

Berichte der wasserwirtschaftlichen Planung

Band 76

Hydrogeologie und Grundwassermodell Kalsdorf

von

J. Fank und G. Rock

**Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Landesbaudirektion
Fachabteilung III a – Wasserwirtschaft**

und

Wasserverband Umland Graz

Graz, Hausmannstätten 1994

PROBLEMSTELLUNG UND ZIELSETZUNG DES PUMPVERSUCHES UND GRUNDWASSERMODELLES KALSDORF

Vorwort von Dr. G. Suetter

Im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung zum Projekt "ÖBB-Terminal Werndorf Nord-Neu" wurde das Institut für Geothermie und Hydrogeologie - Joanneum Research beauftragt, die Grundwasserverhältnisse im Bereich des Westlichen Grazer Feldes mit modernen Methoden unter Einbeziehung eines mathematischen Grundwassermodelles zu bearbeiten.

Die Erfassung von Grundwasservorkommen durch ein mathematisches Modell, welches im gegenständlichen Fall durch einen Großpumpversuch und einen Markierungsversuch sowie durch intensive hydrochemische Untersuchungen im gesamten Einzugsbereich erweitert wurde, soll vor allem die wasserwirtschaftliche Beurteilung intensiv genutzter Grundwasservorkommen erleichtern und den Kenntnisstand über den gesamten Grundwasserhaushalt innerhalb des Modellgebietes verbessern.

Allgemein ist es das Ziel einer Modellerstellung, das Verhalten eines natürlichen Grundwasserleiters nachzubilden, wobei Analogbeziehungen zwischen der Natur und dem theoretischen Modell hergestellt werden. Im gegenständlichen Projekt erfolgte dies eben unter Einbeziehung der vorhin angeführten Methoden, um Aussagen darüber treffen zu können, wie weit durch die beabsichtigten Maßnahmen im Zuge der Errichtung und des Betriebes des ÖBB-Terminals die Wasserversorgungsanlagen des Wasserverbandes Umland

Graz berührt beziehungsweise beeinträchtigt werden können beziehungsweise durch welche Maßnahmen Beeinträchtigungen vermieden werden können.

Die Erstellung dieses Grundwassermodelles steht im Einklang mit der Zielsetzung der Wasserwirtschaftlichen Planung, wonach es als notwendig erachtet wird, eine Bestandsaufnahme sämtlicher Grundwasservorkommen der Steiermark vorzunehmen und durch moderne Methoden zu erforschen. Es wird auch darauf hingewiesen, daß die vorliegende Arbeit einen weiteren Baustein in der Erstellung von mathematischen Grundwassermodellen in der Steiermark nach den bereits fertiggestellten Modellen Kraubath - St. Stefan, Leibnitzer Feld und Unteres Murtal (Bereich Niederterrasse) darstellt.

GROSSPUMPVERSUCH GRUNDWASSERWERK KALSDORF

Vorwort von Labg. H. LÖCKER

Der Wasserverband Umland Graz wurde im Jahre 1975 gegründet. Mit Wasserrechtsbescheid aus dem Jahre 1978 wurde die Erschrottung des Grundwassers für die öffentliche Trinkwasserversorgung des südlichen Halbkreises um Graz genehmigt. Die maximale Auslastung des Wasserwerkes wurde allerdings von einem Langzeitpumpversuch abhängig gemacht. Angenommen wurde zuerst eine mögliche Konsensmenge von 200 l/s, diese Menge wurde aber von Fachleuten sehr bald in Frage gestellt und die Erwartung auf etwa 150 l/s reduziert. Da der Wasserverband und die Mitgliedsgemeinden die Wasserversorgung in Abschnitten auszubauen begannen, war vorerst die genaue Kenntnis der maximalen Erschrottung nicht vordringlich.

Als die Österreichische Bundesbahn nach mehreren fehlgeschlagenen Standortversuchen für einen Containerterminal mit Frachenumschlag den Raum unserer Wasserversorgungsanlage in Betracht zog, wurden zwei Fliegen auf einen Schlag erlegt. Erstens konnte durch den Pumpversuch die maximale Konsensmenge und zweitens der genaue Einzugsbereich des Grundwasserwerkes als Kriterium des Terminalstandortes ermittelt werden.

Da Bürgerinitiativen gegen den Terminal sich zu formieren begannen, wollte der Wasserverband einen möglichst qualifizierten Auftragnehmer für den Pumpversuch wählen. Das Ergebnis war der Auftrag an die Forschungsgesellschaft Joanneum Research. Umso mehr als die ÖBB vor Inkrafttreten des UVP-Gesetzes einer Umweltverträglichkeitsprüfung zustimmte und diese unter Berücksichtigung der bisher bekannten Fakten in der Gesamtbeurteilung zu einem negativen Ergebnis kam.

Die Untersuchung der Forschungsgesellschaft Joanneum Research ergab, daß unsere inanspruchbare Konsensmenge mit 130 l/s Dauerbelastung nunmehr ein verlässlicher Planungsfaktor ist und daß bei entsprechender Sorgfalt in Ausführung und Betrieb der geplante Terminalstandort kein Gefährdungspotential für das Wasserwerk darstellt. Damit ist unter Berücksichtigung des Umweltschutzes das wirtschaftliche Interesse akzeptierbar. Vor allem aber haben wir gegenüber unsachlichen Argumenten stichhaltige Antworten, die in einer Zeit wie der unseren immer wichtiger werden.

Der Forschungsgesellschaft Joanneum Research mit dem engagierten Projektleiter Dr. Fank ist aufrichtig zu danken.

INHALT

1. Einleitung	6
2. Messstellennetz und Datenbasis	7
3. Einordnung der Grundwasserganglinien während des Untersuchungszeitraumes in deren langjährigen Verlauf	9
4. Untersuchungen	13
4.1. Zeitplan der durchgeführten Untersuchungen	13
4.2. Der Pumpversuch	17
4.2.1. Eingrenzung des durch Messungen erfassten Absenkbereiches	17
4.2.2. Korrektur der Pumpversuchsganglinien um die natürliche Grundwasserbewegung	20
4.2.3. Pumpversuchsbedingte Grundwasserabsenkung und Mass der Beeinflussung.....	23
4.2.4. Ermittlung der Transmissivitäts- und Durchlässigkeitswerte aus den Pumpversuchsdaten	26
4.2.4.1. Instationäre Auswertung	26
4.2.4.2. Stationäre Auswertung.....	33
4.3. Der Markierungsversuch	34
4.4. Hydrochemische Detailuntersuchungen.....	38
4.4.1. Entwicklung der Grundwasserqualität aus den Untersuchungen des Wasserverbandes Umland Graz an den Förderbrunnen von 1987 bis 1993	39
4.4.2. Die flächenhafte Verteilung hydrochemischer Parameter zur Erfassung des Istzustandes zum Zeitpunkt der Untersuchungen	41
4.5. Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse.....	55
5. Modellrechnung und Simulation	58
5.1. Problemstellung	59
5.2. Beschreibung von Projektgebiet und Datenbasis	60
5.3. Beschreibung von Grundwassersystem und Grundwasserleiter.....	60
5.4. Randbedingungen	65
5.5. Modelltyp und Lösungsmethode	68
5.6. Modellkalibrierung und Verifikation.....	69
5.6.1. Modellnetz.....	69
5.6.2. Verteilung der Durchlässigkeiten	69
5.6.3. Kalibrierungsvarianten.....	72
5.6.4. Kontrollvarianten.....	79

5.7. Güte und Genauigkeit der Modellaussagen	88
5.8. Simulationen	89
5.9. Zusammenfassung der Modellergebnisse	104
6. Vorschlag für die Abgrenzung von Schutzzonen für die Brunnen des Wasserverbandes Umland Graz im Brunnenfeld Kalsdorf auf der Basis der Untersuchungsergebnisse	106
6.1. Schutzgebiet Zone I (Engeres Schutzgebiet)	107
6.2. Schutzgebiet Zone II (Weiteres Schutzgebiet).....	109
6.3. Schutzgebiet Zone III (erweitertes Schutzgebiet).....	111

UNTERLAGEN

- Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Rechtsabteilung 3 (1990): Wasserrechtsbescheid Brunnen Kalsdorf, GZ.: 3-33 U 42-90/257 vom 9. 2. 1990.
- FANK, J., G. DOMBERGER & H. STADLER (1992): Hydrogeologisches Gutachten ÖBB Terminal Standort Werndorf Nord "Neu". - Unveröff. Ber. JOANNEUM RESEARCH, Inst. f. Geothermie und Hydrogeologie, Graz.
- FANK, J. & B. STROMBERGER (1988): Hydrogeologisches Gutachten betreffend eine Naßbaggerung und ein geplantes Freizeitzentrum im Gemeindegebiet von Kalsdorf. - Unveröff. Ber. JOANNEUM RESEARCH, Inst. f. Geothermie und Hydrogeologie, Graz.
- Grazer Stadtwerke AG - Wasserlabor (1993): Hydrochemische Untersuchungsergebnisse aus dem Einzugsbereich der Brunnen Kalsdorf des WVB Umland Graz.
- Hydrographische Landesabteilung (1993): Langjährige Grundwasserstandsdaten aus dem Grazer Feld.
- Landesgesetzblatt für die Steiermark, Jahrgang 1990, 31. Stück (1990): 92. Verordnung des Landeshauptmannes von Steiermark vom 21. November 1990, mit der ein Grundwasserschongebiet zum Schutze des Grundwasserwerkes Kalsdorf des Wasserverbandes Umland Graz bestimmt wird.
- LEDITZKY, H.P. & H. ZOJER (1978): Zur Hydrogeologie der Kaiserwaldterrasse. - Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum, H. 39, 85-95, Graz.
- NICOLAS, E. & P. E. ANDREYEV (1991): Stormwater Retention Pond Infiltration Analyses in Unconfined Aquifers.
- SACKL, B. (1988): Abflußstudie Lassnitz. - unveröff. Bericht für das Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Fachabteilung IIIa - Flußbau und Hydrographie, Graz.
- Uniconsult (1988): Grazer Stadtwerke AG, Wasserverband Umland Graz. WW Feldkirchen/WW Kalsdorf. Hydrogeologie IV. Grundwassersimulation mit Schadstofftransport.
- WVB Umland Graz (1993): Grundwasserstandsbeobachtungen im Einzugsgebiet der Brunnen Kalsdorf.
- WYSSLING, L. (1979): Eine neue Formel zur Berechnung der Zuströmdauer (Laufzeit) des Grundwassers zu einem Grundwasserpumpwerk. - Eclogae geol. Helv., 72, 401-406, Basel.

1. EINLEITUNG

Mit Schreiben vom 29. Juni 1993 wurde das Institut für Geothermie und Hydrogeologie der JOANNEUM RESEARCH beauftragt, die im Anbot vom 24. Mai 1993 definierten Untersuchungen durchzuführen. Gemäß dem Auftrag wurde unverzüglich danach mit der Durchführung der Arbeiten begonnen.

Die Planung des ÖBB-Terminals am Standort Werndorf Nord-Neu beansprucht Flächen des engeren Schutzgebietes der Brunnenanlage Kalsdorf des Wasserverbandes Umland Graz. Nach den bisher vorliegenden Kenntnissen über die Ausdehnung des Brunneneinzugsgebietes wären im Zuge der Errichtung der notwendigen Gleisanlagen jedenfalls Bauarbeiten im Einzugsgebiet der Brunnen zu tätigen. Das tatsächliche Einzugsgebiet der Brunnen bei der Entnahme der maximal möglichen Wassermenge ist bis dato im Detail unbekannt, somit sind auch jene Bereiche nicht bekannt, bei denen im Zuge von Gleisbauarbeiten besondere Vorkehrungen zum Schutze des Grundwassers notwendig sind.

Die Ziele des Untersuchungsprogrammes über das in der Folge berichtet wird sind mehrfach:

- ◆ Erarbeitung jener Grundlagen, die für eine hydrogeologisch fundierte Abgrenzung von Schutz-zonen für die Brunnenanlagen Kalsdorf notwendig sind.
- ◆ Ermittlung von optimierten Betriebszuständen des Wasserwerks Kalsdorf, die eine maximale Wasserentnahme ohne Beeinträchtigung durch eventuelle Bauarbeiten im Bereich der Gleis-anlagen ermöglichen.
- ◆ Ermittlung der Brunneneinzugsgebiete bei unterschiedlichen Entnahmemengen um notwen-dige technische Maßnahmen für den Grundwasserschutz im Zuge der Errichtung der Gleisan-lagen situieren zu können.
- ◆ Aufnahme des qualitativen Istzustandes des Grundwassers im An- und Abströmbereich des geplanten Terminalstandortes als Grundlage für die zukünftigen Beweissicherungsmaßnah-men.
- ◆ Überprüfung der Dimensionierung der geplanten Verrieselungsbecken anhand der spezifi-schen meteorologischen Kennzahlen des Grazer Feldes.

Zur Klärung dieser Fragenkomplexe wurde ein intensives Untersuchungsprogramm durchgeführt, das neben der Durchführung eines großangelegten Leistungspumpversuches mit unterschiedlichen Pumpraten und einer zweimaligen flächendeckenden hydrochemischen Beprobung des Grundwassers auch einen Markierungsversuch im kritischen Bereich zwischen Gleisanlagen der ÖBB und den Brunnen des WVB Umland Graz vorsah.

2. MESSSTELLENNETZ UND DATENBASIS

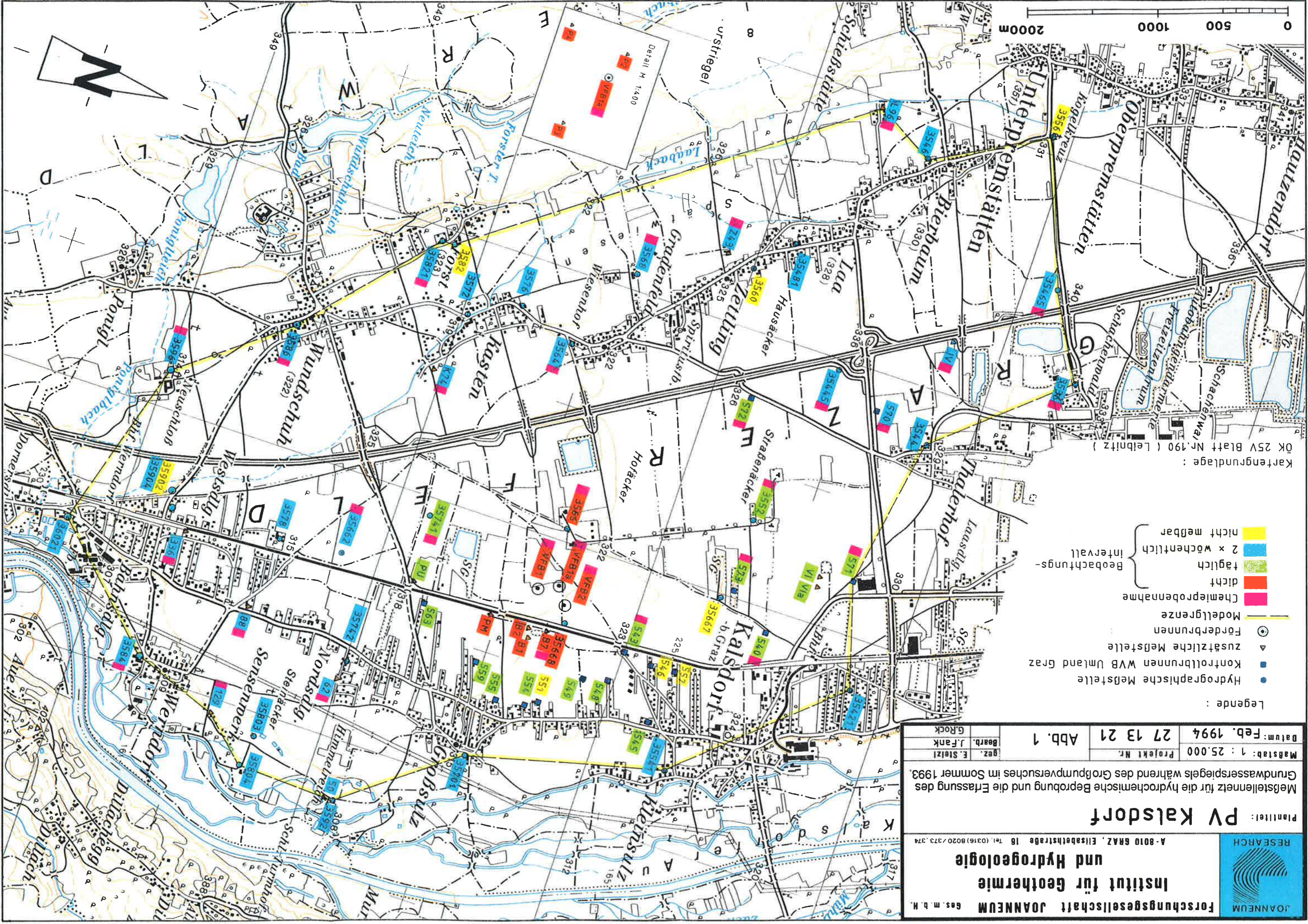
Im südlichen Grazer Feld zwischen Unterpremstätten und Thalerhof im N und Werndorf im S steht im Bereich der Würmterrasse rechtsufrig der Mur ein dichtes Grundwassermeßstellennetz zur Verfügung, das zur Beobachtung der Grundwasserverhältnisse im Rahmen des Großpumpversuches in der Zeit von Juli 1993 bis September 1993 herangezogen wurde. Das Meßstellennetz ist in Abb. 1 dargestellt.

Ein bedeutender Anteil der Grundwasserbeobachtungsstellen sind Meßstellen des Hydrographischen Dienstes, an denen der Grundwasserspiegel in wöchentlichem Intervall langfristig beobachtet wird. Im Einzugsbereich der Brunnenanlage Kalsdorf des Wasserverbandes Umland Graz sowie im Bereich der Ortschaft Kalsdorf westlich der Bundesstraße B67 steht ein Beobachtungsnetz des Wasserverbandes zur Verfügung, das quantitativ ebenfalls wöchentlich beobachtet wird. Ebenso werden vom Wasserverband Umland Graz die Grundwasserspiegelschwankungen an den drei Förderbrunnen VFBI, VFBIA und VFB2 über automatische Meßeinrichtungen (Drucksonden) kontinuierlich beobachtet und das Stundenmittel mittels Fernübertragung an die Zentrale in Hausmannstätten übertragen. Für die Datenerfassung während des Pumpversuches wurde aus der Brunnenaufnahme im Herbst 1992 (Inst. f. Geothermie und Hydrogeologie, JOANNEUM RESEARCH) ein zusätzliches Sondermeßnetz aufgebaut, das v. a. im Abstrombereich der Fassungsanlagen und im SW Teil des Untersuchungsgebietes (Laa, Zettling, Kasten) eine Netzverdichtung ergab. Im Nahbereich der Förderbrunnen wurden vorhandene Grundwasserpegel aus Untersuchungen zur Altlastenproblematik in das Sondermeßnetz eingebaut.

Für die qualitativen Untersuchungen des Grundwassers stehen die laufenden Kontrollen des Wasserverbandes Umland Graz an den Förderbrunnen Kalsdorf und aus den Pegeln des Wassereinzugsgebietes der Brunnenanlage Kalsdorf zur Verfügung. Für die flächenhafte Istzustandserhebung der Grundwasserqualität im Untersuchungsgebiet wurden zusätzlich zu diesen Probenahmestellen 24 Grundwasseraufschlüsse für eine hydrochemische Beprobung ausgewählt (Abb. 1), sodaß insgesamt 30 Probenahmestellen zur Verfügung standen.

Im Zuge des Pumpversuches wurden die angeführten Meßstellen in Abhängigkeit von der Entfernung zu den Entnahmebrunnen in unterschiedlichen Intervallen beobachtet (Abb. 1). Während die brunnennahen Pegel am Beginn jeder Pumpstufe in einem Intervall von wenigen Minuten, in der Folge aber zumindest 3 mal täglich beobachtet wurden (rot markierte Meßstellen in Abb. 1), wurde die Wasserspiegellage an den Aufschlüssen im weiteren Umkreis täglich (blau markiert) und an den Meßstellen im Randbereich des Untersuchungsgebietes zumindest 2 mal wöchentlich gemessen. Pegel, die derzeit nicht mehr in Beobachtung sind, bzw. an denen der Wasserspiegel nicht mehr gemessen werden kann, aber für die Auswertung wichtige Daten aus früherer Zeit vorliegen, sind in Abb. 1 gelb verzeichnet.

- Legende:
- Hydrographische Messstelle
 - Kontrollbrunnen WB Umland Graz
 - ▲ zusätzliche Messstelle
 - ⊙ Förderbrunnen
 - Modellgrenze
 - Chemleprobenahme
 - dicht
 - täglich
 - 2 x wöchentlich
 - nicht messbar
- Beobachtungsintervall



Kartengrundlage: ÖK 25V Blatt Nr.190 (Lebnitz)

3. EINORDNUNG DER GRUNDWASSERGANGLINIEN WÄHREND DES UNTERSUCHUNGSZEITRAUMES IN DEREN LANGJÄHRIGEN VERLAUF

Zur Einordnung des Zeitraumes der Pumpversuchsdurchführung in das langjährige Verhalten des Grundwasserspiegels wurden an ausgewählten, das Untersuchungsgebiet repräsentierenden Grundwassermeßstellen des Hydrographischen Dienstes, die zumindest seit dem Anfang des Jahres 1969 in dauernder Beobachtung stehen, die mittlere Jahresgrundwasserganglinie mit den Extremwerten für jeden Tag aus dem Zeitraum 1969 bis 1992 berechnet und mit der Ganglinie des Jahres 1993 verglichen. Die Ergebnisse dieses Vergleiches sind in den Abb. 2, 3 und 4 dokumentiert.

Auf den Darstellungen ist für jeden Tag eines Jahres der tiefste, der höchste und der berechnete mittlere Grundwasserstand des Zeitraumes 1969 bis 1992 an der entsprechenden Meßstelle zu erkennen. Diese täglichen Werte wurden aus den wöchentlichen Messungen über AKIMA-Spline Interpolationen ermittelt. Der mittlere Grundwasserstand jeden Tages ist das arithmetische Mittel der einzelnen Wasserstände dieses Tages in den unterschiedlichen Jahren. Aus diesen Wasserständen für jeden Tag eines Jahres wurde die Standardabweichung berechnet und als Abweichung vom mittleren Tageswert dargestellt. Für den Vergleich des Jahres 1993 mit der mittleren Jahresgrundwasserganglinie wurden alle Abstichmessungen des Jahres 1993 aufgetragen und mit einer Linie verbunden.

Die Ergebnisse zeigen klar, daß der Grundwasserspiegel zur Zeit des Pumpversuches generell sehr tief lag, allerdings in einigen Bereichen nicht den tiefsten je gemessenen Grundwasserspiegel darstellten. Da die tiefsten Grundwasserstände aber im Normalfall in den Winter- und Frühjahrsmonaten erreicht werden, ist dieser tiefe Grundwasserstand in den Sommermonaten sicherlich als Extremfall einzustufen, was die Aussagen bezüglich der maximal dauernd aus dem Aquifer entnehmbaren Wassermengen, sowie bezüglich einer allfälligen Beeinträchtigung von Einzelwasserversorgungen durch eine konsentrierte Wassermenge deutlich verbessert.

An der Ganglinie der Meßstelle 35541, die am Rand der Würmterrasse zur Austufe hin liegt, ist der Einfluß der in regelmäßigen Abständen durchgeführten Mühlgangabkehr in den extremen Grundwasserständen deutlich erkennbar. Dies zeigt sich in einem deutlichen Minimum der mittleren Jahresgrundwasserganglinie in den Monaten Juni und Juli, wo der Grundwasserspiegel relativ regelmäßig durch die Abkehr des Mühlganges abgesenkt und beim Wiederbefüllen wieder angehoben wird. Dieser Effekt ist auch ganz deutlich in der Grundwasserganglinie des Jahres 1993 zu erkennen, die in der Zeit von Mitte Juni bis etwa 10. Juli durch einen deutlichen Einbruch markiert ist (Abb 2 oben).

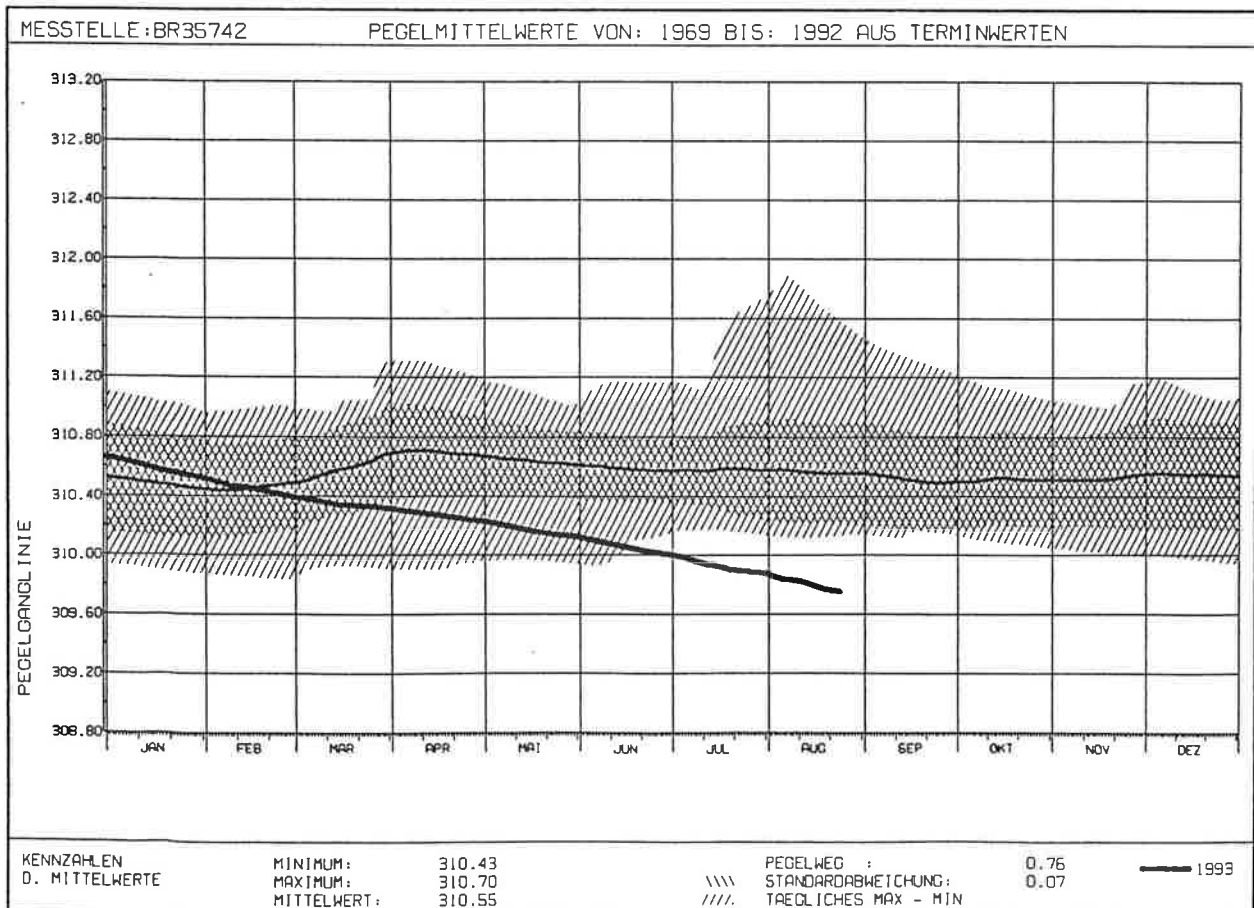
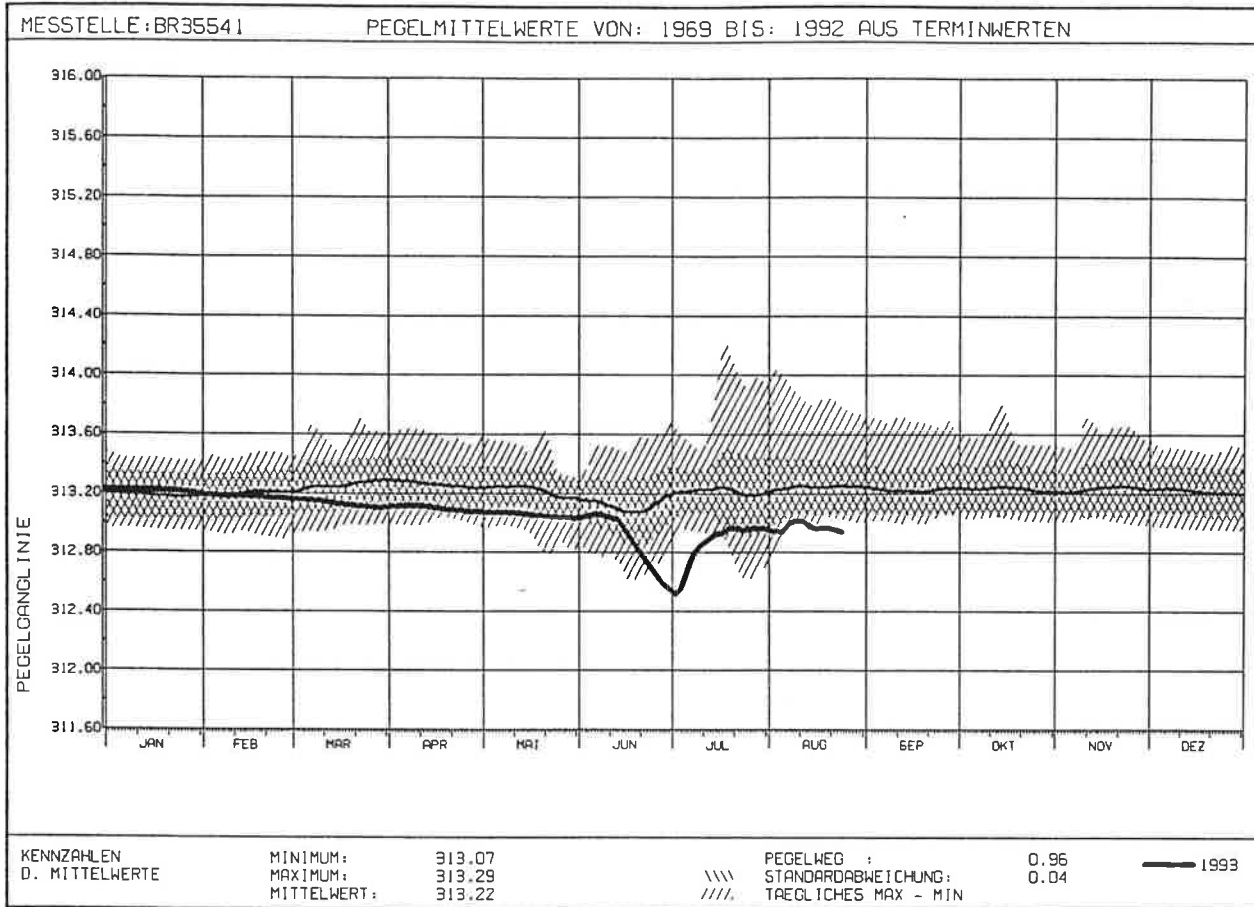


Abb. 2: Mittlere Grundwasser-Jahresganglinien 1969 - 1992 im Vergleich zur Grundwasserganglinie des Jahres 1993 an den Meßstellen 35541 und 35742.

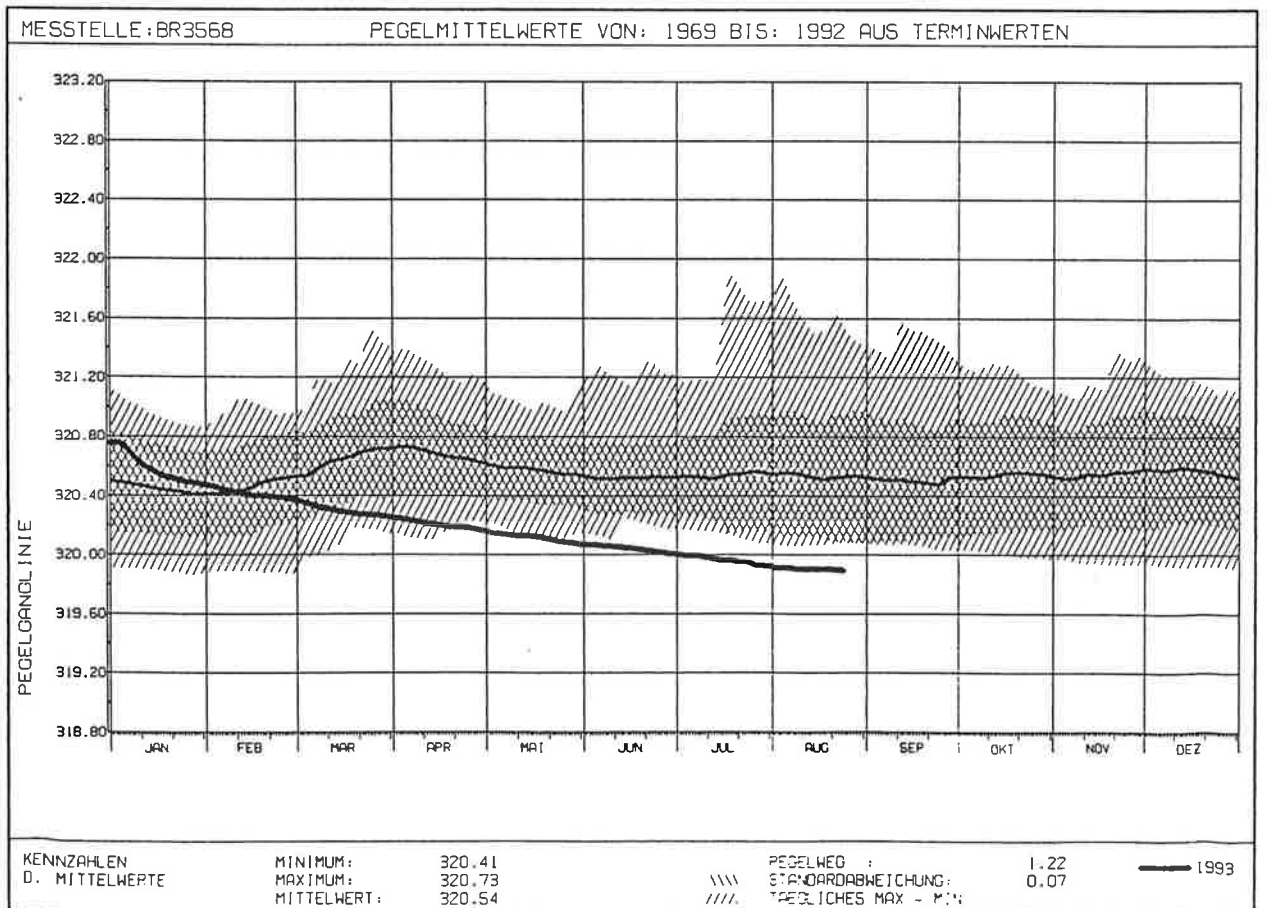
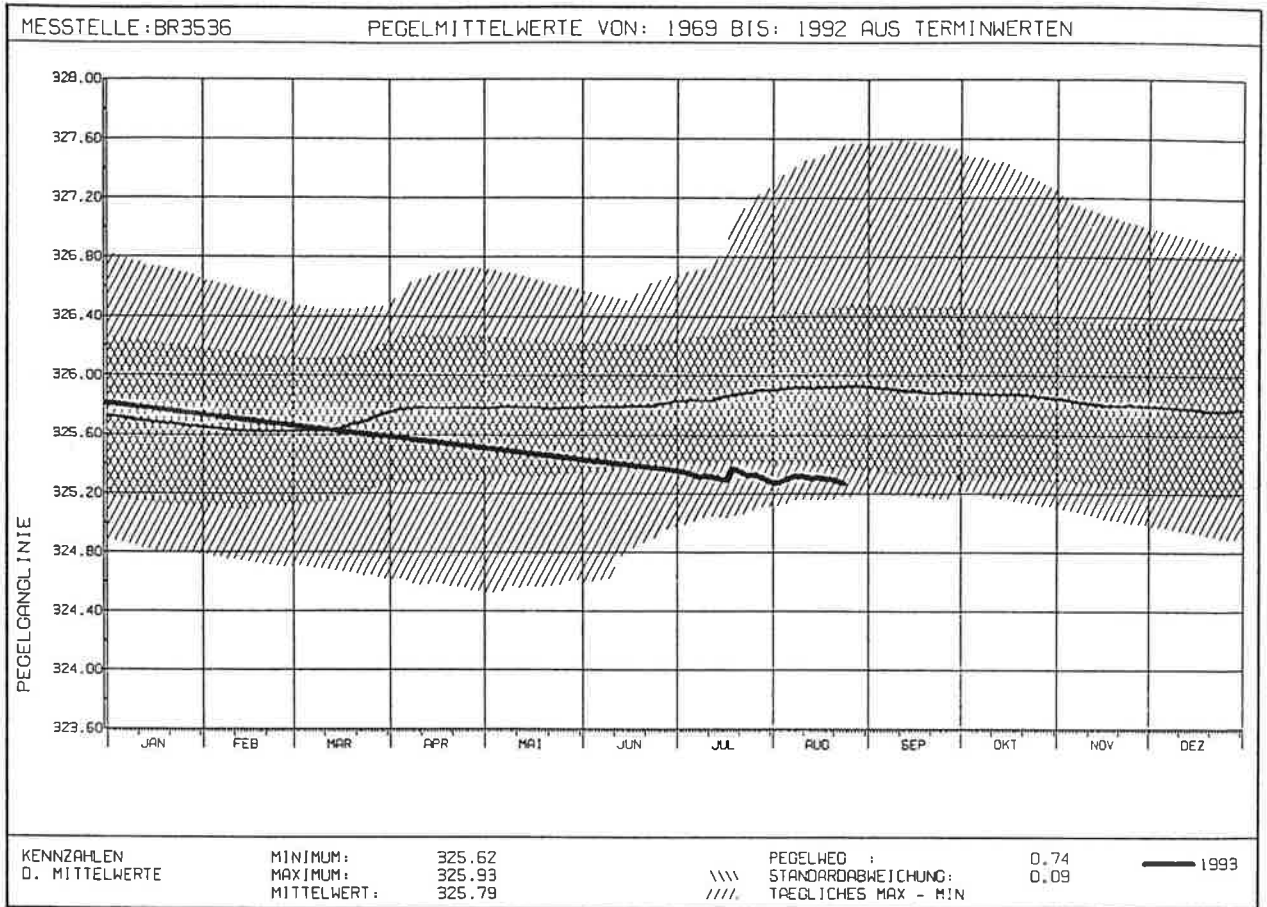


Abb. 3: Mittlere Grundwasser-Jahresganglinien 1969 - 1992 im Vergleich zur Grundwasserganglinie des Jahres 1993 an den Meßstellen 3536 und 3568.

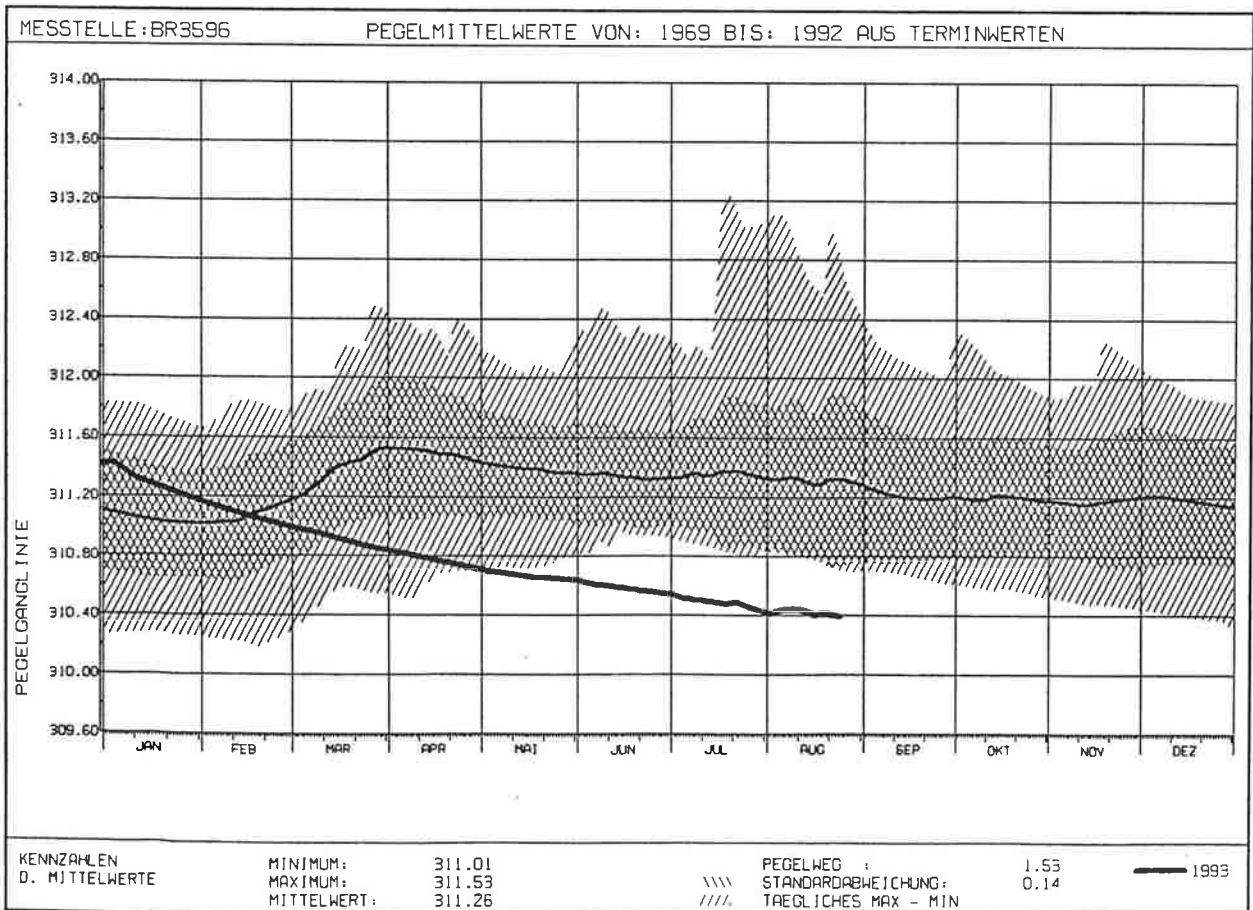
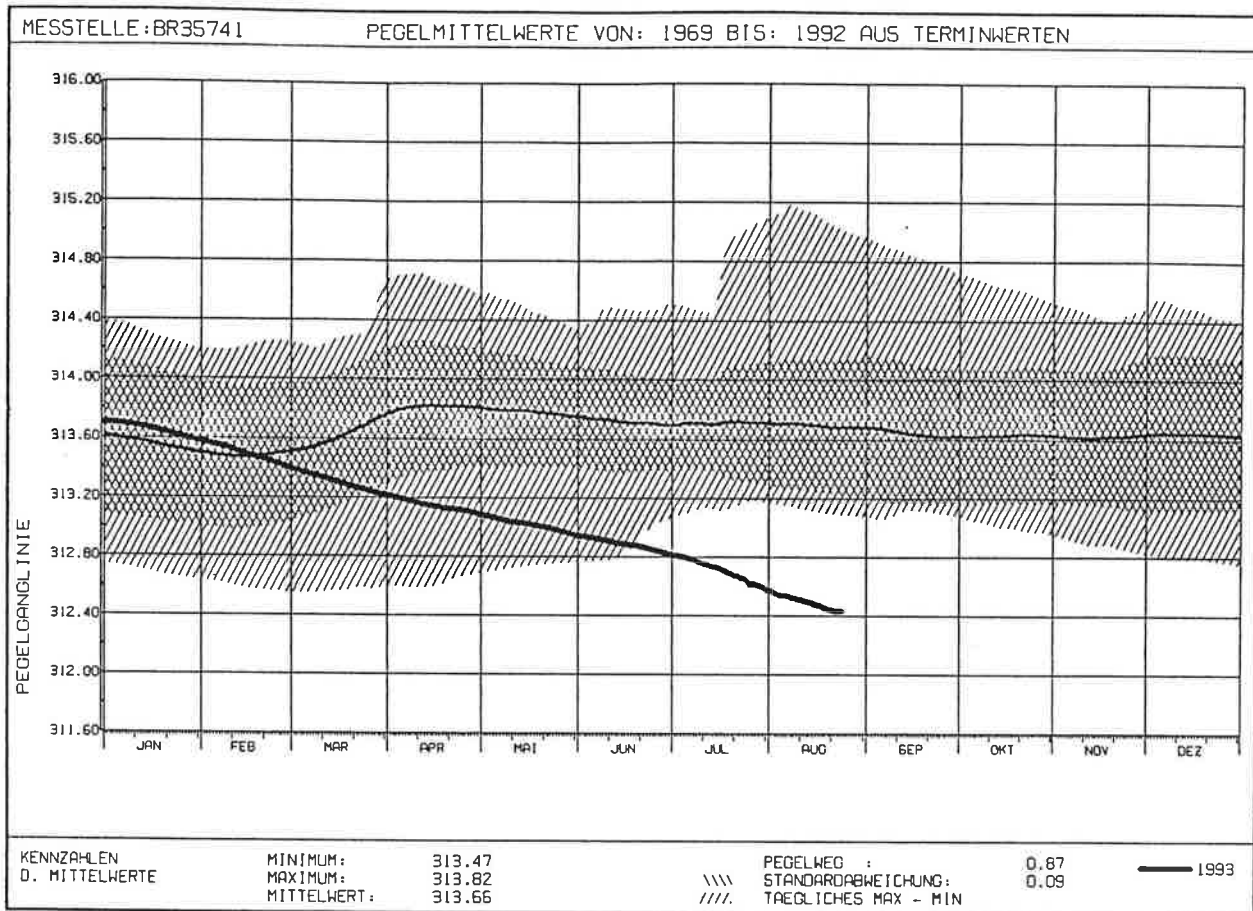


Abb. 4: Mittlere Grundwasser-Jahresganglinien 1969 - 1992 im Vergleich zur Grundwasserganglinie des Jahres 1993 an den Meßstellen 35741 und 3596.

Die mittleren Grundwasserganglinien an den übrigen Meßstellen sind durch einen sehr homogenen Verlauf mit unterschiedlicher Schwankungsbreite der Extremwerte charakterisiert. Außer bei der Meßstelle 3536 zeigt die Grundwasserganglinie des Jahres 1993 zum Zeitpunkt des Pumpversuches die tiefste im Juli und August gemessene Lage des Grundwasserspiegels an.

4. UNTERSUCHUNGEN

4.1. ZEITPLAN DER DURCHGEFÜHRTEN UNTERSUCHUNGEN

Mai, Juni 1993 Auswahl der Grundwasserbeobachtungsstellen und Erstellung eines Modellnetzes unter Berücksichtigung der Meßstellen.

28. Juni 1993 Abschalten aller Pumpen des Wasserwerkes Kalsdorf für die Aufspiegelung zur Ermittlung eines Ruhewasserspiegels.

29., 30. Juni 1993

Hydrochemische und bakteriologische flächenhafte Beprobung des Grundwassers durch Probennahme an den 30 ausgewählten Grundwassermeßstellen.

30. Juni 1993 Erfassung des Ruhewasserspiegels (Abb. 5). Der Ruhewasserspiegel-Isolinienplan zeigt, daß die Aufspiegelung in weiten Bereichen des Feldes bereits abgeschlossen war, daß allerdings im Nahbereich der Förderbrunnen noch geringfügige Auswirkungen der vorangegangenen Wasserentnahme erkennbar sind.

1. Juli 1993 8³⁰ Start des Pumpversuches durch Einschalten der Pumpe im Förderbrunnen VFBI mit einer Entnahme von etwa 50 l/s. (Die detaillierten Fördermengen bei den einzelnen Pumpstufen sind in Tab. 1 und in Abb. 6 dargestellt).

6. Juli 1993 8²⁵ Erhöhung der Fördermenge durch Einschalten der Pumpe in VFBIa mit einer zusätzlichen Förderleistung von ca. 50 l/s. Durch Reibungsverluste im Netz lag die Gesamtförderung ab diesem Zeitpunkt bei etwa 95 l/s.

13. Juli 1993 8³⁶

Erhöhung der Fördermenge durch Einschalten der Pumpe im Brunnen VFBIi mit einer Nennförderleistung von 50 l/s. Dadurch erhöhte sich die Gesamtförderung auf etwa 130 l/s, da die Nennleistungen der Pumpen nicht erreicht werden konnten.

