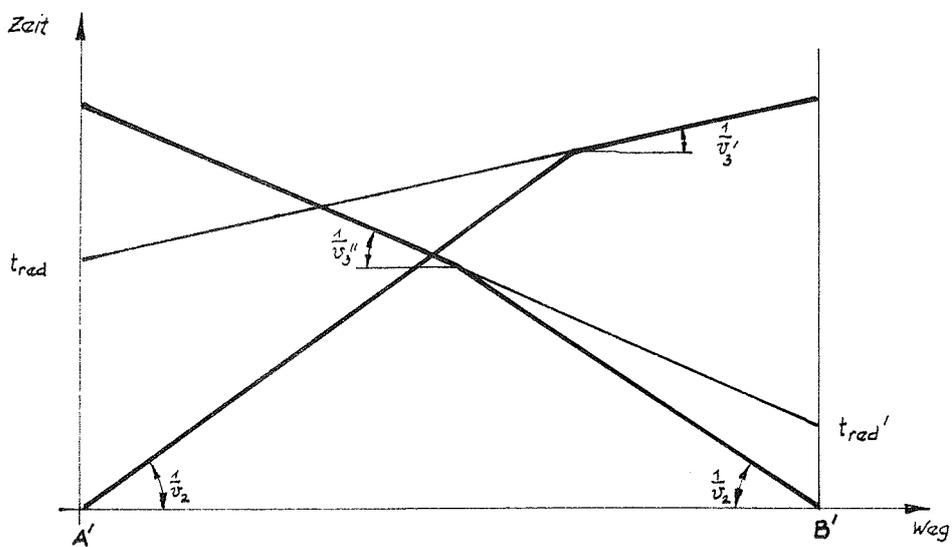
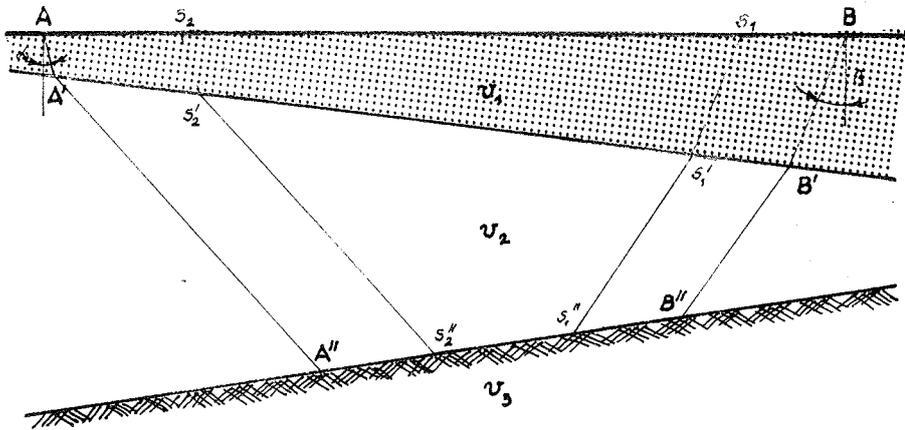
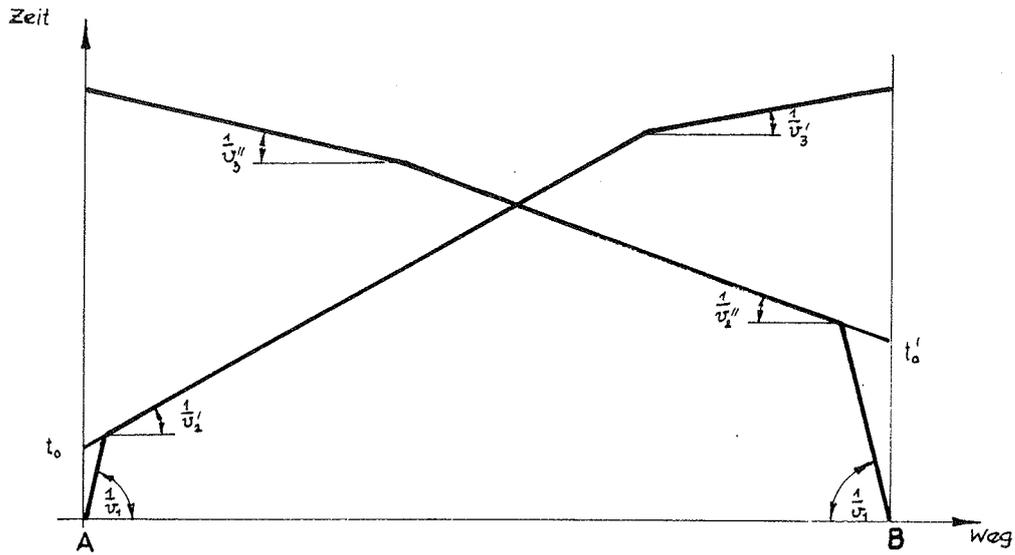
Es ergibt sich also beim Refraktionsschießen mit geneigten Horizonten die Notwendigkeit, eine Meßstrecke stets in Richtung und Gegenrichtung zu schießen, wobei die Laufzeiten der refraktierten Welle an den äußersten Geophonen gleich groß sein müssen (da ja auch die durchlaufenen Wege gleich sind, siehe Tafel X). Rein qualitativ läßt sich weiters bei Betrachtung der vollständigen Laufzeitkurve sofort erkennen, ob der Horizont im Untergrund horizontal oder geneigt ist. Im ersteren Fall sind die Geschwindigkeiten der tieferen Schicht beim Schießen und Gegenschießen gleich groß, im letzteren Fall verschieden, und zwar scheinbar größer in Richtung des Anstiegs und kleiner in Richtung des Einfallens. Der genauen Bestimmung der Laufzeiten der direkten und refraktierten Welle kommt also bei der Auswertung eine zentrale Bedeutung zu.

2) Der Mehrschichtenfall

Im Falle von mehr als 2 Schichten werden die Formeln wesentlich komplizierter und die Berechnungen entsprechend langwieriger. Man geht hier dann am besten so vor, daß man mit der Auswertung von oben nach unten zu fortschreitet, also zunächst Tiefe und Neigung der 1. Grenzfläche ermittelt, diese als Bezugsebene nimmt und eine neue Laufzeitkurve der für den Einfluß der oberen Schicht korrigierten Laufzeiten zeichnet. Man führt also ein Mehrschichtproblem sukzessive auf den 2-Schichtfall zurück.



Wellenwege und Laufzeitkurven für den 2 - Schichtenfall



Reduktion eines 3-Schichtenfalles auf einen 2-Schichtenfall

Aus den Neigungen $1/V_3'$ und $1/V_3''$ der dritten Laufzeitkurvenabschnitte können die Emergenzwinkel α und β berechnet werden, unter denen die am V_3 Horizont refraktierte Welle ein- bzw. auftaucht (Tafel XI). Wenn diese Winkel bekannt sind, dann kann die Strecke, die die refraktierte Welle im V_1 Horizont zurücklegt ($O_1 O_1'$ und $O_2 O_2'$) unschwer rechnerisch oder graphisch ermittelt werden. Zwischen den Schußpunkten werden 2 (oder mehrere) Punkte angenommen und ebenfalls der Wellenweg durch den V_1 Horizont ($S_1 S_1'$ und $S_2 S_2'$) ermittelt, sowie die dazugehörigen Laufzeiten. Durch Subtraktion der Laufzeiten für die Strecken $O_1 O_1'$, $O_2 O_2'$, $S_1 S_1'$ und $S_2 S_2'$ von der bekannten Gesamtlaufzeit erhält man eine neue Laufzeitkurve mit den fiktiven Schußpunkten O_1' und O_2' , die nunmehr einen einfach zu lösenden 2-Schichtenfall darstellt. Die ersten Laufzeitkurvenabschnitte entsprechen nunmehr der direkten Welle in der 2. Schicht und sind daher gerade mit der Neigung $1/V_2$.