Plantitel: PV - Kalsdorf
Ruhewasserspiegel am 30.6.1993
(Grundwasserleiterstand vor Pumpversuchsbeginn)

Maststab: 1 : 25.000
Projekt Nr. 27 13 21
Datum: Okt. 1993

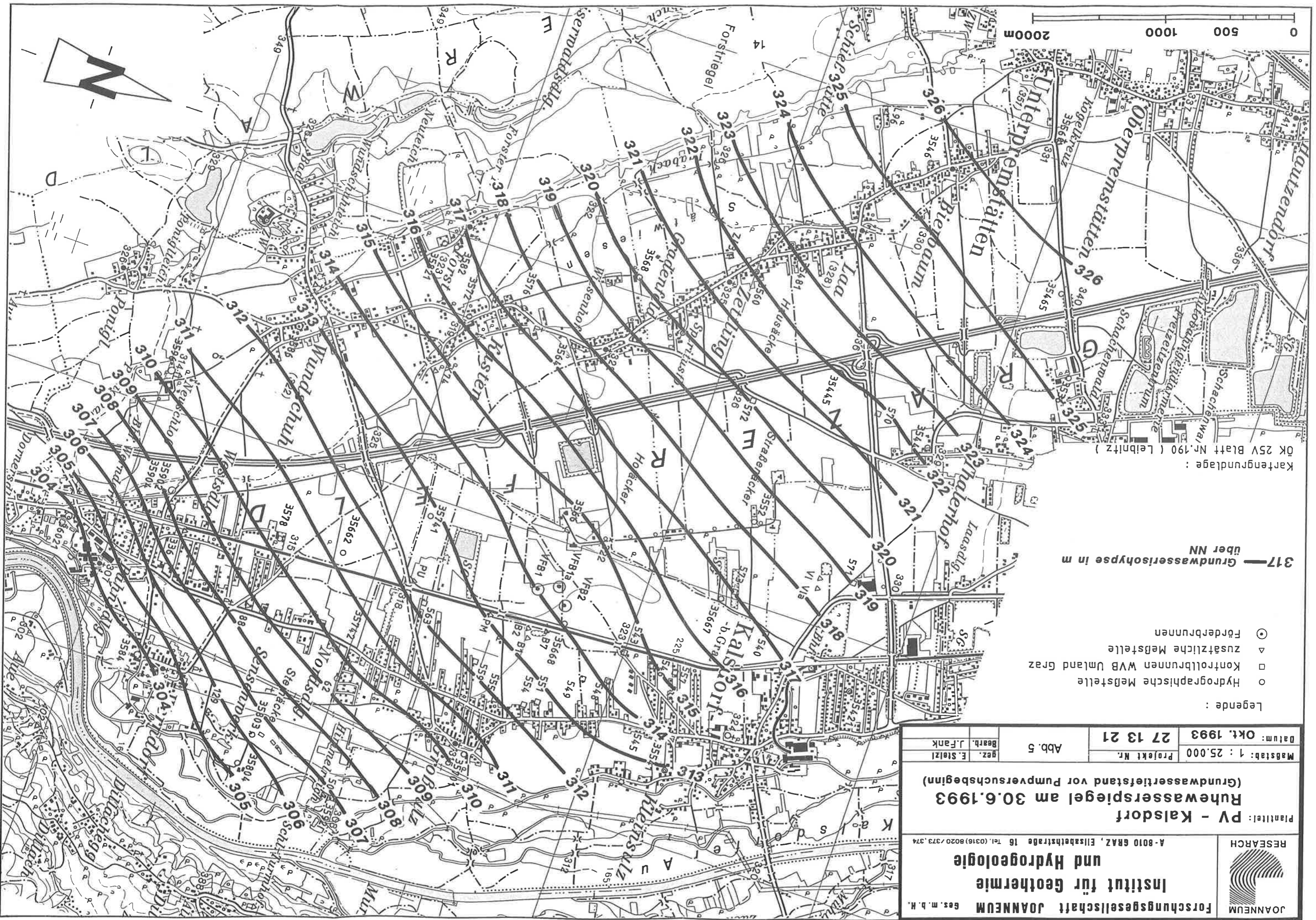
Abb. 5
gez. E. Steiölz
Bearb. J. Fank

- Legende :
- Hydrographische Messstelle
 - Kontrollbrunnen WVB Umland Graz
 - △ zusätzliche Messstelle
 - ⊙ Förderbrunnen

317 — Grundwasserisohypse in m
über NN

Kartengrundlage :

ÖK 25V Blatt Nr. 190 (Leibnitz)



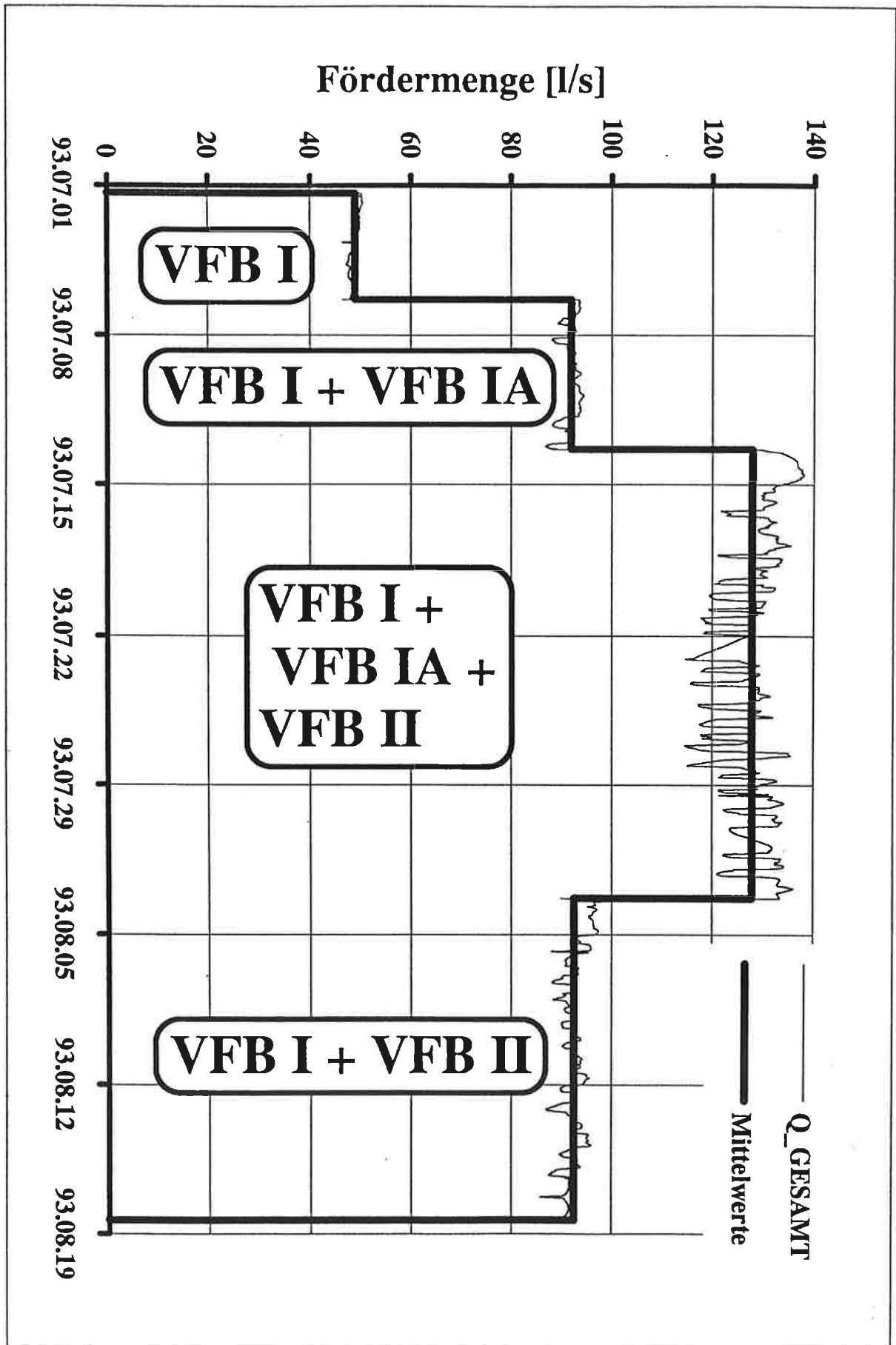


Abb. 6: Ganglinie der geförderten Wassermengen während des Pumpversuches im Sommer 1993 mit den Mittelwerten der einzelnen Pumpstufen und den Entnahmebrunnen.

30. Juli 1993 14⁰⁰

Durchführung des Markierungsversuches zur Klärung der detaillierten Lage des Brunneneinzugsgebietes zu den Gleisanlagen der ÖBB an der Grenze des Schutzgebietes durch Einspeisung eines Farbtacers (URANIN) in die Bohrung 35668 (Lage siehe Abb. 1) am Rande des Schutzgebietes.

3. August 1993 7³⁸

Verringerung der Fördermenge durch Abschalten der Pumpe in VFBIA, da ein stationärer Strömungszustand bei Förderung von etwa 130 l/s nicht erreichbar war. Dadurch verringerte sich die Gesamtfördermenge auf etwa 95 l/s aus den Brunnen VFBI und VFBII, eine Wasserentnahme, die zur Deckung des Bedarfes notwendig war (Detaillierte Entnahmemengen nach der Zeit siehe Abb. 6).

16., 17. August 1993

2. Hydrochemische und bakteriologische flächenhafte Beprobung des Grundwassers bei abgesenktem quasistationärem Strömungszustand.

18. August 1993 8⁵⁰

Abschalten der Pumpen in VFBI und VFBII und damit Beendigung der Pumpphase im Rahmen des Großpumpversuches. Die Wasserentnahme in der Folge betrug 0 l/s. In der Folge wurden aber die Pegel weiterhin beobachtet, um die Ganglinie der Grundwasseraufspiegelung erfassen zu können.

24. August 1993 16⁰⁰

Ende der Grundwasserbeobachtung im Rahmen des Großpumpversuches.

Tab. 1: Fördermengen im Rahmen des Großpumpversuches aus den einzelnen Brunnen des Wasserverbandes Umland Graz im Wasserwerk Kalsdorf (Q = Fördermenge)

Zeitraum	Q gesamt [l/s]	Q VFBI [l/s]	Q VFBIA [l/s]	Q VFBII [l/s]
1.7. - 6.7.	48.93	48.93	-----	-----
6.7. - 13.7.	92.41	45.50	46.92	-----
13.7. - 3.8.	127.90	42.28	41.71	43.91
3.8. - 18.8.	92.49	45.28	-----	47.21

4.2. DER PUMPVERSUCH

4.2.1. EINGRENZUNG DES DURCH MESSUNGEN ERFASSTEN ABSENKBEREICHES

Zur Eingrenzung des Grundwasserabsenkbereiches, der durch den Großpumpversuch hervorgerufen wurde, wurden die Ganglinien des Jahres 1993 dargestellt. Durch eine optische Charakterisierung der Ganglinien konnten ausgehend vom Zentrum der Absenkung (Förderbrunnen) jene Meßstellen ermittelt werden, an denen die Ganglinie des Jahres 1993 keinerlei Anzeichen einer pumpversuchsbedingten Grundwasserabsenkung zeigt. Diese Meßstellen stellen somit jenen inneren Kreis dar, an dem eine pumpversuchsbedingte Absenkung des Grundwasserspiegels nicht mehr erkennbar war (Abb. 7 und Abb. 8).

Betrachtet man die Lage dieser Meßstellen (Abb. 7 und Abb. 8) in Abb. 1, so zeigt sich, daß eine aus den gemessenen Grundwasserganglinien erkennbare Absenkung zur Zeit des Pumpversuches ausschließlich im E in das Siedlungsgebiet von Kalsdorf reicht, also ausschließlich Einzelwasserversorgungen in diesem Bereich durch den Pumpversuch beeinflusst sein können.

Da der Grundwasserkörper im Grazer Feld ein zusammenhängendes Kontinuum darstellt, kann eine pumpversuchsbedingte Grundwasserabsenkung in größerer Entfernung gegenüber jener in geringerer Entfernung zum Entnahmebrunnen ausgeschlossen werden. Daraus ergibt sich für die Beurteilung der Grundwasserabsenkung durch den Großpumpversuch die Linie die durch diese Meßstellen in Abb. 7 und Abb. 8 dokumentiert ist, als jene, ab der in größeren Entfernungen eine meßbare Beeinflußung des Grundwasserkörpers durch den Pumpversuch ausgeschlossen werden kann.

Die Ganglinien zeigen auch sehr deutlich die Bedeutung des natürlichen Rückganges des Grundwassers im Jahr 1993 infolge fehlender Grundwasserneubildung in den Winter- und Frühjahrsmonaten. Der Grundwasserspiegel sank innerhalb der ersten Hälfte des Jahres 1993 um etwa einen Meter, was aufgrund des schon relativ niedrigen Ausgangswertes im Dezember 1992 zu einem natürlichen Trockenfallen von Einzelwasserversorgungen im Grazer Feld führte.

Im Bereich der Meßstelle 35541 ist noch einmal die Bedeutung der Lage dieser Meßstelle am Rande der Würmterrasse und der Einfluß von Vorgängen im Aubereich (Mühlgangabkehr) auf den Grundwasserstand am Terrassenrand dokumentiert. Aufgrund der Bedeutung dieser Vorgänge wird im Zuge der weiteren Auswertungen für den NE Teil des Untersuchungsgebietes kein natürlicher Rückgang des Grundwasserspiegels während des Großpumpversuches angenommen.

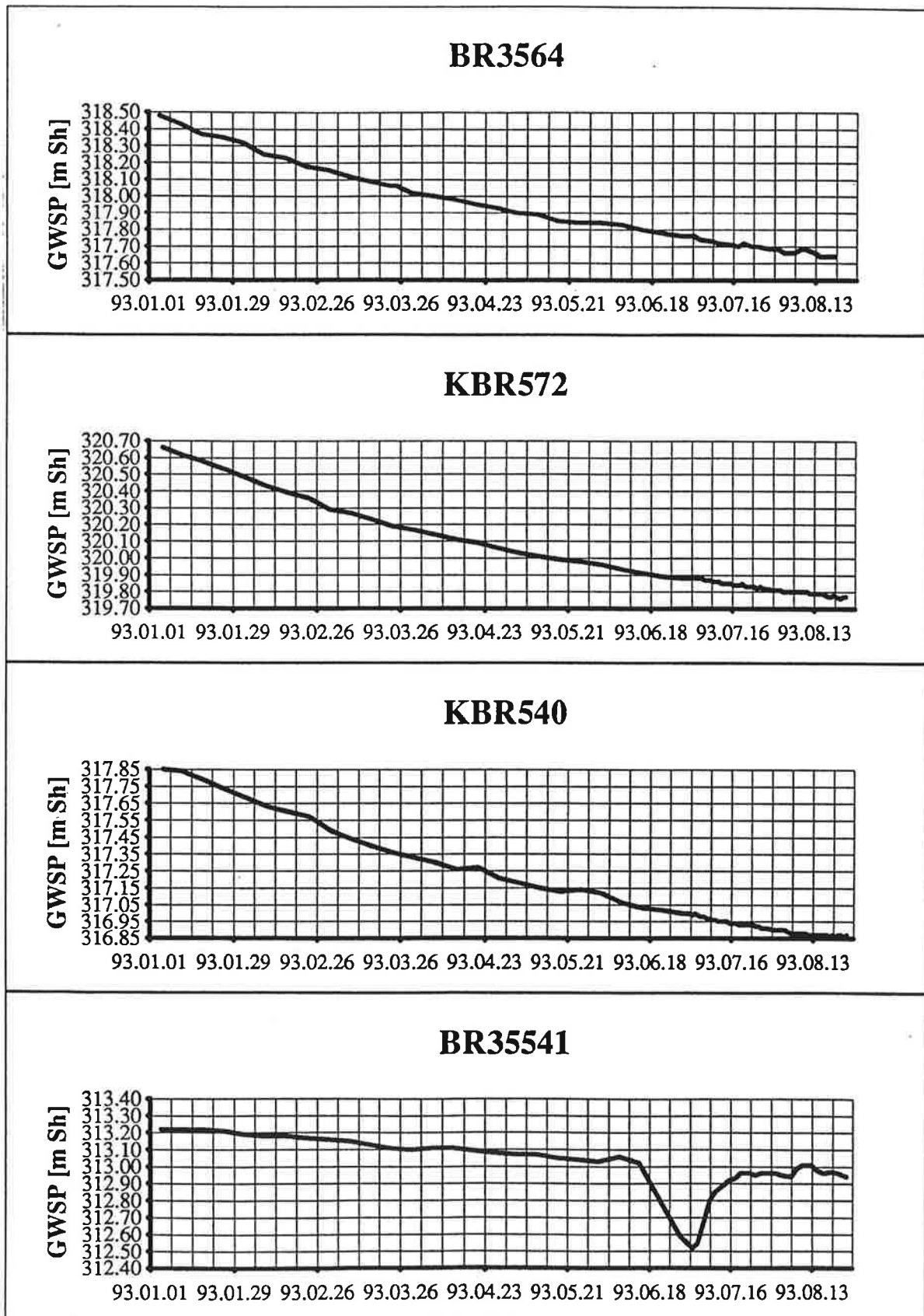


Abb. 7: Gemessene Grundwasserganglinien zwischen 1. 1. 1993 und 24. 8. 1993 an den Meßstellen 3564, 572, 540 und 35541 (Lage siehe Abb. 1).

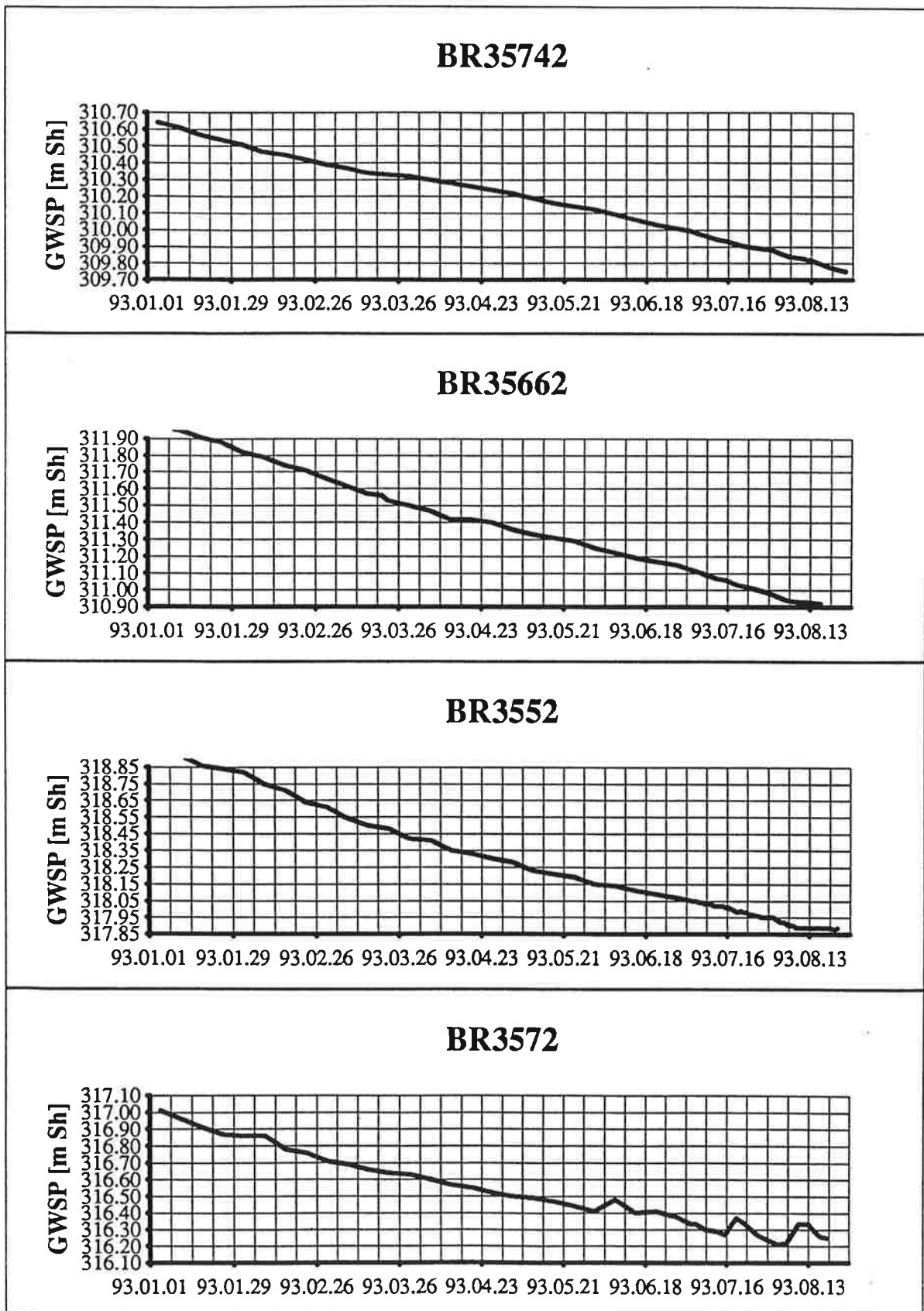


Abb. 8: Gemessene Grundwasserganglinien zwischen 1. 1. 1993 und 24. 8. 1993 an den Meßstellen 35742, 35662, 3552 und 3572 (Lage siehe Abb. 1).

4.2.2. KORREKTUR DER PUMPVERSUCHSGANGLINIEN UM DIE NATÜRLICHE GRUNDWASSERBEWEGUNG

Brunnen und Grundwassermeßstellen, die innerhalb des durch die oben angeführte Linie gekennzeichneten Bereiches liegen, weisen aufgrund der Wasserentnahme durch den Pumpbetrieb während des Großpumpversuches eine Grundwasserspiegelabsenkung in unterschiedlichem Ausmaß abhängig von der Lage der jeweiligen Meßstelle zu den Entnahmebrunnen auf.

In Abb. 9 und Abb. 10 sind die Ganglinien ausgewählter Meßstellen mit einer unterschiedlichen Beeinflußung des Grundwasserspiegels dargestellt. Die dicke Linie ist die gemessene Ganglinie des Grundwasserspiegels, die strichlierte Linie stellt den extrapolierten natürlichen Verlauf des Grundwasserspiegels während des Pumpversuchszeitraumes dar. Die dünne ausgezogene Linie bezeichnet den tiefsten gemessenen Grundwasserspiegel und den Verschnitt mit der extrapolierten Grundwasserganglinie ohne Pumpversuchsbeeinflussung.

Im Bereich der Grundwassermeßstelle KBR545 ist deutlich erkennbar, daß eine Beeinflussung durch den Pumpversuch nicht gegeben ist. die Absenkung des Grundwasserspiegels in der Zeit von Mitte Juni bis Mitte Juli 1993 ist auf die Mühlgangabkehr zurückzuführen.

An allen übrigen Meßstellen ist deutlich erkennbar, daß der Pumpversuch nur eine geringe zusätzliche Absenkung zur natürlichen Grundwasserbewegung bewirkte, die mit Ende der Beobachtung am 24. August 1993 großteils bereits wieder aufgefüllt war.

Durch den Verschnitt der gemessenen Grundwasserspiegelganglinie mit dem extrapolierten natürlichen Grundwasserrückgang ist deutlich erkennbar, daß bei allen beobachteten Meßstellen der tiefste durch den Pumpversuch bewirkte Grundwasserstand jedenfalls auch noch vor Mitte Oktober 1993, vor dem Einsetzen der herbstlichen Grundwasserneubildung erreicht worden wäre.

Da die Grundwasserganglinien an den Meßstellen während des Pumpversuches nicht nur durch den Pumpbetrieb, sondern auch durch den in diesem Zeitraum vorherrschende natürlichen Grundwasserspiegelrückgang beeinflußt waren, müssen für eine Auswertung eines Pumpversuchs-Einflußbereiches die gemessenen Grundwasserspiegelganglinien um den natürlichen Grundwasserspiegelrückgang korrigiert werden.

Zu diesem Zwecke wurden aufgrund der Darstellung in Abb. 7 drei Meßstellen ausgewählt, die durch den Pumpversuch nicht beeinträchtigt waren und die für die Grundwasserverhältnisse im Einzugsbereich der Brunnenanlage charakteristisch sind. Es sind dies die Meßstellen 3546 für den SW Teil, die Meßstelle KBR572 für den zentralen Anstrombereich und die Meßstelle KBR540 für den NE Teil des Untersuchungsgebietes. Für die NE Ecke im Raum Kalsdorf wurde aufgrund der Beeinflussung durch die Mühlgangabkehr in der Austufe kein natürlicher Rückgang des Grundwas-

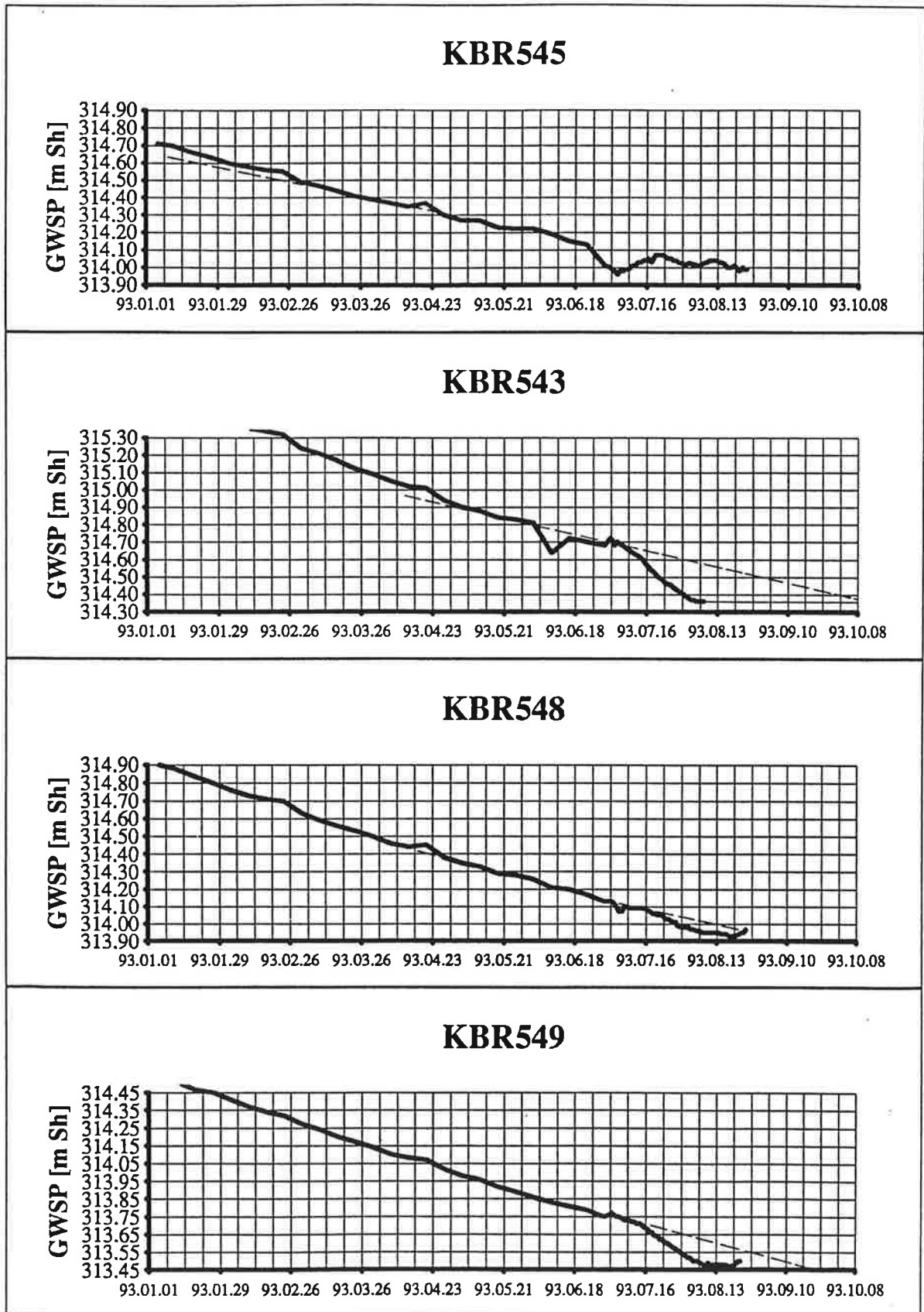


Abb. 9: Gemessene Grundwasserganglinien zwischen 1. 1. 1993 und 24. 8. 1993 an den Meßstellen 545, 543, 548 und 549 (Lage siehe Abb. 1).

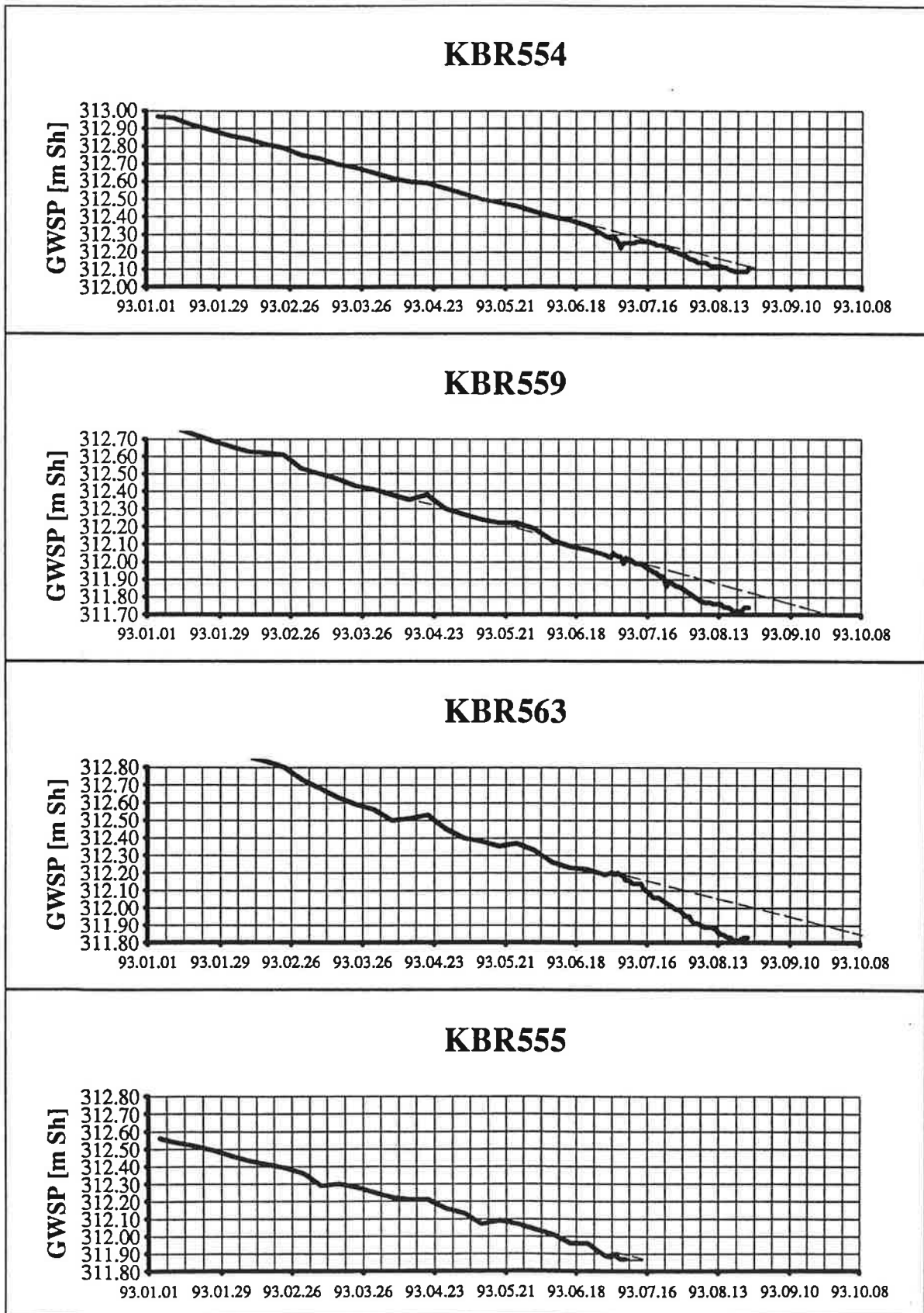


Abb. 10: Gemessene Grundwasserganglinien zwischen 1. 1. 1993 und 24. 8. 1993 an den Meßstellen 554, 559, 563 und 555 (Lage siehe Abb. 1).

serspiegels während des Pumpversuches angenommen. In der Folge wurden die Meßwerte der Grundwasserspiegellage an den Beobachtungsstellen im Absenktrichter um den jeweiligen natürlichen Grundwasserspiegelrückgang zum jeweiligen Meßzeitpunkt bezogen auf den Pumpversuchsbeginn korrigiert, da die pumpversuchsbedingten Absenkungsbeträge geringer waren, als die gemessenen.

In Abb 11 sind in vergleichender Darstellung die gemessene (dünne Linie) und die korrigierte (dicke Linie) Pumpversuchsganglinie für Meßstellen im zentralen Absenktrichter dargestellt. Aus der Differenz zwischen diesen beiden Linien zum Zeitpunkt der Pumpabschaltung am 18. August 1993 ist ersichtlich, daß der natürliche Grundwasserspiegelrückgang im Pumpversuchszeitraum etwa 10 bis 15 cm betrug. Klar erkennbar ist auch, daß bei einer Belastung des Feldes mit einer Förderleistung von etwa 130 l/s bei tiefen Grundwasserständen ein stationärer Strömungszustand nicht mehr zu erreichen war, daß sich allerdings nach der Verringerung der Förderleistung auf etwas weniger als 95 l/s relativ rasch ein quasistationärer Zustand einstellte, in dem in den Grundwasserpegeln im Absenktrichter kein weiterer Grundwasserspiegelrückgang festgestellt werden konnte. Die etwas unruhige Pumpversuchsganglinie im Förderbrunnen VFBI (Abb. 11 oben) ist auf die Schwankungen der Förderleistung (Abb. 6) zurückzuführen, die sich naturgemäß im Förderbrunnen selbst sehr stark auf den Wasserstand auswirken.

4.2.3. PUMPVERSUCHSBEDINGTE GRUNDWASSERABSENKUNG UND MASS DER BEEINFLUSSUNG

Nach Durchführung der oben angeführten Ganglinienkorrekturen wurden für die Beobachtungsstellen im Absenkbereich die pumpversuchsbedingten Grundwasserspiegelabsenkungen ermittelt und die interpolierten Linien gleicher pumpversuchsbedingter Grundwasserabsenkung in Abb. 12 dargestellt. Die farbig markierten Meßstellen zeigen jene, an denen aus dem optischen Vergleich der Ganglinie des Jahres 1993 keine pumpversuchsbedingte Absenkung festgestellt werden konnte.

Die Ausbildung des Absenktrichters erfolgt mit in den Randbereichen flachen Gefällswerten in Richtung NNW (in Richtung Thalerhof) und in Richtung SW (in Richtung Großsutz). Gegen NE ist aufgrund der Beeinflussung der Randbereiche der Würmterrasse durch die Grundwasserverhältnisse im Aublich eine deutliche Versteilung des Absenktrichters erkennbar. Im SW und im S ist er auch relativ steil ausgebildet. Hier dürften wohl lokale hydrogeologische Verhältnisse zu einer Verschlechterung der Durchlässigkeiten führen, die eine Versteilung des Absenktrichters bewirken. Besonders auffallend war die enorm starke Absenkung des Grundwasserspiegels im Förderbrunnen VFBI, in dem die korrigierte Absenkung durch den Pumpversuch bei etwa 4.5 m lag. Im Gegensatz dazu senkte der Brunnen VFBII und der Brunnen VFBIA den Grundwasserspiegel durch den Pumpbetrieb bei gleicher Förderleistung nur um weniger als 2 m ab.

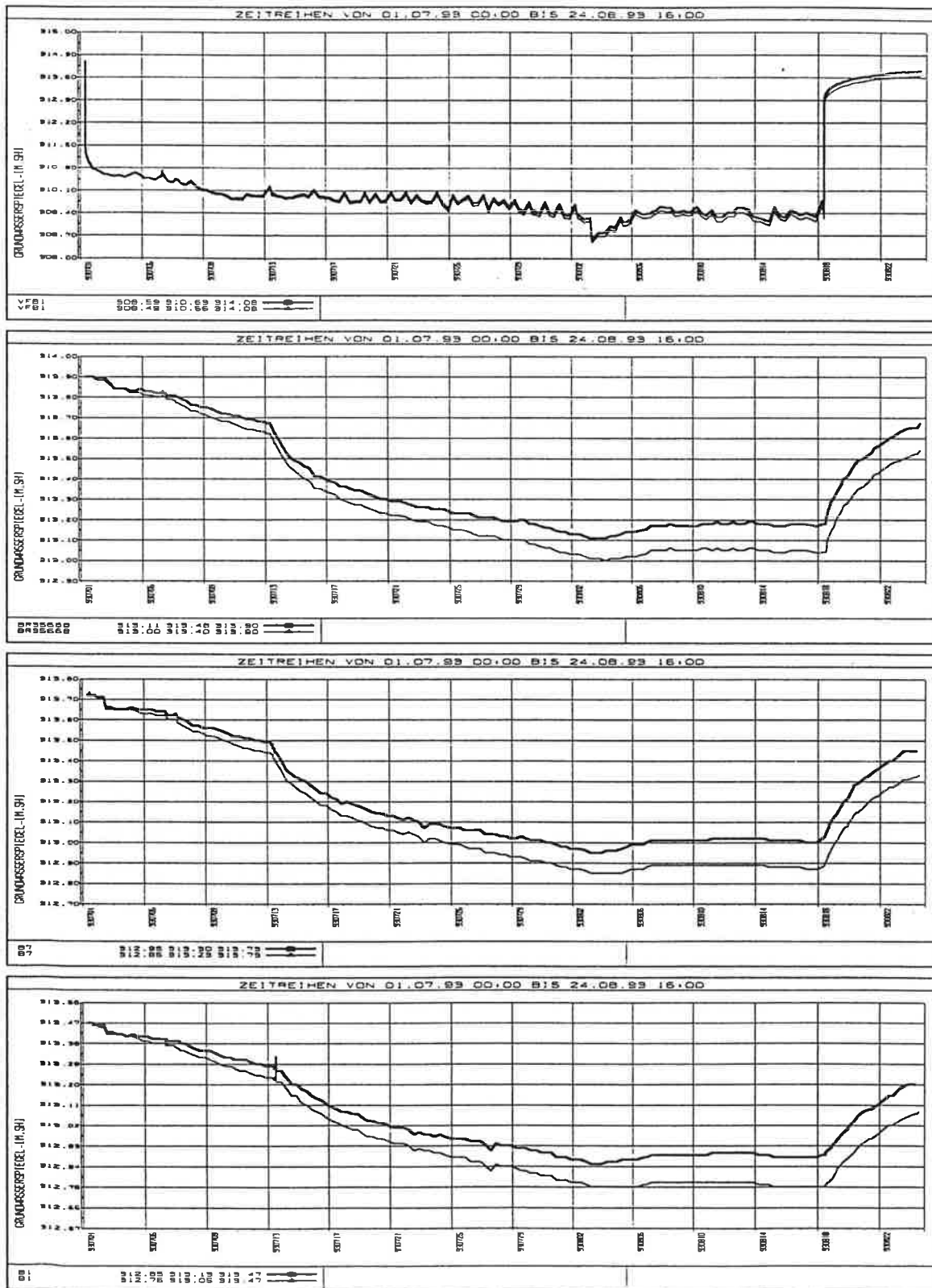


Abb. 11: Vergleich der gemessenen und der korrigierten Grundwasserganglinien während des Pumpversuches im Sommer 1994 an 4 ausgewählten Grundwassermeßstellen.

4.2.4. ERMITTLUNG DER TRANSMISSIVITÄTS- UND DURCHLÄSSIGKEITSWERTE AUS DEN PUMPVERSUCHSDATEN

Aus den während des Pumpversuches gemessenen und in Anhang 2 im Tabellenband dokumentierten Grundwasserspiegellagen wurden nach den Ansätzen von COOPER & JACOB und THIEM - DUPUIT Transmissivitäten für den durch den Pumpversuch beeinflussten Grundwasserbereich ermittelt. Dazu war es notwendig, die Pumpversuchsdaten einerseits um ihren natürlichen Rückgang (siehe Kap. 4.2.2) zu bereinigen, andererseits mußte auch die Korrektur der Absenkungen für einen freien Aquifer nach der Formel $s_k = s - s^2 / 2M$, wobei

sk korrigierte Absenkung
s gemessene Absenkung und
M Mächtigkeit des Grundwasserleiters

darstellen, durchgeführt werden, da sich der Abflußquerschnitt während des Pumpversuchs ändert. Als Mächtigkeit des Grundwasserleiters wurden generell 12 m eingesetzt. Dieser Wert wurde auch für die Berechnung des Durchlässigkeitsbeiwertes nach der Beziehung $k_f = T / M$ generell verwendet.

4.2.4.1. INSTATIONÄRE AUSWERTUNG

Nach dem Ansatz von COOPER & JACOB erfolgte die Auswertung nach dem zeitlichen Verlauf der Pumpversuchsganglinien nach der Formel

$$T = (0.183 * Q) / \Delta s$$

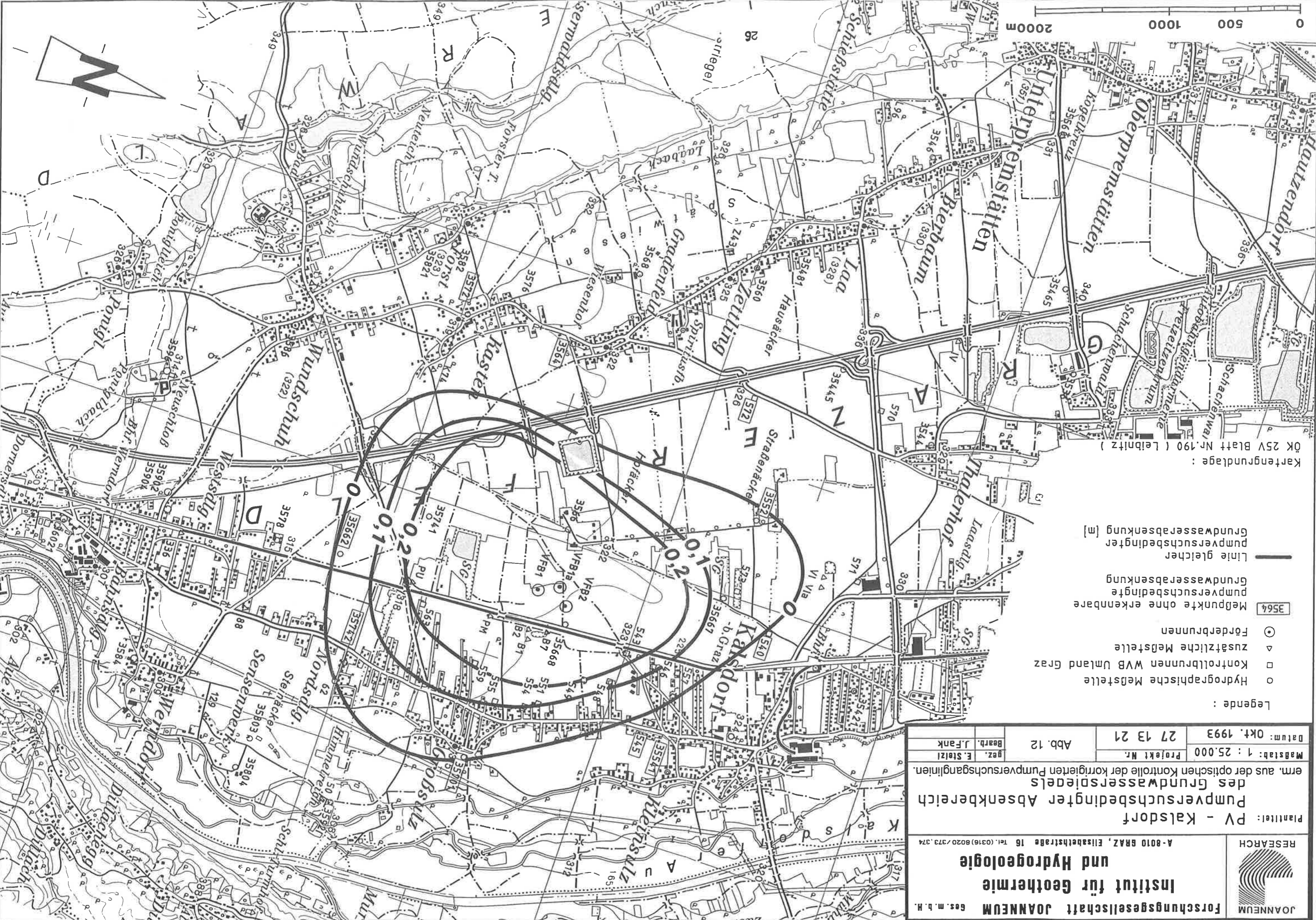
wobei:

T Transmissivität [m^2/s]
Q Fördermenge [m^3/s] und
 Δs Steigung der Ausgleichsgerade einer logarithmischen Dekade [m].

Diese Auswertung wurde für alle drei Pumpstufen an den beeinflussten Pegeln durchgeführt. Nach der gleichen Formel wurde für die beiden Förderbrunnen VFBI und VFBII und für die nächstgelegenen Meßstellen auch die Wiederanstiegskurve nach Abschalten der Pumpen ausgewertet.

Die Instationärauswertung ist für einzelne Meßstellen exemplarisch in den Abb. 13 bis 16 dargestellt, die Ergebnisse der Auswertung sind in Tab. 2 zusammengefaßt.

Wie in den Abbildungen zu erkennen ist, sind jene Zeitbereiche der Ganglinie, die für eine Auswertung herangezogen wurden, durch eine sehr gute Anpassung der logarithmischen Funktion an die gemessenen Datenpunkte charakterisiert. Die Korrelationskoeffizienten liegen bei allen ausgewerteten Zeitbereichen und Meßstellen bei Werten >0.95 . Mit Ausnahme der Meßstelle VFBIA-P3, bei der während der ersten Pumpstufe ein Datensammler mit Drucksonde installiert war, erfolgte die Erfassung des Verlaufes des Grundwasserspiegels durch Lichtlotmessungen.



JOANNEUM RESEARCH

Institut für Geothermie und Hydrogeologie

Ges. m. b. H. A-8010 GRAZ, Elisabethstraße 16 Tel. (0316) 8020/373, 374

Plantitel: PV - Kalsdorf
 Pumpversuchsbedingter Absenkbereich
 des Grundwasserspiegels
 erm. aus der optischen Kontrolle der korrigierten Pumpversuchsganglinien.

Maststab: 1 : 25.000	Projekt Nr.	27 13 21	Datum: Okt. 1993
Abb. 12	gez. E. Steitzl	Bearb. J. Fank	

- Legende :
- Hydrographische Messstelle
 - Kontrollbrunnen VVB Umland Graz
 - △ zusätzliche Messstelle
 - ⊙ Förderbrunnen
 - 3564 Meßpunkte ohne erkennbare pumpversuchsbedingte Grundwasserabsenkung
 - Linie gleicher pumpversuchsbedingter Grundwasserabsenkung [m]

Kartengrundlage :
 ÖK 25V Blatt Nr.190 (Leibnitz)

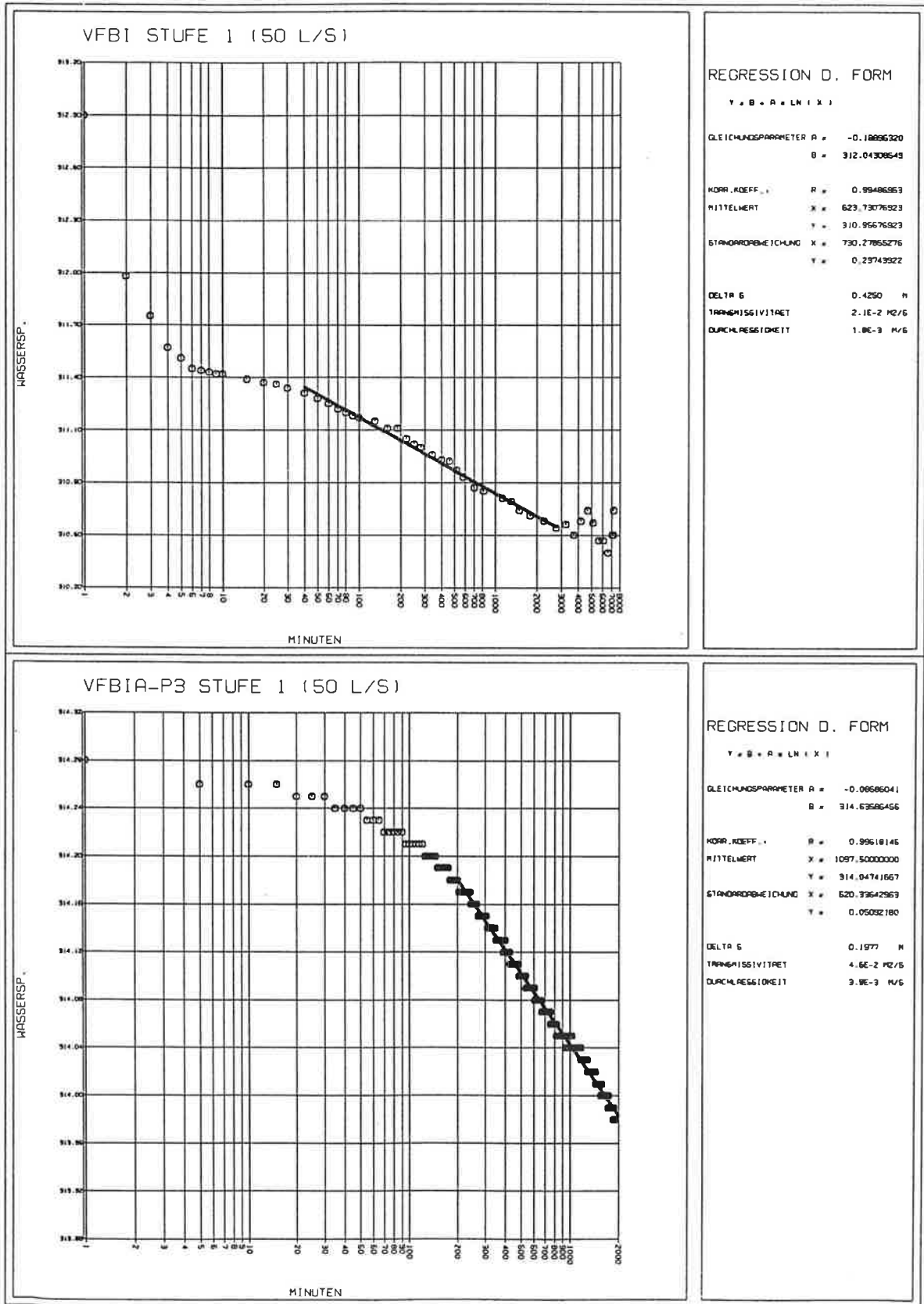


Abb. 13: Halblogarithmische Darstellung des Verlaufes der Pumpversuchganglinien während der ersten Pumpstufe an den Meßstellen VFBI und VFBI-A-P3.

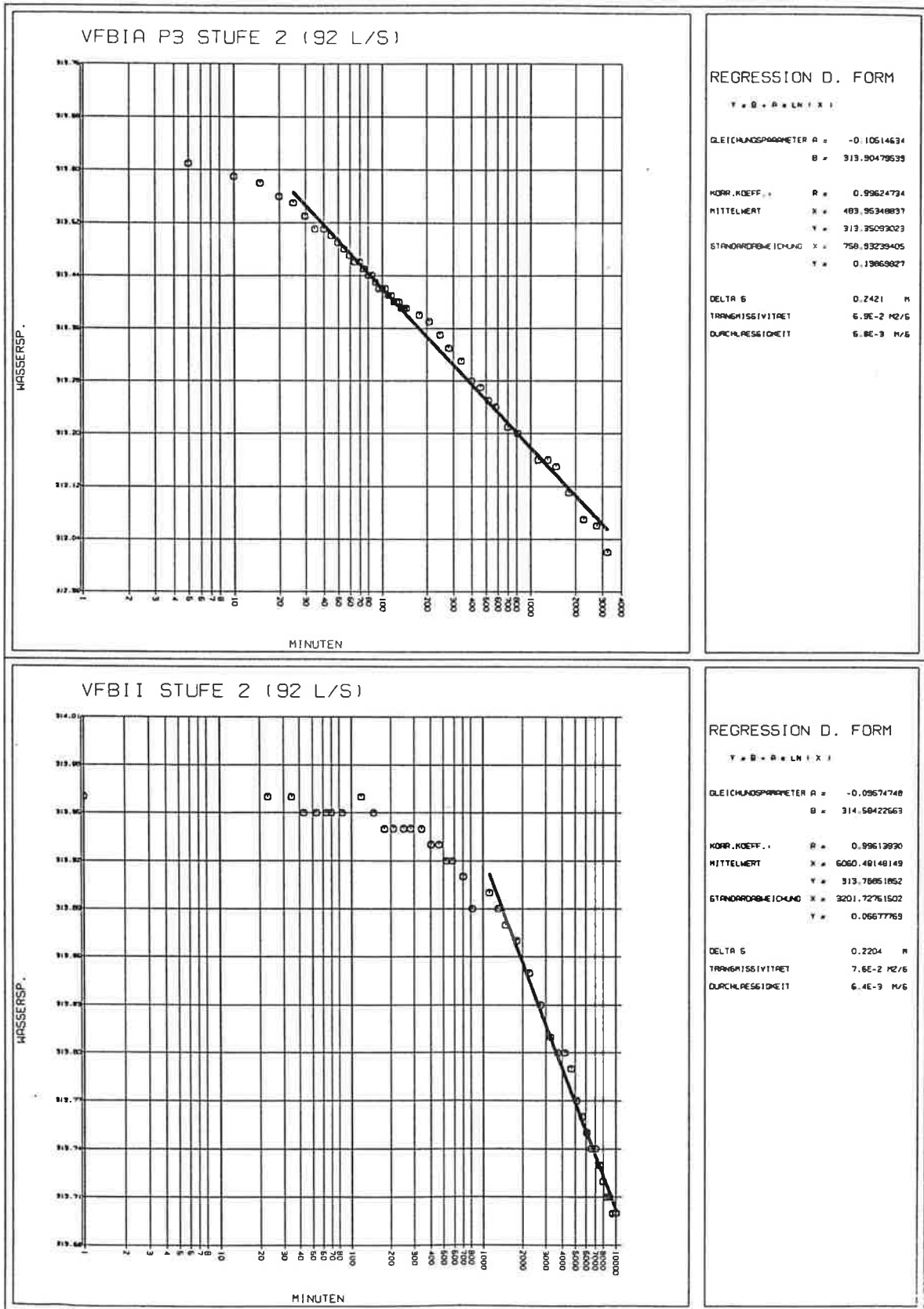


Abb. 14: Halblogarithmische Darstellung des Verlaufes der Pumpversuchganglinien während der zweiten Pumpstufe an den Meßstellen VFBIA-P3 und VFBII.

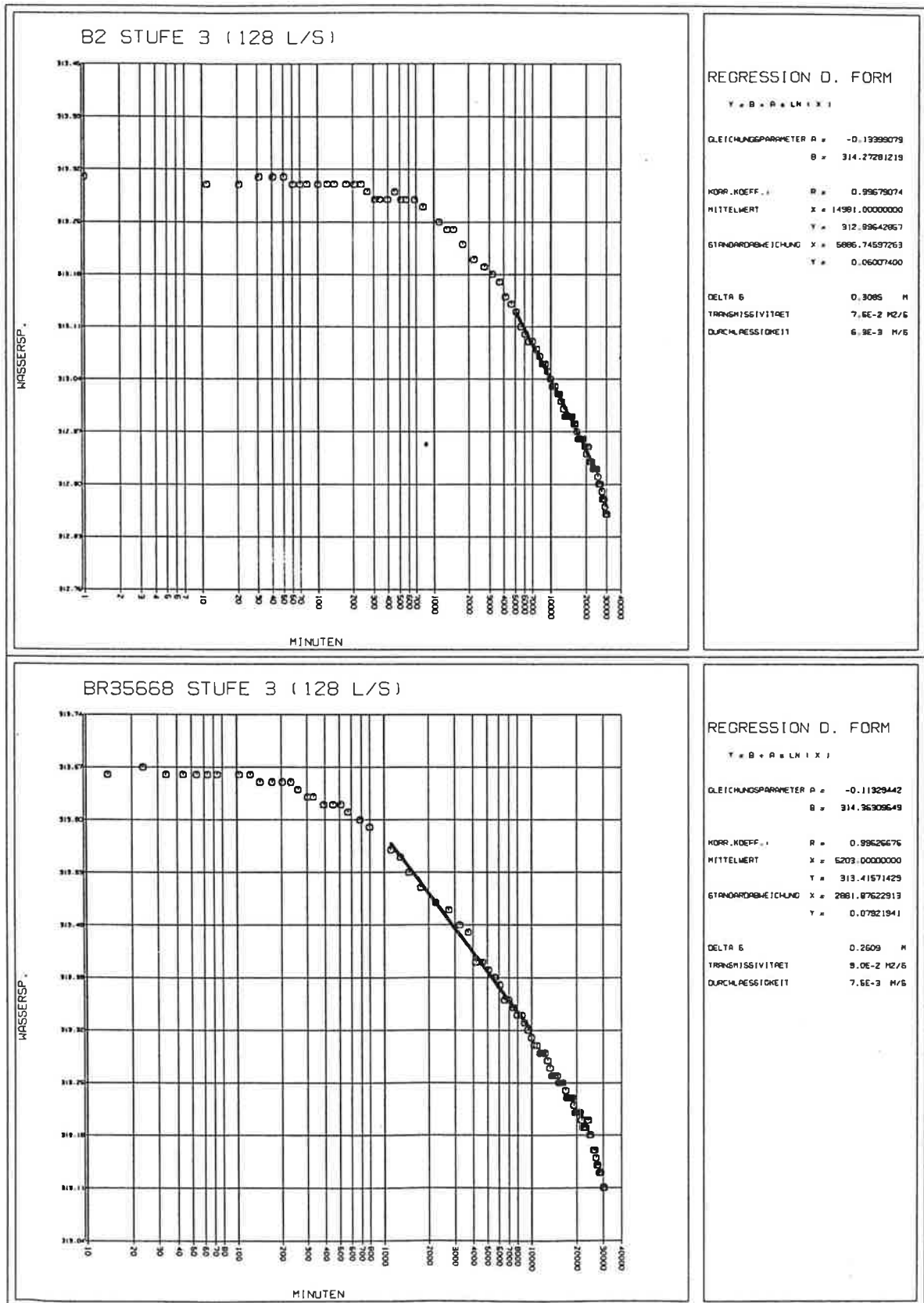


Abb. 15: Halblogarithmische Darstellung des Verlaufes der Pumpversuchganglinien während der dritten Pumpstufe an den Meßstellen B2 und 35668.

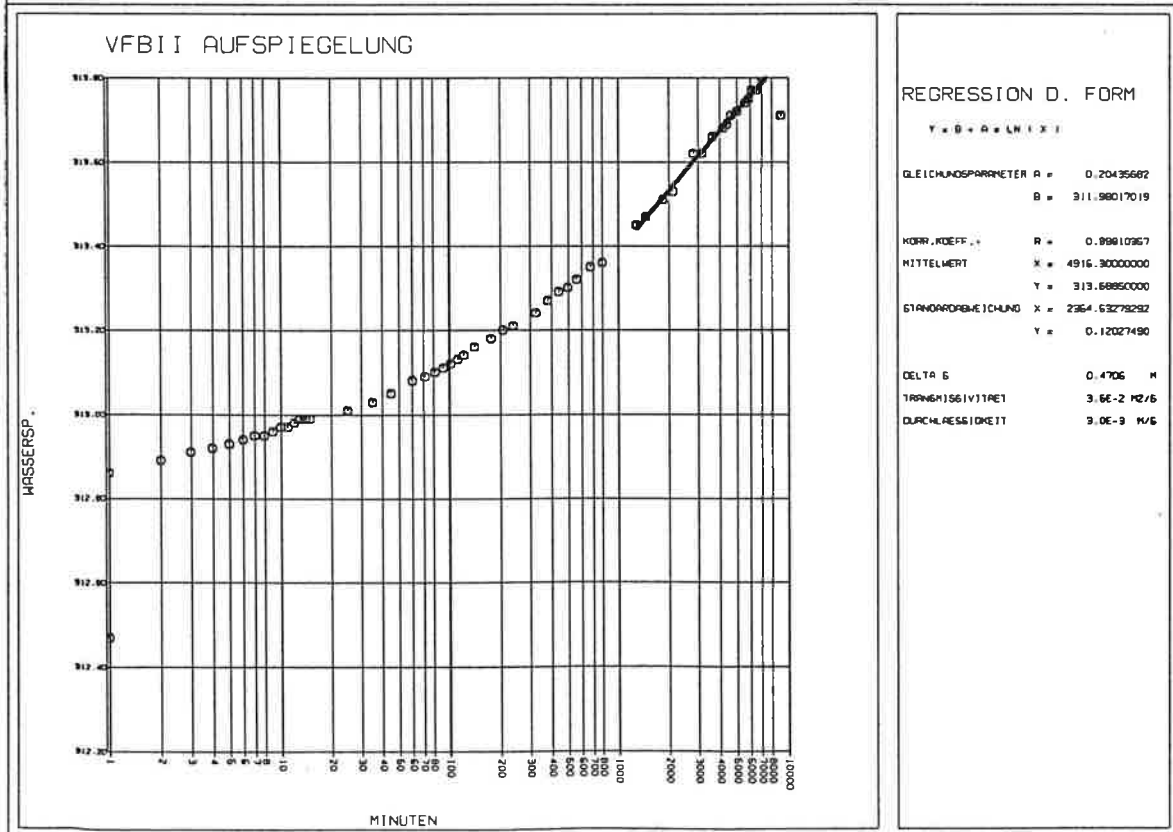
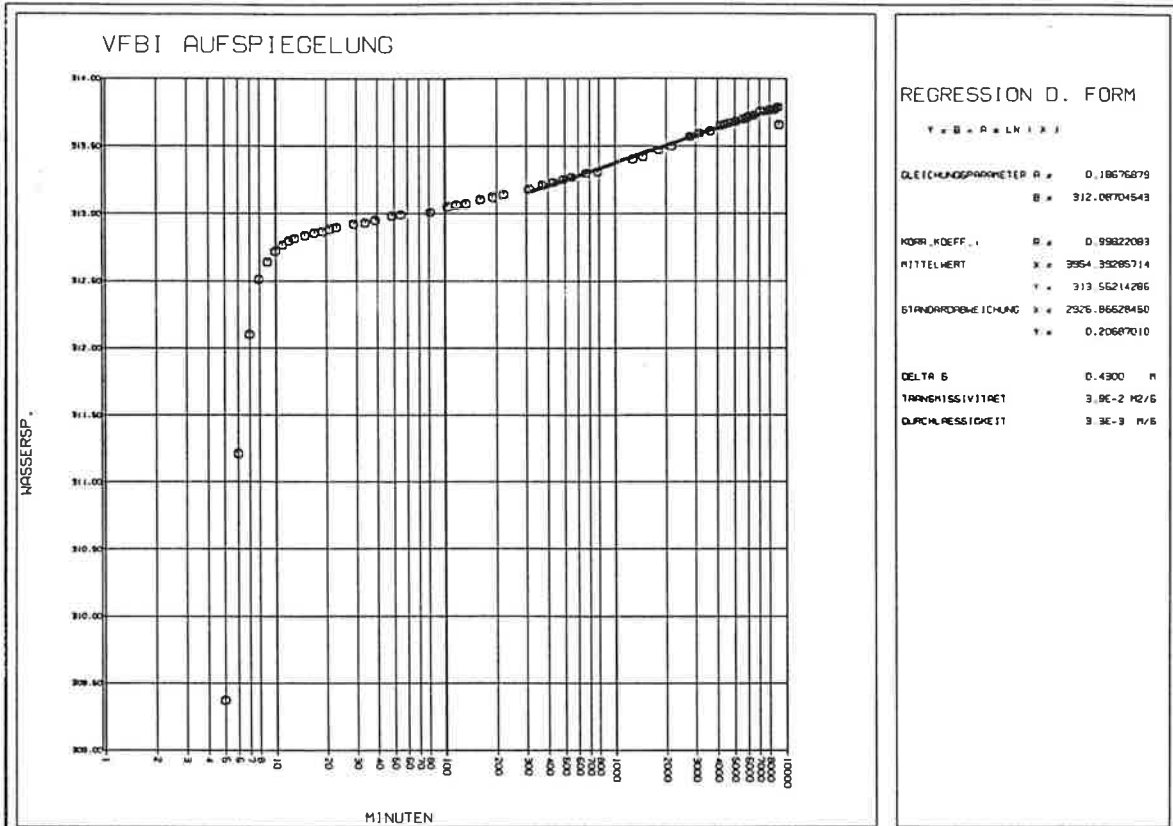


Abb. 16: Halblogarithmische Darstellung des Verlaufes der Wiederaufspiegelungsganglinien an den Meßstellen VFB I und VFB II.

Tab. 2: Zusammenfassung der Ergebnisse der Instationärauswertung der Pumpversuchsdaten im Brunnenfeld Kalsdorf des WVU Umland Graz.

Pumpstufe 1		Fördermenge: 0.05 m ³ /s	
Meßstelle	Δs [m]	T [m ² /s]	k_f [m/s]
B2	0.1268	7.2E-2	6.0E-3
VFBIA-P2	0.1947	4.7E-2	3.9E-3
VFBIA-P3	0.1977	4.6E-2	3.9E-3
VFBIA-P4	0.2100	4.4E-2	3.6E-3
VFBIA	0.2113	4.3E-2	3.6E-3
VFBI	0.4350	2.1E-2	1.8E-3

Pumpstufe 2		Fördermenge: 0.09193 m ³ /s	
Meßstelle	Δs [m]	T [m ² /s]	k_f [m/s]
3566	0.1624	1.0E-1	8.6E-3
PM	0.1566	1.1E-1	8.9E-3
VFBIA-P3	0.2421	6.9E-2	5.8E-3
VFBI	0.3109	5.4E-2	4.5E-3
VFBII	0.2204	7.6E-2	6.4E-3

Pumpstufe 3		Fördermenge: 0.1279 m ³ /s	
Meßstelle	Δs [m]	T [m ² /s]	k_f [m/s]
35668	0.2609	9.0E-2	7.5E-3
35741	0.2266	1.0E-1	8.6E-3
B1	0.3028	7.7E-2	6.4E-3
B2	0.3085	7.6E-2	6.3E-3
B7	0.3216	7.3E-2	6.0E-3
PM	0.2153	1.1E-1	9.1E-3
PU	0.2078	1.1E-1	9.4E-3
VFBI	0.1996	1.2E-1	9.8E-3
VFBII	0.2773	8.4E-2	7.0E-3

Wiederaufspiegelung		Fördermenge: 0.09249 m ³ /s	
Meßstelle	Δs [m]	T [m ² /s]	k_f [m/s]
VFBI	0.4300	3.9E-2	3.3E-3
VFBII	0.4706	3.6E-2	3.0E-3
PM	0.2650	6.4E-2	5.3E-3
35668	0.4161	4.1E-2	3.4E-3
B1	0.4119	4.1E-2	3.4E-3
B2	0.4200	4.0E-2	3.4E-3
B7	0.3969	4.3E-2	3.6E-3
VFBIA-P3	0.4654	3.6E-2	3.0E-3

In Abb. 17 (oben) sind grafisch noch einmal die Absenkungs- und die Wiederaufspiegelungsganglinie der dritten Pumpstufe für den Förderbrunnen VFBII dargestellt. Die Auswertung dieser beiden Ganglinien spiegelt in etwa die Genauigkeit wider, mit denen die Transmissivitäten aus dem instationären Verlauf der Pumpversuchganglinien ermittelt werden können. Die Gründe für die Unterschiede liegen in der Anisotropie und Inhomogenität des Grundwasserleiters.

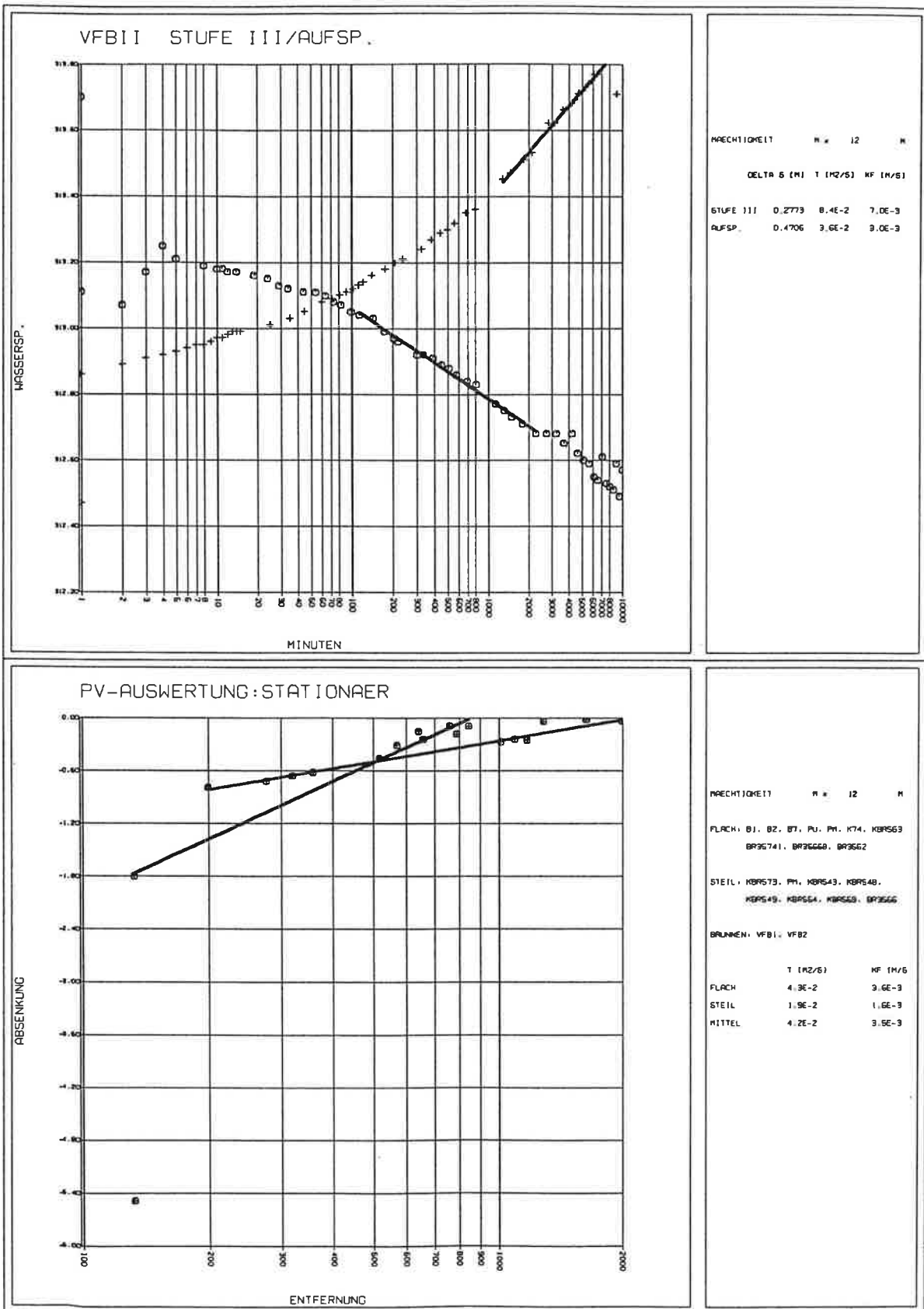


Abb. 17: Instationäre Auswertung der Absenkungsganglinie der 3. Pumpstufe und der Wiederaufspiegelungsganglinie am Brunnen VFBII (oben) und Stationärauswertung des Großpumpversuches für alle Meßstellen zur gleichen Zeit (unten).

Die Ergebnisse dieser instationären Auswertung des Großpumpversuches im Brunnenfeld Kalsdorf sind in dem Bewußtsein zu werten, daß die für eine detaillierte hydraulische Auswertung geforderten Annahmen und Rahmenbedingungen in keinem natürlichen Aquifer gegeben sind. Unter Berücksichtigung dieses Faktums zeigen die Ergebnisse eine mittlere Gebietsdurchlässigkeit von $3E-3$ bis $4E-3$ m/s, wobei die Durchlässigkeitsbeiwerte aufgrund von Inhomogenitäten und Anisotropien durchaus in einem Bereich zwischen $2E-3$ und $9E-3$ schwanken können. Die aus der instationären Auswertung des Pumpversuches ermittelten Transmissivitäten bzw. Durchlässigkeiten entsprechen jenen, die in einer quartären Terrassenschotterfüllung zu erwarten sind. Bereits in der Instationärauswertung zeigt sich, daß die sehr großen Absenkungsbeträge beim Brunnen VFBI nicht auf größere Transmissivitätsunterschiede im Aquifer, sondern auf den Brunnenausbau bzw. Brunnenalterungserscheinungen zurückgeführt werden müssen, da die Auswertung der Pumpversuchsganglinien auch an diesem Brunnen durchaus vergleichbare Werte zu den Auswertungen an den Kontrollpegeln liefern.

4.2.4.2. STATIONÄRE AUSWERTUNG

Die Auswertung einzelner instationärer Absenkungsganglinien liefert Transmissivitätswerte, die streng genommen nur für den Gesteinskörper im nächsten Umgebungsbereich der untersuchten Meßstelle gelten. Das Ergebnis bedarf einer kritischen Bewertung, da immer eine Anisotropie des Grundwasserleiters und damit eine unsymmetrische Herausbildung des Entnahmetrichters zu vermuten ist. Derartige Unregelmäßigkeiten können vermindert werden, wenn alle Meßstellen zugleich ausgewertet werden. Dazu werden die Absenkungsbeträge der Standrohrspiegelhöhen in den zugehörigen Meßstellen in ihrer Entfernung zum Entnahmebrunnen aufgetragen und dadurch die Geometrie des Entnahmetrichters wiedergegeben.

In Abb. 17 (unten) sind für die Meßstellen im primären Einflußbereich des Pumpversuches im Brunnenfeld Kalsdorf die Absenkungen gegen die Entfernung zu den Entnahmebrunnen dargestellt. Die Absenkungswerte entsprechen dem quasistationären Strömungszustand bei einer Fördermenge von 0.09249 m³/s aus den beiden Brunnen VFBI und VFBIII vor dem Abschalten der Pumpen am 18. August 1993, also nach einer Pumpzeit von ca. 60 Tagen (siehe Kap. 4.1.).

Aus der sich ergebenden Punktwolke zeigt sich sehr deutlich, daß in verschiedene räumliche Richtungen zumindest zwei verschiedene Regressionsgeraden zu legen sind, die einer unterschiedlichen Ausbildung des Absenktrichters und damit auch der zu berechnenden Transmissivitätswerte entsprechen.

Weiters ist deutlich zu erkennen, daß die Absenkung im Förderbrunnen VFBI im Vergleich zu den Absenkungen im übrigen Bereich des Entnahmetrichters derart groß sind, daß sie in keinem Fall allein auf unterschiedliche hydrogeologische Verhältnisse zurückgeführt werden können, zumal

sich die Absenkung am Brunnen VFBII durchaus in das Bild des Entnahmetrichters einordnet. In Verbindung mit den Ergebnissen der instationären Auswertung der Pumpversuchsganglinie des Brunnens VFBI ist diese Absenkung ein deutlicher Hinweis auf Brunnen- oder Filtereffekte.

Die Auswertung nach dem Ansatz von THIEM-DUPOIT nach der Formel $T = (0.3665 * Q) / \Delta s$ ergibt für die flachere Regressionsgerade eine Transmissivität von $T = 4.3E-3 \text{ m}^2/\text{s}$ und für den steileren Teil des Entnahmetrichters eine Transmissivität von $T = 1.9E-2 \text{ m}^2/\text{s}$ entsprechend Durchlässigkeitsbeiwerten von $k_f = 3.6E-3 \text{ m/s}$ bzw. $k_f = 1.6E-3 \text{ m/s}$. Eine mittlere Transmissivität aus allen Meßpunkten ergibt einen Wert von $T = 4.2E-2 \text{ m}^2/\text{s}$, entsprechend einer Durchlässigkeit von $k_f = 3.5E-3 \text{ m/s}$. Die Stationärauswertung bestätigt damit eindeutig die bereits aus der Instationärauswertung erhaltenen Werte, sodaß im gesamten von einem mittleren Gebietsdurchlässigkeitsbeiwert von

$$k_f = 3.5E-3 \text{ m/s}$$

mit einer Schwankungsbreite zwischen etwa $2E-3$ und $9E-3 \text{ m/s}$ ausgegangen werden kann.

Die Verteilung der Durchlässigkeitswerte v.a. aus dem Abbild des Entnahmetrichters in Abb. 17 zeigt die besseren Durchlässigkeiten im Bereich der Brunnenanlage und ihrer näheren Umgebung ausgerichtet nach NW, sowie S und SE. Eindeutig schlechtere Durchlässigkeiten sind im Bereich des Ortsgebietes von Kalsdorf-Großsulz, also NE der Brunnenanlage zu erwarten. Auch die Meßstelle 3566 W der Brunnenanlage ist eher dem Bereich schlechterer Durchlässigkeiten zuzuordnen, sodaß sich eine gewisse Regionalisierung der Durchlässigkeiten dahingehend ergibt, daß sich die Rinnenstruktur des Untergrundes auch in den Materialkennwerten niederschlägt.

4.3. DER MARKIERUNGSVERSUCH

Aufgrund der bis zum Sommer 1993 durchgeführten Untersuchungen im Bereich der WVA Kalsdorf mußte angenommen werden, daß bei einer Entnahme der Konsenswassermenge von 100 l/s das Einzugsgebiet der Brunnen im E über die derzeitigen Bahngleise reicht. Zur Überprüfung dieser Annahme und zur Ermittlung der Grundwasserverweilzeiten zwischen dem nächstgelegenen Punkt der für das Terminal geplanten Einzugsgeleise zu den Förderbrunnen wurde ein Tracerversuch durchgeführt. Als Injektionspunkt für den Farbtracer (URANIN) wurde eine Bohrung gesucht, die bei maximaler Förderleistung ($\sim 130 \text{ l/s}$) möglichst im Bereich des unteren Kulminationspunktes liegt. In den Förderbrunnen VFBI und VFBII waren kontinuierlich registrierende Feldgeräte im Einsatz, die die Intensitäten des Farbdurchganges aufzeichnen sollten, sodaß bei hoher zeitlicher Auflösung (Meßintervall 5 Minuten beim Lichtleiterfluorometer und Aufzeichnung über ein Schreibergerät beim Feldfluorometer mit Durchflußküvette) eine exakte Berechnung der Grundwasserabstandsgeschwindigkeiten möglich ist. Zusätzlich zu diesen kontinuierlichen Registrierun-

gen sollten auch täglich drei Proben händisch gezogen werden, um bei einem eventuellen Geräteausfall den Tracerdurchgang trotzdem verfolgen zu können. Aus dem Brunnen VFBIA, der von der Eingabestelle am weitesten entfernt war, sollten 3 mal täglich händisch Proben gezogen werden, die im Labor auf ihre Farbintensitäten hin untersucht werden konnten. Mit hoher Wahrscheinlichkeit war auszuschließen, daß Wasser aus dem Bereich des Bahnkörpers bei Betrieb aller drei Förderbrunnen zum Brunnen VFBIA fließen würde.

Aufgrund vorliegender Untersuchungen war als Injektionsbohrung die Meßstelle B7 östlich des Bahnkörpers vorgesehen. Aufgrund der Spiegellagenmessungen während des Pumpversuchs war zu erkennen, daß zum Einspeisezeitpunkt der Wasserspiegel in dieser Bohrung niedriger lag als in den Förderbrunnen. Aus diesem Grund wurde am 30. Juli 1993 von 14⁰⁰ Uhr bis 16⁰⁰ Uhr über die Bohrung 35668, direkt an der Grenze des eingezäunten Schutzgebietes 1 kg Uranin in das Grundwasser eingebracht. Zur Kontrolle wurden in der Folge an der Bohrung B7, östlich des ÖBB Gleiskörpers täglich 3 Proben gezogen, die im Labor auf ihre Farbintensität untersucht werden konnten.

Die Beobachtung der Tracerdurchgänge wurde ohne Unterbrechung im geplanten Rhythmus bis zur Beendigung des Pumpversuches am 24. 8. 1993 durchgeführt. Mit Einstellung des Pumpbetriebes am Brunnen VFBIA am 3. August 1993 mußte auch die Probennahme an diesem Brunnen eingestellt werden. An Datenmaterial für die Auswertung des Markierungsversuches standen somit nach Beendigung des Pumpversuches zur Verfügung:

- ◆ Eine Schreiberaufzeichnung der Uraninintensitäten am Brunnen VFBII über ein Feldfluorometer mit Durchflußküvette für den Zeitraum 30.7.1993 bis 18.8.1993,
- ◆ Auf Datensammler abgelegte Farbintensitätswerte aus den Lichtleiterfluorometermessungen im Brunnen VFBI für den Zeitraum 30.7.1993 bis 24.8.1993,
- ◆ 13 händisch gezogene Proben aus dem Brunnen VFBIA im Zeitraum 30.7.1993 bis 3.8.1993,
- ◆ 60 händisch gezogene Proben aus dem Brunnen VFBI im Zeitraum 30.7.1993 bis 3.8.1993,
- ◆ 60 händisch gezogene Proben aus dem Brunnen VFBII im Zeitraum 30.7.1993 bis 3.8.1993 und
- ◆ 76 händisch gezogene Proben aus der Bohrung B7 östlich des ÖBB Bahnkörpers.

Die gezogenen Proben wurden im Labor auf die Farbintensität hin untersucht, die Schreiberdaten und die Aufzeichnungen des Lichtleiterfluorometers wurden ausgewertet. Die Ergebnisse der Auswertung der gewonnenen Daten sind in Tab. 3 und in Abb. 18 dokumentiert.

Tab. 3: Ergebnisse des Uranindurchganges an der Entnahmestelle B7 im Rahmen des Grundwassermarkierungsversuches zwischen 30.7.1993 und 24.8. 1993

Entnahmestelle : B7

Tracer : URANIN
Menge (kg|keq) : 1.000
Untergrund (Intensitäten) 0.
Distanz (m) 139.00

Injektion am 930730 1400
Erstes Auftreten am 930801 0622
C Maximum am 930803 0616

Nr.	Datum	Uhrz	Förder-	Intens	Nr.	Datum	Uhrz	Förder-	Intens		
	yy	mm	dd	hh	mm		yy	mm	dd	hh	mm
1	930730	1445	133.00	0.	41	930812	1430	95.00	63.		
2	930730	2149	133.00	0.	42	930812	2145	95.00	19.		
3	930731	0617	133.00	0.	43	930813	0645	95.00	10.		
4	930731	1415	133.00	0.	44	930813	1439	95.00	10.		
5	930731	2148	133.00	0.	45	930813	2138	95.00	0.		
6	930801	0622	133.00	10.	46	930814	0922	95.00	22.		
7	930801	1445	133.00	10.	47	930814	1443	95.00	48.		
8	930801	2143	133.00	41.	48	930814	2143	95.00	10.		
9	930802	0620	133.00	48.	49	930815	0616	95.00	10.		
10	930802	1315	133.00	23.	50	930815	1533	95.00	0.		
11	930802	2225	133.00	119.	51	930815	2145	95.00	22.		
12	930803	0616	133.00	536.	52	930816	0645	95.00	10.		
13	930803	1315	95.00	34.	53	930816	1420	95.00	37.		
14	930803	2142	95.00	56.	54	930816	2105	95.00	10.		
15	930804	0615	95.00	104.	55	930817	0700	95.00	0.		
16	930804	1350	95.00	15.	56	930817	2143	95.00	0.		
17	930804	2145	95.00	26.	57	930818	0618	95.00	0.		
18	930805	0615	95.00	22.	58	930818	1415	.00	297.		
19	930805	1449	95.00	15.	59	930818	2015	.00	219.		
20	930805	2145	95.00	0.	60	930819	0900	.00	19.		
21	930806	0615	95.00	0.	61	930819	1500	.00	15.		
22	930806	1725	95.00	0.	62	930819	2100	.00	10.		
23	930806	2145	95.00	0.	63	930820	0725	.00	0.		
24	930807	0543	95.00	0.	64	930820	1310	.00	204.		
25	930807	1046	95.00	0.	65	930820	2100	.00	37.		
26	930807	1445	95.00	0.	66	930821	1030	.00	22.		
27	930807	2148	95.00	0.	67	930821	1415	.00	37.		
28	930808	1045	95.00	0.	68	930821	2130	.00	34.		
29	930808	1345	95.00	0.	69	930822	1100	.00	56.		
30	930808	2145	95.00	10.	70	930822	1430	.00	82.		
31	930809	1018	95.00	19.	71	930822	2100	.00	63.		
32	930809	1440	95.00	0.	72	930823	0700	.00	67.		
33	930809	2147	95.00	0.	73	930823	1400	.00	71.		
34	930810	0615	95.00	0.	74	930823	2100	.00	74.		
35	930810	1437	95.00	0.	75	930824	0900	.00	78.		
36	930810	2143	95.00	0.	76	930824	1415	.00	74.		
37	930811	0625	95.00	0.							
38	930811	1443	95.00	0.							
39	930811	2145	95.00	30.							
40	930812	0825	95.00	67.							

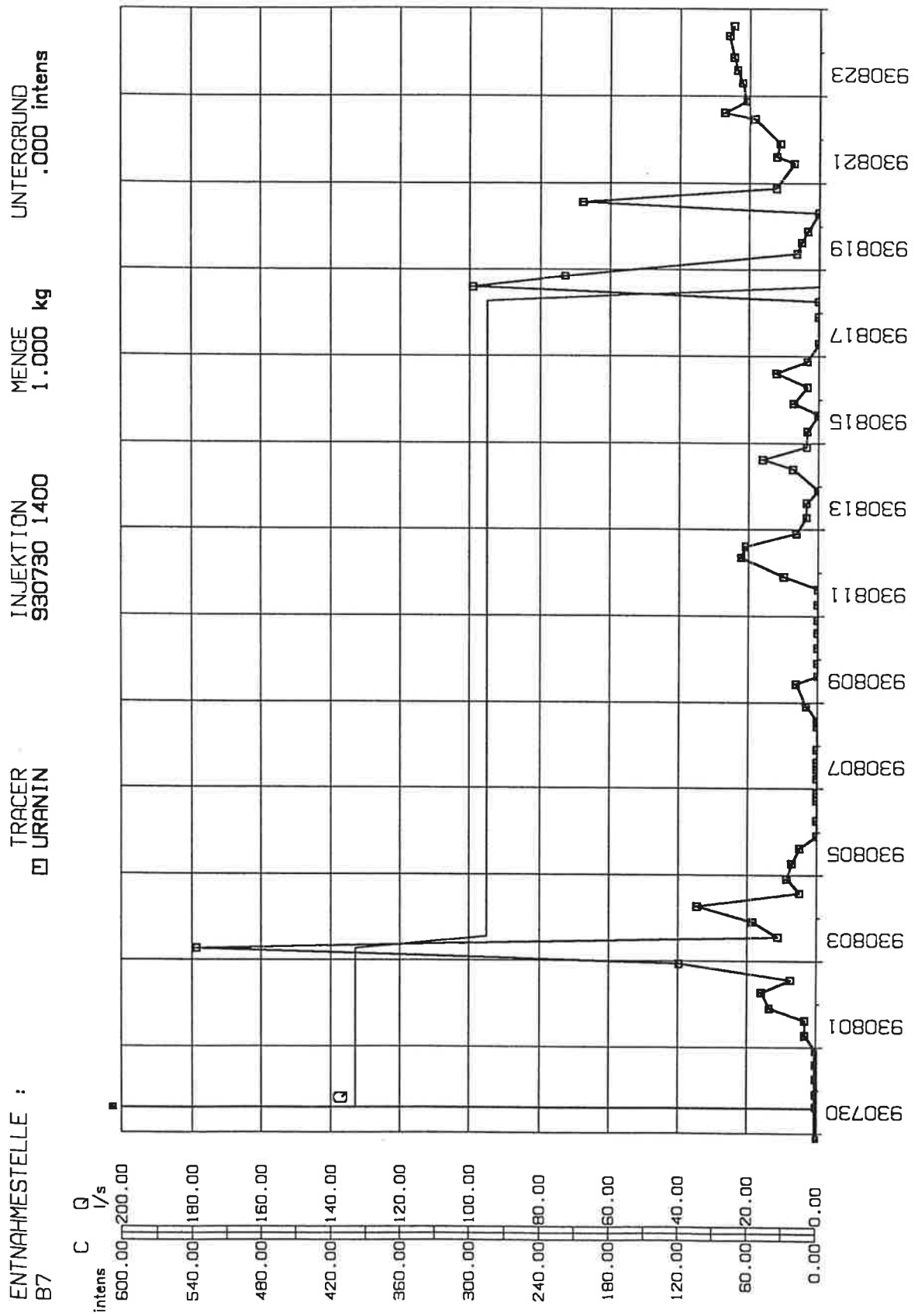


Abb. 18: Graphische Darstellung des Uranindurchganges an der Entnahmestelle B7 im Rahmen des Grundwassermarkierungsversuches in Kalsdorf vom 30.7.1993 bis 24.8.1993

Die Ergebnisse des Markierungsversuchs können wie folgt zusammengefaßt werden:

- ◆ Weder in den kontinuierlichen Aufzeichnungen der Feldmeßgeräte in den Brunnen VFBI und VFBII, noch in den händisch gezogenen Proben konnten Tracerintensitäten nachgewiesen werden. Auch in den Proben des Brunnens VFBIA konnte wie erwartet kein Tracer nachgewiesen werden.
- ◆ Einzig in den Proben der Meßstelle B7 konnte ein Tracerdurchgang mit relativ geringen Intensitätswerten nachgewiesen werden (siehe Tab. 3 und Abb. 18).

Diese Ergebnisse der Laboruntersuchungen und der Auswertungen bedeuten:

- ◆ Das Einzugsgebiet der Brunnen der WVA Kalsdorf reicht bei einer Entnahme der Konsenswassermenge nicht über den Gleiskörper der ÖBB, sondern verbleibt innerhalb des eingezäunten Schutzgebietes.
- ◆ Die Grundwasserströmung aus dem Bereich der Einspeisebohrung 35668 ist dermaßen ausgebildet, daß die Bohrung B7 randlich tangiert wird. Bei einer direkten Anströmung müßten die gemessenen Farbintensitäten wesentlich höher liegen und der Tracerdurchgang eine wesentlich kompaktere Form aufweisen.
- ◆ Die Änderungen der Entnahmemengen durch das Abschalten der Pumpe im Brunnen VFBIA ändert das Strömungsbild, was in einer abrupten Änderung des Tracerdurchganges erkennbar ist (Abb. 18).

Für die Eichung des Grundwasserströmungsmodells sind die Ergebnisse des Markierungsversuches von enormer Bedeutung, da für den Bereich unterstrom der Entnahmebrunnen gesicherte Randbedingungen definiert werden können.

4.4. HYDROCHEMISCHE DETAILUNTERSUCHUNGEN

In den letzten Jahrzehnten war generell in den quartären Grundwasserfeldern der südlichen Steiermark (Grazer Feld, Leibnitzer Feld und Unteres Murtal) durch eine Intensivierung der Aktivitäten des Menschen eine Verschlechterung der Grundwasserqualität und damit der Qualität des Trinkwassers zu beobachten. Während im Bereich der Siedlungstätigkeit und von Gewerbe und Industrie durch die Errichtung von Abwasserentsorgungsanlagen diese Probleme technisch gelöst werden können, stellt die Nutzung des Bodens durch die intensive Landwirtschaft (Ackerbau) bis heute noch ein ungelöstes Problem dar, zumal die Grundwasserbelastung nicht punktuell oder linear, sondern flächenhaft vorliegt. In jenen Bereichen, wo das Grundwasser durch kommunale Wasserversorgungsanlagen entnommen wird, wird durch die Einrichtung von Schutz- und Schon-

gebieten mit restriktiven Bewirtschaftungseinschränkungen versucht, diese flächenhafte Belastung zu reduzieren und damit den Anforderungen an die gesetzlichen Vorgaben hinsichtlich der Trinkwasserqualität nachzukommen.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen sollte einerseits versucht werden, anhand der Auswertung der Trinkwasseruntersuchungen des WVB Umland Graz an ihren Förderbrunnen die qualitative Entwicklung in den letzten Jahren abzuschätzen, andererseits durch eine zweimalige Beprobung des Grundwassers im südlichen Grazer Feld eine flächenhafte Istzustandsaufnahme der Grundwasserqualität im Einzugsbereich der WVA Kalsdorf sowie im An- und Abstrombereich des geplanten ÖBB Terminals Werndorf Nord Neu zu erhalten.

4.4.1. ENTWICKLUNG DER GRUNDWASSERQUALITÄT AUS DEN UNTERSUCHUNGEN DES WASSERVERBANDES UMLAND GRAZ AN DEN FÖRDERBRUNNEN VON 1987 BIS 1993

Durch den WVB Umland Graz werden in Zusammenarbeit mit dem Labor der Grazer Stadtwerke seit Anfang 1987 im Einzugsgebiet der Kalsdorfer Brunnenanlage intensive hydrochemische Untersuchungen durchgeführt. Diese Untersuchungen wurden uns zur Verfügung gestellt. Der Verlauf der Konzentration von einigen Leitparametern im Zeitraum 1987 bis 1993 an den beiden Förderbrunnen VFBI und VFBII ist in Abb. 19 dargestellt. Als Leitparameter zur Beurteilung der Entwicklung der Grundwasserqualität wurden die elektrische Leitfähigkeit, die Gesamthärte und für die Anionenseite die Konzentrationsverläufe von Chlorid, Nitrat und Sulfat herangezogen.

Für alle diese Parameter ist festzustellen, daß keine signifikanten Unterschiede in den Proben aus den beiden Brunnenanlagen erkennbar sind (Abb. 19). Dies heißt, daß sich in den Einzugsgebieten dieser beiden Förderbrunnen keine gravierenden Unterschiede hinsichtlich des Qualitätszustandes des Grundwassers und seiner Veränderung in den letzten Jahren zeigen.

Sowohl el. Leitfähigkeit als auch die Gesamthärte und der Chloridgehalt des Grundwassers zeigen ein langfristiges leichtes Schwanken, ein genereller steigender oder fallender Trend ist aber aus den vorliegenden Daten nicht ablesbar. Die zeitliche Entwicklung hängt wohl mit unterschiedlichen hydrometeorologischen Rahmenbedingungen bei der Entstehung des Grundwassers zusammen (unterschiedliche Grundwasserneubildung aufgrund unterschiedlicher Niederschlagsverteilung in Form von Schnee und Regen). Die schneereichen Winter von 1986 und 1987 bewirken eine deutlich erkennbare Verdünnung durch eine Intensivierung der Grundwasserneubildung. Möglicherweise sind die höheren Chloridgehalte im Wasser des Brunnens VFBI im Jahr 1988 auf stärkeren Streusalzeinsatz im strengen Winter 1987 zurückzuführen. Der Brunnen VFBI hat sein Einzugsgebiet im Vergleich zum Brunnen VFBII zu einem höheren Anteil im Bereich der Phymautobahn. Gesicherte Nachweise dafür fehlen aber und sind auch nicht Gegenstand dieser Auswertung.

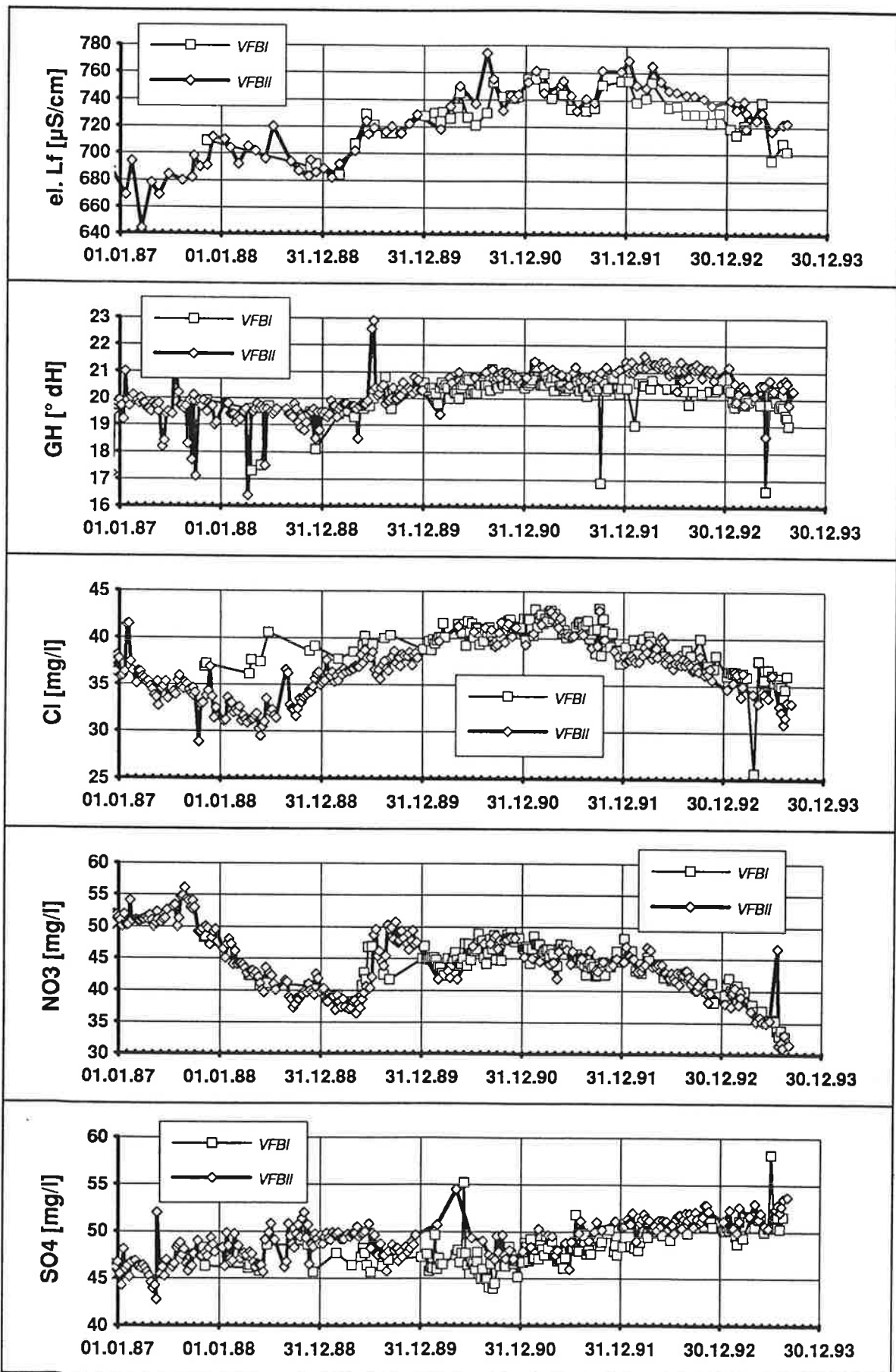


Abb. 19: Konzentrationsverlauf ausgewählter Leitparameter an den Brunnen VFBI und VFBII von 1987 bis 1993.

Auch das Jahr 1991 war sehr niederschlagsreich. Durch die verstärkte Grundwasserneubildung kommt es zu einem Verdünnungseffekt und zu einer Verringerung der Konzentrationen im Grundwasser.

Doch deutlich andere Konzentrationsverläufe zeigen die Ganglinien der Nitrat und Sulfationen (Abb. 19). Die Nitratkonzentration, ein Abbild der Nutzung im Gebiet zeigt eine über die gesamte Beobachtungsperiode fallende Tendenz, wobei allerdings die Ganglinie wesentlich inhomogener wirkt als die Konzentrationsverläufe von Härte und Chlorid. Das Einzugsgebiet der Brunnenanlage Kalsdorf ist mit der 92. Verordnung des Landeshauptmannes von Steiermark vom 21. November 1990 durch ein Schongebiet geschützt. In dieser Verordnung ist in erster Linie die Düngerbewirtschaftung und das Ausbringen von Fäkal- und sonstigen Hausabwässern restriktiv geregelt. Die Nitratganglinie spiegelt in etwa den in der Folge verringerten Eintrag von Stickstoff in das Grundwasser wider.

Die Ganglinie der Sulfatkonzentration in den Proben aus den beiden Förderbrunnen zeigt im Zeitraum 1987 bis 1993 einen leichten, aber kontinuierlichen Anstieg an. Da häusliche und gewerbliche Abwässer im Brunneneinzugsgebiet kaum anfallen, deren Ausbringung auf die Flächen im Schongebiet untersagt ist, liegt die Vermutung nahe, daß zumindest ein Teil dieses steigenden Trends in der Entwässerung von verfüllten alten Schottergruben (Bauschutt) zu suchen sein könnte.

Im gesamten gesehen ist aus den Aufzeichnungen des WVB Umland Graz im Einzugsgebiet der Brunnenanlage Kalsdorf eine deutliche qualitative Verschlechterung des Grundwassers in den letzten 7 Jahren nicht zu erkennen. Vielmehr scheinen die Maßnahmen, die zum Schutze des Grundwassers gesetzt wurden, erste Wirkung zu zeigen. Insgesamt wäre es erfreulich, könnten durch zusätzliche Maßnahmen weitere Flächen im Einzugsbereich der Brunnen aus der intensiven landwirtschaftlichen Bewirtschaftung genommen werden, da dadurch jedenfalls, wie Untersuchungen in anderen Gebieten zeigen (Leibnitzer Feld), die Nitratkonzentration im Grundwasser deutlich reduziert werden kann. Durch den fehlenden Einsatz von Schädlingsbekämpfungsmitteln in extensiv genutzten Bereichen könnte auch dieser Problemfaktor reduziert werden.

4.4.2. DIE FLÄCHENHAFTE VERTEILUNG HYDROCHEMISCHER PARAMETER ZUR ERFASSUNG DES ISTZUSTANDES ZUM ZEITPUNKT DER UNTERSUCHUNGEN

Zur flächenhaften Erfassung des qualitativen Istzustandes des Grundwassers im südlichen Grazer Feld wurden zweimalige Probennahmen an je 30 Meßstellen durchgeführt (Lage siehe Abb. 1). Die Ergebnisse sind in den Tab. 4 - 7 und in den Abb. 20 - 25 (flächenhafte Konzentrationsverteilung ausgewählter Parameter) zusammengefaßt.