3) Die Geschwindigkeitsverhältnisse im Raum Friesach

Die refraktionsseismischen Messungen des Gebietes von Friesach lassen sich sehr gut durch den 3-Schichtenfall wiedergeben. Die oberste Schicht ist nur mehrere m mächtig und weist Geschwindigkeitswerte (V_1) auf, die zwischen 250 - 400 m/sec liegen; im Mittel aller Messungen 320 m/sec. Diese Schicht umfaßt in geologischer Hinsicht die oberen, luftgefüllten Lockerschichten (Humus, Aulehm, Sand), die auf alle Fälle über dem Grundwasserspiegel liegen. Darunter liegt die V_2 -Schicht mit Geschwindigkeitswerten zwischen 1700 - 2200 m/sec (im Mittel ca. 1900 m/sec). Diese entspricht geologisch der Hauptmasse der grundwassererfüllten Schotter sowie dem stärker verwitterten und zersetzten Grundgebirge. Darunter liegt der Horizont

mit der Geschwindigkeit V_3 mit Werten zwischen 4200 - 5300 m/sec, im Mittel ca. 4800 m/sec (unter Nichtberücksichtigung von Extremwerten). Dieser Horizont entspricht dem Grundgebirge, das im Meßgebiet aus paläozoischen Graphit-schiefern und Dolomiten gebildet wird.

4) Die den Berechnungen zugrunde liegenden Annahmen und deren Gültigkeit

Um die Genauigkeit der Berechnungen und die Verwendbarkeit der Refraktionsseismik in einem speziellen Fall überhaupt beurteilen zu können, erscheint es angebracht, die wichtigsten, dem Verfahren zugrunde liegenden Annahmen und Vereinfachungen zu skizzieren. Diese sind:

- 1) Der Untergrund ist geschichtet, wobei die Grenzflächen innerhalb der Strecke zwischen 2 Schußpunkten als (horizontale oder geneigte) Ebenen angesehen werden können.
- 2) Die einzelnen Schichten bestehen jeweils aus einem in elastischer Hinsicht homogen-isotropen Medium. Daraus folgt, daß die Geschwindigkeiten innerhalb der Schichten konstant und die Strahlen Gerade sind.
- 3) Die Schichten unterschiedlicher Geschwindigkeit sind durch scharfe Grenzflächen voneinander getrennt.
- 4) Die Geschwindigkeiten der einzelnen Schichten nehmen mit der Tiefe zu, da andernfalls die refraktierte Welle nicht zur Erdoberfläche zurückkehren und der betreffende Horizont "überschossen" werden würde.

Wenn wir nun die Gültigkeit der oben erwähnten Kriterien im Meßgebiet Friesach untersuchen, so können wir feststellen, daß hier durchaus günstige Bedingungen für die Refraktionsseismik gegeben sind.

Nun ist die Bedingung eines homogen-isotropen Mediums bei der V_1 - und V_2 -Schicht sicher nicht völlig erfüllt, wie auch die unterschiedlichen Geschwindigkeiten bei den ein-

zelenen Aufstellungen zeigen. Es sind jedoch die dadurch bedingten Abweichungen bei der V_1 -Schicht infolge der geringen Mächtigkeit klein; bei der V_2 -Schicht streuen die Geschwindigkeiten nicht zu sehr und vor allem nicht sprunghaft, so daß durch Mittelbildung ein hinreichend genauer Rechenwert angenommen werden kann. Schwankungen in der Geschwindigkeit des Untergrundes (V_3) können neben einer verschieden starken Verwitterung auch auf eine Geschwindigkeitsanisotropie zurückzuführen sein. Diese äußert sich darin, daß die Geschwindigkeiten in Richtung der Schichtung, bzw. Schieferung höher sind als senkrecht dazu. Davon könnten vor allem die Graphitschiefer betroffen sein.

Durch den Grundwasserspiegel einerseits und die Felsoberfläche andererseits sind auch ziemlich scharfe Grenzflächen gegeben, an denen sich die Geschwindigkeiten sprunghaft ändern. Übergangszonen mit kontinuierlich sich ändernder Geschwindigkeit im Bereich der Grenze Quartär/Grundgebirge dürften keine größere Mächtigkeit aufweisen. Eine Ausnahme könnte der Raum um die Bohrung V bilden, wo die seismisch ermittelte Grenzfläche der V_3 -Schicht ca. 4 m tiefer als die erbohrte Grundgebirgsoberkante liegt. Durch das mäßig starke Relief des Untergrundes erscheint auch die vereinfachende Annahme von ebenen Teilstücken des V_3 Horizonts zwischen 2 Schußpunkten gerechtfertigt. Abweichungen von der Ebene wurden mittels der sogenannten Differenzenmethode ermittelt, die es gestattet, die Tiefen bei den Geophonpunkten innerhalb gewisser Grenzen zu bestimmen.

Ergebnisse.

1) Die Darstellung der Ergebnisse

Die Ergebnisse der refraktionsseismischen Messungen sind in 7 Profilen (Beilage 1 - 6, Tafel XII - XVIII), einem Tiefenlinienplan des präquartären Untergrundes (Tafel XIX), einer Mächtigkeitkarte der Quartärbedeckung (Tafel XX) und einer Isogeschwindigkeitkarte (Tafel XXI) niedergelegt. Besonders aufschlußreich sind hierbei jene seismischen Aufstellungen, die in der Nähe von oder an Bohrungen liegen, da sie einen Vergleich mit der Geologie gestatten.

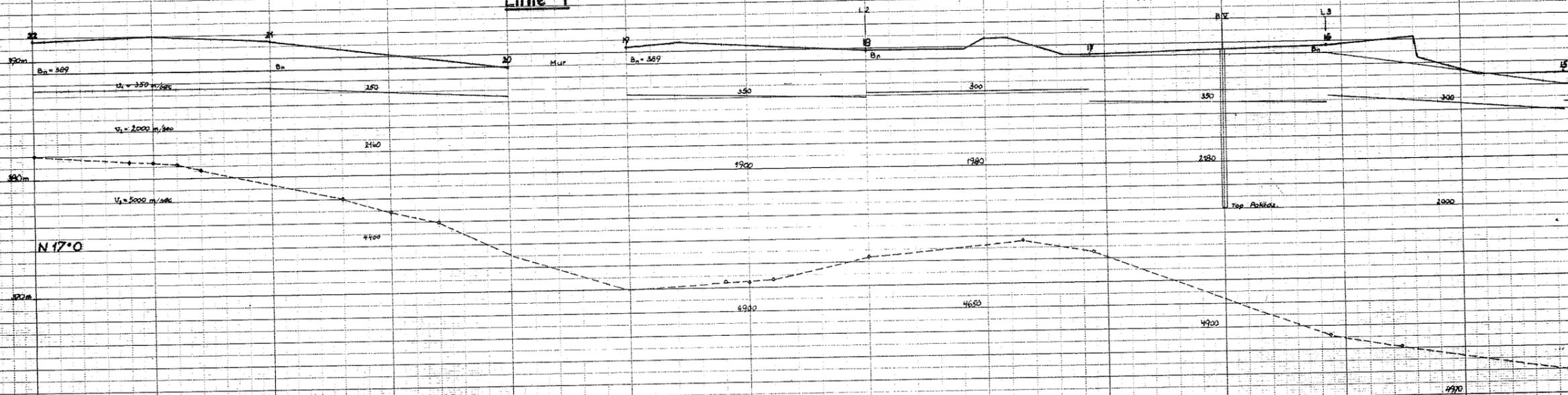
Die auf den Profilen angegebene Lage des Felsuntergrundes ist das Ergebnis der Tiefenberechnungen sowohl bei den Schußpunkten als auch bei den Geophonpunkten. Die Tatsache, daß die Unterkante des V_1 Horizonts bei den Schußpunkten nicht immer zusammenfällt, weist auf laterale Geschwindigkeitsänderungen in der Verwitterungsschicht hin, was bei der Beurteilung der Tiefengenauigkeit bei den Geophonpunkten in Betracht gezogen werden muß.

Bezüglich der Mächtigkeitkarte des Quartärs muß bemerkt werden, daß genaue Seehöhen lediglich bei den seismischen Profilen zur Verfügung standen. Da jedoch die Höhenänderungen - vor allem im Bereich der Murebene - nur relativ geringfügig sind, erfahren die tatsächlichen Mächtigkeitsverhältnisse im nicht gemessenen Teil zwar eine gewisse Schematisierung, doch dürfte sich dadurch am grundsätzlichen Bild kaum etwas ändern.

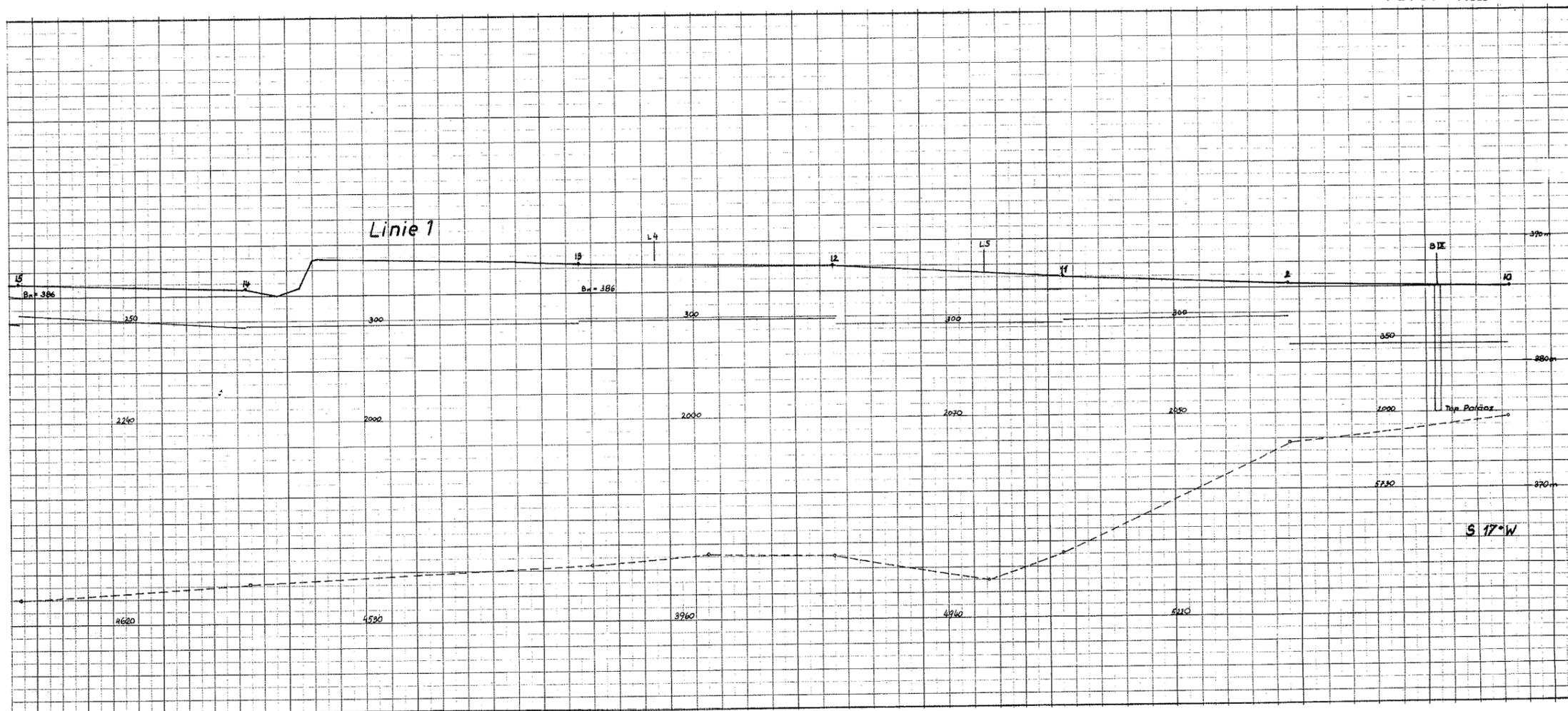
FRIESACH

Längen 1: 2000
Höhen 1: 200

Linie 1



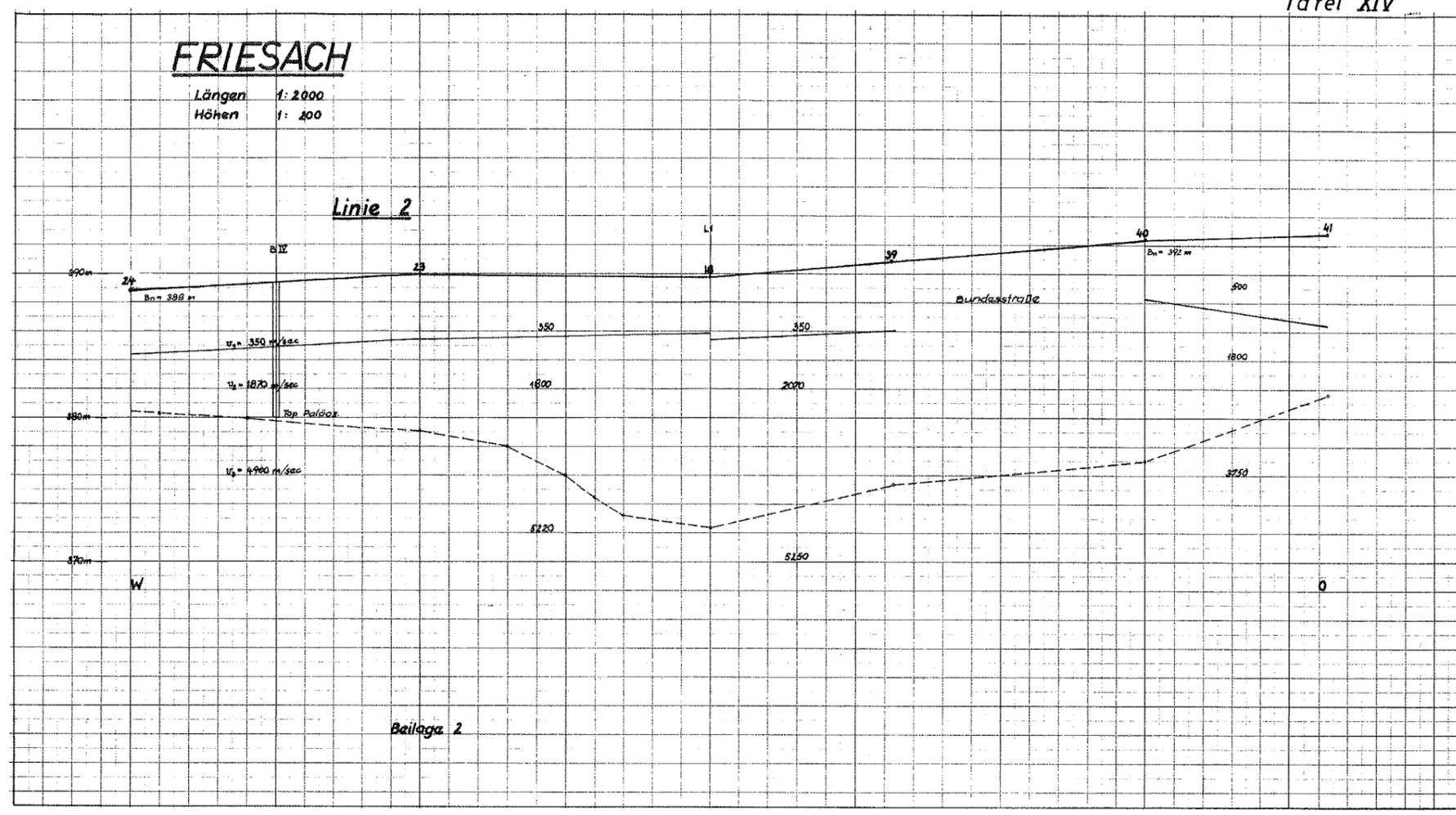
Beilage 1



FRIESACH

Längen 1: 2000
Höhen 1: 200