Tab. 4: Hydrochemische Istzustandsaufnahme südliches Grazer Feld: Geländeparameter

Hydrochemische Istzustandsaufnahme Raum Kalsdorf; GELÄNDE

Meßstelle	Entnahme Datum	Temperatur [°C]	el. Leitf. [µS/cm]	pH	Sauerstoff [mg/l]	Redoxpotential [mV]	Orthophosphat [mg/l]
VFB 1	28.Jun.1993	11.1	719	7.22	10.0	136	<0.02
	17.Aug.1993	10.8	712	7.35	9.8	154	<0.02
VFB 1a	28.Jun.1993	10.5	713	7.24	9.2	88	<0.02
VFB 2	28.Jun.1993	10.9	739	7.25	10.1	162	<0.02
	17.Aug.1993	10.6	745	7.21	8.0	169	<0.02
62	28.Jun.1993	13.3	748	7.14	9.6	88	0.02
	19.Aug.1993	13.5	755	7.18	6.5	67	<0.02
88	28.Jun.1993	12.5	667	7.09	10.0	55	0.03
	19.Aug.1993	12.8	667	7.31	7.7	60	0.05
129	28.Jun.1993	11.7	748	7.38	10.2	93	<0.02
	19.Aug.1993	12.2	756	7.04	6.8	75	<0.02
336	28.Jun.1993	11.7	832	7.29	10.6	89	<0.02
	19.Aug.1993	12.9	827	7.00	7.7	63	0.02
3584	28.Jun.1993	12.9	712	7.33	9.0	97	0.08
	19.Aug.1993	13.1	726	7.04	7.4	63	0.04
3596	28.Jun.1993	12.8	268	7.13	7.4	103	0.07
	19.Aug.1993	12.1	298	6.30	3.7	128	0.05
B7	28.Jun.1993	12.0	756	7.31	9.1	52	<0.02
	16.Aug.1993	11.3	771	7.12	9.1	152	<0.02
KBR 570	29.Jun.1993	11.6	623	7.46	7.1	85	<0.02
	16.Aug.1993	11.9	620	7.48	7.3	114	<0.02
KBR 571	29.Jun.1993	11.1	691	7.28	8.3	85	<0.02
	16.Aug.1993	12.3	642	7.28	8.2	115	<0.02
KBR 572	29.Jun.1993	10.8	835	7.08	9.7	80	0.02
	16.Aug.1993	11.8	831	7.15	9.5	119	<0.02
KBR 573	29.Jun.1993	11.2	712	7.44	8.9	70	0.03
	17.Aug.1993	12.6	723	7.22	8.3	99	<0.02
3536	29.Jun.1993	13.8	691	7.22	1.1	72	<0.02
	17.Aug.1993	12.9	692	7.15	0.7	124	<0.02
3552	29.Jun.1993	11.1	663	7.53	10.0	87	<0.02
	17.Aug.1993	11.8	656	7.29	9.5	123	<0.02
3566	29.Jun.1993	10.8	675	7.57	11.2	75	<0.02
	17.Aug.1993	11.4	677	7.31	9.2	130	<0.02
IV	29.Jun.1993	11.4	691	7.35	7.7	87	<0.02
	17.Aug.1993	11.7	701	7.25	6.1	123	<0.02
K 74	30.Jun.1993	13.1	803	7.13	5.8	64	<0.02
	19.Aug.1993	13.7	832	6.75	2.3	63	<0.02
KBR 540	30.Jun.1993	11.3	766	7.27	7.7	25	<0.02
	16.Aug.1993	11.2	770	7.21	8.1	56	<0.02
KBR 543	30.Jun.1993	15.7	761	7.37	8.5	56	<0.02
3564	30.Jun.1993	11.9	735	7.12	9.6	68	<0.02
	19.Aug.1993	12.1	732	7.07	6.5	86	<0.02
3586	30.Jun.1993	12.5	518	7.28	10.1	50	0.05
	19.Aug.1993	13.3	513	7.00	6.4	87	0.06
35662	30.Jun.1993	10.7	775	7.36	9.1	75	<0.02
	16.Aug.1993	10.6	779	7.37	8.5	133	<0.02
35741	30.Jun.1993	11.3	762	7.24	9.5	80	<0.02
	16.Aug.1993	11.3	767	7.39	9.0	131	<0.02
35821	30.Jun.1993	12.2	484	7.28	9.3	169	<0.02
	19.Aug.1993	13.5	494	7.29	7.6	130	<0.02
Z 43	01.Jul.1993	12.5	726	6.98	7.2	117	<0.02
	19.Aug.1993	13.1	744	7.05	4.6	62	<0.02
L 96	01.Jul.1993	12.4	918	7.17	1.8	72	<0.02
	19.Aug.1993	14.2	984	7.02	2.1	86	0.02
3568	01.Jul.1993	11.8	716	7.37	8.3	157	<0.02
	19.Aug.1993	13.4	718	7.12	5.5	98	<0.02
35445	01.Jul.1993	11.9	820	7.27	9.3	86	<0.02
	17.Aug.1993	11.2	816	7.03	8.1	115	<0.02
35465 E	01.Jul.1993	14.5	609	7.50	8.7	80	<0.02
	17.Aug.1993	12.9	616	7.39	2.1	130	<0.02

Tab. 5: Hydrochemische Istzustandsaufnahme südliches Grazer Feld: Kationen und Härten
Hydrochemische Istzustandsaufnahme Raum Kalsdorf: KATIONEN

Meßstelle	Entnahme Datum	Natrium [mg/l]	Kalium [mg/l]	Kalzium [mg/l]	Magnesium [mg/l]	Ammonium [mg/l]	Gesamt-härte °dH	Karbonat-härte °dH
VFB 1	28 Jun. 1993	12.5	1.8	102.2	24.4	< 0,01	19.9	13.8
	01 Jul. 1993					0.02	19.9	13.8
	13 Jul. 1993					0.01	19.7	13.6
	20 Jul. 1993					<0.01	19.8	13.8
	27 Jul. 1993					0.01	19.7	13.8
	04 Aug. 1993					0.01	19.4	14.0
	10 Aug. 1993					<0.01	19.3	13.5
17 Aug. 1993		13.4	2.2	98.6	24.4	<0.01	19.0	13.6
VFB 1a	28 Jun. 1993	12.3	1.8	104.6	21.6	< 0,01	19.6	13.8
VFB 2	28 Jun. 1993	11.8	2.0	108.6	23.5	< 0,01	20.6	14.8
	20 Jul. 1993					<0.01	20.6	14.8
	27 Jul. 1993					<0.01	20.4	14.6
	04 Aug. 1993					<0.01	20.7	15.2
	10 Aug. 1993					<0.01	20.6	14.8
17 Aug. 1993		12.6	2.4	107.8	24.5	<0.02	20.7	14.8
62	28 Jun. 1993	9.2	2.0	113.0	22.2	< 0,01	20.9	14.0
	19 Aug. 1993	9.9	2.7	108.6	25.3	<0.02	21.0	14.3
88	28 Jun. 1993	11.6	1.7	95.8	19.2	< 0,01	17.8	11.2
	19 Aug. 1993	12.7	3.4	91.8	19.9	<0.02	17.4	10.9
129	28 Jun. 1993	8.6	2.0	110.6	23.2	< 0,01	20.8	14.1
	19 Aug. 1993	9.1	1.8	108.6	24.4	<0.02	20.8	13.9
336	28 Jun. 1993	15.5	1.9	127.0	19.8	< 0,01	22.3	14.8
	19 Aug. 1993	15.5	2.2	121.0	22.1	<0.02	22.0	14.7
3584	28 Jun. 1993	10.5	3.1	102.2	21.8	< 0,01	19.3	12.3
	19 Aug. 1993	11.4	2.3	101.0	23.0	<0.02	19.4	12.6
3596	28 Jun. 1993	6.3	6.3	30.5	6.2	0.13	5.7	2.4
	19 Aug. 1993	6.7	7.1	32.5	8.1	<0.02	6.4	2.7
B7	28 Jun. 1993	11.8	2.0	109.4	25.7	<0,01	21.2	15.3
	16 Aug. 1993	12.3	2.1	111.8	27.3	<0.02	21.9	16.0
KBR 570	29 Jun. 1993	17.9	2.8	80.6	20.6	<0,01	16.0	11.3
	16 Aug. 1993	17.7	2.8	80.6	21.0	<0.02	16.1	10.8
KBR 571	29 Jun. 1993	10.4	2.2	101.0	24.3	<0,01	19.7	15.0
	16 Aug. 1993	9.7	2.3	97.8	21.0	<0.02	18.5	14.1
KBR 572	29 Jun. 1993	13.5	1.2	127.4	20.8	<0,01	22.6	14.7
	16 Aug. 1993	12.7	1.3	132.7	17.6	<0.02	22.6	14.5
KBR 573	29 Jun. 1993	15.0	2.2	97.8	24.9	<0,01	19.4	14.0
	17 Aug. 1993	14.9	2.5	98.6	26.1	<0.02	19.8	14.3
3536	29 Jun. 1993	17.6	5.1	84.6	26.8	<0,01	18.0	13.2
	17 Aug. 1993	18.2	5.4	90.6	22.8	<0.02	17.9	13.3
3552	29 Jun. 1993	15.1	1.7	91.0	21.6	<0,01	17.7	12.5
	17 Aug. 1993	15.3	1.8	88.6	22.7	<0.02	17.8	12.3
3566	29 Jun. 1993	13.7	1.7	96.2	20.2	<0,01	18.1	12.3
	17 Aug. 1993	13.9	1.9	94.6	21.2	<0.02	18.1	12.6
IV	29 Jun. 1993	27.8	3.3	91.4	16.2	<0,01	16.5	11.8
	17 Aug. 1993	26.5	3.7	90.6	17.5	<0.02	16.7	11.9
K 74	30 Jun. 1993	10.3	4.9	128.7	17.0	<0,01	21.9	13.9
	19 Aug. 1993	11.4	6.4	129.5	17.8	0.03	22.2	14.1
KBR 540	30 Jun. 1993	11.0	2.4	117.8	23.6	0.28	21.9	16.2
	16 Aug. 1993	11.3	2.5	116.2	25.0	0.14	22.0	16.1
KBR 543	30 Jun. 1993	10.1	2.1	118.6	12.3	<0,01	19.4	16.1
3564	30 Jun. 1993	13.0	5.5	115.4	15.1	<0,01	19.6	13.8
	19 Aug. 1993	12.9	6.7	113.0	15.2	<0.02	19.3	13.7
3586	30 Jun. 1993	7.8	6.9	118.2	14.8	<0,01	13.1	8.4
	19 Aug. 1993	8.0	8.2	73.7	11.3	<0.02	12.9	8.9
35662	30 Jun. 1993	17.1	1.6	113.0	20.0	<0,01	20.4	13.4
	16 Aug. 1993	17.0	1.8	113.4	18.5	<0.02	20.1	13.8
35741	30 Jun. 1993	17.0	1.4	111.8	18.6	<0,01	19.9	12.8
	16 Aug. 1993	17.0	1.5	109.4	20.0	<0.02	19.9	12.9
35821	30 Jun. 1993	7.4	8.3	73.7	7.4	<0,01	12.0	7.7
	19 Aug. 1993	7.9	8.4	74.5	6.9	<0.02	12.0	8.1
Z 43	01 Jul. 1993	14.3	13.2	110.6	14.5	<0,01	18.8	14.6
	19 Aug. 1993	15.1	14.0	107.0	17.1	<0.02	18.9	14.4
L 96	01 Jul. 1993	33.7	3.4	124.2	22.8	<0,01	22.6	10.9
	19 Aug. 1993	39.6	4.7	119.8	22.4	<0.02	21.9	11.6
3568	01 Jul. 1993	12.9	10.1	107.8	14.5	<0,01	18.4	11.9
	19 Aug. 1993	13.3	11.4	105.4	16.0	<0.02	18.4	12.3
35445	01 Jul. 1993	12.2	1.7	130.7	18.0	<0,01	22.4	15.2
	17 Aug. 1993	12.9	1.9	124.6	21.2	<0.02	22.3	14.9
35465 E	01 Jul. 1993	17.9	4.0	75.7	20.1	<0,01	15.2	10.6
	17 Aug. 1993	18.3	4.7	76.1	20.3	<0.02	15.3	10.6

Tab. 6: Hydrochemische Istzustandsaufnahme südliches Grazer Feld: Anionen

Hydrochemische Istzustandsaufnahme Raum Kalsdorf: ANIONEN

Meßstelle	Entnahme Datum	HCO ₃ [mg/l]	Chlorid [mg/l]	Nitrit [mg/l]	Nitrat [mg/l]	Sulfat [mg/l]	Borat [mg/l]
VFB 1	28.Jun.1993	301	36.2	<0,005	36.1	52.30	0.06
	01.Jul.1993		35.4	0.001	35.5	58.20	
	13.Jul.1993		35.8	<0.001	35.3	51.70	
	20.Jul.1993		35.2	<0.005	33.8	51.50	
	27.Jul.1993		34.9	0.023	33.0	51.60	
	04.Aug.1993		33.8	0.029	33.8	50.30	
	10.Aug.1993		34.6	<0.005	31.5	34.60	
	17.Aug.1993	292	36.0	0.001	32.9	51.60	0.09
VFB 1a	28.Jun.1993	301	35.9	<0,005	37.3	52.20	0.06
VFB 2	28.Jun.1993	323	33.6	<0,005	34.9	53.30	0.06
	20.Jul.1993		32.8	<0.005	46.7	52.40	
	27.Jul.1993		32.2	<0.001	31.4	52.80	
	04.Aug.1993		30.9	<0.001	31.9	52.10	
	10.Aug.1993		31.6	<0.005	31.1	52.70	
	17.Aug.1993	323	31.3	<0.005	31.0	52.60	0.08
62	28.Jun.1993	305	34.1	<0,005	48.8	49.40	0.06
	19.Aug.1993	312	33.6	<0.005	43.4	49.40	0.08
88	28.Jun.1993	244	37.4	<0,005	46.1	48.10	0.04
	19.Aug.1993	238	37.5	<0.005	46.2	49.40	0.05
129	28.Jun.1993	307	34.0	<0,005	53.1	48.00	0.06
	19.Aug.1993	303	33.4	<0.005	48.6	46.80	0.07
336	28.Jun.1993	323	32.9	<0,005	91.7	47.00	0.06
	19.Aug.1993	320	31.3	<0.005	85.5	44.50	0.09
3584	28.Jun.1993	268	38.3	<0,005	53.2	49.00	0.04
	19.Aug.1993	275	37.9	<0.005	49.2	48.40	0.06
3596	28.Jun.1993	52	12.5	0.030	46.1	25.10	0.04
	19.Aug.1993	59	12.5	0.009	47.6	25.10	0.05
B7	28.Jun.1993	333	32.8	<0,005	34.1	53.90	0.06
	16.Aug.1993	349	29.1	<0.005	31.0	53.90	0.06
KBR 570	29.Jun.1993	246	38.6	<0,005	16.1	53.90	0.06
	16.Aug.1993	235	36.8	<0.005	15.6	53.60	0.07
KBR 571	29.Jun.1993	327	24.4	<0,005	23.9	54.40	0.06
	16.Aug.1993	307	20.2	<0.005	18.7	47.90	0.06
KBR 572	29.Jun.1993	320	37.4	<0,005	91.9	41.10	0.03
	16.Aug.1993	316	34.0	<0.005	87.5	39.10	0.02
KBR 573	29.Jun.1993	305	32.9	<0,005	28.3	54.60	0.06
	17.Aug.1993	312	32.1	<0.005	26.0	52.50	0.06
3536	29.Jun.1993	288	34.8	<0,005	24.2	56.60	0.07
	17.Aug.1993	275	34.8	<0.005	29.1	49.10	0.06
3552	29.Jun.1993	272	35.5	<0,005	25.7	53.60	0.07
	17.Aug.1993	268	33.5	<0.005	24.7	50.60	0.07
3566	29.Jun.1993	268	36.4	<0,005	31.9	51.90	0.04
	17.Aug.1993	275	34.8	<0.005	29.1	49.10	0.06
IV	29.Jun.1993	257	49.6	<0,005	24.3	54.70	0.05
	17.Aug.1993	259	48.6	<0.005	23.1	50.20	0.05
K 74	30.Jun.1993	303	23.7	<0,005	104.6	48.10	0.07
	19.Aug.1993	307	25.4	0.038	96.1	44.90	0.09
KBR 540	30.Jun.1993	353	24.3	0.060	23.8	68.00	0.08
	16.Aug.1993	351	23.3	0.019	23.8	66.40	0.11
KBR 543	30.Jun.1993	351	25.8	<0,005	31.0	60.70	0.07
3564	30.Jun.1993	301	22.0	<0,005	71.3	44.90	0.12
	19.Aug.1993	299	21.4	0.005	65.4	43.10	0.18
3586	30.Jun.1993	183	15.1	<0,005	62.0	32.30	0.06
	19.Aug.1993	194	13.6	<0.005	51.9	30.40	0.08
35662	30.Jun.1993	292	38.3	<0,005	71.0	42.00	0.03
	16.Aug.1993	301	37.9	<0.005	69.8	41.50	0.03
35741	30.Jun.1993	279	39.6	<0,005	72.5	41.30	0.02
	16.Aug.1993	281	38.4	<0.005	70.0	40.60	0.03
35821	30.Jun.1993	168	17.0	<0,005	55.6	31.20	0.04
	19.Aug.1993	177	15.8	<0.005	50.8	30.10	0.06
Z 43	01.Jul.1993	318	21.1	<0,005	54.8	44.20	0.12
	19.Aug.1993	314	22.6	<0.005	53.4	45.30	0.20
L 96	01.Jul.1993	238	79.1	<0,005	3.5	163.30	0.32
	19.Aug.1993	253	32.6	<0.005	2.8	164.20	0.90
3568	01.Jul.1993	259	23.9	<0,005	78.3	49.50	0.11
	19.Aug.1993	268	23.3	<0.005	74.8	46.20	0.16
35445	01.Jul.1993	331	32.8	<0,005	88.5	38.70	0.03
	17.Aug.1993	325	32.1	<0.005	80.2	36.80	0.03
35465 E	01.Jul.1993	231	36.3	<0,005	23.2	57.30	0.06
	17.Aug.1993	231	33.8	<0.005	19.1	54.90	0.08

Tab. 7: Hydrochemische Istzustandsaufnahme südliches Grazer Feld: Bakteriologie

Hydrochemische Istzustandsaufnahme Raum Kalsdorf: BAKTERIOLOGIE

Meßstelle	Entnahme Datum	TOC [°C]	KBE 22 °C	KBE 37 °C	E-coll 100 ml	Fäkal-collif. 100 ml	Enterok. 100 ml	Anmerkung Probenahme
VFB 1	28.Jun.1993	0.64	0	2	0	0	0	FB FP
	17.Aug.1993	0.81	65	0	0	0	0	
VFB 1a	28.Jun.1993	0.50	0	0	0	0	0	FB FP
VFB 2	28.Jun.1993	0.61	0	0	0	0	0	FB FP
	17.Aug.1993	0.78	0	0	0	0	0	
62	28.Jun.1993	0.58	81	65	0	0	0	HB BW PP
	19.Aug.1993	0.90	46	89	0	0	0	
88	28.Jun.1993	0.50	48	19	0	0	0	HB HP
	19.Aug.1993	0.70	68	120	2	14	0	
129	28.Jun.1993	0.50	2	1	0	0	0	HB HP
	19.Aug.1993	1.00	24	22	0	0	0	
336	28.Jun.1993	0.69	85	28	0	0	0	HB HP
	19.Aug.1993	0.90	34	33	3	2	0	
3584	28.Jun.1993	0.62	11	4	0	0	0	HB PP
	19.Aug.1993	0.90	98	54	8	4	40	
3596	28.Jun.1993	1.33	900	120	0	2	6	PG PP
	19.Aug.1993	0.80	560	640	0	0	50	
B7	28.Jun.1993	0.63	72	110	0	0	0	PG PP
	16.Aug.1993	0.84	0	0	0	0	0	
KBR 570	29.Jun.1993	0.57	7	1	0	0	0	PG WW
	16.Aug.1993	0.88	0	0	0	0	0	
KBR 571	29.Jun.1993	0.78	0	0	0	0	0	PG WW
	16.Aug.1993	0.79	49	3	0	0	0	
KBR 572	29.Jun.1993	1.39	0	0	0	0	0	PG WW
	16.Aug.1993	0.85	3	2	0	0	0	
KBR 573	29.Jun.1993	0.45	0	0	0	0	0	PG WW
	17.Aug.1993	0.71	160	28	0	3	0	
3536	29.Jun.1993	1.36	9	0	0	0	0	PG PP
	17.Aug.1993	0.91	0	2	0	0	0	
3552	29.Jun.1993	0.42	0	0	0	0	0	PG PP
	17.Aug.1993	0.89	28	22	0	6	1	
3566	29.Jun.1993	0.75	140	80	0	0	0	HB PP
	17.Aug.1993	0.71	68	19	0	0	0	
IV	29.Jun.1993	0.86	0	0	0	0	0	PG PP
	17.Aug.1993	0.72	0	1	0	0	0	
K 74	30.Jun.1993	1.00	200	150	0	15	2	HB PP
	19.Aug.1993	0.70	240	480	8	25	6	
KBR 540	30.Jun.1993	1.96	>1000	700	2	2	3	HB PP
	16.Aug.1993	0.73	110	41	0	0	0	
KBR 543	30.Jun.1993	0.61	23	12	0	0	0	HB BW PP
	30.Jun.1993	0.61	39	28	1	7	0	
3564	19.Aug.1993	0.90	230	260	0	22	17	HB PP
	30.Jun.1993	0.89	21	12	0	0	0	
3586	19.Aug.1993	0.60	4	19	0	0	0	HB BW PP
	30.Jun.1993	0.76	24	12	0	0	0	
35662	30.Jun.1993	0.76	24	12	0	0	0	PG PP
	16.Aug.1993	0.66	0	1	0	0	0	
35741	30.Jun.1993	0.88	0	0	0	0	0	PG PP
	16.Aug.1993	0.69	0	0	0	0	0	
35821	30.Jun.1993	1.10	82	40	0	0	0	PG PP
	19.Aug.1993	1.00	27	98	0	0	6	
Z 43	01.Jul.1993	0.75	17	5	0	0	0	HB PP
	19.Aug.1993	1.20	2	16	0	0	0	
L 96	01.Jul.1993	1.43	16	15	0	0	0	HB BW PP
	19.Aug.1993	1.20	9	17	0	0	0	
3568	01.Jul.1993	1.47	21	8	0	0	0	HB PP
	19.Aug.1993	0.80	120	160	2	4	24	
35445	01.Jul.1993	0.76	5	0	0	0	0	PG PP
	17.Aug.1993	0.83	2	0	0	0	0	
35465 E	01.Jul.1993	0.75	1	0	0	0	0	PG PP
	17.Aug.1993	1.50	0	1	0	0	0	

FB = Förderbrunnen HB = Hausbrunnen WW = Wasserwerk PG = Pegel
 FP = Förderpumpe PP = Probenahmepumpe HP = Hauspumpe BW = Brauchwasser

Die Beprobung des Grundwassers erfolgte in einem flächendeckenden Netz von 30 Probenahmestellen unterschiedlichen Ausbaues. Während die Probennahme bei den Förderbrunnen VFBI, VFBIA und VFBII, sowie bei den Kontrollbrunnen des Wasserverbandes Umland Graz KBR570, KBR571, KBR572 und KBR573 mittels der eingebauten Probenahmepumpen unter sehr guten Bedingungen durchgeführt werden konnte, mußten die Proben von den Hausbrunnen bzw. an den restlichen Grundwasserpegeln mit Hilfe einer aggregatbetriebenen Probenahmepumpe entnommen werden. Dies hat einen bedeutenden Einfluß im Bereich der Probennahme für die bakteriologische Untersuchung, da dadurch eine Verschleppung von Keimen über die Probenahmepumpe nicht ausgeschlossen werden kann.

Die Grundwasserproben wurden von einer Chemotechnikerin aus dem Inst. f. Hydrogeologie und Geothermie nach einer längeren Pumpphase entnommen und für die Analytik aufbereitet. Die Geländeparameter wurden in einer Durchflußzelle ohne Luftzutritt direkt bei der Probennahme gemessen. Die Analytik erfolgte für die hydrochemischen Parameter im Wasserlabor der Grazer Stadtwerke AG (Dr. SCHMÖLZER), die bakteriologischen Untersuchungen wurden am Hygiene Institut der Universität Graz durchgeführt.

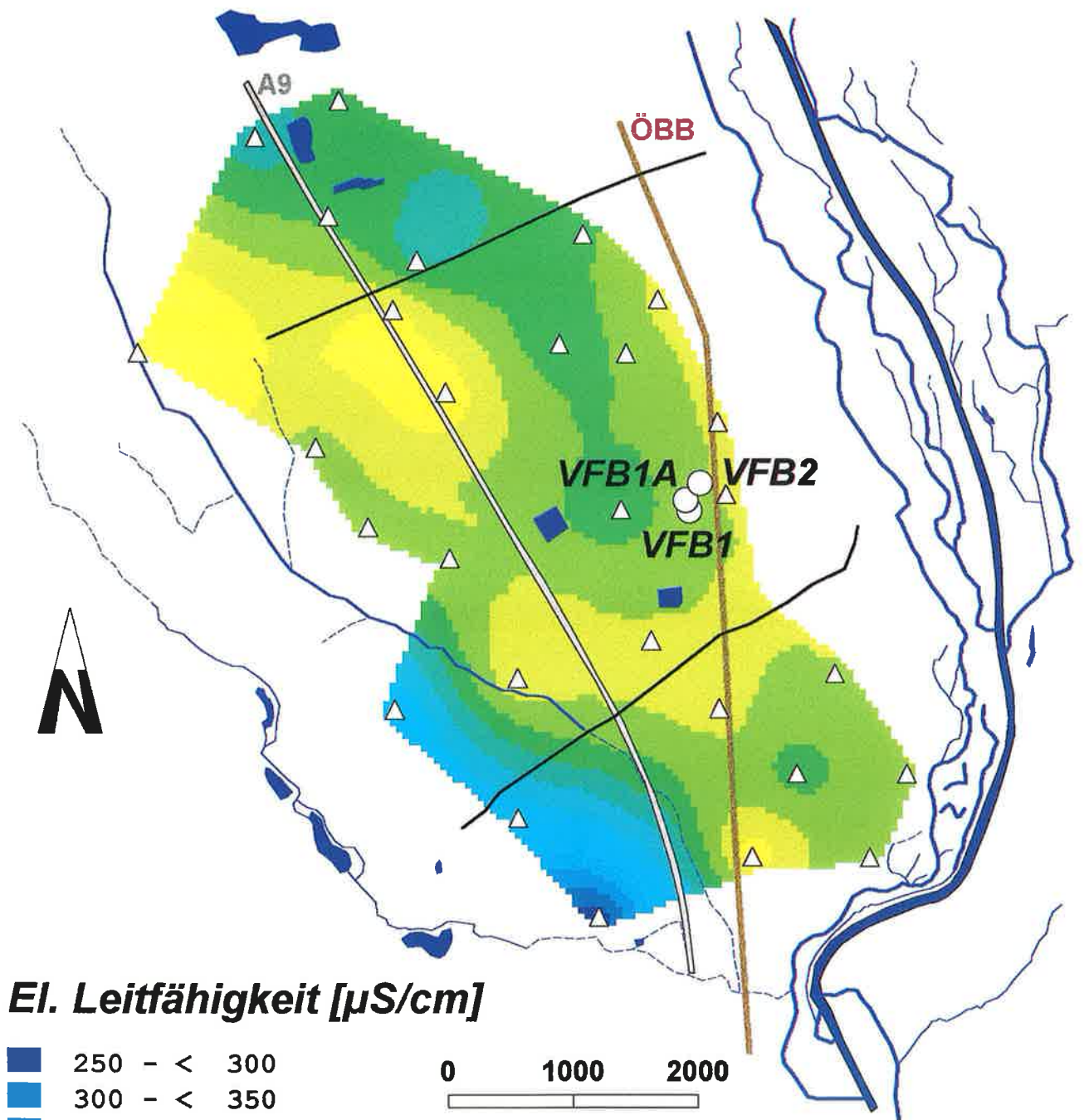
Im Rahmen der Probennahme wurden folgende Parameter direkt im Gelände bestimmt (Tab. 4): Wassertemperatur, el. Leitfähigkeit, pH-Wert, Gehalt des Wassers an gelöstem Sauerstoff, Redoxpotential (die Angaben in Tab. 4 entsprechen den gemessenen Werten und sind nicht korrigiert) und Orthophosphat (photometrische Bestimmung).

An hydrochemischen Parametern wurden im Labor untersucht (Tab. 5 und 6): Natrium, Kalium Kalzium, Magnesium, Ammonium, Gesamthärte, Karbonathärte, Hydrogenkarbonat, Chlorid, Nitrit, Nitrat, Sulfat und Borat.

Im Rahmen der bakteriologischen Untersuchung wurden bestimmt (Tab. 7): TOC, KBE bei 22°C, KBE bei 37°C, E-coli in 100 ml, Fäkal-coliforme in 100 ml, Enterokokken in 100 ml. Aus den oben angeführten möglichen Problemen ist in Tab. 7 auch noch die Art des Grundwasseraufschlusses angeführt. Aufgrund der möglichen Übertragung von Keimen über die Pumpe sind die Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchung nicht im Sinne einer Trinkwasseruntersuchung hinsichtlich der Genießbarkeit zu sehen. Allerdings sind erhöhte Keimzahlen in einigen Fällen eindeutig nicht auf Verschleppungseffekte zurückzuführen, sodaß empfohlen werden muß, in einigen Hausbrunnen - wenn sie für die Trinkwasserversorgung genutzt werden sollen - weitere Kontrolluntersuchungen durchzuführen.

Die erste Beprobung wurde bei abgeschalteten Pumpen des Wasserwerkes Kalsdorf vor Beginn des Pumpversuches zwischen 28. Juni und 30. Juni 1993 durchgeführt. Die zweite Beprobung erfolgte bei einer dauernden Entnahme von etwa 90 l/s aus den Brunnen VFBI und VFBII zwischen 17. bis 19. August 1993. Da sich in den Analyseergebnissen keine relevanten Unterschiede zwi-

GW-Modell "Kalsdorf"



El. Leitfähigkeit [$\mu\text{S/cm}$]

Dark Blue	250 - <	300
Blue	300 - <	350
Light Blue	350 - <	400
Lighter Blue	400 - <	450
Lightest Blue	450 - <	500
Very Light Blue	500 - <	550
Lightest Blue	550 - <	600
Lightest Blue	600 - <	650
Lightest Blue	650 - <	700
Lightest Blue	700 - <	750
Lightest Blue	750 - <	800
Lightest Blue	800 - <	850
Lightest Blue	850 - <	900
Lightest Blue	900 - <	950

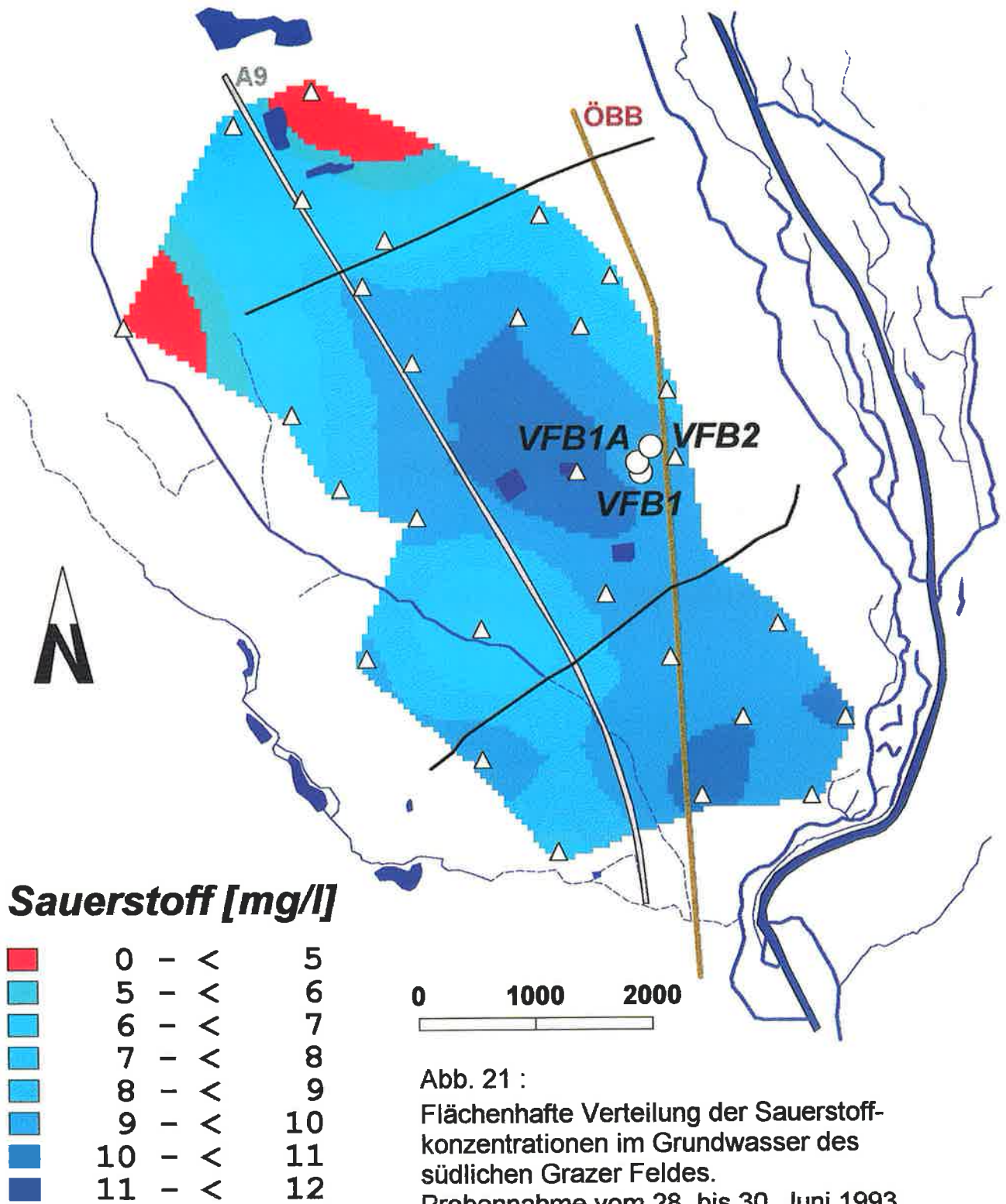
0 1000 2000

Abb. 20 :

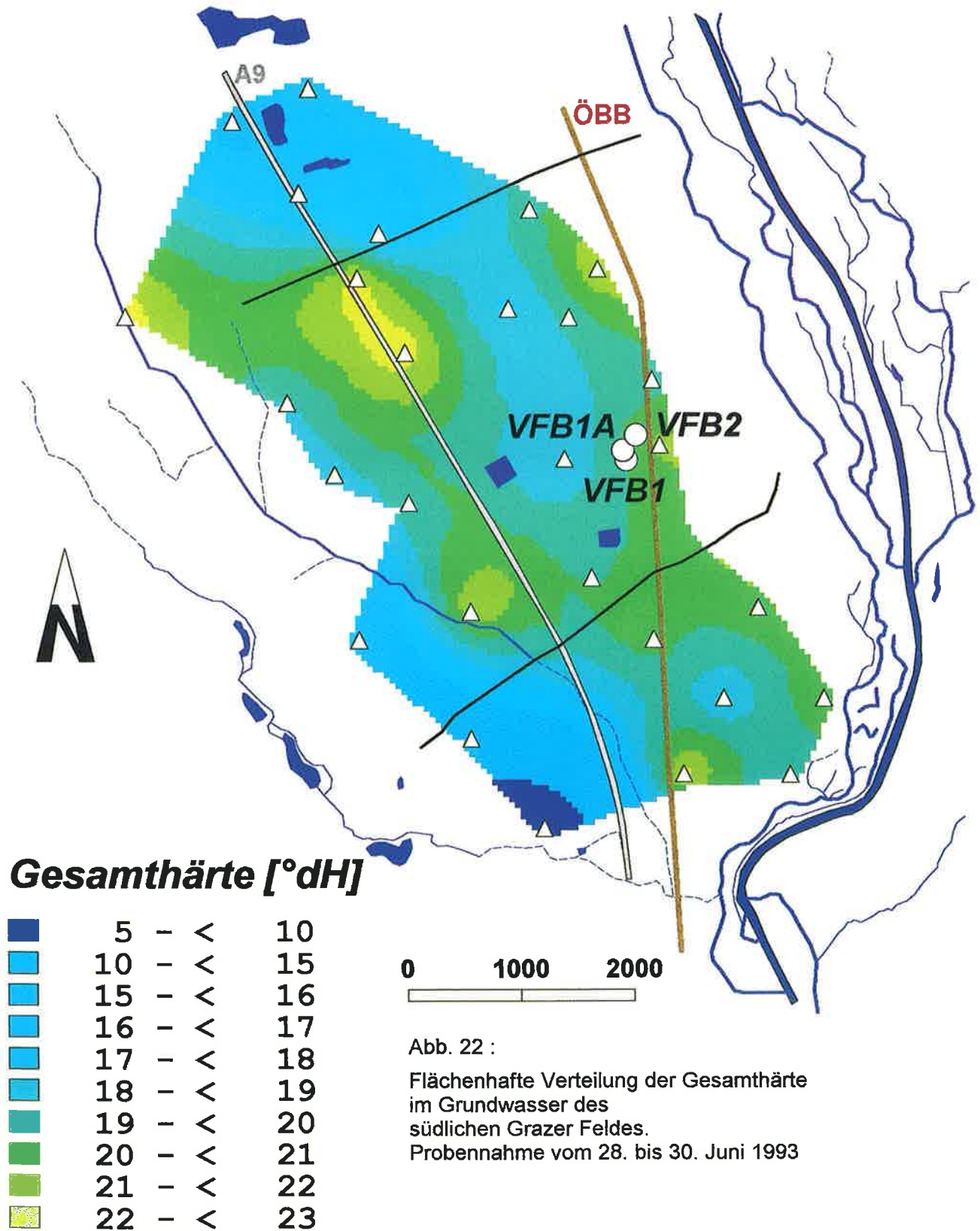
Flächenhafte Verteilung der el. Leitfähigkeitswerte im Grundwasser des südlichen Grazer Feldes.

Probennahme vom 28. bis 30. Juni 1993

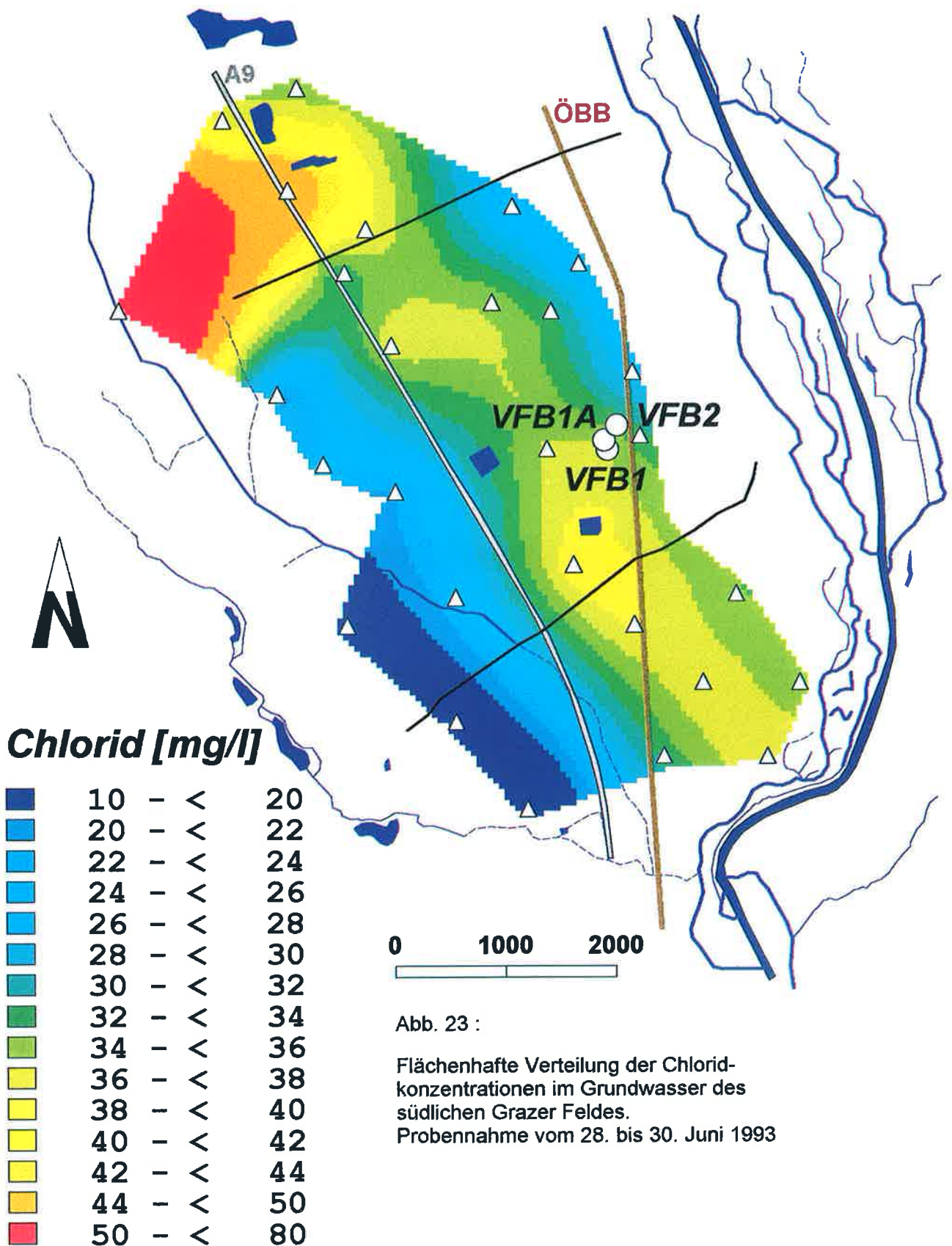
GW-Modell "Kalsdorf"



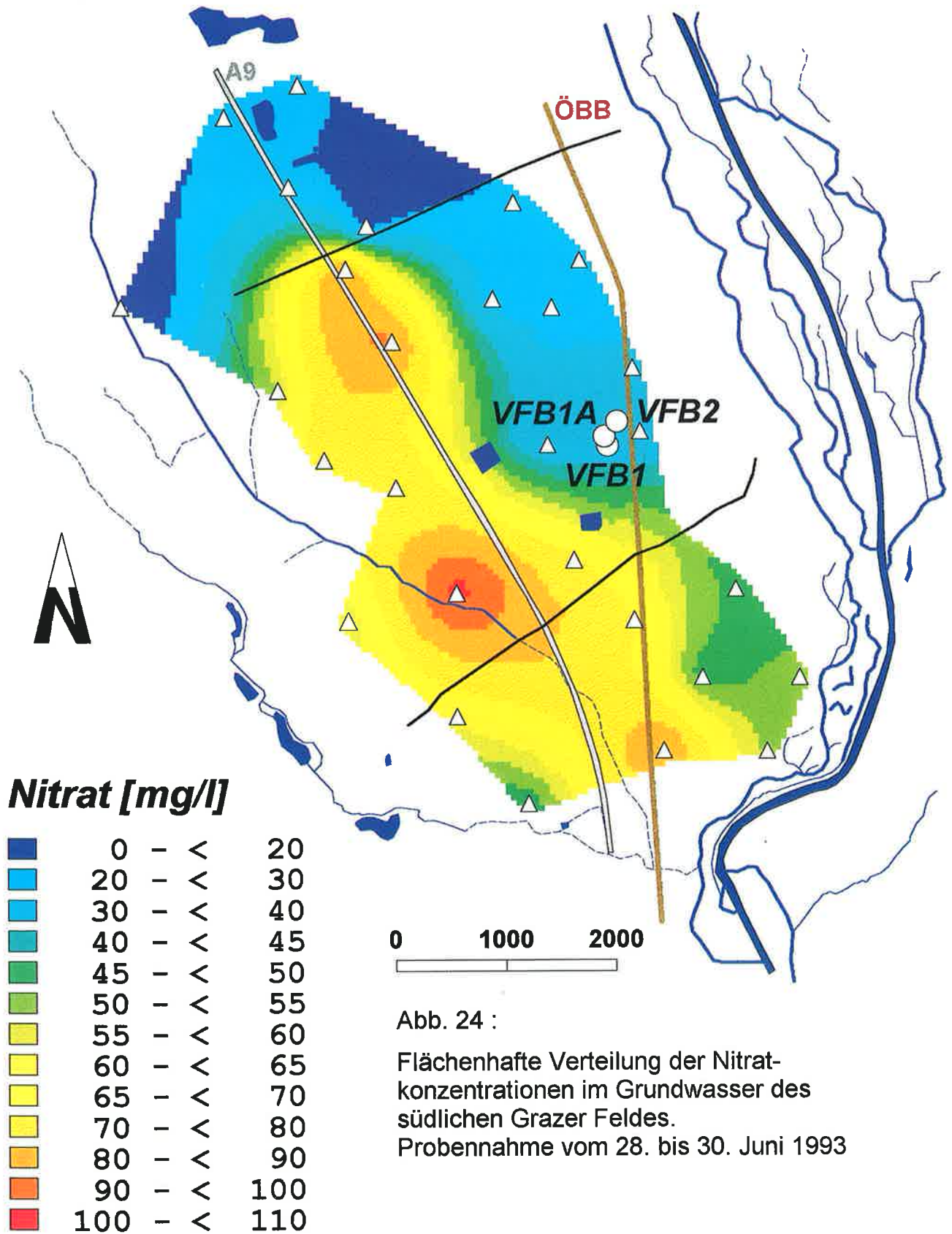
GW-Modell "Kalsdorf"



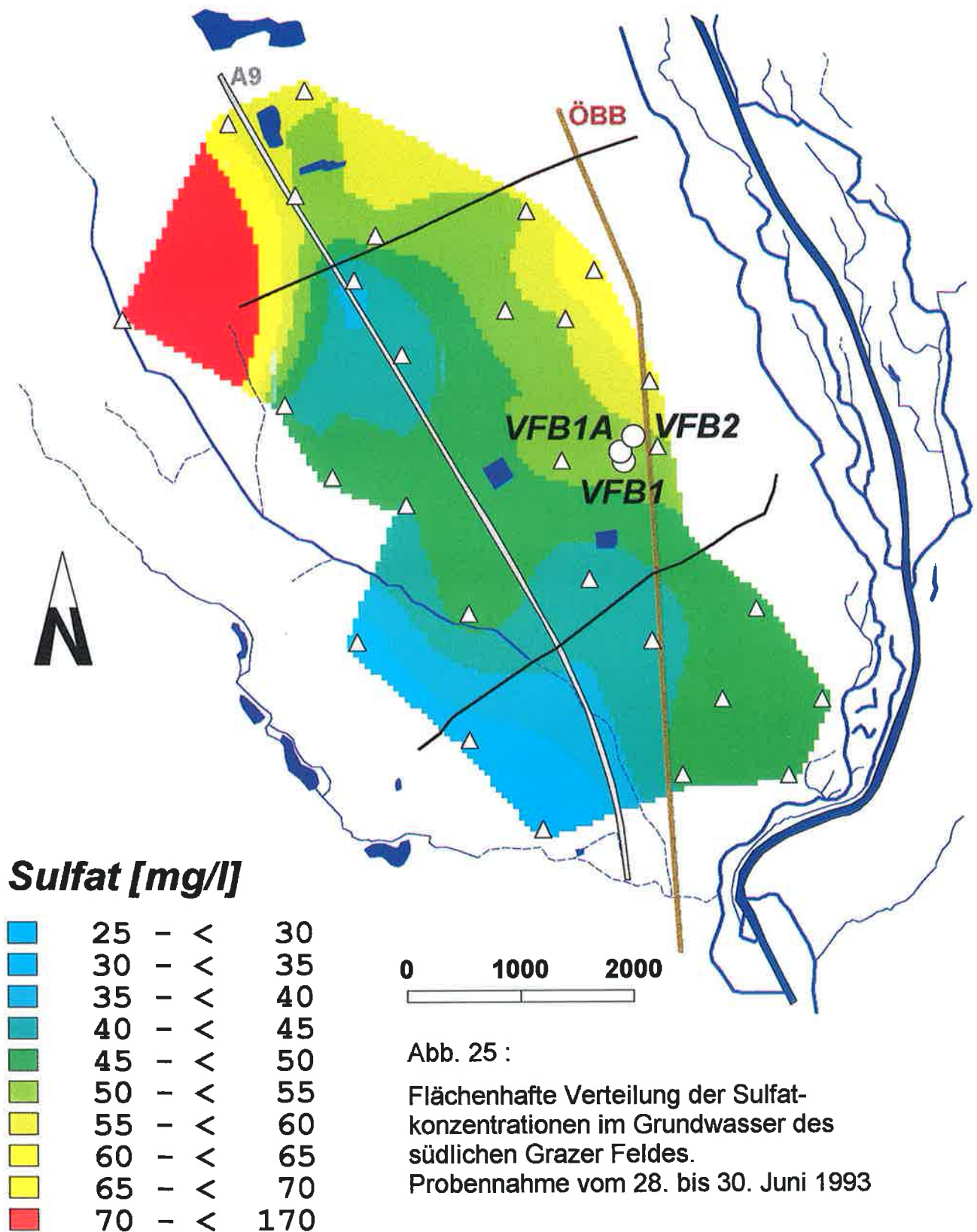
GW-Modell "Kalsdorf"



GW-Modell "Kalsdorf"



GW-Modell "Kalsdorf"



zwischen diesen beiden Probenahmeterminen zeigte, wird in der Folge die Beurteilung des qualitativen Istzustandes des Grundwassers für den Probenahmetermin 28. bis 30. Juni 1993 vorgenommen.

An den Brunnen VFBI und VFBII wurden zusätzlich zu den beiden Probennahmen während des Pumpversuches durch das Labor der Stadtwerke Graz Kontrallanalysen auf ausgewählte Parameter durchgeführt, die auch in den Tabellen 5 und 6 angeführt sind. Dabei fällt auf, daß im Zuge des Pumpversuches im Wasser des Brunnens VFBI erhöhte Nitritkonzentrationen nachgewiesen wurden (Tab. 6).

Zur flächenhaften Beurteilung der Qualität des Grundwassers im südlichen Grazer Feld werden die Parameter el. Leitfähigkeit (Abb. 20) als Maß für die Gesamtmineralisierung, der Gehalt an gelöstem Sauerstoff (Abb. 21), die Verteilung der Wasserhärte (Abb. 22 Gesamthärte), die flächenhafte Verteilung der Chloridkonzentrationen (Abb. 23), die Nitratverteilung (Abb. 24) als jener Parameter, der bezüglich den geltenden und zukünftigen Grenzwerten für Trinkwasser am meisten Probleme schafft und die Verteilung der Sulfatgehalte (Abb. 25) herangezogen.

Die niedrigsten Leitfähigkeiten werden einerseits im Einflußbereich des Laabaches und des Poniglaches (Verdünnung durch Anreicherung mit Uferfiltrat und bevorzugte Grundwasserneubildung durch geringmächtige Überdeckung) und andererseits im Einzugsgebiet der Brunnen der WVA Kalsdorf (Schutzmaßnahmen und verringerte Intensität der Landwirtschaft und der Gülleausbringung durch Schongebietsauflagen) gemessen. Der Bereich der Siedlungszeile am SW Rand des Untersuchungsgebietes und die Meßstellen in Autobahnnähe sind durch deutliche höhere el. Leitfähigkeiten gekennzeichnet.

Der Sauerstoffgehalt des Grundwassers (Abb. 21) ist mit Werten >5 mg/l generell als hoch einzustufen. Die niedrigeren Werte an der Meßstelle 3536 und L96 sind auf lokale Effekte (Einfluß von oberstrom liegenden Schotterteichen, bzw. Brauchwasserbrunnen mit großem Einfluß des Laabaches, der zum Zeitpunkt der Probennahme praktisch ein stehendes Oberflächenwasser mit hoher organischer Belastung darstellte) zurückzuführen. Generell sind die Sauerstoffgehalte im Einzugsgebiet der WVA Kalsdorf am höchsten.

Die Verteilung der Gesamthärte (Abb. 22) zeigt praktisch ein identisches Bild wie die Verteilung der Leitfähigkeiten. Die höchsten Werte werden in den Siedlungsgebieten von Kalsdorf, Großsulz, Zettling und in der Nähe der Autobahn registriert, das extrem weiche Wasser der Meßstelle 3596 erklärt sich aus dem Einfluß des Poniglaches, der die Rißterrasse des Kaiserwaldes entwässert, bzw. abströmender Grundwässer aus der Kaiserwaldterrasse (LEDITZKY & ZOJER, 1978). Die hohen Werte an der Meßstelle L96 resultieren aus dem hohen anthropogenen Verunreinigungsgrad des Laabaches.

Etwas anders stellt sich die Verteilung des Chloridgehaltes im südlichen Grazer Feld dar (Abb. 23). Während der höchste Wert an der Meßstelle L96 wiederum auf die hohe anthropogene Belastung zurückgeführt werden muß, zeigt der zentrale Einzugsbereich der Brunnen der WVA Kalsdorf gegenüber den Rändern des Untersuchungsgebietes deutlich erhöhte Chloridwerte. Die niedrigeren Werte zeigen die Wässer im Randbereich der Kaiserwaldterrasse im Einflußbereich des Poniglbaches. Inwieweit diese Verteilung in Verbindung mit der Strömungsrichtung des Grundwassers, die von der Autobahn aus gesehen von dieser weg in spitzem Winkel nach SE gerichtet ist, auf einen Einfluß des Streudienstes und einer Belastung durch die Autobahn zurückzuführen ist, kann hier nur vermutet werden und bedürfte näherer Untersuchungen.

Die Verteilung der Nitratkonzentrationen im Grundwasser des Untersuchungsgebietes (Abb. 24) zeigt sehr deutlich die hohe Belastung die von der Siedlungszeile westlich der Autobahn ausgeht. Hier werden die höchsten Nitratkonzentrationen mit Werten von >100 mg/l gemessen. Inwieweit diese Tatsache mit undichten Sicker- oder Jauchegruben im Bereich des Siedlungsgebietes zusammenhängt müßte näher untersucht werden. Deutlich geringere Konzentrationen werden im direkten Einzugsgebiet der Brunnen der WVA Kalsdorf erfaßt, möglicherweise ein Hinweis auf die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen in Richtung Gülle- und Düngeraufbringung im Schongebiet. Relativ hoch sind die Nitratkonzentrationen im südlichen und südöstlichen Teil des Untersuchungsgebietes außerhalb des Grundwasserschongebietes mit intensiver Siedlungstätigkeit und intensiver Landwirtschaft.

Die Verteilung der Sulfatkonzentrationen im Grundwasser des südlichen Grazer Feldes (Abb. 25) wird einerseits überragt vom kleinräumigen anthropogenen Einfluß im Bereich der Meßstelle L96 mit einem Wert von nahezu 170 mg/l Sulfat, andererseits zeigt sich eine deutliche Erhöhung der Sulfatwerte auch im NE Teil des Untersuchungsgebietes westlich und südwestlich des Bahnhofs Kalsdorf. In diesem Bereich liegt die Deponie der Gemeinde Kalsdorf, sowie weitere bekannte Altlastverdachtsflächen und zugeschüttete alte Schottergruben. Generell ist der Abstrombereich solcher alter Schottergruben, die als Bauschuttdeponien genutzt wurden in vielen Fällen durch erhöhte Sulfatkonzentrationen gekennzeichnet, da gipshältige Baustoffe für die Verfüllung genutzt werden. Jedenfalls liegen diese Flächen nahe dem Rand des Einzugsgebietes des Wasserwerks Kalsdorf, woraus sich möglicherweise der in Kap. 4.4.1 dargelegte steigende Trend der Sulfatkonzentrationen im geförderten Wasser der Brunnen VFBI und VFBII erklären könnte. Im Bereich der Autobahn und im Bereich des Einflusses der Wässer aus der Kaiserwaldterrasse (Einzugsgebiet Poniglbach) sind die Sulfatkonzentrationen deutlich niedriger (<40 mg/l).

Generell zeigt die flächenhafte qualitative Beurteilung des Grundwassers im südlichen Grazer Feld die zu erwartende Verteilung, wobei Auffälligkeiten potentiellen Verursachern durchaus zuordenbar erscheinen. Nähere Aussagen dazu müssen aber weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben, da eine 2malige flächenhafte Untersuchung sicherlich zu geringe Aussagekraft hat. Abge-

sehen von lokalen anthropogenen Verunreinigungen in der Westecke des Untersuchungsgebietes, die direkt mit der Meßstelle L96 (nur Brauchwasserbrunnen) zusammenhängen, sind hinsichtlich der Nitratverteilung die Einzugsgebiete der Brunnen der WVA Kalsdorf aufgrund der Schutzmaßnahmen sicherlich begünstigt. In Bezug auf die erhöhten Nitratkonzentrationen im Siedlungsbereich wäre die Situation der Kanalisierung auch von landwirtschaftlichen Betriebsstätten gründlich zu durchleuchten. Hinsichtlich der Chloridverteilung scheint sich möglicherweise ein negativer Einfluß der Phymautobahn abzuzeichnen, der aber durch intensive Untersuchungen nicht nur im Grundwasser, sondern auch im Sickerwasser der ungesättigten Zone verifiziert werden müßte. Inwieweit die flächenhaft erhöhten Sulfatkonzentrationen im NE des Untersuchungsgebietes auf Ausschwemmungen von alten verfüllten Schottergruben zurückzuführen sind, und inwieweit diese eine Gefährdung für das Wasserwerk Kalsdorf darstellen, müßte näher untersucht werden.

Aus hydrochemischer Sicht aber haben die Brunnen des Wasserwerkes Kalsdorf eine recht günstige Lage zwischen den potentiellen Gefährdungsherden aus der Siedlungszeile im SW und den erhöhten Sulfatkonzentrationen im NE. Einzig die Verteilung der Chloridkonzentrationen weist für das Brunneneinzugsgebiet erhöhte Werte aus. Die Sauerstoffversorgung des Grundwassers ist im Brunneneinzugsgebiet am höchsten.

Der Bereich des geplanten Terminalgebietes weist aufgrund der Lage im Abstrombereich der Siedlungszeile von Zettling und Kasten sowie dem Einfluß der Autobahn erhöhte Konzentrationen von Chlorid und Nitrat auf, eine Belastung die sich naturgemäß auch im Abstrombereich des Terminalstandortes fortsetzt. Die Sulfatkonzentrationen sind in diesem Bereich im Vergleich zum N und NE des Untersuchungsgebietes relativ niedrig.

4.5. ZUSAMMENFASSUNG DER UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

Im Sommer 1993 wurde an der Wasserversorgungsanlage in Kalsdorf ein kombinierter Pump- und Markierungsversuch durchgeführt, der zum Ziel hatte, die maximal mögliche Entnahmemenge durch die drei vorhandenen Brunnen VFBI, VFBIA und VFBII zu testen. Zur Klärung der Frage einer möglichen Beeinträchtigung der Wasserversorgungsanlage durch den geplanten ÖBB Terminal am Standort Werndorf Nord Neu sollten bei unterschiedlichen Betriebszuständen die Brunneneinzugsgebiete im Detail abgegrenzt werden. Zu diesem Zwecke wurde bei maximaler möglicher Entnahme ein Markierungsversuch im kritischen Bereich durchgeführt. Eine flächendeckende Beprobung des Grundwassers sollte Aufschluß über die qualitative Situation des Grundwassers im südlichen Grazer Feld liefern.

Für den Pumpversuch und die hydrochemische Beprobung steht im Untersuchungsgebiet aus den Meßnetzen der Hydrographischen Landesabteilung und unter Einbeziehung von Sondermeßnetzen aus der Altlastenerkundung ein relativ dichtes Pegelnetz zur Verfügung, das

durch eine eigene Brunnenaufnahme im Raum Werndorf, Kasten, Zettling und Laa noch verdichtet wurde. Es ist allerdings anzumerken, daß für den Bereich der Brunnenanlage selbst die Grundwasserstände bei Förderung nur in den Förderbrunnen gemessen werden können, sodaß in eine Beurteilung der Spiegellage des Grundwassers alle Brunneneffekte, die im Zuge des Pumpbetriebes auftreten, einfließen. Am Brunnen VFBIA ist die Drucksonde derart installiert, daß sie ab einer bestimmten Spiegelabsenkung immer denselben Meßwert liefert und daher Aussagen über die Absenkung in diesem Brunnen nicht zu treffen sind. Es ist dringend anzuraten, in möglicher Brunnennähe Grundwasserpegel abzuteufen, um die Spiegelabsenkung durch den Pumpbetrieb aufzeichnen zu können.

Die Untersuchungen konnten aufgrund der fehlenden Grundwasserneubildung im Frühjahr 1993 bei extrem tiefen Grundwasserständen durchgeführt werden, sodaß die Ergebnisse als "worst case" Annahme für die Beurteilung von Entnahmemenge und Beeinflussungsgrenzen gelten können.

Der Pumpversuch wurde am 1. Juli 1993 gestartet und umfaßt insgesamt vier Pumpstufen sowie die Beobachtung der Wiederaufspiegelung. Vor dem Pumpversuch wurden die Pumpen für drei Tage ausgeschaltet um einen Ausgangswasserspiegel zu erreichen, der in etwa Ruhewasserhältnissen entspricht. Die erste Pumpstufe mit einer Förderrate von 48.93 l/s wurde von 1. Juli bis 6. Juli am Brunnen VFBI gefahren, die zweite Pumpstufe mit einer Entnahme von 92.41 l/s wurde zwischen 6. und 13. Juli an den Brunnen VFBI und VFBIA durchgeführt. Durch Zuschalten der Pumpe im Brunnen VFBII wurde vom 13. Juli bis 3. August eine Wassermenge von im Mittel 127.9 l/s entnommen. Da ein Stationärzustand bei dieser Entnahme nicht erreicht werden konnte, wurde daraufhin die Pumpe im Brunnen VFBIA abgeschaltet und bis zum 18. August 1993 aus den Brunnen VFBI und VFBII kontinuierlich eine Wassermenge von 92.49 l/s gefördert.

Durch die optische Auswertung der um die natürliche Grundwasserbewegung korrigierten Pumpversuchsganglinien an den einzelnen Meßstellen, die mittels Lichtlotmessung in dichtem Intervall beobachtet wurden, konnte der Einflußbereich des Pumpversuches dargestellt werden. Die Ausbildung des Absenktrichters erfolgt mit in den Randbereichen flachen Gefällswerten in Richtung NNW (in Richtung Thalerhof) und in Richtung SW (in Richtung Großsulz). Gegen NE ist aufgrund der Beeinflussung der Randbereiche der Würmterrasse durch die Grundwasserhältnisse im Auebereich eine deutliche Versteilung des Absenktrichters erkennbar. Im SW und im S ist er auch relativ steil ausgebildet. Hier dürften wohl lokale hydrogeologische Verhältnisse zu einer Verschlechterung der Durchlässigkeiten führen, die eine Versteilung des Absenktrichters bewirken.

Die Ergebnisse der instationären Auswertung des Großpumpversuches im Brunnenfeld Kalsdorf zeigen eine mittlere Gebietsdurchlässigkeit von $3E-3$ bis $4E-3$ m/s, wobei die

Durchlässigkeitsbeiwerte aufgrund von Inhomogenitäten und Anisotropien durchaus in einem Bereich zwischen $2E-3$ und $9E-3$ schwanken können. Die quasistationäre Auswertung nach dem Ansatz von THIEM-DUPOIT ergibt Transmissivitätswerte von $T = 4.3E-3 \text{ m}^2/\text{s}$ bis $T = 1.9E-2 \text{ m}^2/\text{s}$ entsprechend Durchlässigkeitsbeiwerten von $k_f = 3.6E-3 \text{ m/s}$ bzw. $k_f = 1.6E-3 \text{ m/s}$. Eine mittlere Transmissivität aus allen Meßpunkten ergibt einen Wert von $T = 4.2E-2 \text{ m}^2/\text{s}$, entsprechend einer Durchlässigkeit von $k_f = 3.5E-3 \text{ m/s}$. Die Stationärauswertung bestätigt damit eindeutig die bereits aus der Instationärauswertung erhaltenen Werte, sodaß im gesamten von einem mittleren Gebietsdurchlässigkeitsbeiwert von

$$k_f = 3.5E-3 \text{ m/s}$$

mit einer Schwankungsbreite zwischen etwa $2E-3$ und $9E-3 \text{ m/s}$ ausgegangen werden kann.

Die Verteilung der Durchlässigkeitswerte zeigt die besseren Durchlässigkeiten im Bereich der Brunnenanlage und ihrer näheren Umgebung ausgerichtet nach NW, sowie S und SE. Eindeutig schlechtere Durchlässigkeiten sind im Bereich des Ortsgebietes von Kalsdorf-Großsulz, also NE der Brunnenanlage zu erwarten.

Aufgrund der Annahme, daß bei einer Entnahme der Konsenswassermenge von 100 l/s das Einzugsgebiet der Brunnen im E über die derzeitigen Bahngleise reicht wurde zur Überprüfung und zur Ermittlung der Grundwasserverweilzeiten zwischen dem nächstgelegenen Punkt der für das Terminal geplanten Einzugsgeleise zu den Förderbrunnen ein Tracerversuch durchgeführt. Am 30. Juli 1993 wurden über die Bohrung 35668, direkt an der Grenze des eingezäunten Schutzgebietes 1 kg Uranin in das Grundwasser eingebracht und die zu erwartenden Farbdurchgänge in den Förderbrunnen VFBI und VFBII mit kontinuierlich registrierenden Feldgeräten beobachtet. Zur Kontrolle wurden händische Proben 3 mal täglich gezogen. Händische Proben wurden auch aus dem Brunnen VFBIA und aus der Bohrung B7 im Abstrombereich östlich der Eisenbahngleise gezogen.

Die Ergebnisse des Markierungsversuchs können wie folgt zusammengefaßt werden:

- ◆ Weder in den kontinuierlichen Aufzeichnungen der Feldmeßgeräte in den Brunnen VFBI und VFBII, noch in den händisch gezogenen Proben konnten Tracerintensitäten nachgewiesen werden. Auch in den Proben des Brunnens VFBIA konnte wie erwartet kein Tracer nachgewiesen werden.
- ◆ Einzig in den Proben der Meßstelle B7 konnte ein Tracerdurchgang mit relativ geringen Intensitätswerten nachgewiesen werden.

- ◆ Das Einzugsgebiet der Brunnen der WVA Kalsdorf reicht bei einer Entnahme der Konsenswassermenge nicht über den Gleiskörper der ÖBB, sondern verbleibt innerhalb des eingezäunten Schutzgebietes.
- ◆ Die Grundwasserströmung aus dem Bereich der Einspeisebohrung 35668 ist dermaßen ausgebildet, daß die Bohrung B7 randlich tangiert wird.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen sollte einerseits versucht werden, anhand der Auswertung der Trinkwasseruntersuchungen des WVB Umland Graz an ihren Förderbrunnen die qualitative Entwicklung in den letzten Jahren abzuschätzen, andererseits durch eine zweimalige Beprobung des Grundwassers im südlichen Grazer Feld eine flächenhafte Istzustandsaufnahme der Grundwasserqualität im Einzugsbereich der WVA Kalsdorf sowie im An- und Abstrombereich des geplanten ÖBB Terminals Werndorf Nord Neu zu erhalten.

Aus den Aufzeichnungen des WVB Umland Graz im Einzugsgebiet der Brunnenanlage Kalsdorf ist eine deutliche qualitative Verschlechterung des Grundwassers in den letzten 7 Jahren nicht zu erkennen. Vielmehr scheinen die Maßnahmen, die zum Schutze des Grundwassers gesetzt wurden, erste Wirkung zu zeigen.

Generell zeigt die flächenhafte qualitative Beurteilung des Grundwassers im südlichen Grazer Feld die zu erwartende Verteilung, wobei Auffälligkeiten potentiellen Verursachern durchaus zuordenbar erscheinen. Aus hydrochemischer Sicht haben die Brunnen des Wasserwerkes Kalsdorf eine recht günstige Lage zwischen den potentiellen Gefährdungsherden aus der Siedlungszeile im SW und den erhöhten Sulfatkonzentrationen im NE. Einzig die Verteilung der Chloridkonzentrationen weist für das Brunneneinzugsgebiet erhöhte Werte aus. Die Sauerstoffversorgung des Grundwassers ist im Brunneneinzugsgebiet am höchsten.

Der Bereich des geplanten Terminalgebietes weist aufgrund der Lage im Abstrombereich der Siedlungszeile von Zettling und Kasten sowie dem Einfluß der Autobahn erhöhte Konzentrationen von Chlorid und Nitrat auf, eine Belastung die sich naturgemäß auch im Abstrombereich des Terminalstandortes fortsetzt. Die Sulfatkonzentrationen sind in diesem Bereich im Vergleich zum N und NE des Untersuchungsgebiet relativ niedrig.

5. MODELLRECHNUNG UND SIMULATION

Allgemein ist es Ziel einer Modellerstellung, das Verhalten eines Grundwasserleiters nachzubilden, wobei Analogbeziehungen zwischen Natur und theoretischem Modell hergestellt werden. Mit Grundwassermodellen soll eine Hilfestellung bei Prognosefragen und Optimierungsproblemen zur Verfügung gestellt werden, wobei einerseits Auswirkungen von anthropogenen Eingriffen in ein Grundwasserströmungssystem und andererseits Fragen nach optimalen Lösungen von solchen

Eingriffen untersucht werden sollen. Grundwassermodelle werden in den letzten Jahren in zunehmendem Maße im Rahmen der Erstellung von Umweltverträglichkeitsprüfungen eingesetzt und bilden dabei die Möglichkeit, verschiedene Szenarien zu untersuchen und durch Prognoserechnungen die Auswirkungen von Maßnahmen vor deren Durchführung darzustellen.

5.1. PROBLEMSTELLUNG

Im Bereich der WVA Kalsdorf des WVB Umland Graz liegen aufgrund der geplanten Errichtung des ÖBB-Terminals am Standort Werndorf Nord-Neu nach den bis zum Jahre 1993 durchgeführten Untersuchungen Nutzungskonflikte zwischen der Planung des ÖBB Terminals, die Flächen aus dem derzeit gültigen engeren Schutzgebiet für Gleisanlagen beansprucht, und der Erschöpfung von Trinkwasser und deren Gefährdung durch Bau und Betrieb des Terminals und der begleitenden Bauarbeiten vor.

Im Jahr 1993 wurde zwischen Juli und September ein intensives Untersuchungsprogramm durchgeführt, das zum Ziel hatte, die Konsenswassermenge des Brunnens optimal auf das Grundwassereinzugsgebiet abzustimmen und bei den gefundenen optimalen Betriebszuständen das Einzugsgebiet der Brunnenanlage detailliert abzugrenzen. Aufbauend auf diese Abgrenzung sollten neue Vorschläge für die Abgrenzung von Schutzzonen für die WVA Kalsdorf vorgeschlagen werden.

Da die Wasserentnahme der WVA Kalsdorf durch drei Vertikalfilterbrunnen erfolgt, die sich gegenseitig bei der Förderung relativ stark beeinflussen, war es aus Zeit- und Kostengründen nicht möglich allein durch 1:1 Modellversuche in der Natur einen optimalen Betriebszustand auszuweisen. Aufbauend auf den vorhandenen Daten aus den Aufzeichnungen des Wasserverbandes Umland Graz, der Hydrographischen Landesabteilung und den Ergebnissen des im Sommer 1993 durchgeführten Großpumpversuches - im Zuge dessen unterschiedliche Fördermengen im Dauerbetrieb zur Erkundung der maximal zulässigen Dauerentnahme aus dem vorhandenen Aquifer entnommen wurden - sollte ein Grundwassermodell erstellt und kalibriert werden, um durch Prognoserechnungen eine optimale Verteilung der Wasserentnahme auf die drei Brunnen und eine detaillierte Abgrenzung des Brunneneinzugsgebietes unter Berücksichtigung der gegenseitigen Beeinflussung der Spiegelabsenkungen bei Entnahme zu ermöglichen.

Im Falle einer Beeinträchtigung des Wasserwerkes Kalsdorf durch die Errichtung des Terminals sollten für die Zeit der Beeinträchtigung (Bautätigkeit an den Gleisanlagen) geeignete Betriebszustände simuliert werden, die eine Wassererschöpfung ohne negative Beeinflussung erlauben.

Durch ein gut kalibriertes und verifiziertes Detailmodell sollte es möglich sein, jederzeit für den gesamten Umgebungsbereich des Terminals mittels Simulationsläufen auftretende Fragestellungen

gen im Abstrombereich des Terminals zu beantworten (Frage der Einzelwasserversorgungen, Einfluß verschiedener Baumaßnahmen).

5.2. BESCHREIBUNG VON PROJEKTGEBIET UND DATENBASIS

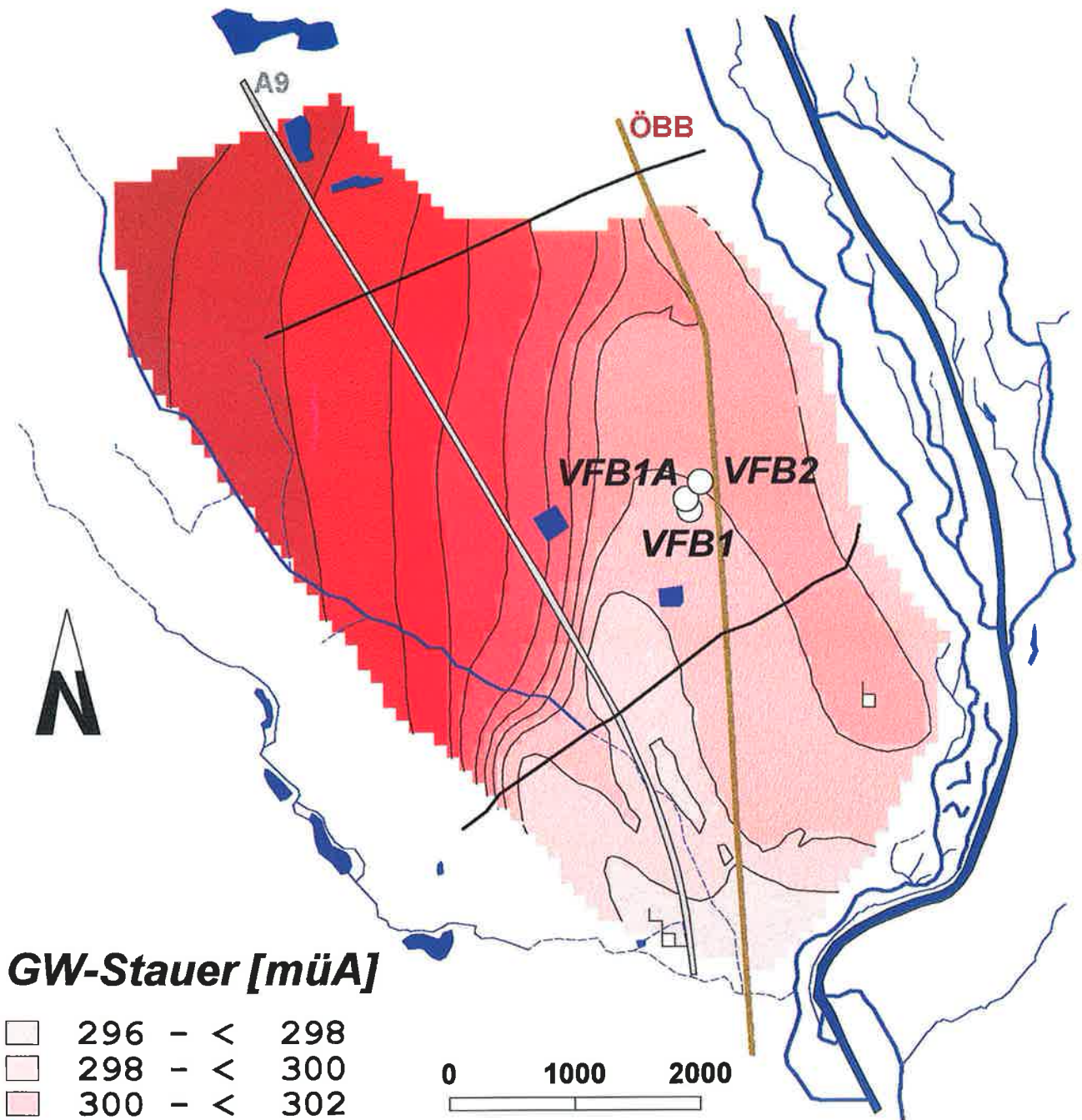
Das Untersuchungsgebiet liegt auf der Würmterrasse des südlichen Grazer Feldes im Raum Kalsdorf, Werndorf, Wundschuh, Kasten, Zettling, Laa, Bierbaum, Unterpremstätten, Thalerhof südlich von Graz. Im E reicht das Modellgebiet über die Würmterrasse hinaus in die Austufe der Mur. Die Lage des Untersuchungsgebietes ist in Abb. 1 dargestellt. Die Datenbasis für die Modellbildung stellten einerseits die Aufzeichnungen des Wasserverbandes Umland Graz und der Hydrographischen Landesabteilung dar (siehe Kap. 2), andererseits die im Zuge der vorgenommenen Untersuchungen im Jahre 1993 erhobenen Spiegellagen. Als weitere Datengrundlage stand eine großflächige Grundwassersimulation aus dem Jahre 1988 (UNICONSULT, 1988) für die Anschließung der Ausgangsparameter dieses Detailmodelles zur Verfügung.

5.3. BESCHREIBUNG VON GRUNDWASSERSYSTEM UND GRUNDWASSERLEITER

Das in Form von meist sandig-schluffigem Material ausgebildete Tertiär kann generell als Wasserstauer des Untersuchungsgebietes angesehen werden. Den Aquifer stellen die tieferen Bereiche der darüber lagernden fluvioglazialen Schotter der Würm-Kaltzeit dar. Die Mächtigkeit dieser Schotter erreicht im natürlichen Aufbau bis zu 25 m.

Die Höhenlage der Staueroberkante ist in Abb. 26 für das Modellgebiet dargestellt. Im westlichen Teil zeigt diese Reliefkarte des präquartären Untergrundes bis östlich des Autobahnknotens Kalsdorf ein flaches, weitgehend unegliedertes Relief. Östlich davon fällt die Tertiäroberkante um etwa 9 m in eine murparallel verlaufende Eintiefung im Raum Kalsdorf ab. Die NE Begrenzung des Untersuchungsgebietes bildet ein flacher Rücken des präquartären Untergrundes, der südlich des Bahnhofes von Kalsdorf nach SE führt und die Tiefenrinne des Murtales von einer Tiefenstruktur im Raum NE von Wundschuh (Abb. 26) abtrennt. Die Brunnenanlage Kalsdorf liegt auf dem SW-Abfall dieses Tertiärrückens. Die tiefsten Teile dieser Rinnen weisen eine Seehöhe von 296 - 298 m auf. Der flache Rücken liegt in Höhenbereichen von 302 - 304 m. Gegen W steigt die Tertiäroberfläche vom Rand der Tiefenstruktur relativ steil von 304 m auf 312 m an und verläuft dann wesentlich flacher gegen W. Die höchsten Lagen werden im Bereich Unterpremstätten - Bierbaum mit Werten von 318 - 320 m erreicht. Insgesamt gesehen hat diese starke Reliefierung des Untergrundes entscheidende Bedeutung für die Ausbildung der Grundwasserströmung des darüber liegenden Aquifers.

GW-Modell "Kalsdorf"



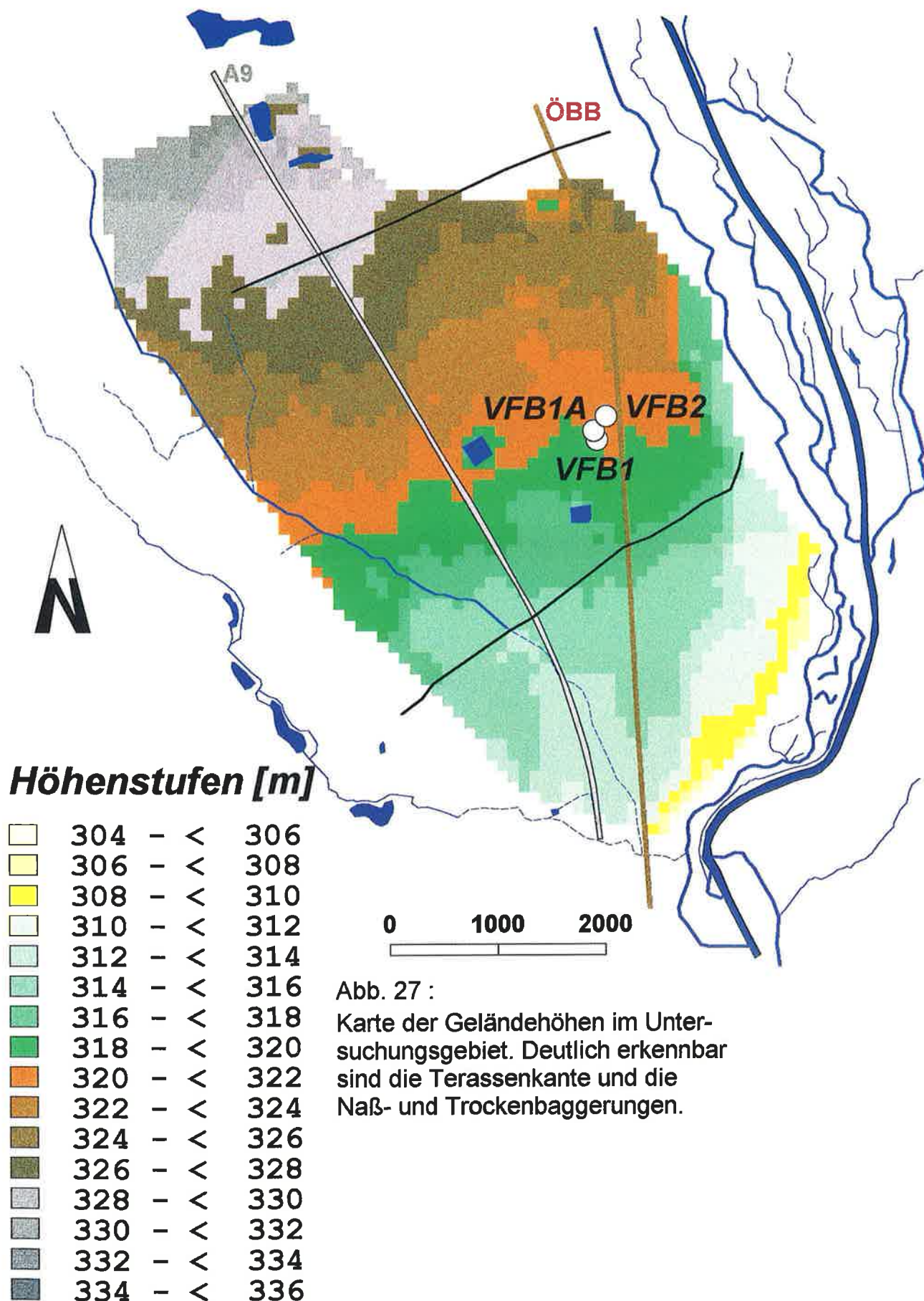
GW-Stauer [müA]

□	296	- <	298
□	298	- <	300
□	300	- <	302
□	302	- <	304
□	304	- <	306
□	306	- <	308
□	308	- <	310
□	310	- <	312
□	312	- <	314
□	314	- <	316
□	316	- <	318
□	318	- <	320

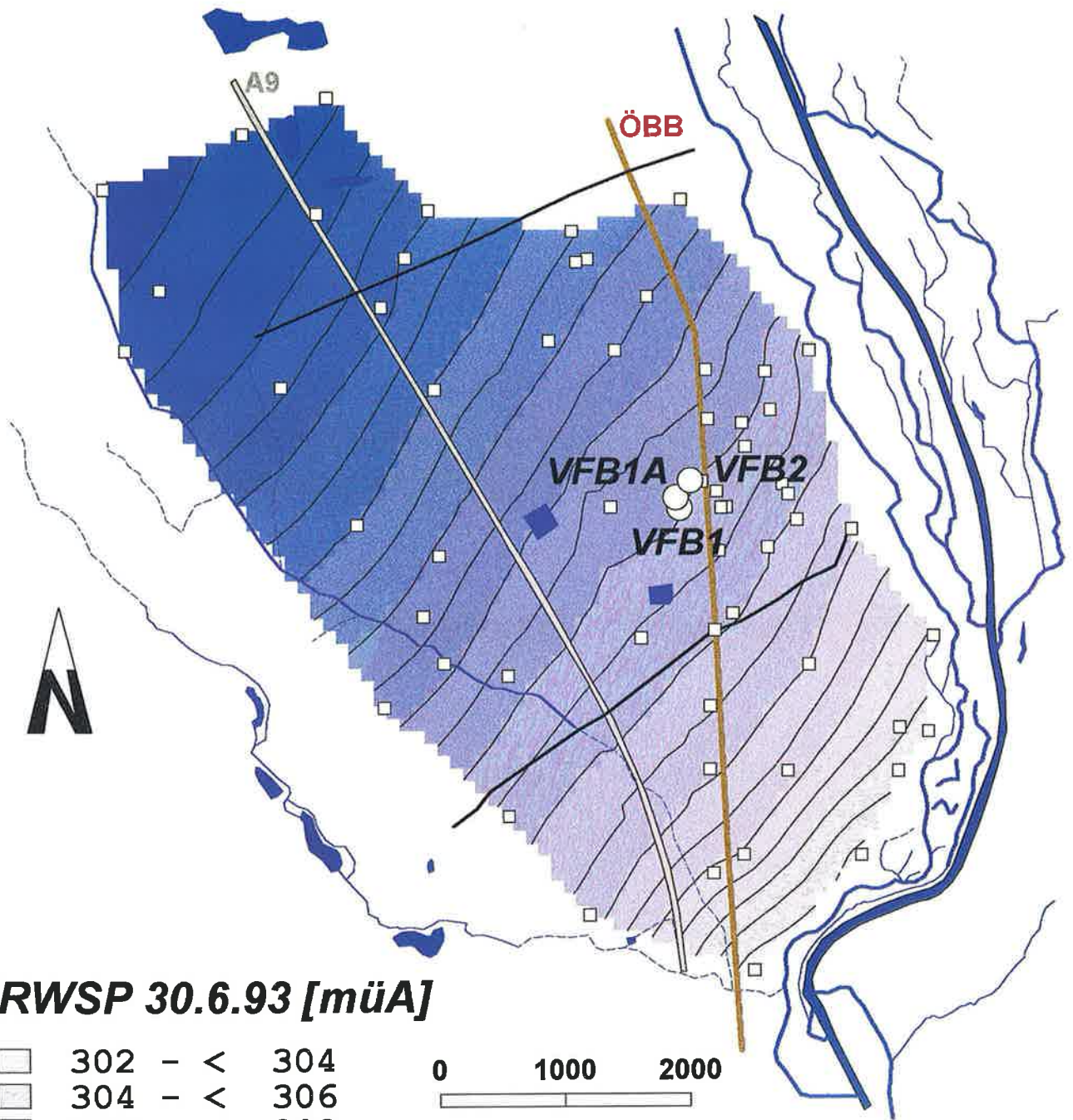
Abb. 26 :

Reliefkarte des präquartären Untergrundes im Untersuchungsgebiet. Die Tertiäroberkante bildet den Stauer für den quartären Aquifer.

GW-Modell "Kalsdorf"



GW-Modell "Kalsdorf"



RWSP 30.6.93 [müA]

□	302 - <	304
□	304 - <	306
□	306 - <	308
□	308 - <	310
□	310 - <	312
□	312 - <	314
□	314 - <	316
□	316 - <	318
□	318 - <	320
□	320 - <	322
□	322 - <	324
□	324 - <	326
□	326 - <	328

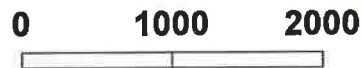


Abb. 28 :
Darstellung der Spiegellage des Grundwassers am 30. 6. 1993 als Ruhewasserspiegel vor Beginn des Großpumpversuches.

GW-Modell "Kalsdorf"

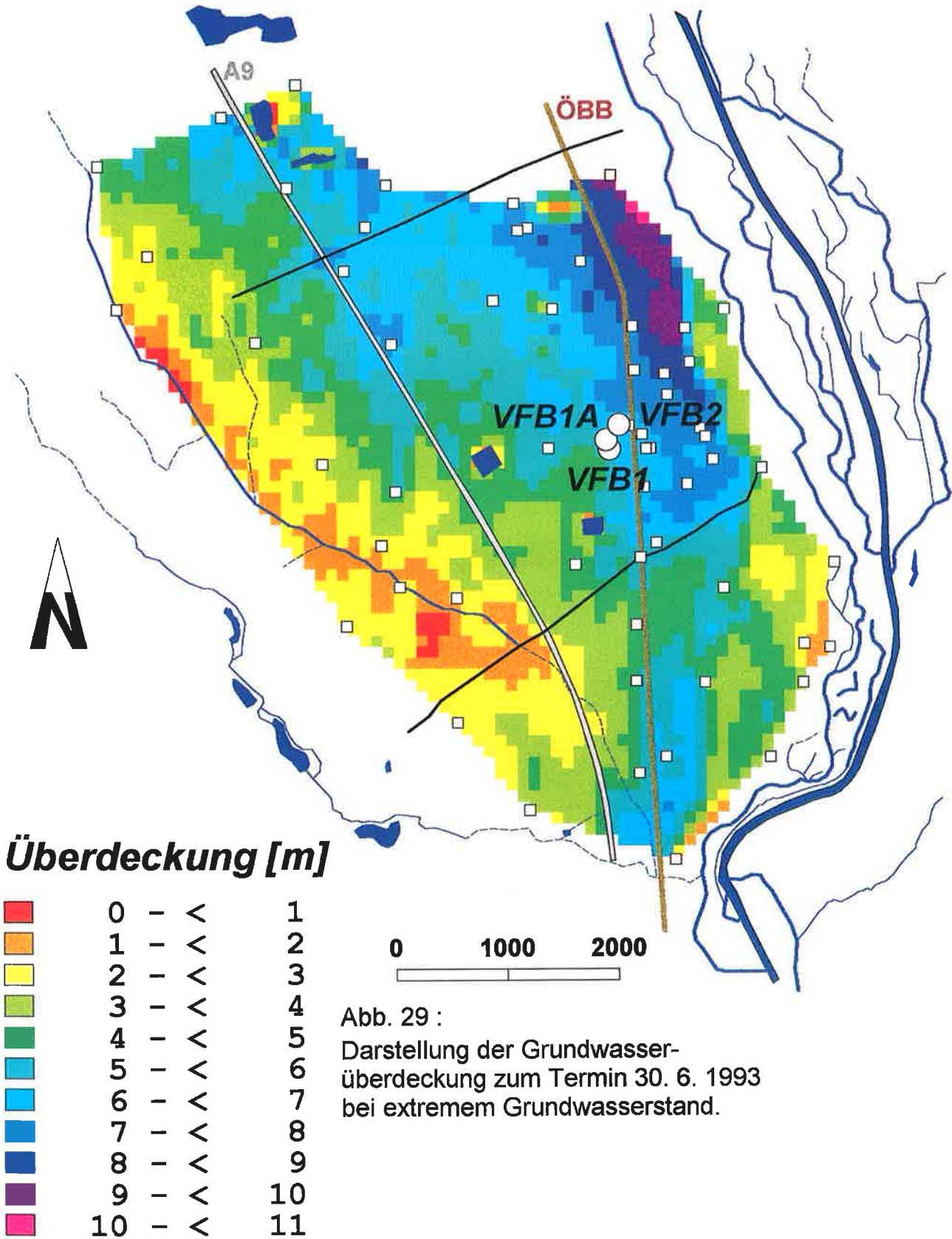


Abb. 29 :
Darstellung der Grundwasser-
überdeckung zum Termin 30. 6. 1993
bei extremem Grundwasserstand.

Die Morphologie des Untersuchungsgebietes ist geprägt von der weiten Terrassenfläche der Würmschotter, in die die Austufe der Mur als Erosionsform eingetieft ist. Die Geländehöhen sind in Abb. 27 dargestellt. Die Oberfläche der Würmterrasse verläuft mit leichtem Gefälle von NW (334 m) nach SE (314 m) und weist eine gegenüber der Tertiäroberfläche stärker gegen SE ausgerichtete Neigungsrichtung aus, woraus dann deutliche Unterschiede in der Grundwassermächtigkeit und Grundwasserüberdeckung resultieren. Die Sprunghöhe des Abfalles der Würmterrasse in die Austufe beträgt etwa 2 bis 5 m. Am SE Rand des Untersuchungsgebietes liegt die Geländehöhe bei etwa 306 m. Der Bereich der Terrassenfläche ist durch eine Vielzahl von Naß- und Trockenbaggerungen gekennzeichnet, die sich auch in der Darstellung der Geländemorphologie (Abb. 27) widerspiegeln.

Die tieferen Bereiche dieser fluvioglazialen Würmschotter sind mit Grundwasser mit freier Oberfläche erfüllt. Das längerfristige Verhalten dieses Grundwasserspiegels wurde bereits in Kap. 3 ausführlich erläutert, die dazugehörigen Kennzahlen sind in Anhang A flächendeckend für die vorhandenen, langfristig beobachteten Grundwassermessstellen dokumentiert. Die Erneuerung dieses Grundwasserkörpers erfolgt in erster Linie aus den infiltrierenden Niederschlägen im Bereich der Terrasse selbst. Diese jahreszeitlich unterschiedliche Grundwasserneubildung bewirkt ein natürliches Schwankungsverhalten des Grundwasserspiegels von etwa 2.5 m. Die Mächtigkeit des Grundwasserleiters und die der Grundwasserüberdeckung variieren demgemäß in der Zeit.

In Abb. 28 wurde als Referenz für die Charakterisierung des Grundwasserleiters der Meßtermin 30. Juni 1993 dargestellt. Zusätzlich zu den Meßstellen des Hydrographischen Dienstes wurden für diesen Spiegellinienplan alle jene Grundwasseraufschlüsse einbezogen, die auch im Rahmen des darauffolgenden Pumpversuches in Beobachtung standen (siehe Abb. 1 und Kap. 2). Zu diesem Zeitpunkt waren die Entnahmebrunnen des Wasserwerks Kalsdorf schon seit 3 Tagen stillgelegt, sodaß von einem annähernden Ruhewasserspiegel gesprochen werden kann. Im Bereich der Förderbrunnen ist allerdings eine Aufweitung der Isolinien erkennbar, was darauf hinweist, daß der Aufspiegelungsvorgang nach der Stilllegung der Förderpumpen noch nicht abgeschlossen war. In Bezug auf das langfristige Verhalten des Grundwasserspiegels ist der gewählte Meßtermin durch eine extreme Tieflage gekennzeichnet.

Aus dem Vergleich der Spiegellagendarstellung mit den Geländehöhen ist ersichtlich, daß sich die Strömungsrichtung des Grundwassers an die Neigungsrichtung der Oberfläche anpaßt. Das Grundwasser strömt mit einem Ruhewasserspiegelgefälle von etwa $2.5 \cdot 10^{-3}$ von NW in Richtung SE. Aus dem Verlauf der Isohypsen ist die in das Tertiär eingetieft Struktur nicht erkennbar. Mit Annäherung des Grundwassers an die Terrassenkante zur Austufe der Mur und damit zur Vorflut ist eine deutliche Versteilung des Grundwassergefalles erkennbar. Wie aus bisherigen Untersuchungen bekannt, ist die Strömungsrichtung im Bereich der Würmterrasse bei unterschiedlichen Grundwasserspiegellagen sehr konstant.

Als Differenz zwischen den Geländehöhen (aus dem Geländehöhenmodell des BA f. Eich- und Vermessungswesen) und dem Grundwasserspiegelplan vom 30. Juni 1993 ist in Abb. 29 die Verteilung der Grundwasserüberdeckung bei extremem Grundwassertiefstand dargestellt. Aufgrund der unterschiedlichen Neigungsverhältnisse von Geländeoberfläche und Grundwasserspiegel nimmt die Mächtigkeit der Grundwasserüberdeckung von W (< 3 m) nach E zu und erreicht im Bereich östlich der Förderbrunnen des Wasserwerks Kalsdorf mit mehr als 10 m die Maximalwerte. Im Bereich der Austufe der Mur im äußersten E ist die Grundwasserüberdeckung naturgemäß wesentlich geringer und unterschreitet in diesen Bereichen wieder häufig 3 m. Im Bereich der Naßbaggerungen ist naturgemäß keine Grundwasserüberdeckung gegeben, im Bereich der Trockenbaggerungen geht sie auf Werte von weniger als 2 m zurück.

Die in Abb. 30 dargestellte Verteilung der Mächtigkeit des Grundwassers zum Termin 30. 6. 1993 zeigt sehr deutlich den Einfluß der Ausformung der Staueroberfläche. Die weitaus größten Grundwassermächtigkeiten liegen im Bereich der Tiefenstruktur in der Tertiäroberfläche mit Mächtigkeiten von > 10 m vor. Im SE, im Bereich der Austufe der Mur gehen die Grundwassermächtigkeiten aufgrund des steileren Gefälles des Grundwasserspiegels auf Werte von < 5 m zurück. Ein weiterer Bereich mit geringen Mächtigkeiten ist der Nahbereich zur Kaiserwaldterrasse, wo der Grundwasserstauer wesentlich höher liegt.

Aus dem Vergleich von Grundwasserströmungsrichtung aus dem Grundwasserschichtenplan mit der Darstellung der Mächtigkeiten des Grundwasserleiters ist bereits die sehr gute Position der Förderbrunnen des Wasserwerkes Kalsdorf erkennbar, die im Bereich der höchsten Grundwassermächtigkeiten nicht nur bezüglich ihrer Position, sondern auch ihres Einzugsgebietes liegen.

5.4. RANDBEDINGUNGEN

Aufgrund der Fragestellung, die die Modellierung der Grundwasserströmung im Einzugsbereich der Brunnen der WVA Kalsdorf zum Ziel hatte, wurde ein Modellgebiet gewählt, dessen Grenzen innerhalb des Grundwasserfeldes liegen. Als Randbedingungen wurden feste Potentiale gewählt, da der Einflußbereich des Pumpversuches innerhalb dieser Ränder verblieb und andererseits nur wenige hydrologische und hydrogeologische Informationen aus den Randbereichen des Grundwasserfeldes zur Verfügung standen. Für die Festlegung der Potentiale wurden die Grundwasserspiegelhöhen des jeweiligen Zeitpunktes in beobachteten Grundwasserpegeln herangezogen. Zwischen diesen Fixpotential-Randknoten wurde am Modellrand linear interpoliert. Da über die Kommunikation des Laabaches, der als einziges Oberflächengewässer das Modellgebiet randlich tangiert, keinerlei zuverlässige Information zu gewinnen waren, wurde die Interaktion dieses Gewässers mit dem Grundwasserkörper in der Modellrechnung nicht berücksichtigt. Mögliche Auswirkun-

GW-Modell "Kalsdorf"

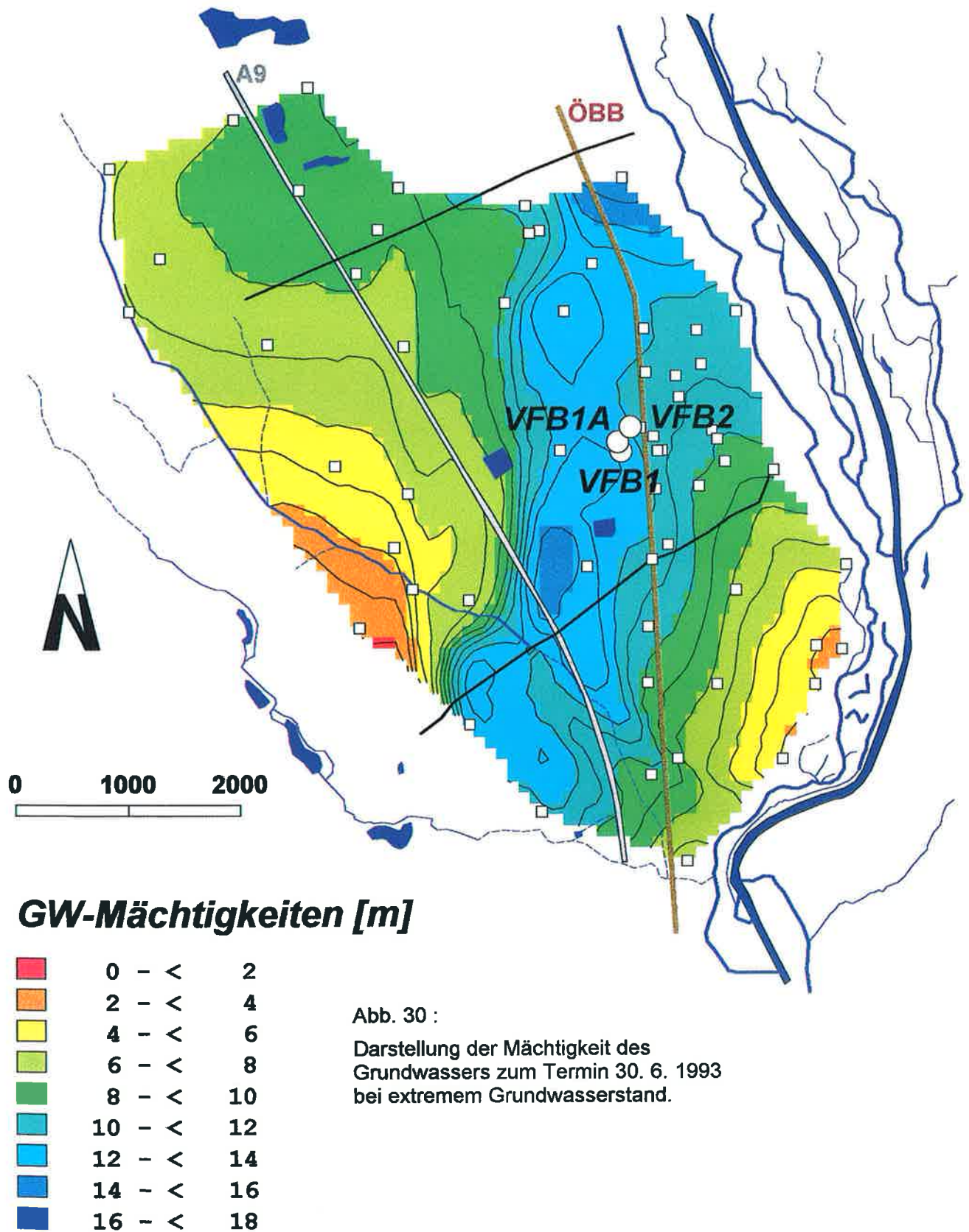


Abb. 30 :

Darstellung der Mächtigkeit des Grundwassers zum Termin 30. 6. 1993 bei extremem Grundwasserstand.

gen daraus betreffen nicht das Verhalten des Grundwasserspiegels im zentralen Bereich des Modellgebietes und haben keinen Einfluß auf die Fragestellung des Grundwassermodells. Kleinere, in geringer Zahl im Modellgebiet liegende offene Grundwasserflächen aus relativ jungen Naßbaggerungen wurden wegen ihrer geringen Größe im Vergleich zum Gesamtgebiet nur insofern berücksichtigt, daß die Elementgrenzen an deren Umrißformen angepaßt wurden. Ein Einfluß auf die Grundwasserströmung ist aufgrund der herrschenden guten Durchlässigkeiten und der aus anderen Untersuchungen bekannten geringen Abdichtung der Ränder nur sehr lokal um das Gewässer vorhanden. Ein wesentlicher Einfluß auf die Fragestellung des Modells ist nicht gegeben.

5.5. MODELLTYP UND LÖSUNGSMETHODE

Aufgrund der zu klärenden Fragen wurde als Modelltyp ein zweidimensionales, stationäres Grundwasserströmungsmodell angewandt. Die Fragestellung war die Klärung der Strömungsverhältnisse im Einzugsgebiet der WVA Kalsdorf bei unterschiedlichen, dauernden Grundwasserentnahmen und die Erfassung des Brunneneinzugsgebietes bei diesen Zuständen. Die Verwendung des stationären Modellansatzes entspricht für diese Annahmen dem ungünstigsten Fall ("worst case" Rechnung). Für geringmächtige quartäre Aquifere in fluvioglazialen Lockersedimenten ist bei Vernachlässigung von Grundwasserneubildungsvorgängen und unterschiedlicher vertikaler Durchlässigkeiten die Verwendung eines zweidimensionalen Modellansatzes ausreichend, zumal eine Verteilung der K_f -Werte in z-Richtung nicht meßbar ist.

Die Modellierung wurde mittels des Programmsystems FEJUX, welches am Inst. f. Informationssysteme von JOANNEUM RESEARCH in Graz entwickelt wurde, durchgeführt. FEJUX arbeitet nach der Methode der "Finiten Elemente" und ist für die Modellierung von Sickerströmung, Stofftransport, Wärmeleitung und Statik geeignet. Im Bereich der Sickerströmung können stationäre und instationäre Zustände sowohl mit 2 als auch mit 3dimensionaler Modellgeometrie simuliert werden.

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

Für ein horizontales Grundwassermodell im Stationärzustand ergibt sich die Differentialgleichung

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \cdot (h - z) \cdot \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \left(K_y \cdot (h - z) \cdot \frac{\partial h}{\partial y} \right) = Q$$

mit:

h	=	h(x,y)	Höhe des Grundwasserspiegels an der Stelle x,y
z	=	z(x,y)	Höhe der Staueroberkante an der Stelle x,y
K_x, K_y	=	$K(x,y)$	Tensor des Durchlässigkeitskoeffizienten
Q	=	Q(x,y)	Quellen und Senken.

Die nichtlineare Differentialgleichung wird iterativ gelöst. Die Interaktion der Strömungsvorgänge im Modellgebiet mit jenen der angrenzenden Teile des Grundwasserfeldes wird durch die in Kap. 5.5 definierten Randbedingungen beschrieben.

5.6. MODELLKALIBRIERUNG UND VERIFIKATION

Das gewählte Grundwasserströmungsmodell wurde durch den Vergleich der gemessenen Spiegel-lagen mit den - auf der Basis einer bestimmten Durchlässigkeitsverteilung - berechneten Spiegel-lagen in einem iterativen Prozeß kalibriert, wobei das Ziel des Kalibrierungsvorganges eine Mini-mierung der Abweichungen zwischen Meß- und Berechnungsergebnissen war. Die Anpassung er-folgte durch eine Variation der Durchlässigkeiten in einem Wertebereich, der durch die Ergebnisse des Großpumpversuches vorgegeben wurde.

Für die Kalibrierung wurden zwei Zustände herangezogen, an denen der Großteil der vorhandenen Grundwasserpegel beobachtet wurde und welche am ehesten einem theoretischen stationären Strömungszustand entsprachen. Zur Verifizierung des kalibrierten Modells wurden zwei historische Spiegellagen mit niedrigem Grundwasserspiegel, ein historisches Ereignis mit hoher Spiegellage sowie der Zustand mit maximaler Pumprate während des Pumpversuches herangezogen.

5.6.1. MODELLNETZ

Für die Erstellung des Modellnetzes wurden zweidimensionale Vierknotenelemente verwendet. Es wurden alle für die Fragestellung wichtigen natürlichen Elemente (offene Grundwasserflächen, Laabach, Grundwasserpegel) berücksichtigt. An jenen Koordinaten, an welchen Grundwasser-stände gemessen werden konnten, wurden jedenfalls Modellknoten angesetzt. Das Modellnetz mit den Modellknoten, an denen auch Spiegellagen gemessen wurden, ist in Abb. 31 dargestellt. Wäh-rend in den Randbereichen des Modellgebietes (siehe Abb. 31 und auch Abb. 1) die Netzgeome-trie eine mittlere Elementgröße von etwa 40000 m² aufweist, wurde im sensiblen Kernbereich die Größe der Elemente auf etwa ¼ verringert.