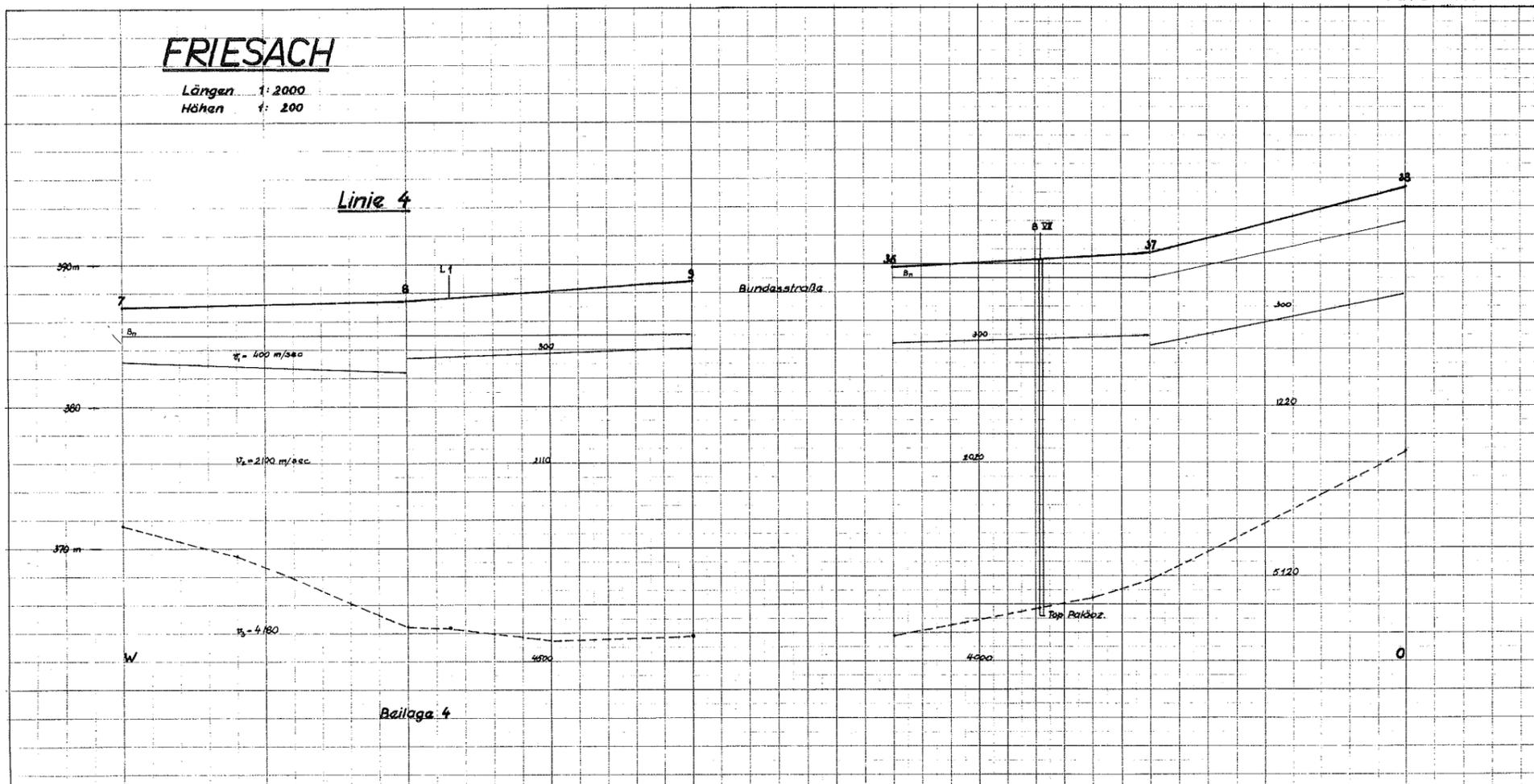
Linie 2



FRIESACH

Längen 1: 2000
Höhen 1: 200

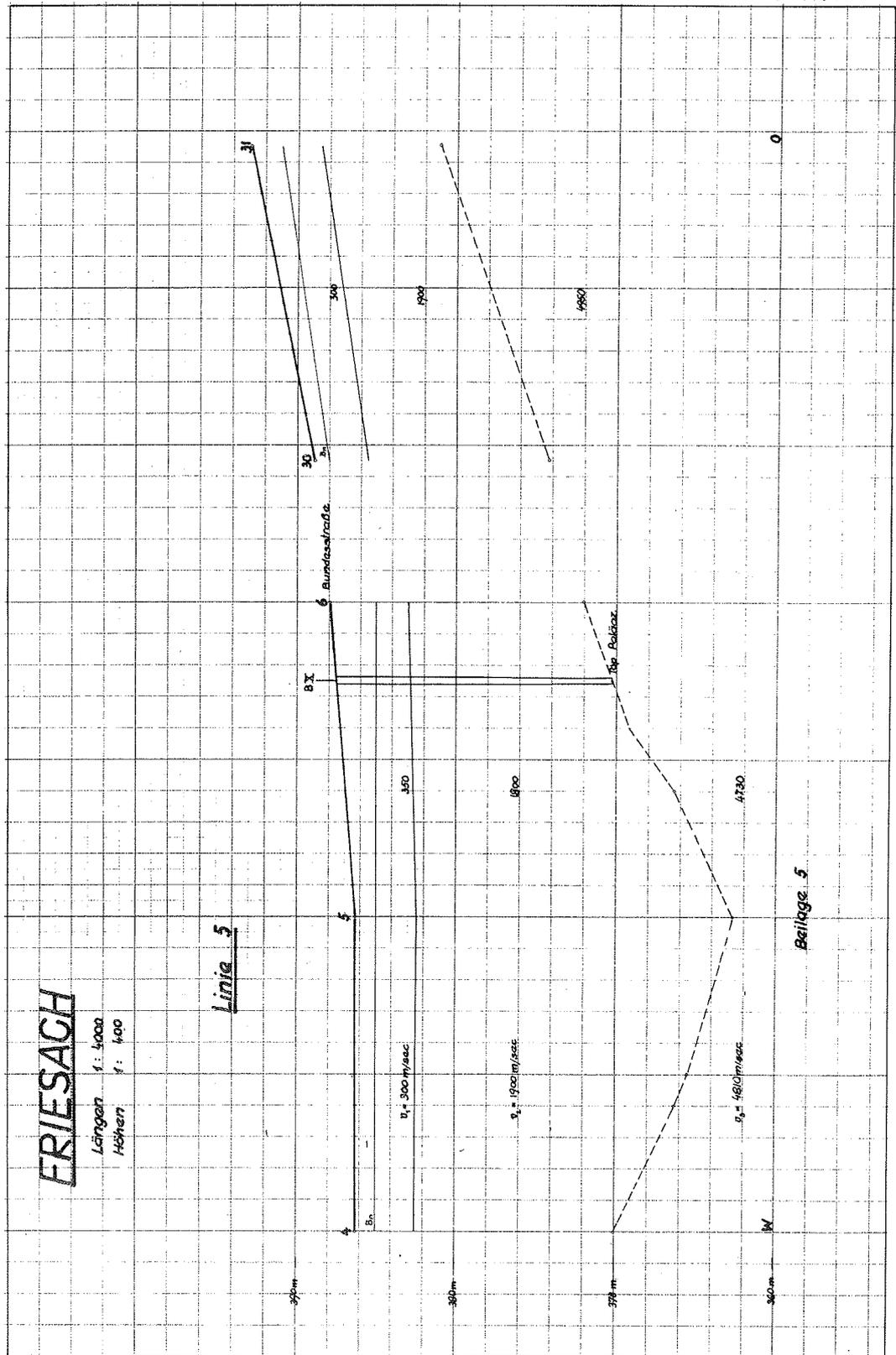
Linie 4



ERIESACH

Längen 1 : 4000
Höhen 1 : 400

Linia 5

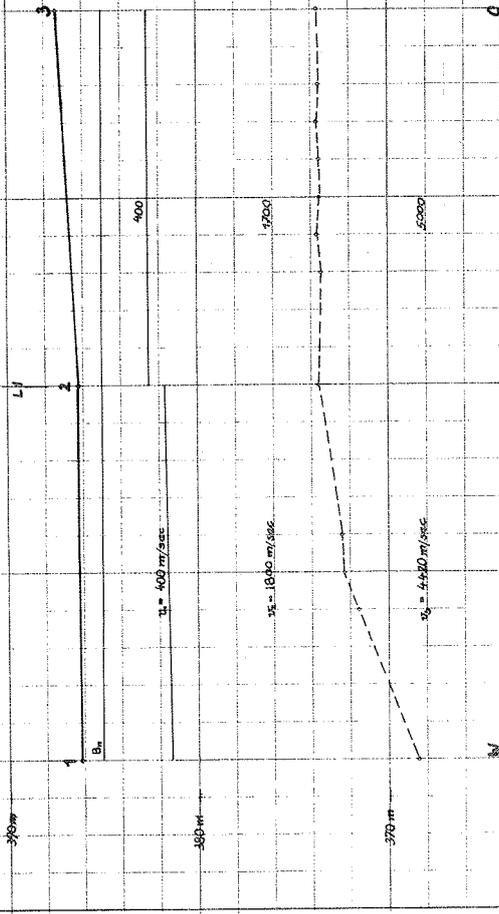


Beilage 5

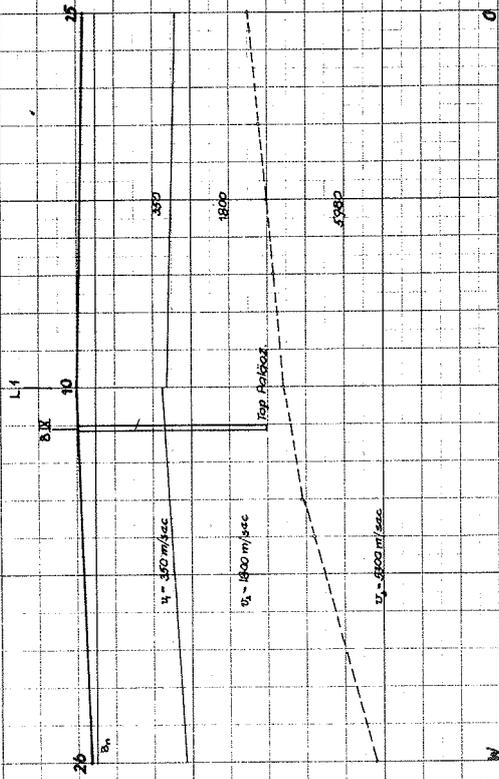
FRIESACH

Längen 1: 2000
 Höhen 1: 200

Linie 6



Linie 7



Bailage 6

2) Der Tiefenlinienplan

Die Reliefkarte der Felsoberfläche zeigt ein sehr klares Bild. Das beherrschende Element ist eine Tiefenrinne, deren Verlauf mit dem heutigen Lauf der Mur in keiner Weise übereinstimmt. Im N tritt die Mulde nahe an die Mur heran; etwa im Bereich des Schnittes der Linien 1 und 2 zeichnet sich eine flache Schwelle ab, die zunächst O-W streicht und gegen die Mur zu gegen NW umbiegt. Dadurch wird im N eine kleine geschlossene Einmündung abgetrennt, die bis unter Sh 370 m hinabreicht, während im Bereich der Rinne die erwähnte Schwelle bis 372,4 m ansteigt. Die Achse der Rinne streicht im Nordteil NO, zeigt im Bereich der Querschwelle einen gegen W konvexen Verlauf, um sodann weiter gegen S in eine SSW Streichrichtung einzubiegen. Die Felsoberfläche fällt hierbei von der Schwelle nach S ziemlich gleichmäßig von 372,4 m auf einen Wert unter 362,0 m ab.

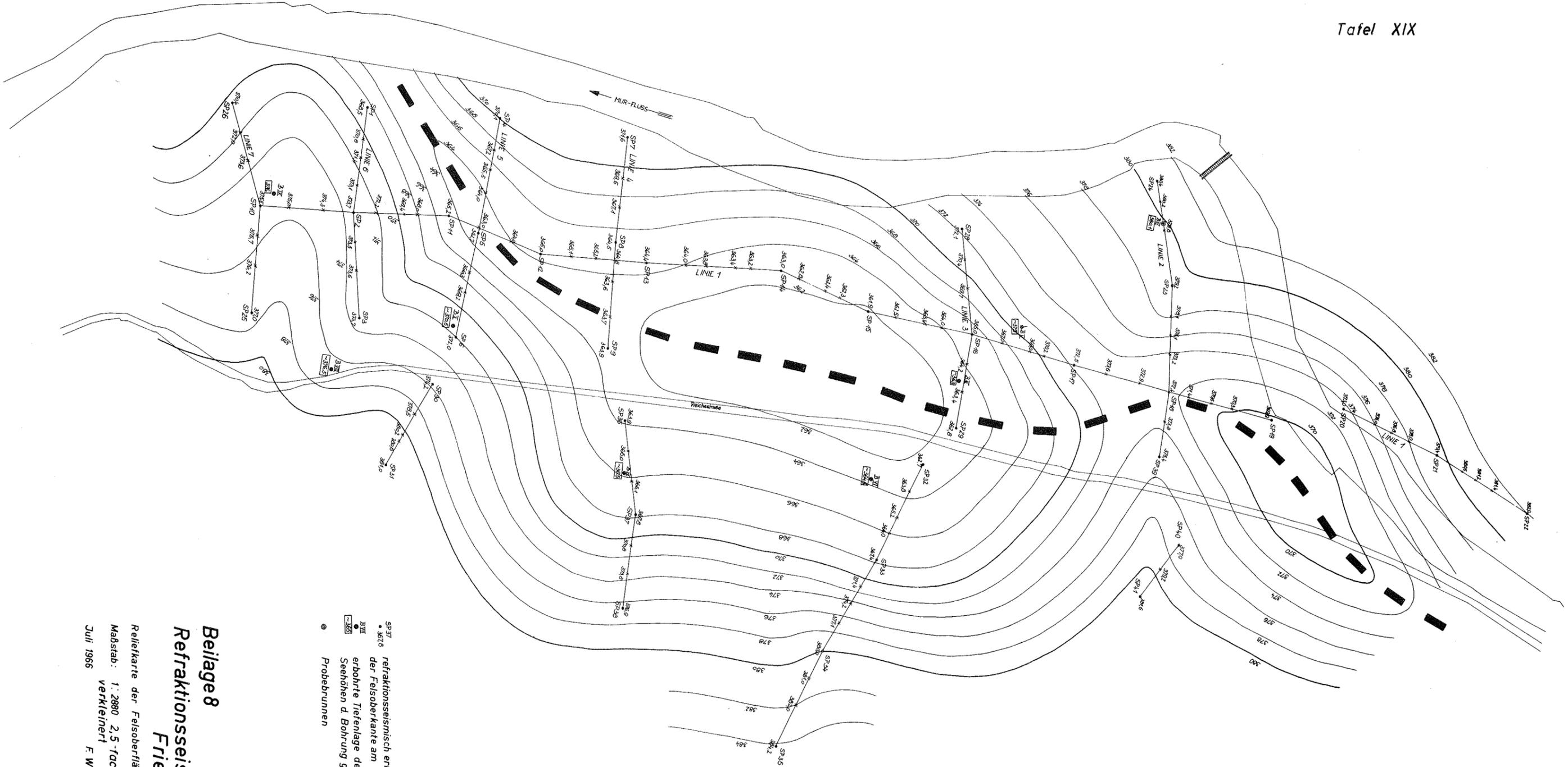
Hierbei weitet sich die Mulde beträchtlich aus. In dem Abschnitt zwischen Linie 3 und 4 ist die Basis der Rinne ziemlich breit und flach. Südlich der Linie 4 verschmälert sich die Rinne zusehends, wobei das Streichen der Achse allmählich in SW Richtung umbiegt, also die Mur schneidet. Diese Verschmälerung wird unter anderem durch einen vom östlichen Beckenrand hereinragenden Untergrundssporn verursacht, der im Südteil der Linie 1 und auf Linie 7 unter geringmächtiger Schotterbedeckung liegt. Die westliche Flanke wurde nur mehr zum Teil durch die Linien 4 und 5 erfaßt und weist ebenfalls ein steileres Einfallen auf. Die Rinnenachse hebt sich in diesem Abschnitt um ca. 2 m gegen SW heraus.

Der Anstieg gegen den Rand des Schotterfeldes kann am besten noch auf den Linien 3 und 4 verfolgt werden. Hier ist zu sehen, daß ein flacheres Stück im unteren Teil der öst-

lichen Muldenseite von einem steileren Anstieg abgelöst wird. Am östlichen Ende der Linie 3 wird der Anstieg wiederum etwas flacher; ob es sich hierbei nur um eine lokale Erscheinung handelt oder ob die Linie unter spitzem Winkel zu den Tiefenlinien verläuft, kann aus dieser Linie heraus nicht entschieden werden.

3) Die Quartärmächtigkeitskarte

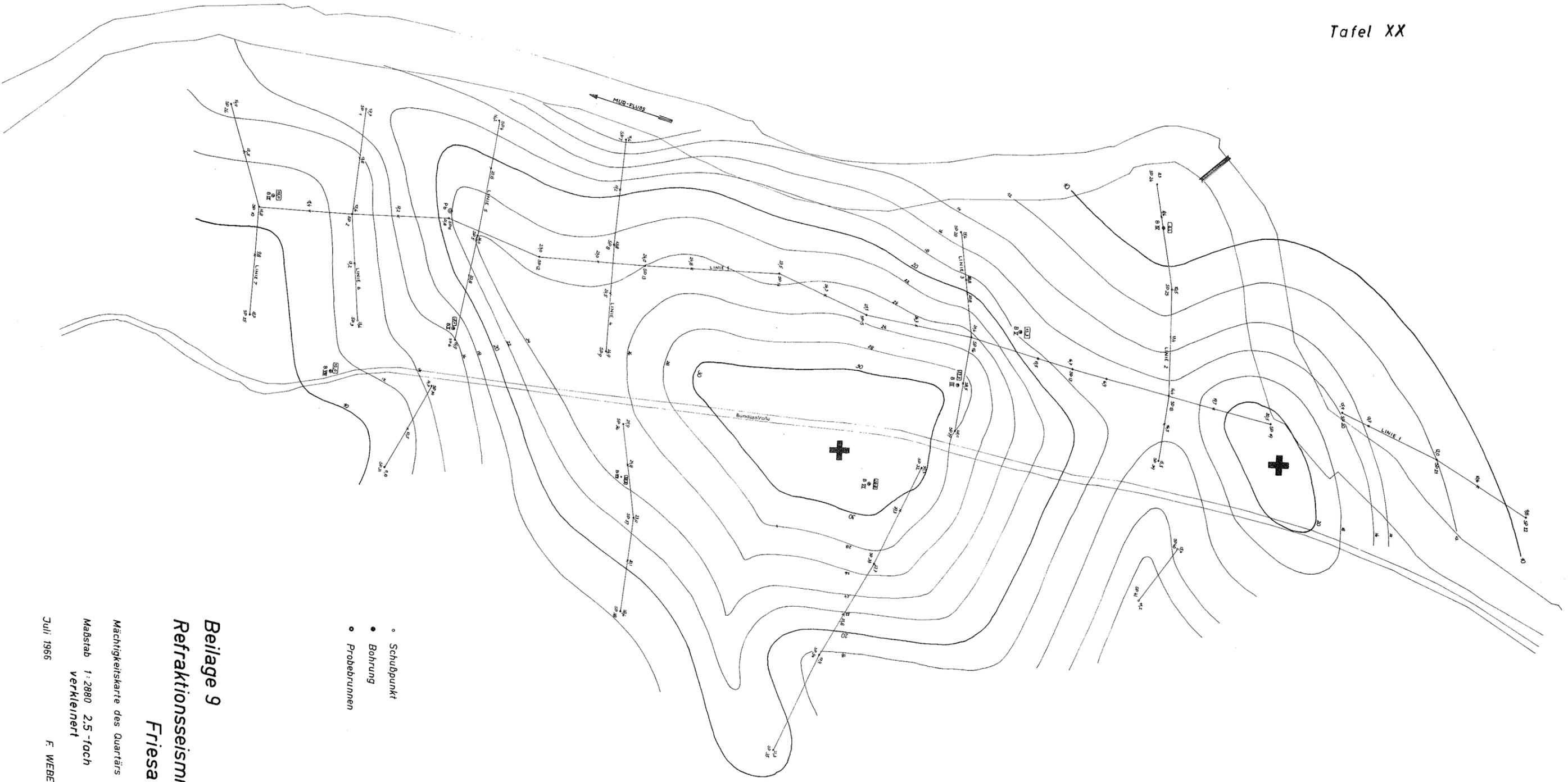
Die Quartärmächtigkeiten werden wesentlich von diesem Relief des Felsuntergrundes beeinflusst, da die Geländeoberfläche im überwiegenden Teil des Meßgebietes nur geringe Höhendifferenzen aufweist. Da die Seehöhen nur von den seismischen Linien bekannt sind, gibt die Mächtigkeitskarte (Tafel XX) nur ein schematisiertes Bild der Schotter, bzw. Quartärmächtigkeiten. Im N der Rinne findet sich eine Maximumzone mit Mächtigkeiten von über 20 m, während im Bereich der erwähnten Querschwelle die Quartärmächtigkeit auf ca. 16 m abnimmt. Im zentralen Teil der Mulde sind zwischen den Linien 3 und 4 Mächtigkeiten von über 30 m angegeben. Auch wenn man berücksichtigt, daß die seismischen Tiefenwerte im Vergleich zur Bohrung VI um über 1 m zu groß sind, kann der Maximalwert von 30 m als sicher angenommen werden, da die 30 m-Isopache eine Fläche von 270 m Breite umfaßt und die Bohrung am östlichen Rande der Isopache sich befindet. Im südlichen Abschnitt der Mulde nehmen die Quartärmächtigkeiten bis gegen die Mur hin allmählich bis auf 17 m ab. Der auf Linie 7 erfaßte, vom Rand des Beckens hereinreichende Sporn geht mit einer Zone geringer Mächtigkeiten konform.