5.6.2. VERTEILUNG DER DURCHLÄSSIGKEITEN

In Abb. 32 ist die aus dem kalibrierten Modell hervorgegangene Verteilung der Durchlässigkeits-beiwerte im Modellgebiet dargestellt. Die k_f -Werte entsprechen in ihrer Variationsbreite den Er-gebnissen der Auswertung des Großpumpversuches und liegen durchaus in einem Bereich, der für quartäre Talfüllungen am Rande der Alpen erwartet werden kann. Grundsätzlich zeigt die Vertei-lung eine Verschlechterung der Materialkennwerte von NW nach SE, was ihren Grund in der Se-dimentationsgeschichte des Terrassenkörpers zu suchen hat. Vor allem im heutigen Aubereich der

FEJUX

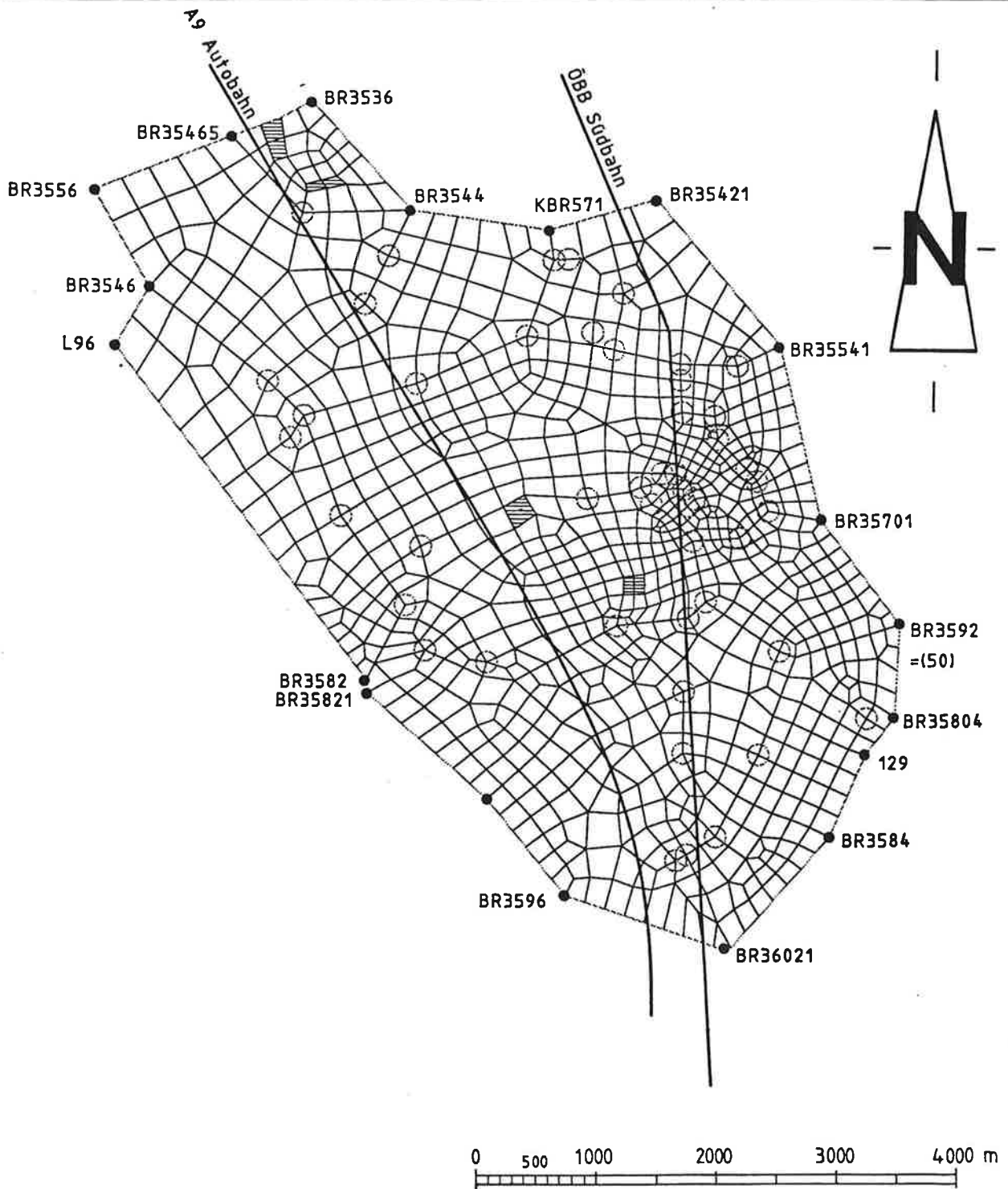
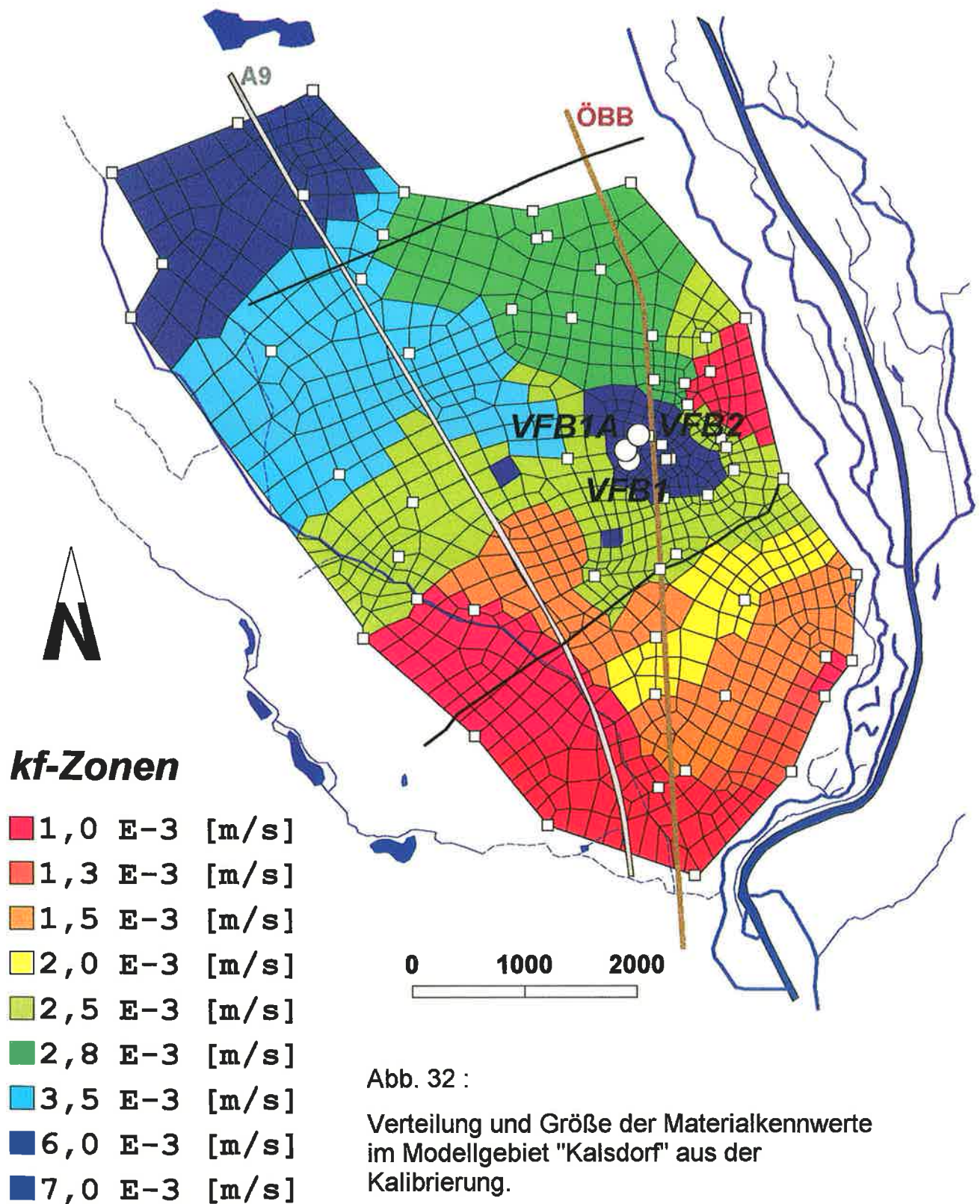


Abb. 31: Diskretisierung des Grundwasser Modellgebietes im Raum Kalsdorf (Lage bezüglich der Topographie siehe Abb. 1) mit vorhandenen Grundwassermeßstellen.

GW-Modell "Kalsdorf"



Mur sind gegenüber den Terrassenschottern wesentlich schlechtere Durchlässigkeiten zu erkennen. Wie bereits in der Auswertung des Pumpversuches (siehe Kap. 4.2) festgehalten, zeigen sich im Nahbereich der Förderbrunnen der WVA Kalsdorf bessere Sedimentdurchlässigkeiten.

5.6.3. KALIBRIERUNGSVARIANTEN

Kalibriervariante / Ruhewasserspiegel 30. Juni 1993

Wie bereits in Kap. 4.1 dargelegt, wurden die Pumpen des WW Kalsdorf vor Beginn des Pumpversuches abgeschaltet um nach einer Phase der Aufspiegelung aus dem Normalbetrieb einen Ruhewasserspiegel für die Auswertung des Pumpversuches zu erhalten. Vor Beginn des Pumpversuches wurde dieser am 30. Juni 1993 flächenhaft erfaßt und die gemessenen Spiegellagen als Kalibrierwerte für das Grundwassermodell verwendet. Aus dem Verlauf der Grundwasserisohypsen (Abb. 5) ist ersichtlich, daß im Bereich der Förderbrunnen die Aufspiegelung noch nicht zur Gänze abgeschlossen war. Allerdings bietet dieser Zustand gegenüber historischen Spiegellagen den Vorteil, daß ein stark verdichtetes Meßnetz in Beobachtung war, sodaß eine bessere Kontrolle der Berechnungsergebnisse für die Modellkalibrierung möglich war.

In Tab. 8 sind für die Kontrollpegel im Modellgebiet, erkennbar an der FE Knotenbezeichnung K die Abweichungen der berechneten von der gemessenen Spiegellage dargestellt. In Abb. 33 sind die berechneten Spiegellagen in Form von Isolinien und die gemessenen Spiegellagen durch eine Interpolation aus den Pegelmeßwerten im Vergleich dargestellt. Zusätzlich sind in Abb. 33 auch die Meßstellen, an denen der Grundwasserspiegel gemessen wurde dargestellt. An den Modellrändern sind die Zu- und Abflüsse in l/s und ihre Richtung als Normale auf die Isolinien eingezeichnet. Zur Orientierung sind die Autobahn A9 und die Südbahn der ÖBB dargestellt.

Generell zeigt der Vergleich zwischen gemessenen und berechneten Grundwasserspiegellagen im gesamten Modellgebiet eine gute Übereinstimmung (Tab. 8, Abb. 33). Die im gerechneten Zustand etwas höheren Grundwasserspiegel im Bereich der Förderbrunnen sind auf den noch nicht voll stationären Ruhewasserspiegel zurückzuführen. Knicke in den berechneten Isohypsen an den Modellrändern sind auf die Annahme einer linearen Verteilung der Randpotentiale zurückzuführen, haben aber keinen relevanten Einfluß auf das Gesamtergebnis. Eine exakte Beurteilung der Abweichungen zwischen Messung und Rechnung ist nur an den gemessenen Kontrollpegeln zulässig (Tab. 8). Aus den Zu- und Abflüssen in Abb. 33 (die Klammern beziehen sich auf Zu- bzw. Abflüsse am Modellrand zwischen gemessenen Pegelstellen) ist erkennbar, daß der Hauptzustrom in das Modellgebiet aus dem NW erfolgt. Durch den Aquiferquerschnitt an der größten Breite des Modellgebietes strömen etwa 340 l/s. Die Zuflüsse am östlichen Modellrand stammen aus dem angrenzenden Aquifer und sind nicht als Abstrom aus der Kaiserwaldterrasse zu werten.

Tab. 8: Differenzen der berechneten und gemessenen Spiegellage für die Variante 30. 6. 1993.

Differenzen - Kalibriervariante RWSP 30.6.93				
Meßstellen- Bezeichnung	FE- Knoten	GWSP [müA] gemessen	GWSP [müA] gerechnet	Differenzen [cm]
'129'	2551 R	305.38		
'336'	2169 K	307.93	307.63	-30
'35742'	2191 K	309.99	310.14	15
'50'	2320 R	306.81		
'88'	2179 K	308.59	308.64	5
'B1'	269 K	313.47	313.57	10
'B2'	267 K	313.51	313.60	9
'B7'	295 K	313.72	313.81	9
'BR3536'	224 R	325.29		
'BR35421'	822 R	317.79		
'BR3544'	35 R	322.10		
'BR35445'	27 K	322.36	322.09	-27
'BR3546'	7 R	325.64		
'BR35465'	51 R	325.73		
'BR35481'	17 K	323.17	322.99	-18
'BR3552'	777 K	318.28	318.08	-20
'BR35541'	617 R	312.50		
'BR3556'	1 R	326.76		
'BR3564'	1035 K	317.76	317.72	-4
'BR3566'	1047 K	314.92	315.09	17
'BR35662'	2090 K	311.13	311.14	1
'BR35668'	277 K	313.91	314.07	16
'BR3568'	1025 K	320.01	319.81	-20
'BR35701'	628 R	310.29		
'BR3572'	1430 K	316.36	316.33	-3
'BR35741'	1355 K	312.81	313.05	24
'BR3576'	1647 K	317.40	317.22	-18
'BR3578'	2143 K	310.29	310.24	-5
'BR35803'	2595 K	306.28	306.46	18
'BR35804'	2557 R	305.14		
'BR3582'	1815 R			0
'BR35821'	1825 R	316.58		
'BR3584'	2543 R	303.51		
'BR3586'	1850 R	312.62		
'BR35904'	2151 K	307.68	307.77	9
'BR3596'	1862 R	310.55		
'BR36021'	2487 R	303.28		
'IV'	43 K	324.45	324.21	-24
'K74'	1604 K	314.53	314.56	3
'KBR540'	908 K	317.00	316.98	-2
'KBR543'	452 K	314.70	314.64	-6
'KBR545'	586 K	314.01	314.16	15
'KBR548'	523 K	314.13	314.24	11
'KBR549'	353 K	313.76	313.89	13
'KBR551'	345 K	312.46	312.95	49
'KBR554'	341 K	312.29	312.60	31
'KBR555'	333 K	311.89	312.08	19
'KBR557'	573 K	315.41	315.19	-22
'KBR559'	325 K	312.03	312.54	51
'KBR563'	1365 K	312.20	312.25	5
'KBR570'	31 K	321.83	322.28	45
'KBR571'	759 R	319.13		
'KBR572'	943 K	319.88	319.83	-5
'KBR573'	843 K	317.04	316.96	-8
'L96'	1428 R	325.63		
'PM'	315 K	313.11	313.25	14
'PU'	1363 K	312.14	312.31	17
'VFB1'	257 K	314.08	314.06	-2
'VFB1A'	253 K	314.27	314.35	8
'VFB2'	279 K	314.11	314.24	13
'VI'	757 K	318.60	318.62	2
'Vla'	831 K	318.41	318.37	-4

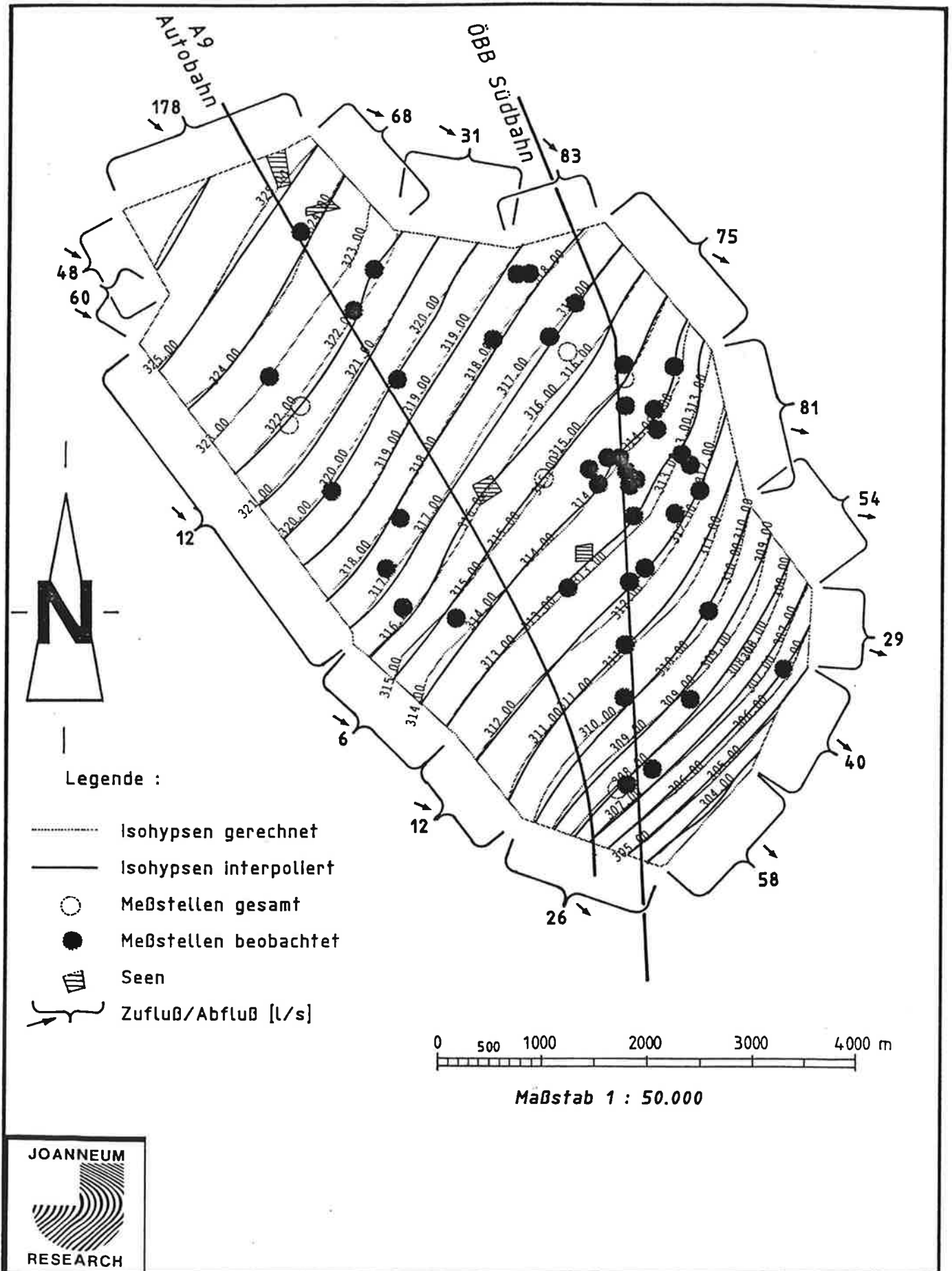


Abb. 33: Darstellung der Kalibrierergebnisse für den Ruhewasserspiegel vom 30. 6. 1993.

Kalibriervariante / Pumpversuch 17. August 1993 ($Q = 92.49 \text{ l/s}$)

Diese Variante wurde deshalb als Kalibriervariante ausgewählt, weil sie am ehesten einem theoretischen Stationärzustand entspricht und eine große Anzahl von gemessenen GW-Spiegellagen für die Kontrolle zur Verfügung standen. Die Spiegellagen wurden an diesem Termin gemessen, nachdem vom 6. Juli 1993 bis zum 17. August 1993 zumindest 92.4 l/s dauernd durch die Brunnen VFBI, VFBIA und VFBII entnommen wurden und die Entnahme ab dem 3. August 1993 nicht mehr verändert wurde.

Analog zu den Darstellungen der Kalibriervariante 30. 6. 1993 sind in Tab. 9 und in Abb. 34 die Ergebnisse dieser Kalibriervariante dargestellt. Zusätzlich wurde in Abb. 34 das Einzugsgebiet der Brunnenanlage Kalsdorf bei der gegebenen Pumprate und stationärem Strömungszustand eingezeichnet. Eine detaillierte Darstellung des Verlaufes der Einzugsgebietsgrenze im Nahbereich der Förderbrunnen sowie der Grundwasserströmungsrichtung (Richtung der Pfeile) und der Relationen der Grundwasserströmungsgeschwindigkeit (Länge der Pfeile) sind in Abb. 35 dargestellt.

Ebenso wie die Kalibriervariante Ruhewasserspiegel vom 30. 6. 1993 zeigt auch die Kalibriervariante Pumpbetrieb vom 17. 8. 1993 im gesamten eine gute Übereinstimmung zwischen den gemessenen und den berechneten Grundwasserspiegellagen (Tab. 9 und Abb. 34). Die gegenüber den gemessenen Werten größeren Absenkungen im brunnennahen Bereich erklären sich aus dem Unterschied zwischen praktischem Pumpversuch und theoretischem Stationärzustand. Die Spiegeldifferenz von $+52 \text{ cm}$ im bepumpte Brunnen VFBII (Tab. 9) ist auf Effekte des Pumpbetriebes an dem Brunnen zurückzuführen. An bepumpte Brunnen sind direkte Vergleiche der Meßergebnisse und der berechneten Spiegellagen unzulässig. Die Abweichungen im Bereich des Laabaches (vgl. dazu Abb. 1) zeigen eine Interaktion dieses Baches mit dem Grundwasser, die nicht quantifizierbar ist, aber keinen relevanten Einfluß auf das Ergebnis der Modellierung hinsichtlich der Fragestellung hat.

Wie in Abb. 35 erkennbar, werden die Ergebnisse des Markierungsversuches (siehe Kap. 4.3) durch die Berechnungen des Grundwassermodelles exakt wiedergegeben. Ein Anströmen der Brunnen aus dem Bereich der Meßstelle 35668 kann aufgrund des Markierungsversuches ausgeschlossen werden. Betrachtet man das Strömungsbild in Abb. 35, so ist klar ersichtlich, daß das Grundwasser im Bereich der Eingabestelle des Tracers durch den Einfluß des Pumpversuches von N nach S strömt und südlich davon wieder die ursprüngliche Strömungsrichtung (NW-SE) einnimmt. Das Einzugsgebiet der Brunnen Kalsdorf verbleibt bei einer Entnahme von $\sim 100 \text{ l/s}$ auch bei stationären Strömungsbedingungen (d.h. nach unendlicher Pumpzeit) jedenfalls westlich der Gleisanlagen der ÖBB und innerhalb der Grenzen des ausgewiesenen Schutzgebietes.

Tab. 9: Differenzen der berechneten und gemessenen Spiegellage für die Variante 17. 8. 1993.

Differenzen - Kalibriervariante 17.8.93				
Meßstellen- Bezeichnung	FE- Knoten	GWSP [müA] gemessen	GWSP [müA] gerechnet	Differenzen [cm]
'129'	2551 R	305.31		
'50'	2320 R	306.81		
'88'	2179 K	308.42	308.36	-6
'B1'	269 K	312.75	312.64	-11
'B2'	267 K	312.76	312.63	-13
'B7'	295 K	312.87	312.79	-8
'BR3536'	224 R	325.30		
'BR35421'	822 R	317.87		
'BR35445'	27 K	322.36	322.06	-30
'BR3546'	7 R	325.50		
'BR35465'	51 R	326.03		
'BR35481'	17 K	323.04	322.93	-11
'BR3552'	777 K	317.89	317.85	-4
'BR35541'	617 R	312.96		
'BR3556'	1 R			
'BR3564'	1035 K	317.64	317.47	-17
'BR35662'	2090 K	310.90	310.71	-19
'BR35668'	277 K	313.05	312.99	-6
'BR3568'	1025 K	319.90	319.70	-20
'BR35701'	628 R	310.45		
'BR3572'	1430 K	316.26	316.11	-15
'BR35741'	1355 K	312.47	312.45	-2
'BR35742'	2191 K	309.79	309.79	0
'BR3576'	1647 K	317.22	317.00	-22
'BR3578'	2143 K	309.92	309.91	-1
'BR35803'	2595 K	306.22	306.35	13
'BR35804'	2557 R	305.14		
'BR3582'	1815 R	317.08		
'BR35821'	1825 R	316.50		
'BR3584'	2543 R	303.46		
'BR3586'	1850 R	312.70		
'BR3596'	1862 R	310.40		
'BR36021'	2487 R	303.16		
'IV'	43 K	324.36	324.26	-10
'K74'	1604 K	314.37	314.22	-15
'KBR540'	908 K	316.87	316.84	-3
'KBR545'	586 K	314.00	313.93	-7
'KBR548'	523 K	313.93	313.67	-26
'KBR549'	353 K	313.47	313.17	-30
'KBR554'	341 K	312.09	312.08	-1
'KBR559'	325 K	311.73	311.90	17
'KBR563'	1365 K	311.83	311.64	-19
'KBR570'	31 K	321.88	322.28	40
'KBR571'	759 R	319.08		
'KBR572'	943 K	319.77	319.68	-9
'KBR573'	843 K	316.84	316.70	-14
'L96'	1428 R	325.51		
'PM'	315 K	312.51	312.40	-11
'PU'	1363 K	311.81	311.71	-10
'VFB2'	279 K	312.23	312.75	52
'VI'	757 K	318.48	318.54	6
'Via'	831 K	318.32	318.28	-4

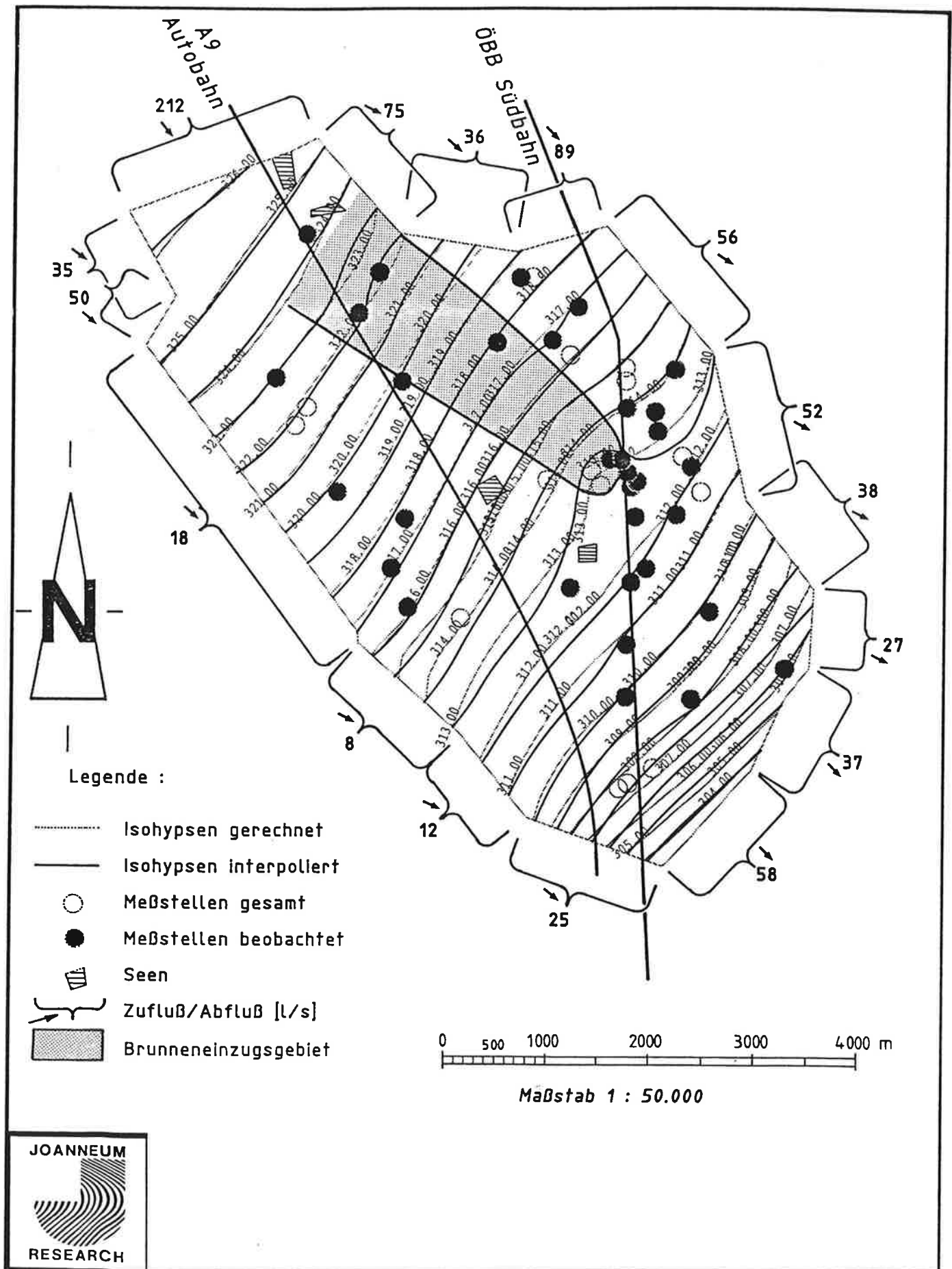
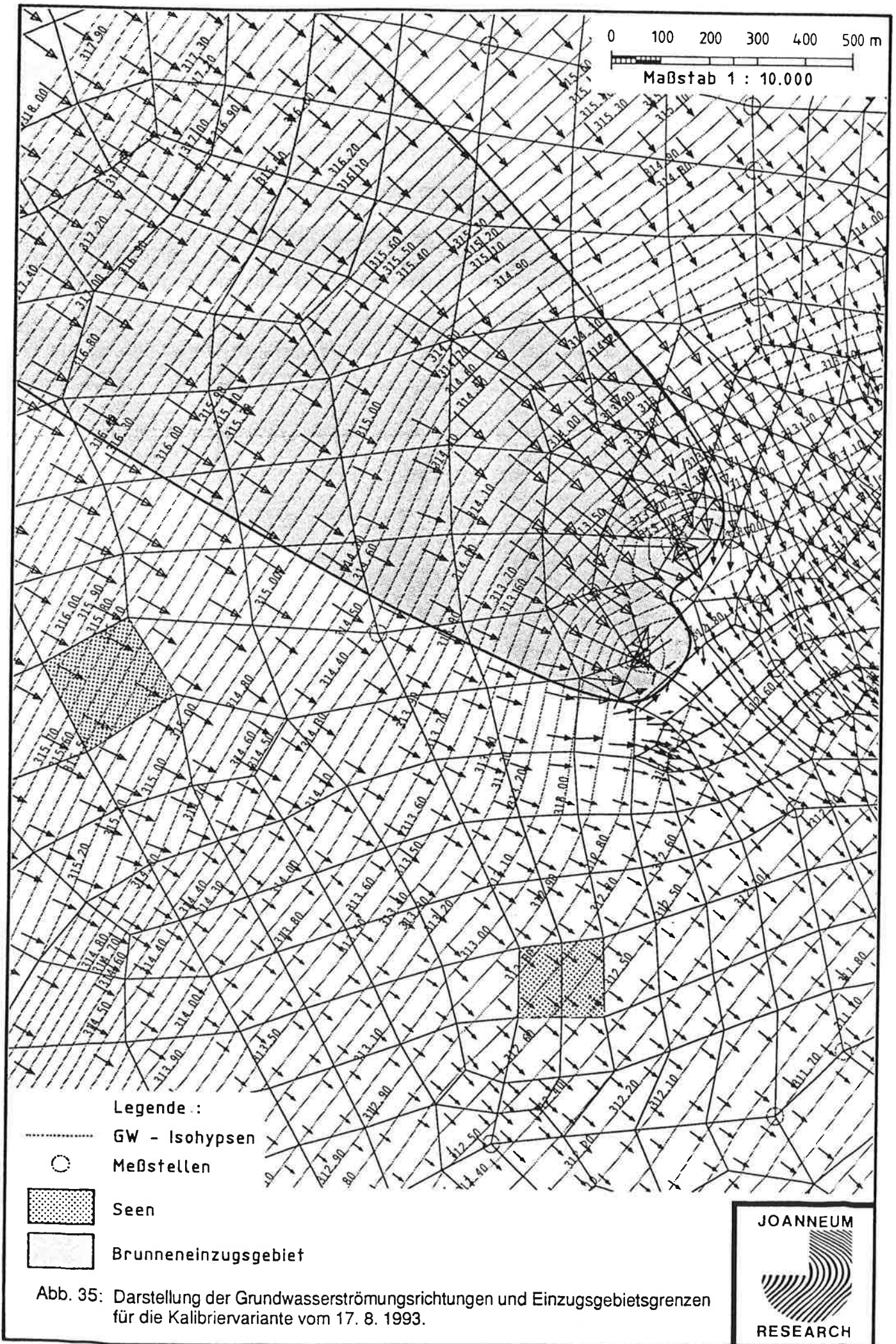
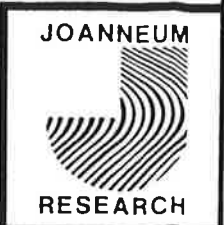


Abb. 34: Darstellung der Kalibrierergebnisse der Pumpvariante vom 17. 8. 1993.



- Legende :
- GW - Isohypsen
 - Meßstellen
 - ▨ Seen
 - ▨ Brunneneinzugsgebiet

Abb. 35: Darstellung der Grundwasserströmungsrichtungen und Einzugsgebietsgrenzen für die Kalibriervariante vom 17. 8. 1993.



5.6.4. KONTROLLVARIANTEN

Als Kontrollvarianten wurden zwei historische niedrige Grundwasserstände, ein historischer hoher Grundwasserstand, sowie der Zustand mit maximaler Pumprate von 127.9 l/s aus dem Pumpversuch herangezogen. Die Ergebnisse dieser Berechnungen im Vergleich zu den gemessenen Spiegellagen sind analog den Ergebnissen der Kalibriervarianten in den Tab. 10 (13. 02. 1978 NGW) , Tab. 11 (25. 02. 1985 NGW), Tab. 12 (2. 12. 1991 HGW) und Tab.13 (3. 8. 1993, max. Pumpstufe Q = 127.9 l/s) und in den dazugehörigen Abb. 36, Abb. 37, Abb. 38, Abb. 39 und Abb. 40 zusammengefaßt.

Tab. 10: Differenzen der berechneten und gemessenen Spiegellage für die Variante 13. 2. 1978.

Differenzen - Kontrollvariante NGW 13.2.78				
Meßstellen- Bezeichnung	FE- Knoten	GWSP [müA] gemessen	GWSP [müA] gerechnet	Differenzen [cm]
'BR3536'	224 R	324.74		
'BR35421'	822 R	317.37		
'BR3544'	35 R	321.47		
'BR3546'	7 R	325.19		
'BR35481'	17 K	322.85	322.59	-26
'BR3552'	777 K	317.51	317.68	17
'BR35541'	617 R	312.95		
'BR3556'	1 R	326.41		
'BR3564'	1035 K	317.52	317.42	-10
'BR3566'	1047 K	314.61	314.87	26
'BR35668'	277 K	313.74	313.91	17
'BR3568'	1025 K	319.89	319.51	-38
'BR35701'	628 R	310.52		
'BR3572'	1430 K	316.25	316.09	-16
'BR35741'	1355 K	312.59	312.92	33
'BR35742'	2191 K	309.86	310.16	30
'BR3576'	1647 K	317.39	316.95	-44
'BR3578'	2143 K	310.03	310.19	16
'BR3582'	1815 R	316.60		
'BR3584'	2543 R	303.99		
'BR35902'	1884 K	307.92	307.77	-15
'BR3592'	2320 R	307.02		
'BR3596'	1862 R	310.23		
'BR36021'	2487 R	303.10		

Generell zeigen die zur Kontrolle herangezogenen Varianten eine gute Übereinstimmung der berechneten mit den gemessenen Spiegellagen. Geringfügige Abweichungen können hierbei auf die unterschiedliche Datenlage (v.a. bei den historischen Zuständen) und Instationaritäten zurückgeführt werden. Beim Kontrollzustand vom 2. 12. 1991, der einen hohen Grundwasserstand repräsentiert, sind aufgrund des extrem instationären Strömungszustandes auch größere Abweichungen zu erwarten. Exakte Unterschiede zwischen gemessenen und berechneten Werten dürfen ausschließlich an den, für die Variante gültigen Zeitpunkt, gemessenen Grundwasserpegeln bewertet werden. Im Vergleich mit den übrigen Kalibrier- und Kontrollzuständen zeigt sich aber bei diesem Zustand sehr deutlich die hohe Stabilität der Grundwasserströmungsrichtung, die bei unterschiedlichen Spiegellagen praktisch kein Verschwenken der Anströmrichtung der Brunnen zeigt.

Tab. 11: Differenzen der berechneten und gemessenen Spiegellage für die Variante 25. 2. 1985.

Differenzen - Kontrollvariante NGW 25.2.85				
Meßstellen- Bezeichnung	FE- Knoten	GWSP [müA] gemessen	GWSP [müA] gerechnet	Differenzen [cm]
'BR3536'	224 R	324.84		
'BR35421'	822 R	317.49		
'BR3544'	35 R	321.50		
'BR35445'	27 K	321.92	321.66	-26
'BR3546'	7 R	325.39		
'BR35465'	51 R	325.28		
'BR35481'	17 K	322.99	322.60	-39
'BR3552'	777 K	317.58	317.69	11
'BR35541'	617 R	312.89		
'BR3556'	1 R	326.50		
'BR3564'	1035 K	317.64	317.41	-23
'BR3566'	1047 K	314.68	314.87	19
'BR35662'	2090 K	311.03	311.06	3
'BR35667'	803 K	316.28	316.11	-17
'BR35668'	277 K	313.81	313.91	10
'BR3568'	1025 K	319.99	319.46	-53
'BR35701'	628 R	310.58		
'BR3572'	1430 K	316.45	316.13	-32
'BR35741'	1355 K	312.70	312.92	22
'BR35742'	2191 K	309.94	310.14	20
'BR3576'	1647 K	317.42	316.96	-46
'BR3578'	2143 K	310.16	310.16	0
'BR35803'	2595 K	306.44	306.41	-3
'BR35804'	2557 R	305.31		
'BR35821'	1825 R	316.53		
'BR3584'	2543 R	303.58		
'BR3586'	1850 R	312.64		
'BR3592'	2320 R	307.13		
'BR3596'	1862 R	310.47		
'BR36021'	2487 R	303.19		
'KBR540'	908 K	316.66	316.65	-1
'KBR543'	452 K	314.59	314.46	-13
'KBR545'	586 K	313.99	314.00	1
'KBR546'	575 K	313.67	314.81	114
'KBR548'	523 K	314.07	314.08	1
'KBR549'	353 K	313.72	313.75	3
'KBR551'	345 K	312.69	312.89	20
'KBR554'	341 K	312.32	312.58	26
'KBR555'	333 K	311.95	312.10	15
'KBR557'	573 K	315.25	314.97	-28
'KBR559'	325 K	312.04	312.50	46
'VFB1A'	253 K	314.14	314.17	3

Tab. 12: Differenzen der berechneten und gemessenen Spiegellage für die Variante 2. 12. 1991.

Differenzen - Kontrollvariante HGW 2.12.91				
Meßstellen- Bezeichnung	FE- Knoten	GWSP [müA] gemessen	GWSP [müA] gerechnet	Differenzen [cm]
'BR3536'	224 R	326.66		
'BR35421'	822 R	319.10		
'BR3544'	35 R	323.59		
'BR35445'	27 K	323.80	323.58	-22
'BR3546'	7 R	327.35		
'BR35465'	51 R	327.17		
'BR35481'	17 K	324.17	324.46	29
'BR3552'	777 K	319.79	319.49	-30
'BR35541'	617 R	313.50		
'BR3556'	1 R	328.70		
'BR3564'	1035 K	319.18	319.10	-8
'BR3566'	1047 K	316.49	316.33	-16
'BR35662'	2090 K	312.61	312.13	-48
'BR35667'	803 K	318.30	317.65	-65
'BR35668'	277 K	315.12	315.17	5
'BR3568'	1025 K	321.28	321.17	-11
'BR35701'	628 R	311.29		
'BR3572'	1430 K	317.43	317.72	29
'BR35741'	1355 K	314.37	314.18	-19
'BR35742'	2191 K	311.20	310.98	-22
'BR3576'	1647 K	318.54	318.59	5
'BR3578'	2143 K	311.74	311.22	-52
'BR35803'	2595 K	306.80	306.80	0
'BR35804'	2557 R	305.48		
'BR35821'	1825 R	317.96		
'BR3584'	2543 R	304.16		
'BR3586'	1850 R	313.57		
'BR35904'	2151 K	309.39	308.82	-57
'BR3592'	2320 R	307.19		
'BR3596'	1862 R	312.00		
'BR36021'	2487 R	304.45		
'KBR540'	908 K	318.70	318.25	-45
'KBR543'	452 K	316.32	315.72	-60
'KBR545'	586 K	315.37	315.01	-36
'KBR548'	523 K	315.54	315.26	-28
'KBR549'	353 K	315.26	314.93	-33
'KBR551'	345 K	313.80	313.95	15
'KBR554'	341 K	313.61	313.59	-2
'KBR555'	333 K	313.21	313.06	-15
'KBR557'	573 K	317.03	316.26	-77
'KBR559'	325 K	313.49	313.55	6
'KBR563'	1365 K	313.76	313.26	-50
'KBR570'	31 K	323.40	323.76	36
'KBR571'	759 R	320.74		
'KBR572'	943 K	321.61	321.27	-34
'KBR573'	843 K	318.64	318.26	-38

Tab. 13: Differenzen der berechneten und gemessenen Spiegellage für die Variante 3. 8. 1993.

Differenzen - Kontrollvariante max. Pumprate 3.8.93				
Meßstellen- Bezeichnung	FE- Knoten	GWSP [müA] gemessen	GWSP [müA] gerechnet	Differenzen [cm]
'129'	2551 R	305.33		
'336'	2169 K	307.83	307.34	-49
'50'	2320 R	306.82		
'88'	2179 K	308.48	307.24	-124
'B1'	269 K	312.75	312.25	-50
'B2'	267 K	312.76	312.23	-53
'B7'	295 K	312.85	312.37	-48
'BR3536'	224 R	325.27		
'BR35421'	822 R	317.84		
'BR3544'	35 R	322.19		
'BR3546'	7 R	325.54		
'BR35465'	51 R	326.00		
'BR35481'	17 K	323.06	322.86	-20
'BR3552'	777 K	317.92	317.73	-19
'BR35541'	617 R	312.95		
'BR3556'	1 R			
'BR3564'	1035 K	317.66	317.32	-34
'BR3566'	1047 K	314.53	313.95	-58
'BR35662'	2090 K	310.96	310.52	-44
'BR35668'	277 K	313.02	312.56	-46
'BR3568'	1025 K	319.91	319.61	-30
'BR35701'	628 R	310.45		
'BR3572'	1430 K	316.21	315.99	-22
'BR35741'	1355 K	312.55	312.17	-38
'BR35742'	2191 K	309.86	309.64	-22
'BR3576'	1647 K	317.28	316.88	-40
'BR3578'	2143 K	310.18	309.75	-43
'BR35803'	2595 K	306.23	306.32	9
'BR35804'	2557 R	305.14		
'BR35821'	1825 R	316.50		
'BR3584'	2543 R	303.47		
'BR3586'	1850 R	312.58		
'BR35904'	2151 K	307.76	307.51	-25
'BR3596'	1862 R	310.41		
'BR36021'	2487 R	303.18		
'IV'	43 K	324.35	324.18	-17
'K74'	1604 K	314.41	314.04	-37
'KBR540'	908 K	316.90	316.75	-15
'KBR543'	452 K	314.37	313.72	-65
'KBR545'	586 K	314.02	313.83	-19
'KBR548'	523 K	313.97	313.42	-55
'KBR549'	353 K	313.50	312.87	-63
'KBR554'	341 K	312.15	311.84	-31
'KBR559'	325 K	311.80	311.62	-18
'KBR563'	1365 K	311.91	311.37	-54
'KBR570'	31 K	321.78	322.24	46
'KBR571'	759 R	319.06		
'KBR572'	943 K	319.80	319.57	-23
'KBR573'	843 K	316.91	316.56	-35
'L96'	1428 R	325.56		
'PM'	315 K	312.55	312.03	-52
'PU'	1363 K	311.90	311.43	-47
'VFB1'	257 K	309.14	312.05	291
'VI'	757 K	318.50	318.49	-1
'VIa'	831 K	318.33	318.23	-10

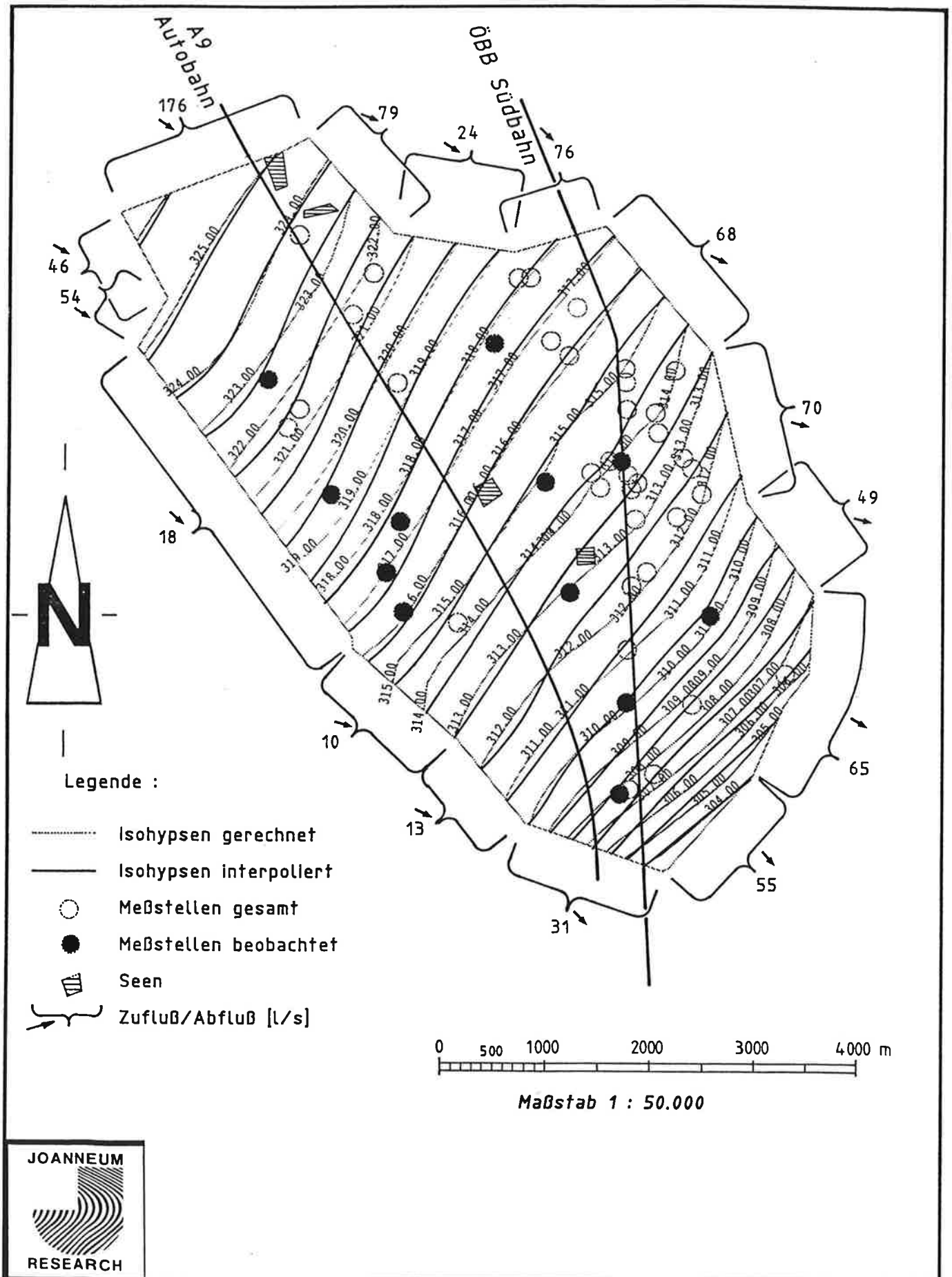


Abb. 36: Darstellung der Kontrollergebnisse der historischen Variante vom 13. 2. 1978 (NGW).