SP 37 ● refraktionsseismisch ermittelte Tiefenlage
 der Felsoberkante am Schusspunkt
 B VII ● erhöhte Tiefenlage der Felsoberkante
 Seehöhen d. Bohrung geschätzt
 ○ Probebrunnen

Beilage 8
Refraktionsseismik
Friesach

Reliefkarte der Felsoberfläche
 Maßstab: 1:2880 2,5-fach
 verkleinert F. WEBER
 Juli 1966



Beilage 9
Refraktionssismik
Friesach

Mächtigkeitkarte des Quartärs

Maßstab 1:2880 2,5-fach
verkleinert

Juli 1966

F. WEBER

4) die Isogeschwindigkeitskarte

Die Isogeschwindigkeitskarte zeigt, daß die Geschwindigkeiten des V_2 - und des V_3 -Horizontes sich keineswegs regellos ändern. Die flächenhafte Verteilung der Geschwindigkeiten läßt vielmehr interessante Beziehungen mit den lithologischen und geologischen Verhältnissen erkennen. Der V_2 -Horizont zeigt ein Maximumgebiet mit Geschwindigkeitswerten über 2200 m/sec, das im wesentlichen mit dem Zentrum der Tiefenrinne, in dem sich die größten Quartärmächtigkeiten finden, zusammenfällt. Inwiefern hierbei Faktoren wie Änderung der Korngrößen, des Feinstoffanteiles etc. maßgeblich beteiligt sind, kann beim derzeitigen Stand der Kenntnisse bezüglich der Zusammensetzung des Quartärs im Raum Friesach nicht entschieden werden.

Nach O zu zeigt sich im östlichen Teil der Linien 3, 4 und 5 eine rasche Abnahme der V_2 -Geschwindigkeiten bis auf Werte um 1200 m/sec. Diese Zone niedriger Geschwindigkeiten deckt sich im großen und ganzen mit der Würmterrasse. Es kann also zunächst ganz allgemein geschlossen werden, daß hier das Quartär eine andere lithologische Zusammensetzung als in der Talebene haben muß. Da die Meßwerte z.T. beträchtlich unterhalb der Fortpflanzungsgeschwindigkeiten von wasserführendem Schotter liegen, kann angenommen werden, daß die Terrassenschotter nur mehr zum geringeren Teil grundwasserführend sind.

Die Geschwindigkeiten des paläozoischen Untergrundes zeigen im S des Meßgebietes ein Maximum mit Geschwindigkeitswerten über 5000 m/sec, das dem festen Dolomit entspricht, der unweit östlich davon auch an die Oberfläche kommt. Ein Minimumgebiet mit Werten unter 4000 m/sec, das sich mit NO - SW Streichen zwischen der Linie 3 und 4 erstreckt, dürfte

zur Gänze innerhalb der Tonschieferserie liegen. Inwiefern sich in dieser Geschwindigkeitsverteilung auch der Grad der Verwitterung des Untergrundes ausdrückt, kann derzeit mangels entsprechender Vergleichsmöglichkeiten mit Bohrkernen nicht entschieden werden.

5) Vergleich mit den Bohrerergebnissen

Beim Vergleich mit den Bohrerergebnissen muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß die seismischen Grenzflächen, die auf Unterschieden im elastischen Verhalten der Gesteine beruhen, nicht vollständig mit den geologischen Grenzen übereinstimmen müssen. Vielfach liegt der seismische Horizont tiefer als die geologische Grenze, was darauf hinweist, daß die Geschwindigkeitsänderung - vermutlich als Folge stärkerer Verwitterung - erst innerhalb und nicht an der Oberkante des betreffenden Mediums erfolgt. Dies dürfte besonders bei den leichter verwitternden Tonschiefern der Fall sein.

Aber auch der umgekehrte Fall, daß der seismische Horizont höher liegt als die geologische Grenze, ist möglich, nämlich dann, wenn die Schotter konglomeratisch verhärtet sind.

Auf der Linie 2 liegt die Bohrung IV zwischen den SP 24 - 23. Die seismische Grenze liegt ca. 0,3 m tiefer als die Oberkante der Graphitschiefer. Bei der Bohrung III liegt die seismische Grenzfläche etwa 1 m höher als die geologische, was bei einer Quartärmächtigkeit von 27,3 m einer Abweichung von ca. 4 % entspricht. Schwierigkeiten ergeben sich lediglich bei der Einpassung der Bohrung V (ca. 40 m W SP 16 - 17), wobei allerdings auch berücksichtigt werden

muß, daß die Bohrung nicht auf einer seismischen Linie liegt und auch die genaue Seehöhe nicht bekannt ist. Bei Annahme eines gleichmäßigen Isohypsenabstandes auf diesem Teil der Reliefkarte würde der seismische Horizont ca. 4 m höher als die geologische Grenze liegen. Es müßte also zwischen B V und B III auf einer Strecke von ca. 150 m ein Abfall des Untergrundes um 12 m erfolgen, während nach der Seismik der Abfall nur 8 m - von ca. 371 m auf 363 m Seehöhe - betragen würde. Ein so steiler Abfall wurde im Meßgebiet sonst nirgends beobachtet und es konnten dafür auch sonst auf der Linie 3 keine Hinweise dafür gefunden werden. Falls also der Tiefenwert bei B V zu Recht besteht, wäre eventuell an eine lokale Aufragung des ansonsten nach SO einfallenden Untergrundes zu denken.

Bohrung VI zeigt wiederum bemerkenswert gute Übereinstimmung mit der Seismik, wenn man berücksichtigt, daß die Bohrung ca. 80 m S von SP 32 - 33 liegt (Seismik nur weniger als 0,5 m zu tief). Bei den im Südteil des Meßgebietes gelegenen Bohrungen VII, VIII, IX und X besteht der Untergrund der Talfüllung aus Dolomit. Bei Bohrung VII ist die erbohrte Quartärmächtigkeit 25,5 m, laut Seismik etwa 0,8 m weniger, Bohrung VIII liegt zu weit außerhalb der seismischen Aufstellungen, als daß ein sicherer Vergleich möglich wäre. Bei Bohrung IX ist die seismisch ermittelte Tiefe um ca. 1 m zu groß, während bei Bohrung X die erbohrte und die gemessene Felsoberfläche nahezu zusammenfallen.

Schlußfolgerungen.

Aus den Ergebnissen der refraktionsseismischen Messungen im Raum Friesach können auf Grund des relativ dichten Meßnetzes sowie des Vergleichs mit Bohrungsdaten Schlüsse gezogen werden, die auch für andere Gebiete mit ähnlichen hydrogeologischen Verhältnissen Gültigkeit besitzen. Zunächst kann ganz allgemein festgehalten werden, daß die Refraktionsseismik bei Vorhandensein entsprechender Geschwindigkeitsunterschiede durchaus in der Lage ist, den Verlauf der Grundwassersohle anzugeben und die damit zusammenhängenden Probleme zu lösen. Die seismischen Messungen können auch in der Nähe von elektrischen Anlagen, Leitungen etc. sowie bei Vorhandensein von Streuströmen im Untergrund durchgeführt werden und liefern auch unter diesen ungünstigen Bedingungen noch brauchbare Resultate, wo der Einsatz anderer Verfahren, wie z.B. der Geoelektrik, nicht mehr vertretbar wäre.