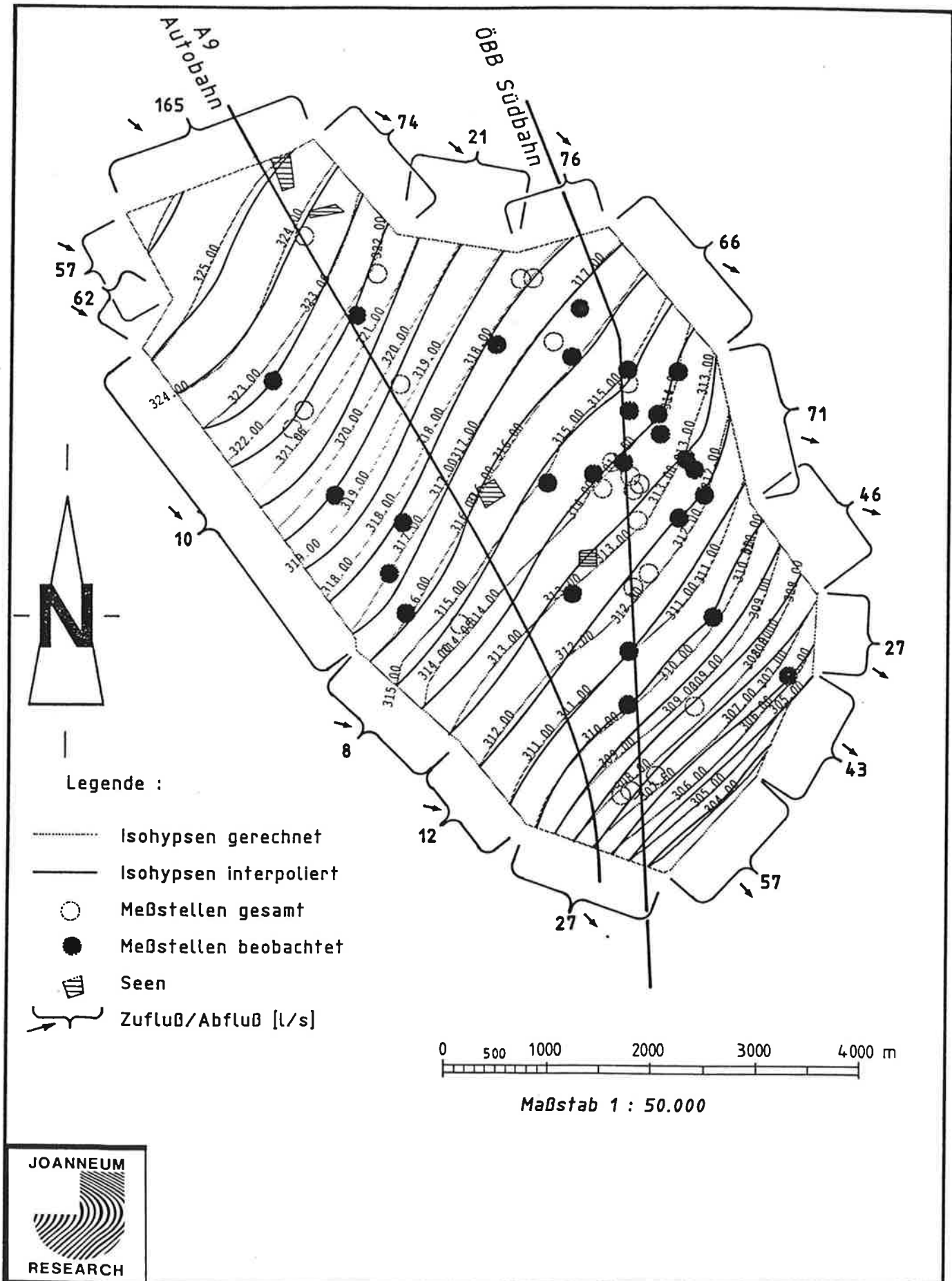


Abb. 37: Darstellung der Kontrollergebnisse der historischen Variante vom 25. 2. 1985 (NGW)

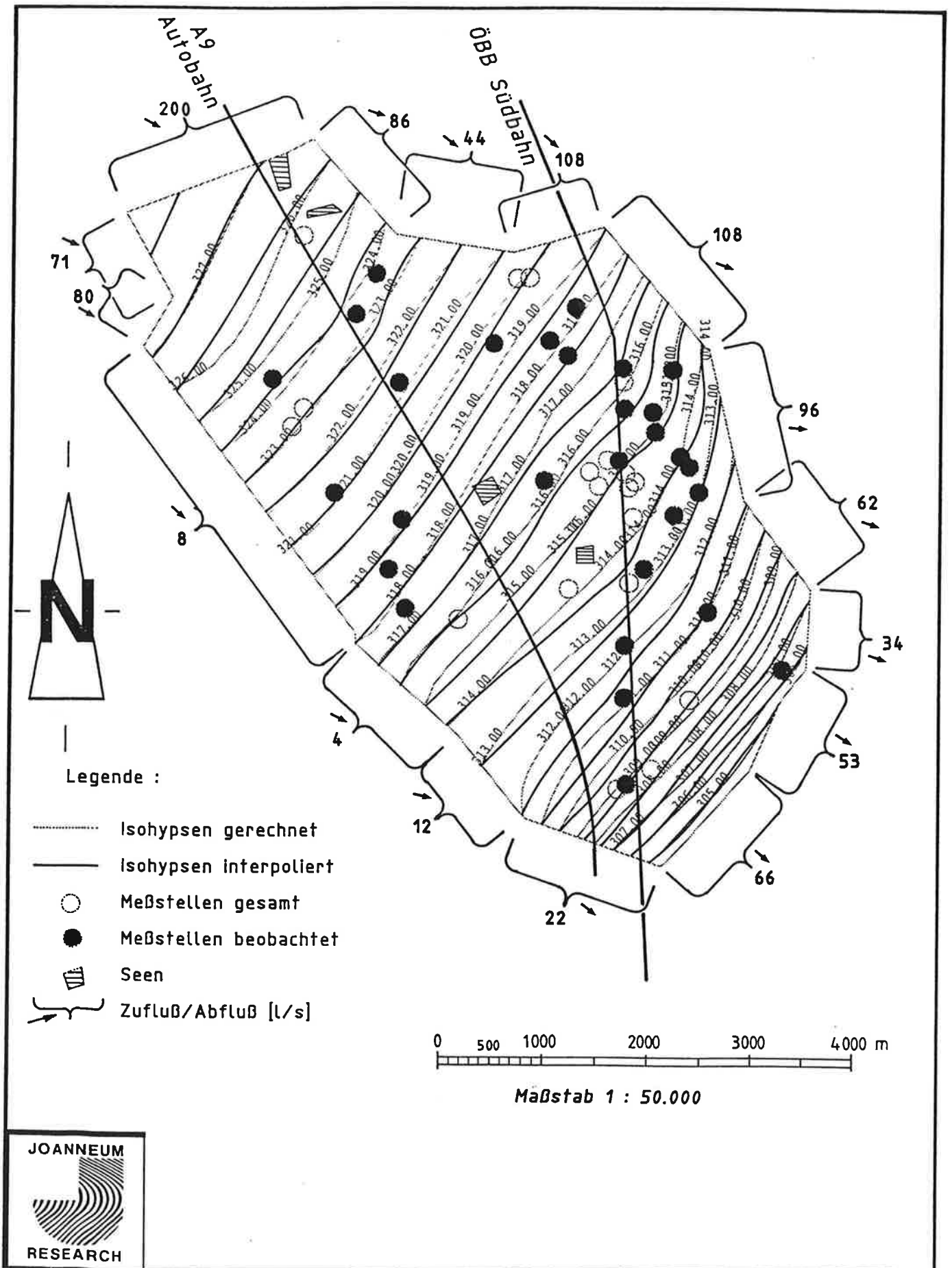


Abb. 38: Darstellung der Kontrollergebnisse der historischen Variante vom 2. 12. 1991 (HW).

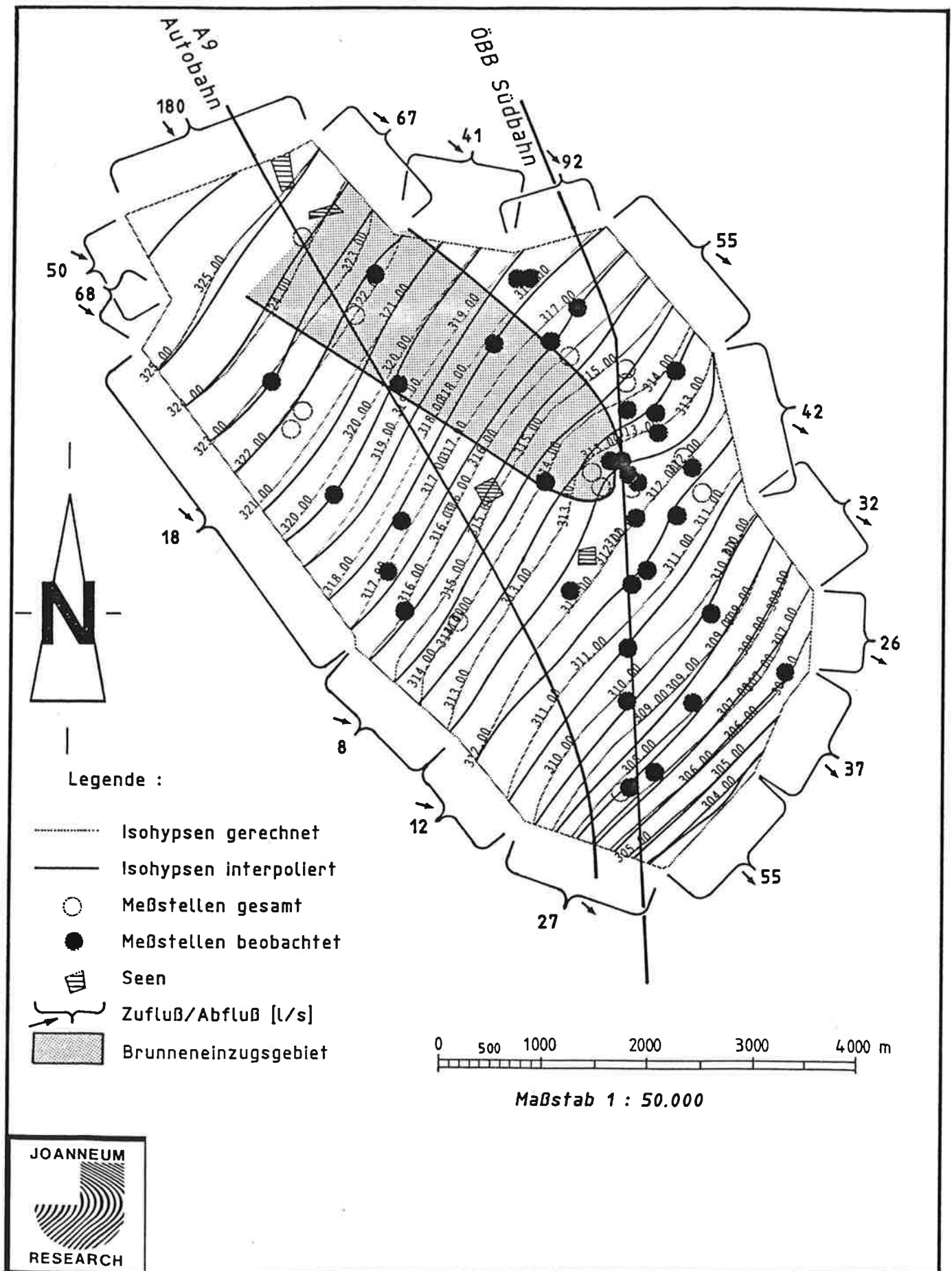
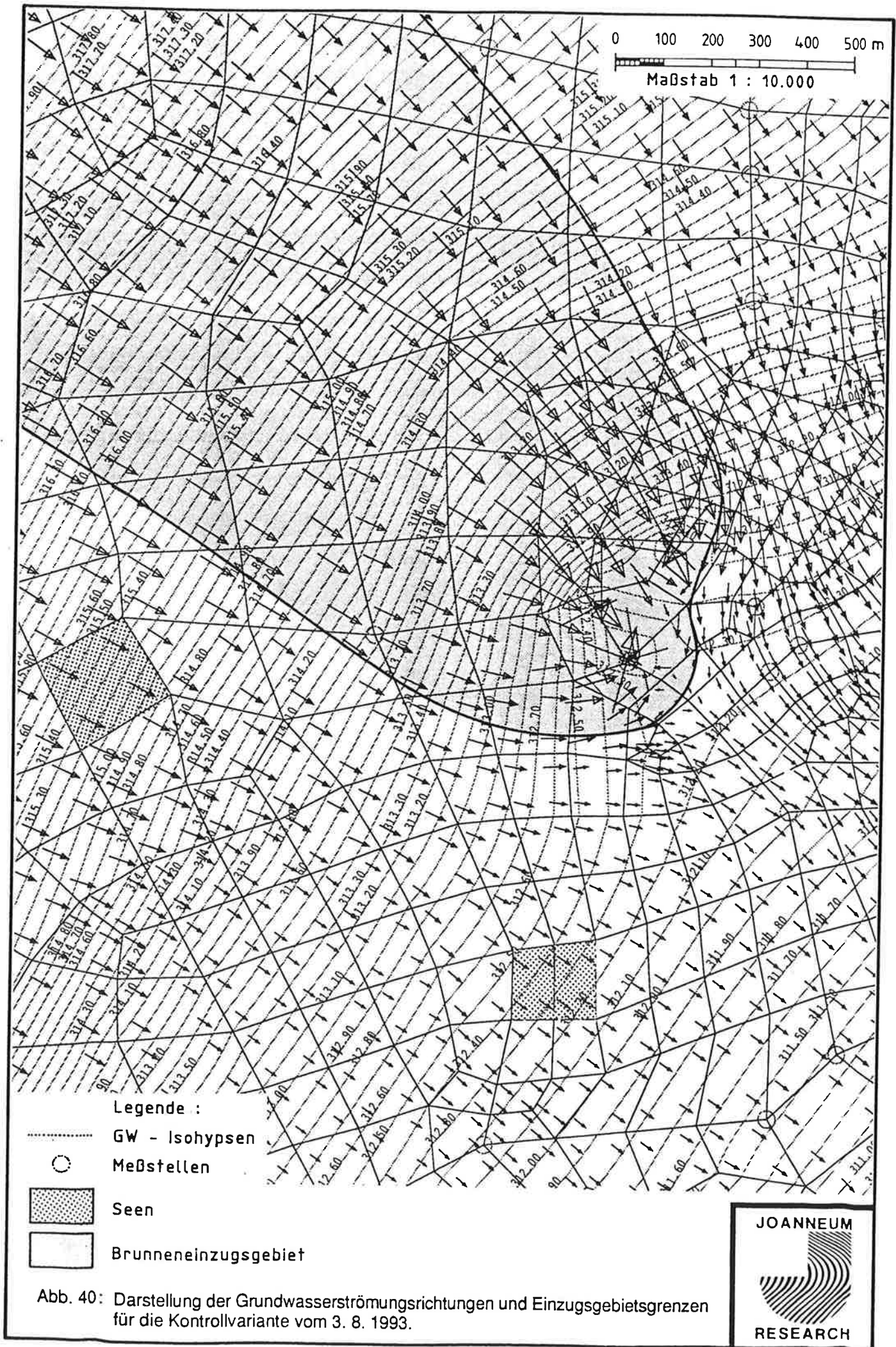


Abb. 39: Darstellung der Kontrollergebnisse der Variante vom 3. 8. 1993 (max. Pumprate, $Q = 127.9 \text{ l/s}$).



Legende :

- GW - Isohypsen
- Meßstellen
- ▨ Seen
- ▭ Brunneneinzugsgebiet

Abb. 40: Darstellung der Grundwasserströmungsrichtungen und Einzugsgebietsgrenzen für die Kontrollvariante vom 3. 8. 1993.



Bei der Kontrollvariante max. Pumpbetrieb vom 3. August 1993 ist aus den Ganglinien der Pegel im Brunnenbereich (siehe Anhang B) deutlich ersichtlich, daß ein stationärer Strömungszustand zu diesem Zeitpunkt noch nicht erreicht war. Aus Abschätzungen wurde ermittelt, daß die Spiegellagen bei Stationärzustand wesentlich tiefer liegen müssen. Diese Erkenntnisse werden durch die Kontrollvariante vom 3. August 1993 bestätigt, wo die berechneten Spiegellagen im durch den Pumpbetrieb beeinflussten Bereich um etwa 50 cm tiefer liegen als die zu diesem Zeitpunkt gemessenen (Tab. 13 und Abb. 39).

Das Einzugsgebiet der Brunnen der WVA Kalsdorf reicht auch bei dieser maximalen Pumprate, bei der im Zuge des Pumpversuches kein stationärer Strömungszustand erreicht werden konnte (Kap. 4.2), nach den Ergebnissen der Modellrechnung (Stationärzustand) nicht über die Gleisanlagen der ÖBB hinaus (Abb. 40) und verbleibt innerhalb des eingezäunten Schutzgebietes, was auch durch die Ergebnisse des Markierungsversuches bestätigt wird (Kap. 4.3).

5.7. GÜTE UND GENAUIGKEIT DER MODELLAUSSAGEN

Wie im Detail bereits beschrieben (Kap. 5.6) ist die Kalibrierung des Grundwasserströmungsmodells für die zu beantwortende Fragestellung ausreichend genau, um damit unterschiedliche Betriebszustände des Wasserwerkes Kalsdorf und deren Auswirkungen hinsichtlich der Einzugsgebietsgrenzen zu prognostizieren. Im Detail sind aufgrund der unterschiedlichen Datenlage (speziell bzgl. der historischen Spiegellagen) und der Instationarität der Zustände v.a. im Bereich der Kontrollrechnungen größere Abweichungen zwischen Messung und Rechnung vorhanden. Auf eine genauere Kalibrierung wurde aber verzichtet, da sich durch eine noch detailliertere Aufgliederung der Materialverteilungen zwar lokal bessere Anpassungen einstellen, aber für die Fragestellung keinerlei weitere Verbesserung zu erwarten ist und die Erfassung der dafür zusätzlich notwendigen Daten einen enormen Aufwand an Zeit und Mittel erfordert hätte (Interaktion Laabach - Grundwasser, Interaktion offene Grundwasserflächen - Aquifer etc.). Naturgemäß konnten in jenen Meßstellen, wo die Meßdaten aus dem Pumpversuch durch Brunneneffekte mehr oder weniger stark beeinflusst waren (enorm hohe Absenkungen im Förderbrunnen VFBI), diese durch die Berechnungsergebnisse nicht bestätigt werden.

Aufgrund der zugrundeliegenden Konzeption des verwendeten Lösungsansatzes (stationäres Strömungsmodell) stellen die Aussagen den denkbar schlechtesten Fall dar. In der Natur werden stationäre Strömungen nur bei unendlicher Pumpzeit und fehlender Grundwasserneubildung erreicht. Das bedeutet, daß die tatsächliche Größe des Brunneneinzugsgebietes jedenfalls kleiner ist, als das berechnete, zumal die gewählten Kalibrier- und Prognosezustände extrem tiefen Grundwasserständen und damit schlechten Transmissivitätswerten des Aquifers entsprechen. Gerade im Bereich der unterstromigen Abgrenzung des Brunneneinzugsgebietes werden die Ergebnisse der Modellrechnung durch den durchgeführten Markierungsversuch zur Gänze bestätigt. Im

zentralen Bereich der Brunnenanlage ist der Durchlässigkeitsbeiwert aufgrund der noch nicht völligen Stationarität des Systems im Kalibrierzustand eher zu gut gewählt, sodaß das Brunneneinzugsgebiet in diesem Bereich für die gewählten Rahmenbedingungen eine Maximalausdehnung darstellt. Bezüglich der Prognoserechnungen (siehe folgendes Kapitel) kann festgestellt werden, daß jene Prognosen, die aufgrund der hydrogeologischen Situation (Chemie, Einzugsgebietsgrenzen, Gefährdungspotential für die Brunnenanlage etc.) als zulässige Betriebszustände ausgewiesen werden, innerhalb des kalibrierten Bereiches hinsichtlich unterschiedlicher Pumpraten und Spiegellagen liegen.

Sensitivitätsanalysen ergaben, daß Änderungen der Materialverteilung im Bereich der Wasserversorgungsanlage zwar unterschiedliche Wasserspiegelhöhen, aber keine signifikanten Unterschiede im Strömungsverhalten des Grundwassers bewirken. Auch bei leicht veränderten Materialwerten konnten durch die Modellrechnung die Ergebnisse des Markierungsversuches als Abgrenzung des unterstromigen Brunneneinzugsgebietes immer bestätigt werden.

5.8. SIMULATIONEN

Auf der Basis des kalibrierten Strömungszustandes vom 30. 6. 1993 (Ruhewasserspiegel) wurden 6 verschiedene Prognoserechnungen mit durchaus unterschiedlichen Fragestellungen gerechnet und im folgenden dargestellt.

Prognose 1: Zustand für maximalen Betrieb des Wasserwerkes Kalsdorf (Abb. 41 und Abb. 42).

Diese Prognoserechnung hat zum Ziel, die maximal mögliche Dauerentnahme aus den vorhandenen Brunnen der WVA Kalsdorf zu simulieren und aufgrund der Ergebnisse das Brunneneinzugsgebiet abzugrenzen. Als maximale Dauerentnahme, die knapp über der vorgeschlagenen Konsensmenge liegt, dient diese Variante auch als Grundlage für die Abgrenzung der Schutzzonen für das WW Kalsdorf. Für die Rechnung wurden folgende Fördermengen angenommen: VFBI 30 l/s, VFBIA 45 l/s und VFBII 45 l/s. Die Entnahme aus dem Brunnen VFBIA entspricht der Fördermenge durch die eingebaute Pumpe, die Fördermenge aus dem Brunnen VFBII wurde auf den Betrieb nur einer der beiden Pumpen ausgelegt, im Brunnen VFBI wurde die Entnahme aufgrund der extrem hohen, ausbaubedingten Absenkungen auf 30 l/s reduziert.

In Abb. 41 und Abb. 42 sind die Isolinien der Spiegellagen und das Brunneneinzugsgebiet bei der entsprechenden Fördermenge dargestellt. In Abb. 41 sind auch die Zu- und Abflüsse für das Modellgebiet bei diesem Zustand dargestellt. In Abb. 42 sind für den brunnennahen Bereich die Strömungsvektoren (Richtung und Relation der Geschwindigkeit) eingezeichnet. Zur Orientierung sind noch Autobahn, Eisenbahn und offene Grundwasserflächen eingezeichnet.

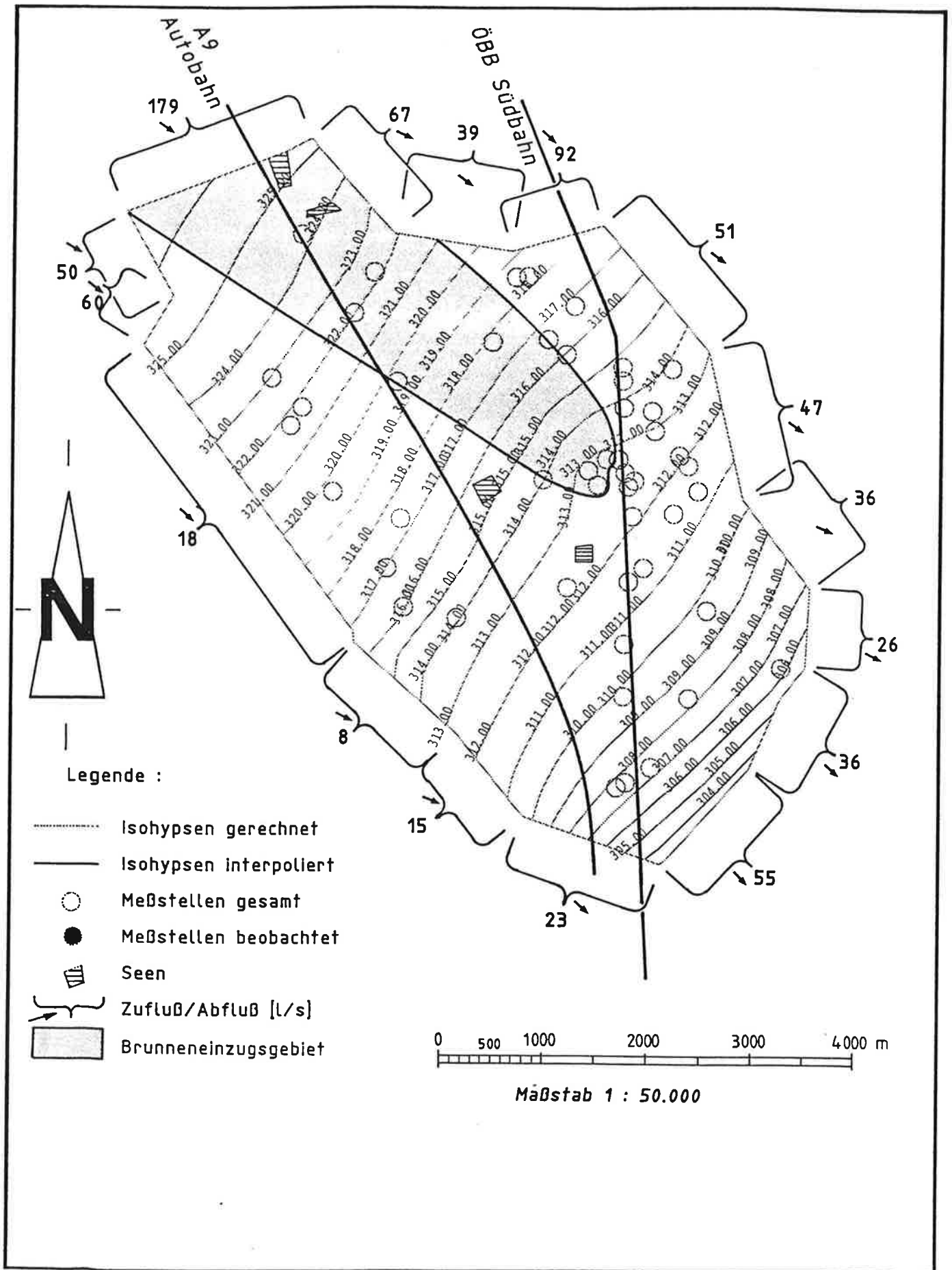


Abb. 41: Darstellung der Ergebnisse der Prognosevariante 1 ($Q = 120 \text{ l/s}$)

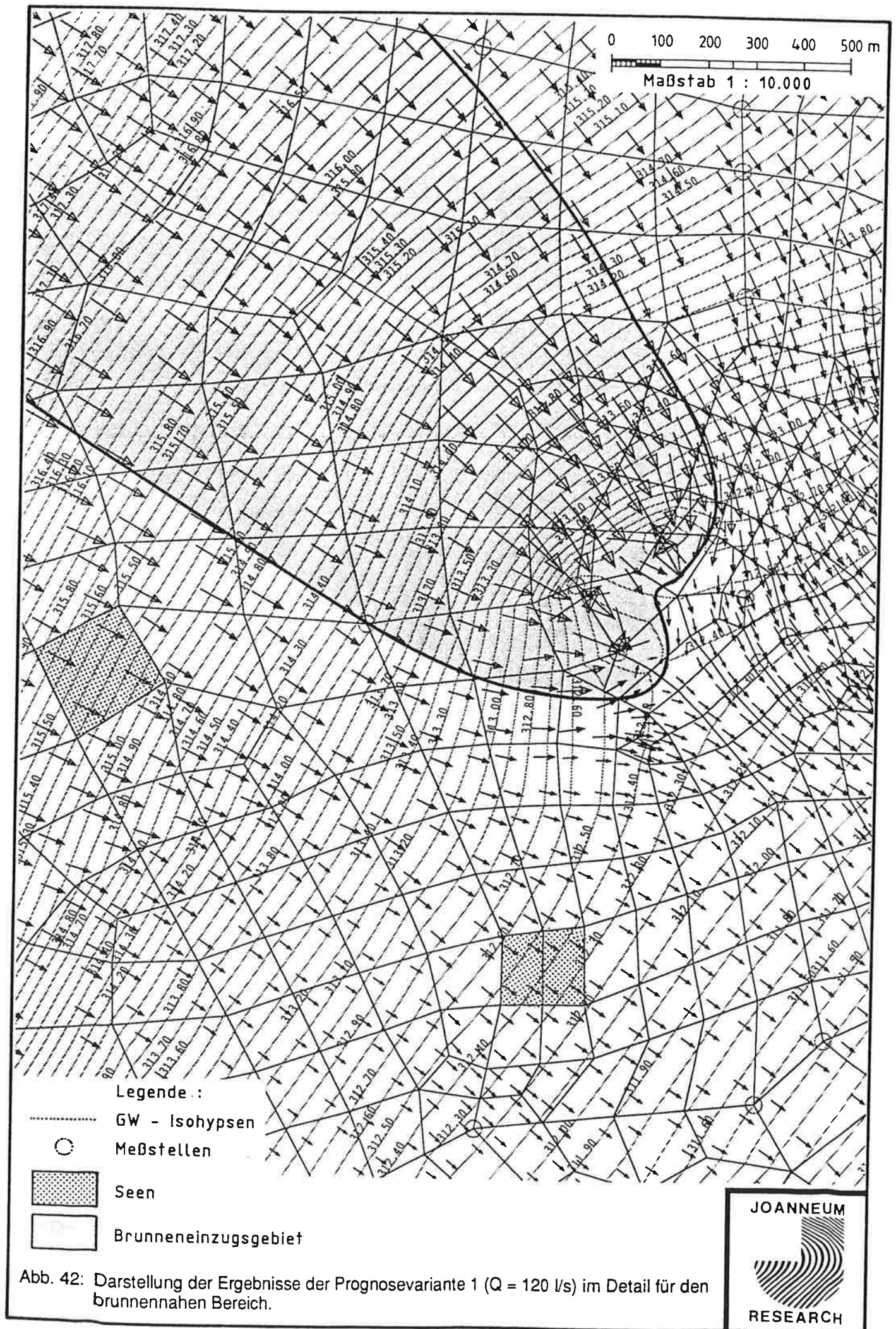


Abb. 42: Darstellung der Ergebnisse der Prognosevariante 1 ($Q = 120 \text{ l/s}$) im Detail für den brunnennahen Bereich.

Aus Abb. 41 in Vergleich mit Abb. 1 ist klar ersichtlich, daß bei dieser maximal zulässigen Betriebsvariante das Einzugsgebiet des Brunnens hinsichtlich seiner Gefährdungspotentiale nahezu ideal im südlichen Grazer Feld positioniert ist. Im NE werden die Altlasten und aktiven Mülldeponien im Raum westlich des Bahnhofes von Kalsdorf nicht berührt, im SE liegt das Brunneneinzugsgebiet nördlich der Siedlungszeile von Unterpremstätten, Bierbaum, Laa, Zettling und Kasten, ein Bereich der durch hohe chemische Belastung (Nitrat) gekennzeichnet ist (siehe Kap. 4.4.2). Im E reicht das Einzugsgebiet der Brunnen nicht bis an die Gleisanlagen der ÖBB heran, sondern verbleibt innerhalb des derzeit bereits eingezäunten engeren Schutzgebietes. Ein Teil des aus den Schwarzl-Freizeitteichen abströmenden Grundwassers kann allerdings randlich in das Brunneneinzugsgebiet eintreten.

Prognose 2: Zustand für Normalbetrieb des Wasserwerkes Kalsdorf (Abb. 43 und Abb. 44).

Diese Prognosevariante hat zum Ziel, das Strömungsverhalten des Grundwassers im Brunneneinzugsgebiet des WW Kalsdorf bei einer Entnahme von insgesamt 90 l/s aus den Brunnen VFBIa und VFBIb abzuklären. Die Entnahme aus dem Brunnen VFBI wurde mit 0 angesetzt, weil unter dieser Annahme das Brunneneinzugsgebiet im SW von den Belastungen durch die Siedlungsgebiete am weitesten entfernt ist. Die Ergebnisse der Prognoserechnung sind analog den Ergebnissen der Prognose 1 in den Abb. 43 und Abb. 44 dargestellt.

Gegenüber der Prognose 1 unterscheiden sich jene der Prognose 2 nur durch eine nördlichere Lage der südlichen Einzugsgebietsgrenze. Im Nahbereich der Brunnen verkleinert sich v.a. im SE das Brunneneinzugsgebiet. Aufgrund der vorhandenen chemischen Belastungen des Grundwassers sollte diese Variante eine Normalbetriebsvariante des WW Kalsdorf darstellen. Nur bei hohem Bedarf sollte Wasser aus dem Brunnen VFBI im Rahmen der Konsenswassermenge gefördert werden.

Prognose 3: Zustand für einen technisch maximal möglichen Betrieb des Wasserwerkes Kalsdorf (Abb. 45 und Abb. 46).

Diese Prognose stellt aufgrund der derzeitigen Pumpenanlagen und des Versorgungsnetzes eine maximale Fördervariante dar, wobei aus dem Brunnen VFBI 30 l/s, aus VFBIa 45 l/s und aus dem Brunnen VFBIb 80 l/s entnommen werden. Die Ergebnisse der Berechnungen sind analog denen der Prognose 1 in den Abb. 45 und Abb. 46 dokumentiert. Gegenüber den Ergebnissen in Prognose 1 und 2 zeigt sich eine extreme Ausweitung des Brunneneinzugsgebietes sowohl nach NE und SW, sodaß die Altlastflächen im Raum westlich des Bahnhofes Kalsdorf und auch die Siedlungszeile im SE in das Brunneneinzugsgebiet gelangen. Im Bereich der Eisenbahn greift das Brunneneinzugsgebiet über die Gleisanlagen nach E aus. In Summe gesehen ist diese Variante als Betriebsvariante des WW Kalsdorf auszuschließen.

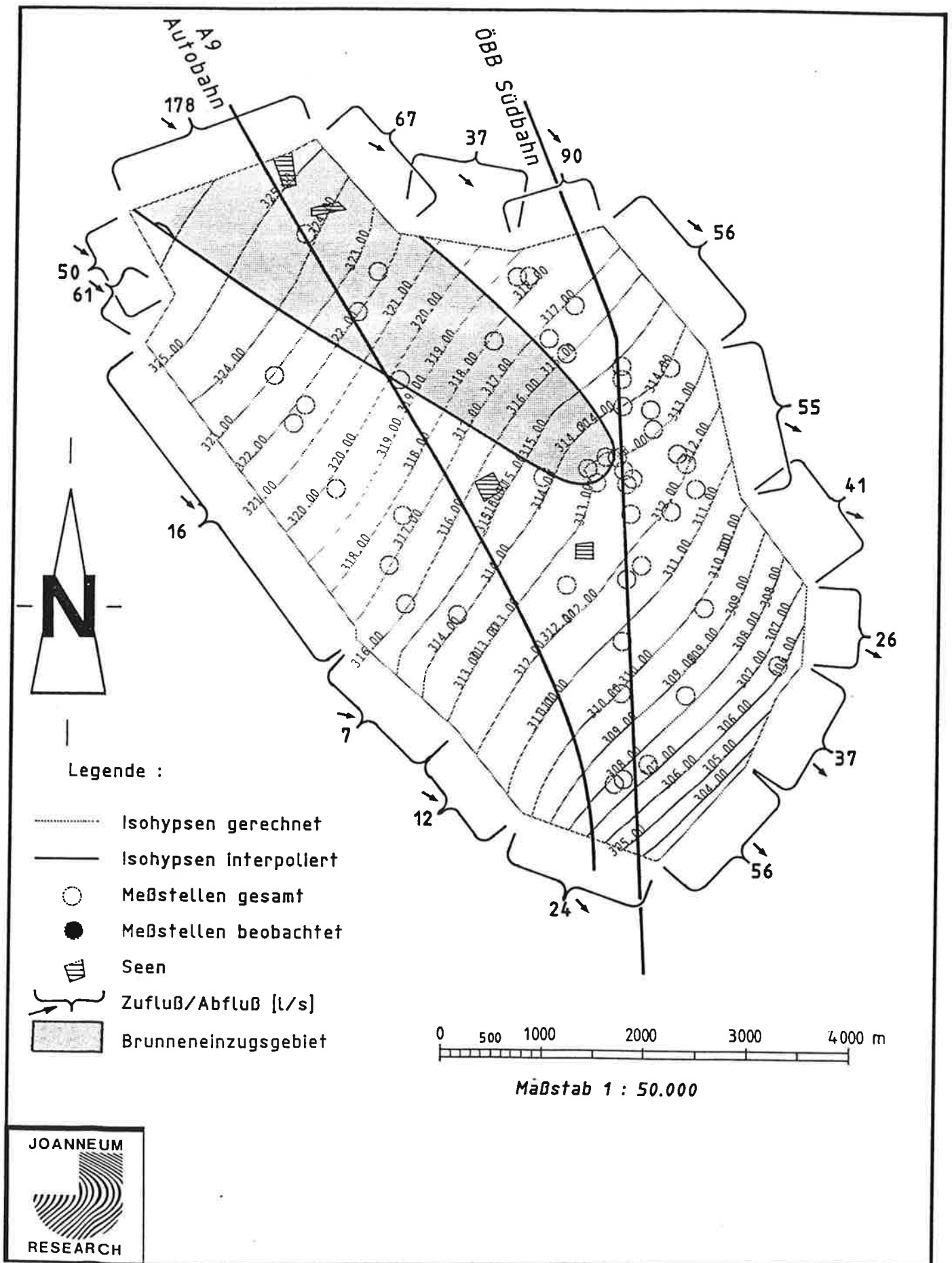


Abb. 43: Darstellung der Ergebnisse der Prognosevariante 2 (Q = 90 l/s)

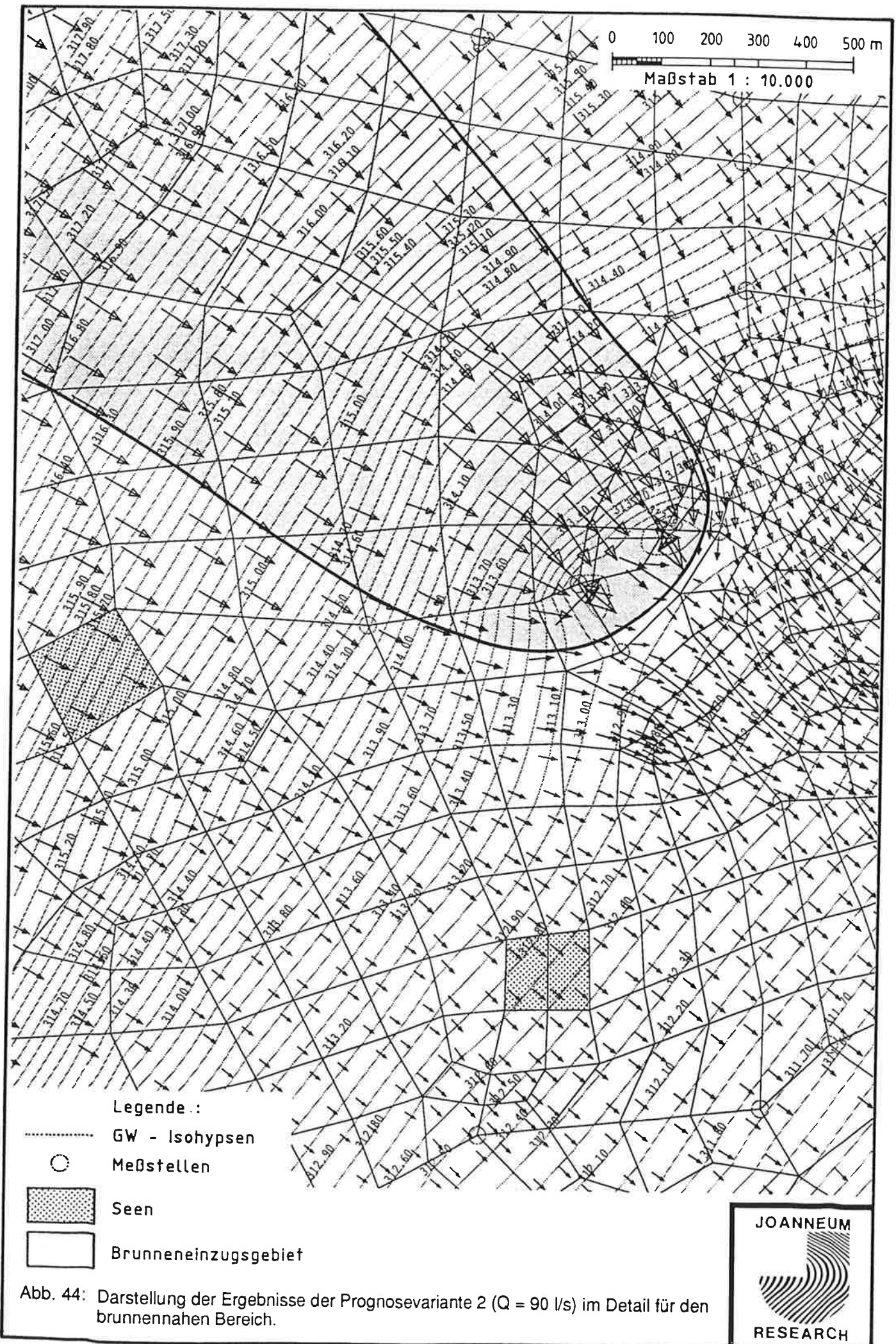


Abb. 44: Darstellung der Ergebnisse der Prognosevariante 2 ($Q = 90 \text{ l/s}$) im Detail für den brunnennahen Bereich.

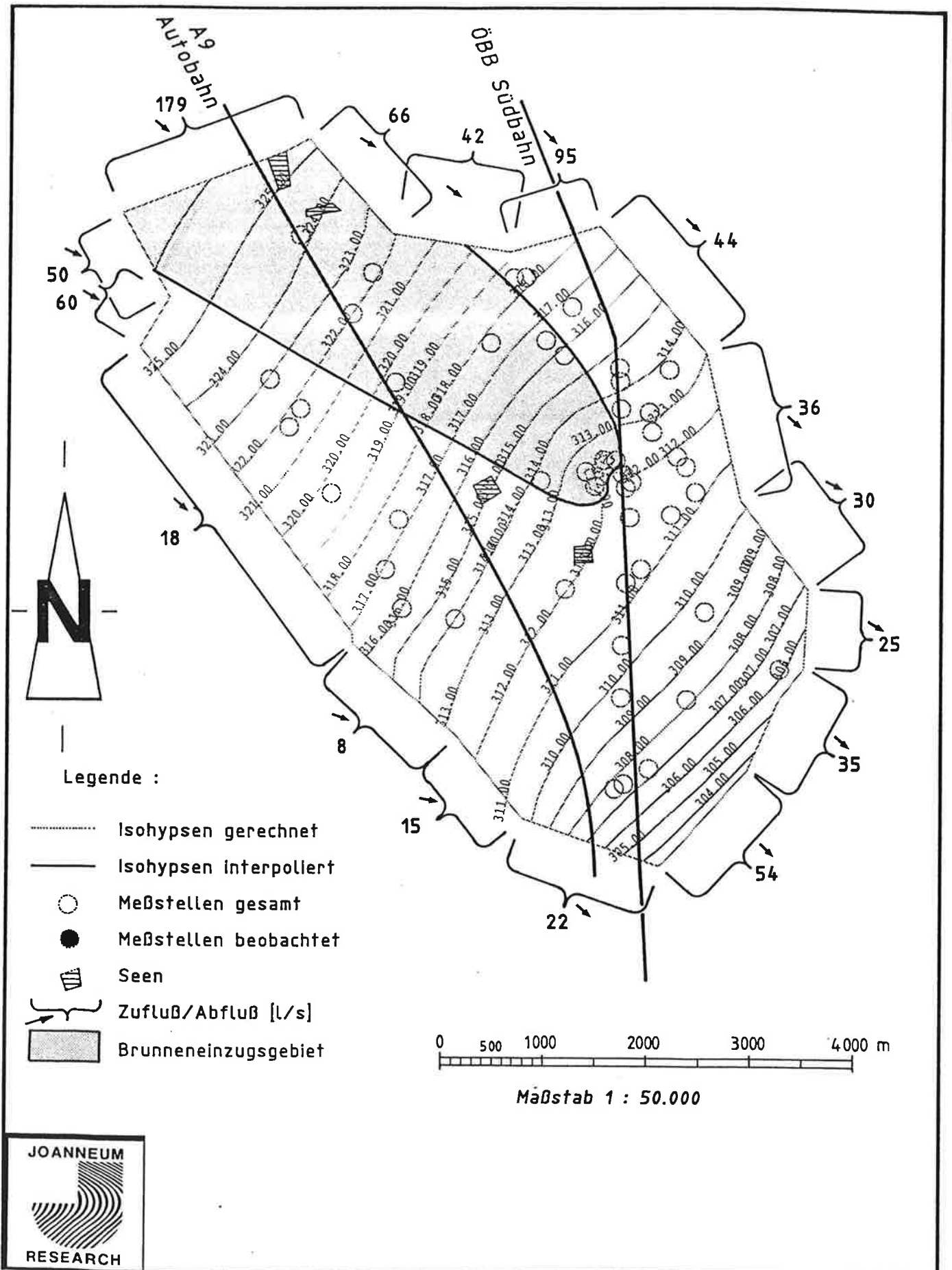


Abb. 45: Darstellung der Ergebnisse der Prognosevariante 3 ($Q = 155 \text{ l/s}$)

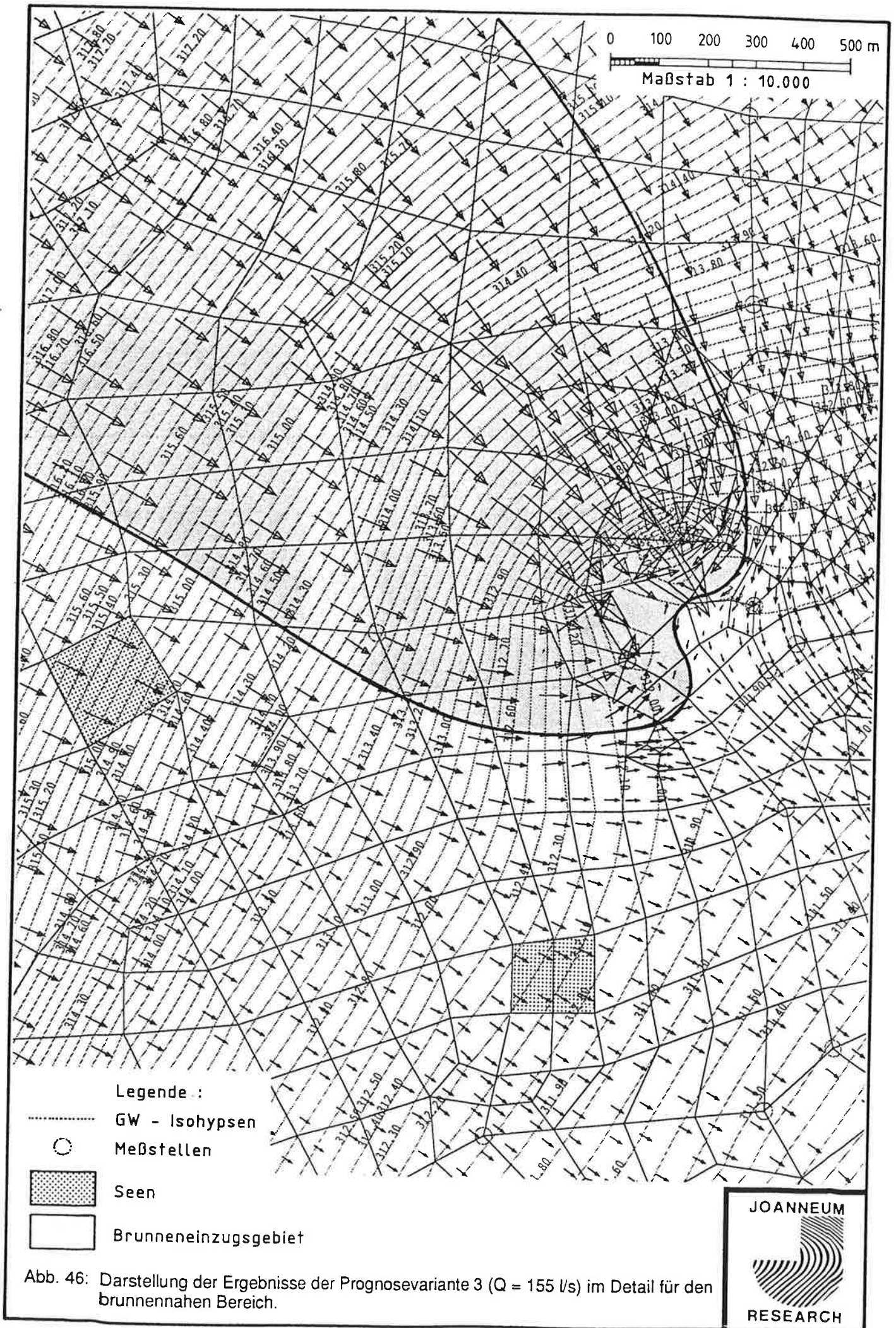


Abb. 46: Darstellung der Ergebnisse der Prognosevariante 3 ($Q = 155 \text{ l/s}$) im Detail für den brunnennahen Bereich.

Prognose 4: Zustand für einen technisch maximal möglichen Betrieb des Wasserwerkes Kalsdorf ohne VFBI (Abb. 47 und Abb. 48).

Diese Prognosevariante unterscheidet sich von der Prognosevariante 3 durch die Entnahme von 90 l/s aus VFBI und keiner Entnahme aus dem Brunnen VFBI. Die Ergebnisse dieser Berechnung sind in den Abb. 47 und Abb. 48 dargestellt. Gegenüber den Ergebnissen der Prognosevariante 3 zeigt sich hier eine Verkleinerung des Brunneneinzugsgebietes im SE und im S. Allerdings stellt auch diese technisch mögliche Variante aufgrund der Gefährdungspotentiale im NE eine unzulässige Betriebsvariante aus der Sicht des Grundwasserschutzes dar.

Prognose 5: Zustand für einen Betrieb des Wasserwerkes Kalsdorf bei Neusituierung des Brunnens VFBI (Abb. 49 und Abb. 50).

Diese Prognoserechnung geht von der Annahme aus, daß der Brunnen VFBI aufgelassen und zwischen den Brunnen VFBI A und VFBI B in Anströmrichtung (Abb. 50) neu situiert wird. Bei einer angenommenen Entnahme von 45 l/s aus VFBI A, 30 l/s aus VFBI B und 45 l/s aus dem neu situierten Brunnen zeigt sich das in Abb. 49 und Abb. 50 dargestellte Strömungsbild und Brunneneinzugsgebiet. Gegenüber Prognosevariante 1 zeigt diese nur eine geringfügige Veränderung des Brunneneinzugsgebietes, sodaß eine Neusituierung nur im Falle eines Ausfalles oder einer weiteren Verschlechterung der Brunneneffekte von VFBI sinnvoll erscheint. Bezüglich des Grundwasserschutzes ist eine derartige Neufestsetzung des Standortes von VFBI nicht zielführend.

Prognose 6: Zustand für einen Betrieb des Wasserwerkes Kalsdorf bei Bautätigkeiten im Bereich der Eisenbahn an der Schutzgebietsgrenze (Abb. 51 und Abb. 52).

Diese Prognosevariante wurde gerechnet um zu simulieren, inwieweit sich das Strömungsbild und das Brunneneinzugsgebiet verändert, wenn keine Förderung aus dem Brunnen VFBI erfolgt. Aus den Brunnen VFBI und VFBI A werden jeweils 45 l/s entnommen.

Diese Variante stellt die empfohlene Variante für jene Zeit dar, zu der im Nahbereich der Förderbrunnen an den Gleisanlagen der ÖBB Bautätigkeiten durchgeführt werden. Das Brunneneinzugsgebiet verkleinert sich sowohl im Osten als auch im NE und liegt in relativ größter Ferne zu den Bahnanlagen. Diese Prognosevariante zeigt überhaupt die geringste Aufweitung des Brunneneinzugsgebietes nach NE und somit die größte Entfernung von den Gefährdungspotentialen Deponie und Schwarzl-Freizeitzentrum. Im S weitet sich das Brunneneinzugsgebiet etwas weiter in Richtung der Siedlungszeile gegenüber Prognosevariante 2 aus. Aufgrund der extremen brunnenausbaubedingten Absenkungen im Brunnen VFBI erscheint diese Variante als Dauerentnahme allerdings nicht unbedenklich.