Der Energiedurchgang bereitet in der Regel keine Schwierigkeiten, wenn in seichten Schußbohrungen geschossen wird und ist nur bei lockeren Feinsanden schwach. Bei mäßiger Tiefe des Grundwasserspiegels genügt eine Aufstellungslänge, die ca. das 6-fache der Eindringungstiefe beträgt, um die Geschwindigkeit des Untergrunds mit hinreichender Genauigkeit zu ermitteln. Es kann sowohl ein schwaches als auch ein steiles Relief des Felsuntergrundes (Grundwassersohle) auch bei Vorhandensein eines Mehrschichtproblems in den wesentlichen Einzelheiten aufgefunden werden. Die Tiefengenauigkeit hängt wesentlich von der Genauigkeit der Bestimmung der Durchschnittsgeschwindigkeit der Hangendschichten und deren Schwankungen ab. Bei einigermaßen günstigen Bedingungen kann eine Tiefengenauigkeit von 5 % erreicht wer-

den. In der Regel genügt eine geringfügige Parallelverschiebung, um die seismischen Horizonte mit den geologischen Grenzen zur Übereinstimmung zu bringen. Es kann daher mit hinreichender Sicherheit angenommen werden, daß durch den Einsatz der Refraktionsseismik in allen Gebieten, wo grundwasserführende Sande und Schotter über einem schallhärterem Medium liegen, wesentliche Beiträge bei der Lösung hydrologischer Fragen geleistet werden können.

Zusammenfassung.

In der Zeit vom 16.5. bis 26.5.1966 wurden im Auftrage der Grazer Stadtwerke AG und der Fachabteilung IIIa (Wasserbau) des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung refraktionsseismische Messungen im Bereich des Grundwasserfeldes Friesach ausgeführt. Die Messungen hatten den Zweck, die Mächtigkeit der Talfüllung zu ermitteln und das Relief des Felsuntergrundes zu erfassen. Zu diesem Zweck wurde das Meßgebiet auf ein Längsprofil und sechs Querprofilen untersucht, wobei 40 Schußpunkte festgelegt wurden. Der Schußpunktabstand betrug meist 200 m, der Abstand zwischen den Geophonen 20 m.

Die Messungen haben gezeigt, daß im Raum Friesach ein 3-Schichtproblem vorliegt. Die oberste Schicht ist geringmächtig und weist sehr niedrige Geschwindigkeitswerte ($V = 250 - 400$ m/sec) auf; sie besteht aus den oberen Lokkerschichten (Humus, Aulehm, Feinsand). Die darunterliegende Schicht umfaßt die Hauptmasse der grundwassererfüllten Schotter und zeigt meistens Geschwindigkeiten zwischen 1700 - 2200 m. Die dritte Schicht fällt mit dem paläozoischen Untergrund (Tonschiefer, Dolomite) zusammen und weist

durchwegs hohe Geschwindigkeiten 4200 - 5300 m/sec auf.

Als wichtigstes Ergebnis der Messungen hat sich gezeigt, daß im Untergrund eine Tiefenrinne ausgebildet ist, die östlich der Mur verläuft, im N eine Querschwelle durchsägt und sich nach S zu stark verschmälert. Die größten Quartärmächtigkeiten (ca. 30 m) finden sich im breiten Mittelteil der Rinne. Die Übereinstimmung zwischen der seismisch ermittelten und der erbohrten Felsoberfläche ist gut, wobei die seismischen Werte meist etwas zu tief sind.

Literatur:

- Muskat, Morris: The Theory of Refraction Shooting, Physics, Vol. 4, pp. 14 - 38, 1933.
- Slotnick, M.M.: On Seismic Computations, with Applications, I, Geophysics, Vol. 1, pp. 9 - 22, 1936; II, Geophysics, Vol. 1, pp. 299 - 305, 1936.
- Gardner, L.W.: An Areal Plan of Mapping Subsurface Structure by Refraction Shooting, Geophysics, Vol. 4, pp. 247 - 259, 1939.
- Barthelmes, A.J.: Application of Continuous Profiling to Refraction Shooting, Geophysics, Vol. 11, pp. 24 - 42, 1946.
- Wyrobek, S.M.: Application of Delay and Intercept Times in the Interpretation of Multilayer Time-distance Curves, Geophysical Prospecting, Vol. 4, pp. 112 - 130, 1956.
- Slotnick, M.M.: A Graphical Method for the Interpretation of Refraction Profile Data, Geophysics, Vol. 15, pp. 163 - 180, 1950.
- Hales, F.W.: An Accurate Graphical Method for Interpreting Seismic Refraction Lines, Geophysical Prospecting, Vol. 6, pp. 285 - 294, 1958.
- F.Weber: Bericht über die refraktionsseismischen Messungen bei Gralla" unveröffentl. Bericht der Steirischen Wasserkraft- und Elektrizitäts-AG, Nov. 1965.

T a f e l v e r z e i c h n i s

Tafel I	Geologische Karte des Grundwasserfeldes von Friesach
Tafel II	Profiltafel
Tafel III	Pumpversuch Friesach (Förderung 0 l/sec)
Tafel IV	Pumpversuch Friesach (Förderung 240 l/sec)
Tafel V	Pumpversuch Friesach Grundwasserabsenkung im Pumpbrunnen
Tafel VI	Lageplan mit Schutz- und Schongebieten
Tafel VII	Lageplan der geplanten Horizontalfilterbrunnen
Tafel VIII	Querprofil
Tafel IX	Seismische Aufnahmen
Tafel X	Wellenwege und Laufzeitkurven für den 2-Schichtenfall
Tafel XI	Reduktion eines 3-Schichtenfalles auf einem 2-Schichtenfall
Tafel XII	Seismisches Profil Linie 1
Tafel XIII	Seismisches Profil Linie 1
Tafel XIV	Seismisches Profil Linie 2
Tafel XV	Seismisches Profil Linie 3
Tafel XVI	Seismisches Profil Linie 4
Tafel XVII	Seismisches Profil Linie 5
Tafel XVIII	Seismisches Profil Linie 6 und 7
Tafel XIX	Reliefkarte der Felsoberfläche
Tafel XX	Mächtigkeitkarte des Quartärs
Tafel XXI	Isogeschwindigkeitskarte

Berichtigung:

Tafel XII - XVI und XVIII
Höhenmaßstab 1 : 400,
Längenmaßstab 1 : 4000.

Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung des
Amtes der Steiermärkischen Landesregierung - Landes-
baudirektion - Wasserbau.

Bisher erschienen:

- Band 1 Vortragsreihe Abfallbeseitigung 18.April 1964,
vergriffen.
- Band 2 Ein Beitrag zur Geologie und Morphologie des
Mürztales, 1965.
- Band 3 Vortragsreihe Abfallverarbeitung, 18.März 1965.
- Band 4 "Gewässerschutz ist nötig", 1965.
- Band 5 Die Müllverbrennungsanlage.
Versuch einer zusammenfassenden Darstellung
von Dipl.-Ing.Dr.techn. Franz Heigl, 1965.
- Band 6 Vortragsreihe Abfallverarbeitung, 18.November 1965.

Alle Bände sind, soweit vorrätig, in der Steiermärkischen
Landesdruckerei, Graz, Hofgasse 15 (Burg), erhältlich.