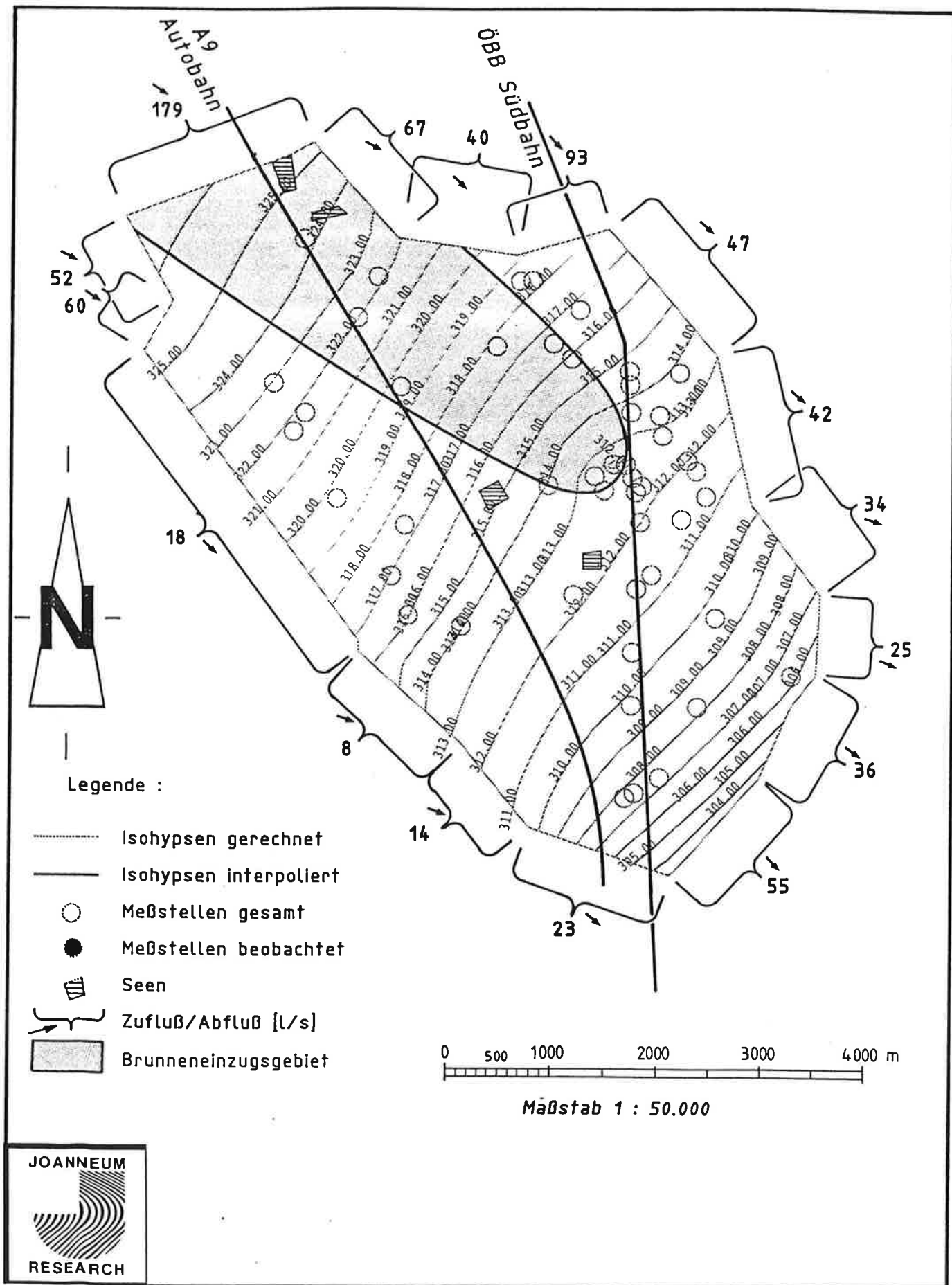
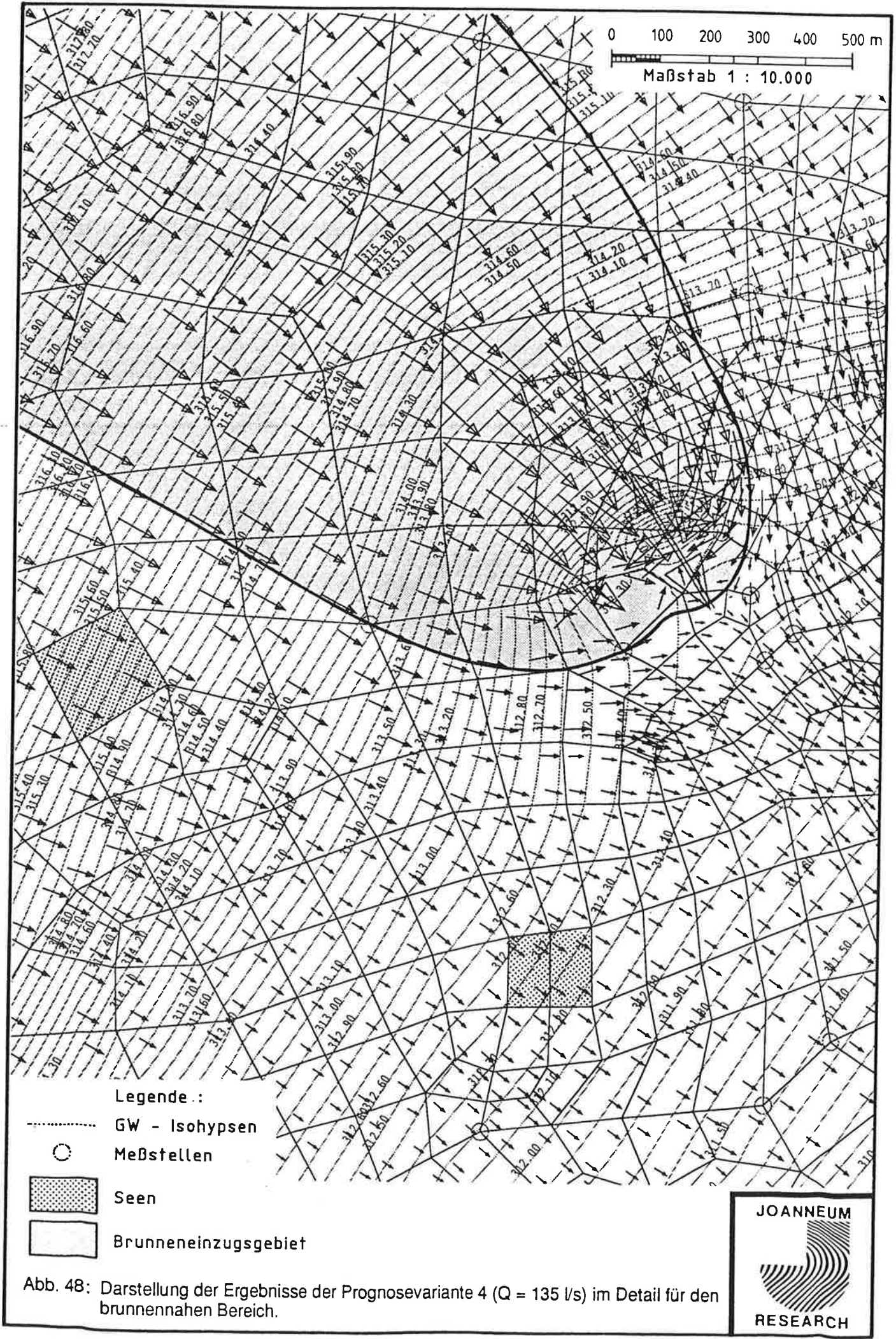


Abb. 47: Darstellung der Ergebnisse der Prognosevariante 4 (Q = 135 l/s)



0 100 200 300 400 500 m
 Maßstab 1 : 10.000

- Legende :
- GW - Isohyphen
 - Meßstellen
 - ▨ Seen
 - ▭ Brunneneinzugsgebiet

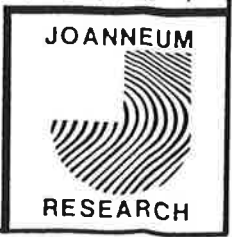


Abb. 48: Darstellung der Ergebnisse der Prognosevariante 4 ($Q = 135 \text{ l/s}$) im Detail für den brunnennahen Bereich.

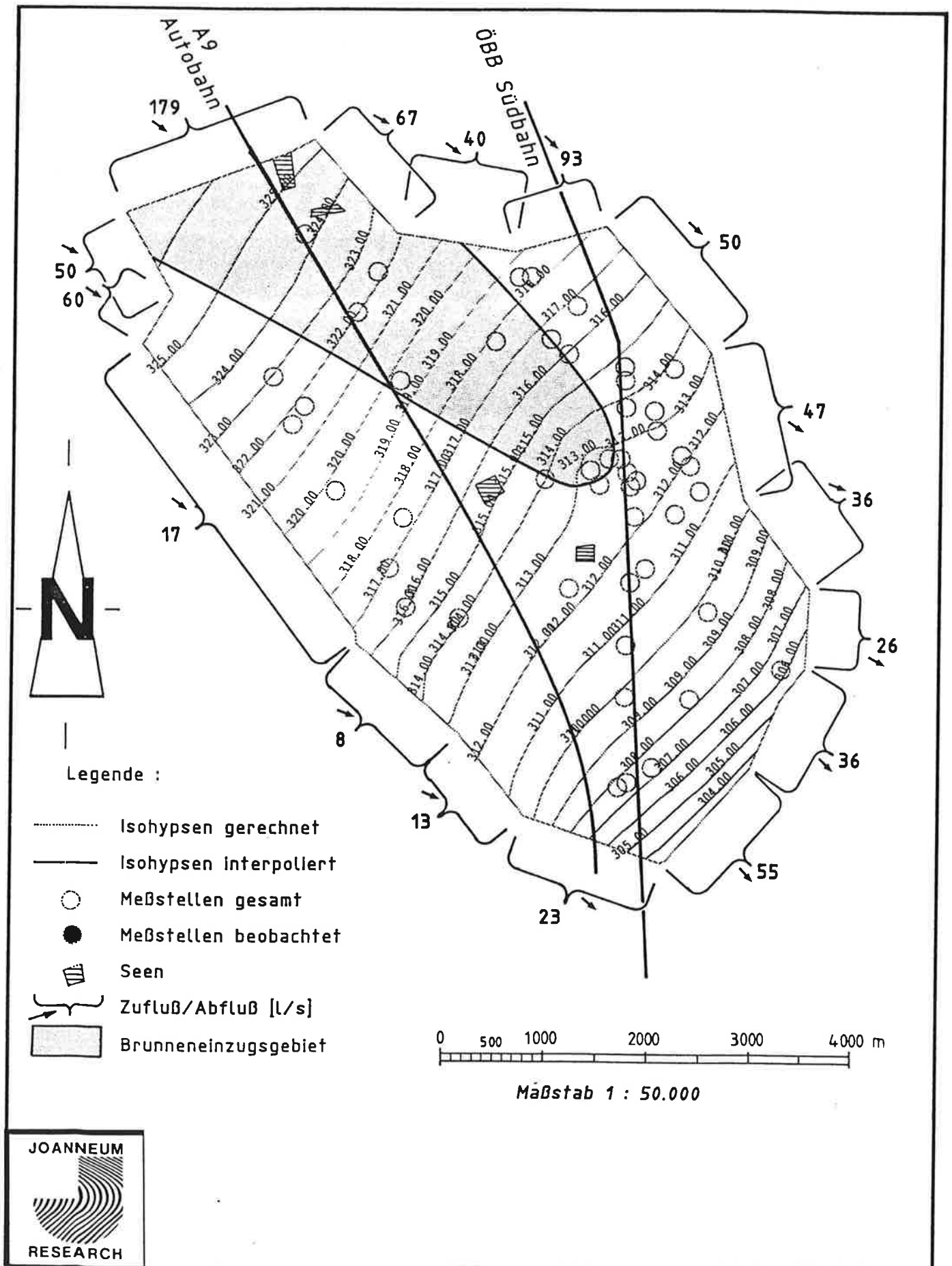
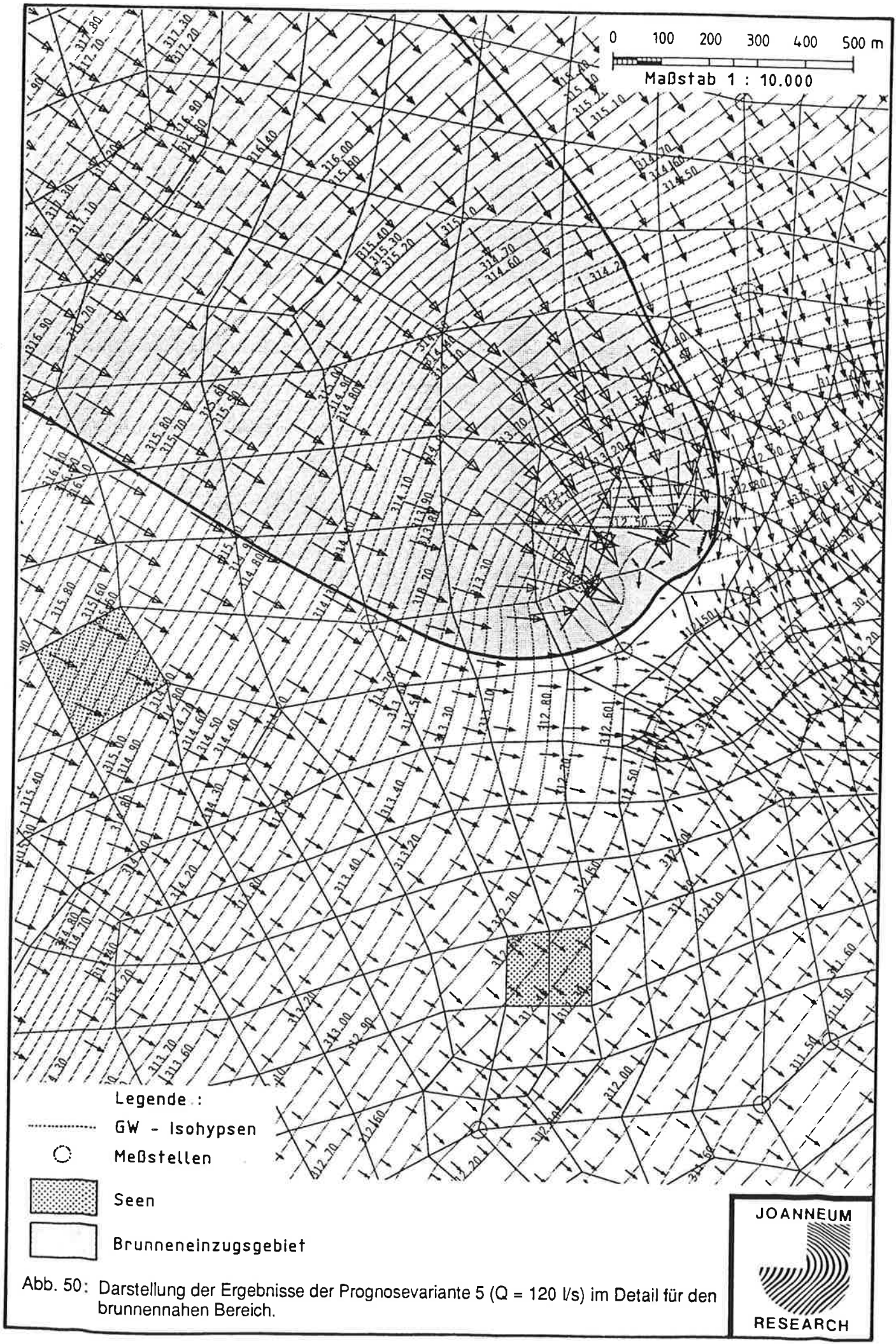


Abb. 49: Darstellung der Ergebnisse der Prognosevariante 5 ($Q = 120 \text{ l/s}$)



Legende :

----- GW - Isophypsen

○ Meßstellen

▨ Seen

▭ Brunneneinzugsgebiet

Abb. 50: Darstellung der Ergebnisse der Prognosevariante 5 ($Q = 120 \text{ l/s}$) im Detail für den brunnennahen Bereich.

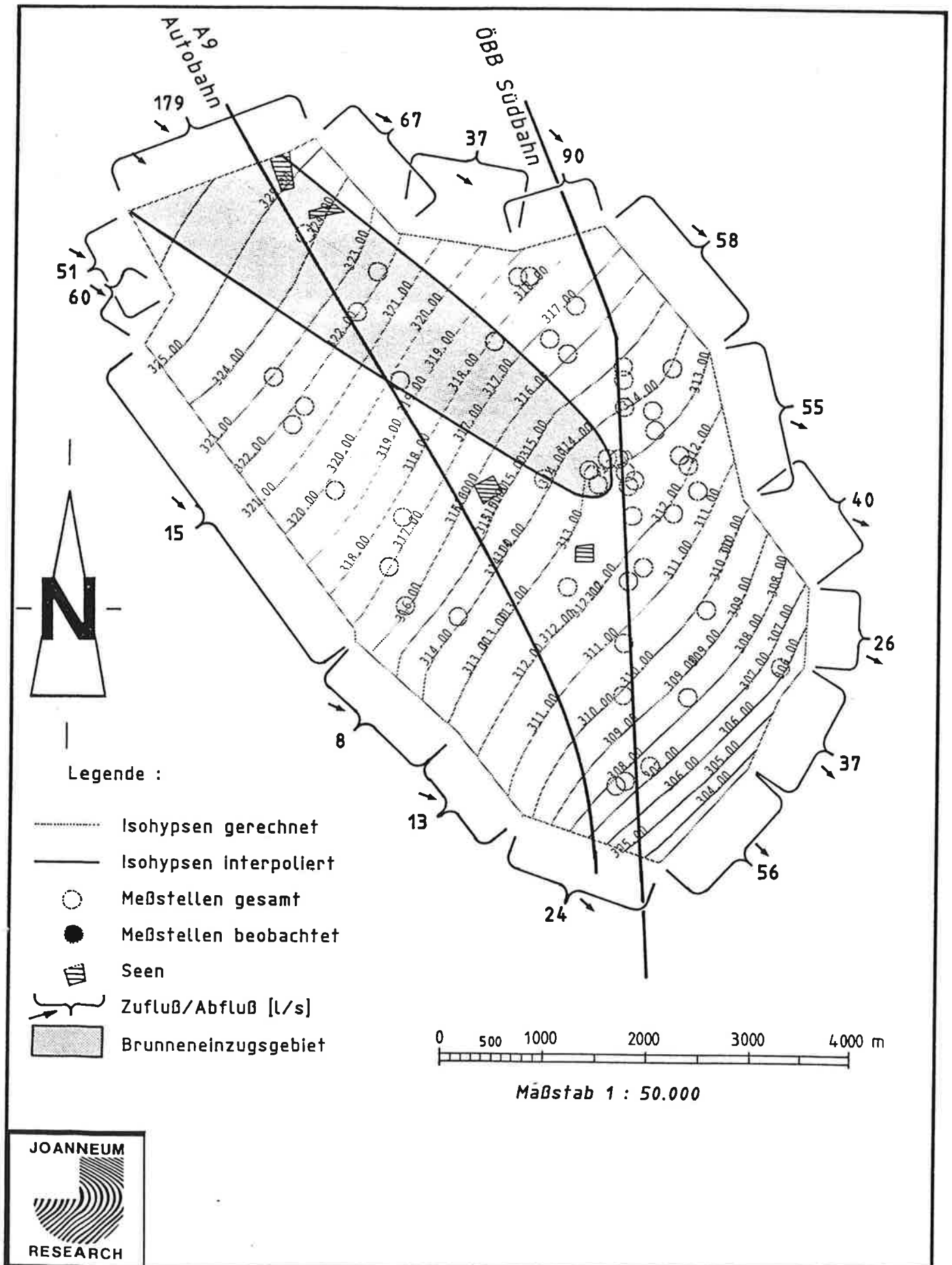
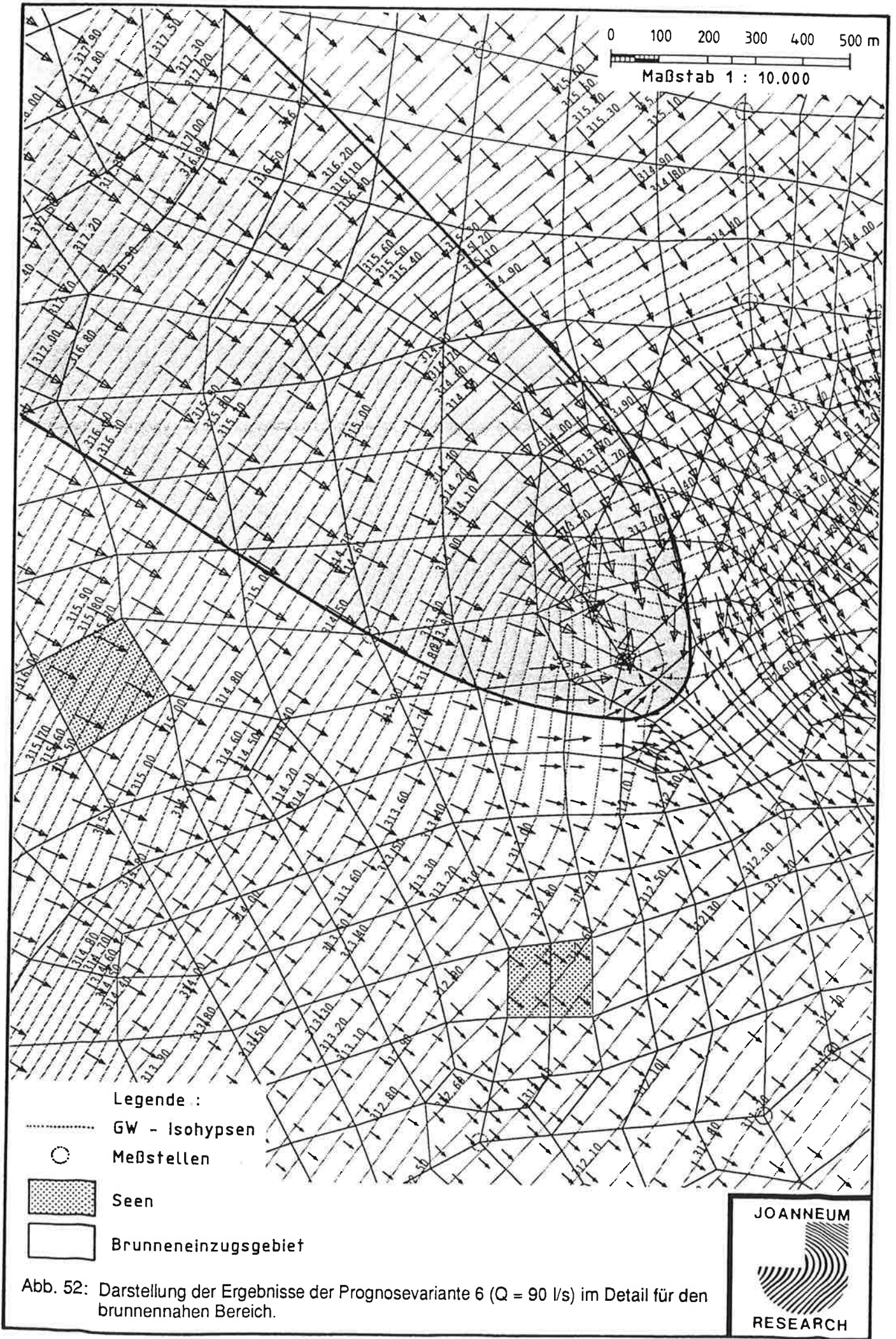


Abb. 51: Darstellung der Ergebnisse der Prognosevariante 6 ($Q = 90$ l/s)



Legende :

- GW - Isohypsen
- Meßstellen
- ▨ Seen
- Brunneneinzugsgebiet

Abb. 52: Darstellung der Ergebnisse der Prognosevariante 6 ($Q = 90 \text{ l/s}$) im Detail für den brunnennahen Bereich.



5.9. ZUSAMMENFASSUNG DER MODELLERGEBNISSE

Aufbauend auf den vorhandenen Daten aus den Aufzeichnungen des Wasserverbandes Umland Graz, der Hydrographischen Landesabteilung und den Ergebnissen des im Sommer 1993 durchgeführten Großpumpversuches - im Zuge dessen unterschiedliche Fördermengen im Dauerbetrieb zur Erkundung der maximal zulässigen Dauerentnahme aus dem vorhandenen Aquifer entnommen wurden - sollte für das Einzugsgebiet der WVA Kalsdorf ein Grundwassermodell erstellt und kalibriert werden, um durch Prognoserechnungen eine optimale Verteilung der Wasserentnahme auf die drei Brunnen und eine detaillierte Abgrenzung des Brunneneinzugsgebietes unter Berücksichtigung der gegenseitigen Beeinflussung der Spiegelabsenkungen bei Entnahme zu ermöglichen. Es wurde ein Modellgebiet gewählt, dessen Grenzen innerhalb des Grundwasserfeldes liegen. Als Randbedingungen wurden feste Potentiale gewählt, da der Einflußbereich des Pumpversuches innerhalb dieser Ränder verblieb und andererseits nur wenige hydrologische und hydrogeologische Informationen aus den Randbereichen des Grundwasserfeldes zur Verfügung standen.

Als Modelltyp wurde ein zweidimensionales, stationäres Grundwasserströmungsmodell angewandt. Die Verwendung des stationären Modellansatzes entspricht für diese Annahmen dem ungünstigsten Fall ("worst case" Rechnung). Für geringmächtige quartäre Aquifere in fluvioglazialen Lockersedimenten ist bei Vernachlässigung von Grundwasserneubildungsvorgängen und unterschiedlicher vertikaler Durchlässigkeiten die Verwendung eines zweidimensionalen Modellansatzes ausreichend, zumal eine Verteilung der K_f -Werte in z-Richtung nicht meßbar ist.

Für die Kalibrierung wurden zwei Zustände herangezogen, an denen der Großteil der vorhandenen Grundwasserpegel beobachtet wurde und welche am ehesten einem theoretischen stationären Strömungszustand entsprachen. Zur Verifizierung des kalibrierten Modells wurden zwei historische Spiegellagen mit niedrigem Grundwasserspiegel, ein historisches Ereignis mit hoher Spiegellage sowie der Zustand mit maximaler Pumprate während des Pumpversuches herangezogen.

Die k_f -Werte des kalibrierten Modells entsprechen in ihrer Variationsbreite den Ergebnissen der Auswertung des Großpumpversuches und liegen durchaus in einem Bereich, der für quartäre Talfüllungen am Rande der Alpen erwartet werden kann. Grundsätzlich zeigt die Verteilung eine Verschlechterung der Materialkennwerte von NW nach SE, was ihren Grund in der Sedimentationsgeschichte des Terrassenkörpers zu suchen hat. Vor allem im heutigen Aubereich der Mur sind gegenüber den Terrassenschottern wesentlich schlechtere Durchlässigkeiten zu erkennen. Wie bereits in der Auswertung des Pumpversuches (siehe Kap. 4.2) festgehalten, zeigen sich im Nahbereich der Förderbrunnen der WVA Kalsdorf bessere Sedimentdurchlässigkeiten.

Die Kalibrierung des Grundwasserströmungsmodells ist für die zu beantwortende Fragestellung ausreichend genau, um damit unterschiedliche Betriebszustände des Wasserwerkes Kalsdorf und

deren Auswirkungen hinsichtlich der Einzugsgebietsgrenzen zu prognostizieren. Im Detail sind aufgrund der unterschiedlichen Datenlage (speziell bzgl. der historischen Spiegellagen) und der Instationarität der Zustände größere Abweichungen zwischen Messung und Rechnung vorhanden.

Aufgrund der zugrundeliegenden Konzeption des verwendeten Lösungsansatzes (stationäres Strömungsmodell) stellen die Aussagen den denkbar schlechtesten Fall dar. In der Natur werden stationäre Strömungen nur bei unendlicher Pumpzeit und fehlender Grundwasserneubildung erreicht. Das bedeutet, daß die tatsächliche Größe des Brunneneinzugsgebietes jedenfalls kleiner ist, als das berechnete, zumal die gewählten Kalibrier- und Prognosezustände extrem tiefen Grundwasserständen und damit schlechten Transmissivitätswerten des Aquifers entsprechen. Gerade im Bereich der unterstromigen Abgrenzung des Brunneneinzugsgebietes werden die Ergebnisse der Modellrechnung durch den durchgeführten Markierungsversuch zur Gänze bestätigt. Im zentralen Bereich der Brunnenanlage ist der Durchlässigkeitsbeiwert aufgrund der noch nicht völligen Stationarität des Systems im Eichzustand eher zu gut gewählt, sodaß das Brunneneinzugsgebiet in diesem Bereich für die gewählten Rahmenbedingungen eine Maximalausdehnung darstellt. Bezüglich der Prognoserechnungen kann festgestellt werden, daß jene Prognosen, die aufgrund der hydrogeologischen Situation (Chemie, Einzugsgebietsgrenzen, Gefährdungspotential für die Brunnenanlage etc.) als zulässige Betriebszustände ausgewiesen werden, innerhalb des kalibrierten Bereiches hinsichtlich unterschiedlicher Pumpraten und Spiegellagen liegen.

Als Ergebnis der Modellrechnungen wird daher vorgeschlagen die Einzelentnahmen aus den drei Brunnen so zu regeln, daß eine maximal mögliche Entnahme von je 50 l/s aus den Brunnen VFBIA und VFBII, sowie eine Maximalentnahme von 30 l/s aus dem Brunnen VFBI bei einer gesamten zulässigen Dauerentnahme von 100 l/s durch alle drei Brunnen zusammen möglich ist.

Die Variante mit Förderung von je 45 l/s aus den Brunnen VFBI und VFBII stellt die empfohlene Variante für jene Zeit dar, zu der im Nahbereich der Förderbrunnen an den Gleisanlagen der ÖBB Bautätigkeiten durchgeführt werden. Das Brunneneinzugsgebiet verkleinert sich sowohl im Osten als auch im NE und liegt in relativ größter Ferne zu den Bahnanlagen. Diese Prognosevariante zeigt überhaupt die geringste Aufweitung des Brunneneinzugsgebietes nach NE und somit die größte Entfernung von den Gefährdungspotentialen Deponie und Schwarzl-Freizeitzentrum. Im S weitet sich das Brunneneinzugsgebiet etwas weiter in Richtung der Siedlungszeile gegenüber Prognosevariante 2 aus. Aufgrund der extremen brunnenausbaubedingten Absenkungen im Brunnen VFBI erscheint diese Variante als Dauerentnahme allerdings nicht unbedenklich.

6. VORSCHLAG FÜR DIE ABGRENZUNG VON SCHUTZZONEN FÜR DIE BRUNNEN DES WASSERVERBANDES UMLAND GRAZ IM BRUNNENFELD KALSDORF AUF DER BASIS DER UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

Für die WVA Kalsdorf wurde im Wasserrechtsbescheid vom 9.2.1990 (Amt der Steiermärkischen Landesregierung, 1990) ein engeres Schutzgebiet festgelegt. Durch die 92. Verordnung des Landeshauptmannes von Steiermark wurde am 21. November 1990 auch ein Grundwasserschongebiet zum Schutz des Grundwasserwerkes Kalsdorf des Wasserverbandes Umland Graz bestimmt.

Im Wasserrechtsbescheid wird die Gesamtentnahme aus den drei Brunnen VFBI, VFBIA und VFBII insgesamt mit max. 100 l/s festgelegt, wobei die Entnahme an den Brunnen VFBI und VFBIA auf max. je 50 l/s, im Brunnen VFBII jedoch auf max. 100 l/s festgeschrieben wird.

Die Untersuchungen im Rahmen des Großpumpversuches und der Erstellung eines Grundwassermodells im Jahre 1993 haben gezeigt, daß die Konsensmenge von 100 l/s bei extrem niedrigen Grundwasserständen in etwa der maximal möglichen Entnahme aus dem Einzugsgebiet der drei Brunnen VFBI, VFBIA und VFBII entsprechen. Allerdings zeigte sich auch, daß bei einer Einzelentnahme von 100 l/s aus dem Brunnen VFBII, was technisch und nach dem Wasserrechtsbescheid möglich wäre, sich das Einzugsgebiet dieses Brunnens soweit nach N ausdehnt, daß die Randstromlinie einerseits gefährlich nahe an die Deponie- und Altlastflächen im Bereich westlich des Bahnhofes Kalsdorf reicht, andererseits das Einzugsgebiet auch in den Bereich der Schwarzl-Teiche hineinreicht und zum dritten das Brunneneinzugsgebiet, wenn auch kleinräumig, im Bereich der Meßstelle 35668 über die ÖBB Geleise nach E hinausreichen würde. Weiters zeigte sich, daß bei einer Entnahme von 50 l/s aus dem Brunnen VFBI sich das Einzugsgebiet dieses Brunnens im S derartig ausweitet, daß die Einzugsparabel nahe an die offene Wasserfläche westlich der Meßstelle 3566 zu liegen kommt. Außerdem gelangen bei einer derartigen Entnahme die Siedlungsgebiete von Bierbaum, Laa und Zettling in das Einzugsgebiet des Brunnens VFBI.

Es wird daher vorgeschlagen die Einzelentnahmen aus den drei Brunnen so zu regeln, daß eine maximal mögliche Entnahme von je 50 l/s aus den Brunnen VFBIA und VFBII, sowie eine Maximalentnahme von 30 l/s aus dem Brunnen VFBI bei einer gesamten zulässigen Dauerentnahme von 100 l/s durch alle drei Brunnen zusammen möglich ist.

Als Basis für den Vorschlag zur Abgrenzung der Schutzzonen für die WVA Kalsdorf wird aus den Modellergebnissen jene Variante gewählt, wo aus den Brunnen VFBIA und VFBII je 45 l/s und aus dem Brunnen VFBI 30 l/s entnommen werden. Dies ergibt für die Gesamtentnahme einen Wert von 120 l/s, sodaß ein Sicherheitsfaktor für die Abgrenzung der Brunneneinzugsgebiete bereits enthalten ist. Zugleich werden bei den beiden Randbrunnen durch diese Entnahme die vorgeschlagenen Maximalentnahmen nicht überschritten. Die Entnahme von 45 l/s aus den Brunnen

VFBI und VFBII entspricht der Tatsache, daß die installierten Pumpen und Rohrleitungen bei der Förderung aus zumindest zwei Brunnen ihre Nennleistung nicht erreichen, sondern in etwa nur eine Leistung von 45 l/s erbringen (siehe Tab. 1). Die Nennleistungen werden nur bei Einzelförderung aus dem jeweiligen Brunnen erreicht, dadurch vermindert sich aber die Einzugsbreite des Brunnens beträchtlich. Somit stellt die gewählte Prognosevariante eine maximale Dauerbetriebsvariante des WW Kalsdorf mit einem Sicherheitszuschlag von 20 l/s dar.

Unter Einhaltung der hier definierten Rahmenbedingungen sind das Brunneneinzugsgebiet, die Grenze der 60 Tage Fließzeit des Grundwassers und die - auf rein fachlichen Überlegungen, den Ergebnissen der Untersuchungen im Sommer 1993 und den Prognoserechnungen des Grundwassermodells Kalsdorf basierenden - vorgeschlagenen Schutzzonen im Maßstab 1:25000 in Abb.53 dargestellt. Eine parzellenscharfe Abgrenzung des erweiterten Schutzgebietes (Zone III A) wurde aufgrund der Größe des Gebietes nicht vorgenommen. Im Bereich der Schutzzonen I und II ist eine Abgrenzung nach Grundstücksgrenzen wegen der Streifenform der Parzellen nicht ohne eine Teilung der Grundstücke möglich. Aus diesem Grunde wurde die Abgrenzung zwar an die Grundstücksgrenzen angelehnt, in den Bereichen, wo dies nicht möglich war, wurde für die Abgrenzung ausschließlich das Brunneneinzugsgebiet und die 60-Tage Grenze der Grundwasserverweilzeit herangezogen.

6.1. SCHUTZGEBIET ZONE I (ENGERES SCHUTZGEBIET)

Das Schutzgebiet Zone I oder auch das "Engere Schutzgebiet" dient dem Schutz der unmittelbaren Umgebung der Fassungsanlage vor Verunreinigungen oder sonstigen Beeinträchtigungen. Grundsätzlich soll die Zone I so weit reichen, daß bis zu ihrer Grenze eine ausreichende Überdeckung des unterirdischen Wassers gegeben ist. Dies bedeutet, daß bei Einhaltung der Auflagen für die Schutzzone I aus diesem Bereich keine negativen Einflüsse auf das unterirdische Wasser erfolgen können. Bei einer Brunnenfassung in Porengrundwasserleitern, wie z. B. beim Wasserwerk Kalsdorf, bei der die Grundwasserüberdeckung im Fassungsbereich die gleiche Mächtigkeit hat wie in den weiter entfernten Gebieten, sollte die Schutzzone I den oder die Brunnen allseitig zumindest mit einer Ausdehnung von 10 m umgeben.

Für das Wasserwerk Kalsdorf würde demnach eine Abgrenzung der Parzellen 180 und 181/2 für die Brunnen VFBI und VFBI sowie eines Teiles der Parzelle 258/2 für den Brunnen VFBII (nächster Umgebungsbereich) als engeres Schutzgebiet ausreichen, wenn ein ausreichend dimensioniertes weiteres Schutzgebiet ausgewiesen wird. Da aber der gesamte Bereich des derzeitigen engeren Schutzgebietes (Amt d. Steiermärkischen Landesregierung, 1990) im Eigentum des Wasserverbandes Umland Graz ist, wird vorgeschlagen, den in Abb.53 dargestellten Bereich in der Umgebung der drei Förderbrunnen als gemeinsames engeres Schutzgebiet auszuweisen. Die-

JOANNEUM Forschungsgesellschaft **JOANNEUM** Ges. m. b. H.
Institut für Geothermie und Hydrogeologie
 A-8010 GRAZ, Elisabethstraße 16 Tel. (0316) 8020/373.374

RESEARCH

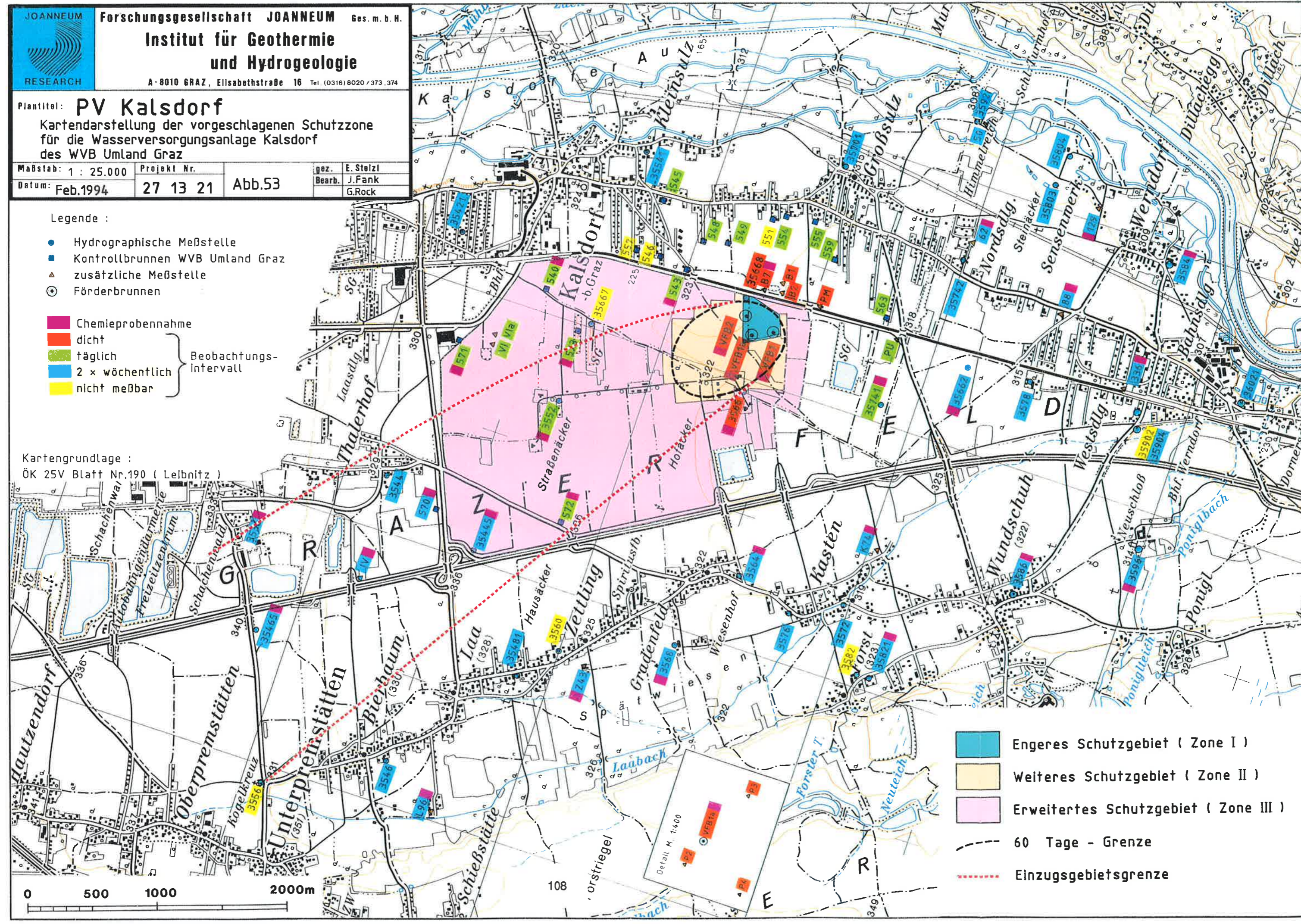
Plantitel: **PV Kalsdorf**
 Kartendarstellung der vorgeschlagenen Schutzzone für die Wasserversorgungsanlage Kalsdorf des WVB Umland Graz

Maßstab: 1 : 25.000	Projekt Nr.	gez. E. Stelzl
Datum: Feb.1994	27 13 21	Bearb. J.Fank
	Abb.53	G.Rock

Legende :

- Hydrographische Meßstelle
 - Kontrollbrunnen WVB Umland Graz
 - ▲ zusätzliche Meßstelle
 - ⊙ Förderbrunnen
-
- | | |
|---------------------|-------------------------|
| ■ Chemieprobennahme | } Beobachtungsintervall |
| ■ dicht | |
| ■ täglich | |
| ■ 2 x wöchentlich | |
| ■ nicht meßbar | |

Kartengrundlage :
 ÖK 25V Blatt Nr.190 (Leibnitz)



- Engeres Schutzgebiet (Zone I)
- Weiteres Schutzgebiet (Zone II)
- Erweitertes Schutzgebiet (Zone III)
- - - 60 Tage - Grenze
- Einzugsgebietsgrenze

ser Vorschlag für das Schutzgebiet Zone I umfaßt somit unterstrom das gesamte Einzugsgebiet der drei Förderbrunnen bei einer Förderung von 120 l/s und inkludiert damit bereits einen Sicherheitszuschlag, wenn von einer Konsensmenge der Förderung von max. 100 l/s ausgegangen wird. Ein weiterer Sicherheitszuschlag liegt darin begründet, daß das wahre Einzugsgebiet der Brunnen aufgrund ihrer Verteilung in Dreiecksanordnung im unterstromigen Bereich in der kritischen Zone eine Einbuchtung nach NW erfährt, da das Teileinzugsgebiet des Brunnens VFBIA etwa 100 m westlich der vorgeschlagenen Schutzgebietsgrenze der Zone I endet. Im Bereich der kritischsten Stelle zwischen den ÖBB-Geleisen und dem Förderbrunnen VFBII wurde bei extrem tiefen Grundwasserständen durch einen Markierungsversuch bei einer dauernden Entnahme von ~127 l/s der Nachweis erbracht, daß das Einzugsgebiet innerhalb des derzeit ausgewiesenen engeren Schutzgebietes verbleibt. Aus Sicherheitsgründen sollte in diesem Bereich keine Veränderung der Schutzgebietsgrenzen vorgenommen werden. Im Anstrombereich sind die hier vorgeschlagenen Schutzgebietsgrenzen ident mit den derzeit ausgewiesenen Grenzen für das engere Schutzgebiet.

Im gesamten gesehen reichen bei einer Förderung der Konsensmenge von 100 l/s Teile des derzeitigen engeren Schutzgebietes im SE Teil über das Einzugsgebiet der Brunnenanlage Kalsdorf hinaus. In diesem Bereich spricht aus fachlichen Überlegungen nichts gegen eine Zurücknahme der Grenzen auf die maximale Einzugsgebietsgrenze, wie in Abb.54 vorgeschlagen. Hinsichtlich der innerhalb des engeren Schutzgebietes zu treffenden Schutzanordnungen wird bereits im Wasserrechtsbescheid von 1990 (Amt der Steiermärkischen Landesregierung, 1990) auf die Auflagen aus dem Schutzgebietsbescheid vom 15.2.1985, GZ: 03-33 U 42-85/190 verwiesen und die dort verordneten Auflagen als ausreichend ausgewiesen.

6.2. SCHUTZGEBIET ZONE II (WEITERES SCHUTZGEBIET)

Die Schutzzone II (Weiteres Schutzgebiet) soll einen größeren Teil des Einzugsgebietes einer Wasserfassung erfassen und dadurch Schutz des Wasservorkommens vor Verunreinigungen und sonstigen Beeinträchtigungen bieten, die von menschlichen Tätigkeiten und Einrichtungen ausgehen. Vor allem aber soll diese Zone ausreichenden Schutz gegen bakterielle Verunreinigung gewährleisten. Dieses Ziel geht im besonderen aus der 60 Tage Grenze als Dimensionierungskriterium hervor. Sie kann daher als bakteriologische Schutzzone bezeichnet werden, doch kommt ihr auch in chemischer Hinsicht eine wesentliche Funktion zu. Dieser Nahbereich von Wasserfassungen ist von chemischen Verunreinigungen frei zu halten, da diese sonst in kurzer Zeit in die Fassungen gelangen könnten.

Im Porengrundwasser erfolgt die Dimensionierung nach der Strömungsrichtung und der Fließgeschwindigkeit. In Österreich erfolgt die Abgrenzung nach der Linie, von der das Grundwasser etwa 60 Tage bis zu seinem Eintreffen in der Fassungsanlage benötigt. Diese 60 Tage Grenze ist in

Abb.53 dargestellt und wurde unter Einsetzen des Ruhewasserspiegelfalles von $I = 2.5E^{-3}$, des Durchlässigkeitsbeiwertes von $k_f = 6E^{-3}$ m/s aus dem Grundwassermodell für den Brunnennahbereich und einem Speicherkoeffizienten von 0.17 - ermittelt aus der Auswertung des Pumpversuches - nach WYSSLING (1979) berechnet und gilt für die dauernde Entnahme der Konsenswassermenge. Eine Reduktion der Schutzzone gegenüber den errechneten Werten erscheint nicht zulässig, da einerseits bei hohen Grundwasserständen die Grundwasserüberdeckung unter 4 m absinkt, andererseits aufgrund der Dispersion beim Schadstofftransport für die schnellsten Anteile von Schadstoffen, die direkt in das Grundwasser eingebracht werden, mit wesentlich kürzeren Fließzeiten gerechnet werden muß, als sie sich als mittlere Verweildauer aus den hydraulischen Parametern errechnen.

Unterstrom und an den beiden seitlichen Flanken des Brunneneinzugsgebietes umfaßt die vorgeschlagene Begrenzung des Schutzgebietes Zone II das gesamte Brunneneinzugsgebiet bei Entnahme der Konsensmenge. Oberstrom wird die Grenze des vorgeschlagenen Bereiches durch die berechnete 60 Tage Grundwasserfließzeit gebildet. Eine parzellenscharfe Abgrenzung ist ohne die Durchtrennung der sehr schmalen Streifenparzellen nur partiell möglich, sodaß auf eine detaillierte Beschreibung der Grenzziehung verzichtet wird. Die vorgenommene Grenzziehung versucht aber Parzellengrenzen zu berücksichtigen, bzw. Teilungen von Parzellen so vorzunehmen, daß keine extrem kleinen, nicht bewirtschaftbaren Reststücke verbleiben.

In der Zone II (weiteres Schutzgebiet) werden folgende Maßnahmen und Verbote zum Schutze des Grundwassers im Einzugsgebiet der Wasserfassung Kalsdorf des WVB Umland Graz vorgeschlagen:

- 1) Die Errichtung, Erweiterung oder Änderung von gewerblichen, industriellen, landwirtschaftlichen oder sonstigen Anlagen, deren Errichtung selbst, deren Tätigkeitsbereich oder deren Abwasseranfall - wegen seiner Menge und/oder Beschaffenheit - das Grundwasser und Oberflächenwasser zu beeinträchtigen vermag, ist verboten.
- 2) Die Lagerung von Mineralölen, Mineralölprodukten, organischen Lösungsmitteln oder anderen biologisch schwer abbaubaren, die Gewässergüte beeinträchtigenden Stoffen ist verboten.
- 3) Die Anlage und Erweiterung von Schotter-, Kies-, Sand- und Lehmgruben, sowie Steinbrüchen und sonstigen Materialgewinnungen ist verboten.
- 4) Grabungen und Bohrungen aller Art, wenn sie bis zum Grundwasser oder tiefer als 1 m unter Gelände reichen sind verboten. Ausgenommen sind solche für die Instandsetzung und Errichtung von Anlagen des Wasserverbandes Umland Graz sowie sonstiger öffentlicher Ver- und Entsorgungsunternehmen.
- 5) Die Errichtung oder Erweiterung von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswässern, die auf Straßen und sonstigen Verkehrsflächen anfallen, ist verboten.
- 6) Die Errichtung von Anlagen zur Sammlung von Abwässern, sofern diese Abwässer nicht über dichte Kanäle einer Abwasserentsorgung nach dem Stand der Technik außerhalb der Schutzzone zugeleitet werden, ist verboten.

- 7) Die Errichtung von Rohrleitungen zur Sammlung von häuslichen und betrieblichen Abwässern aus setzungsempfindlichem Rohrmaterial ohne zugfeste Längsverbindung und nachgewiesener Beständigkeit gegen äußere und innere chemische Angriffe ist verboten.
- 8) Die Versickerung, Ausleitung und Verrieselung aller Abwässer jeglicher Art, auch wenn diese vollbiologisch gereinigt ist, ist verboten.
- 9) Die Ausbringung von Düngemitteln, Gülle, Jauche und Festmist ist verboten.
- 10) Der Anbau von Mais im Ausmaß von über 50 % der in der Zone II gelegenen selbstbewirtschafteten Ackerflächen eines landwirtschaftlichen Betriebes ist verboten.
- 11) Die Nutzung der Grundstücke hat durch Anlage einer ganzjährigen Pflanzendecke in Form von Wintergetreide und/oder winterharten Gräsern zu erfolgen.
- 12) Die Errichtung und der Betrieb von Anlagen zur Sammlung und Lagerung von Festmist, Gülle und Jauche, ist verboten. Ausgenommen ist die Errichtung von Ersatzbauten für bestehende Anlagen, sowie die Anpassung bestehender Anlagen an den Stand der Technik.
- 13) Die Ausbringung von häuslichen, gewerblichen und industriellen Abwässern ist verboten.
- 14) Die Errichtung von behelfsmäßigen Gärfuttersilos ist verboten. Dies gilt auch für entsprechende Wildfütterungsanlagen.
- 15) Die Verwendung von Waldboden zu anderen Zwecken als der Waldkultur, die Errichtung von Gartenbaubetrieben, Baumschulen, Forstgärten, Alpengärten und Wildgatter im Sinne des Jagdgesetzes 1986, ist verboten.
- 16) Die Errichtung und Erweiterung von Anlagen zur Nutzung der Erd- und Bodenwärme, insbesondere Grundwasserwärmepumpen, ist verboten.
- 17) Die Ablagerung von Abfällen aller Art und kompostierbaren Stoffen ist verboten.
- 18) Die Präparierung von Pisten und Loipen mit Chemikalien ist verboten.
- 19) Die Errichtung und Erweiterung von Wasserfassungen aller Art, ausgenommen der geschützten Anlage ist verboten.
- 20) Der Transport gefährlicher Güter ist verboten.
- 21) Die Ausbringung von Klärschlamm und Müllkompost ist verboten.
- 22) Die Neuerrichtung von Straßen sowie der Aus- oder Umbau von Straßen, sofern damit eine Erhöhung der Verkehrsfrequenz verbunden ist, ist verboten.

6.3. SCHUTZGEBIET ZONE III (ERWEITERTES SCHUTZGEBIET)

Die Schutzzone III (erweitertes Schutzgebiet) soll den Schutz vor weitreichenden Beeinträchtigungen, insbesondere vor nicht oder schwer abbaubaren chemischen und radioaktiven Verunreinigungen, gewährleisten. Sie wird deshalb oft als "chemische Schutzzone" bezeichnet. Aufgrund dieser Zielsetzung muß diese Schutzzone das gesamte hydrographische Einzugsgebiet einer Wassergewinnungsanlage umfassen. Da solche Einzugsgebiete sehr groß sein können wird eine Aufgliederung in eine Schutzzone IIIA bis in eine oberstromige Entfernung von ~2 km von der

Wasserfassung und eine Schutzzone IIIB bis zur Grenze des hydrographischen Einzugsgebietes vom DVGW vorgeschlagen.

In vielen Fällen wird auf die Ausweisung dieser Schutzzone verzichtet, da als Ersatz für das erweiterte Schutzgebiet das engere Schongebiet betrachtet werden kann. Im Falle der gegenständlichen Wasserversorgungsanlage wird allerdings vorgeschlagen, aufgrund der überregionalen Bedeutung für die Trinkwasserversorgung der Stadt Graz und die Umlandgemeinden und aufgrund des hohen chemischen Gefährdungspotentials v.a. hinsichtlich der Belastung des Grundwassers aus der intensiven Landwirtschaft, diese Schutzzone explizit auszuweisen und besonderen Auflagen zu unterwerfen. Inwieweit durch eine derartige Ausweisung, die auf den großflächigen intensiven Schutz des Einzugsgebietes der WVA Kalsdorf zielt, die Beibehaltung des engeren Schongebietes und eine Neuabgrenzung des weiteren Schongebietes notwendig ist, sollte diskutiert werden, zumal das Schongebiet aufgrund der neuesten Untersuchungen v.a. im NE Bereiche umfaßt, von denen aus - bei Einhaltung der Konsensmenge und der vorgeschlagenen Pumpraten aus den Einzelbrunnen - in keinem Fall Grundwasser zur Wasserversorgungsanlage Kalsdorf strömt.

Das vorgeschlagene Schutzgebiet Zone IIIA umfaßt, wie in Abb.53 dargestellt, das gesamte Brunneneinzugsgebiet bis in eine Entfernung von mehr als 2 km. Die Abgrenzung erfolgte aufgrund der Größe dieses Gebietes nicht nach Katasterparzellen, sondern auf der Grundlage der ÖK25V im Maßstab 1:25000 (Abb.53) und reicht im E bis an den westlichen Rand der die Bahnlinie Graz-Spielfeld begleitenden Wegparzelle, im S bis zum, von der Bahnunterführung aus E-W gerichteten Fahrweg nördlich der Naßbaggerung westlich von Großsultz, im W bis an die Phyrnautobahn. Im N wird das vorgeschlagene erweiterte Schutzgebiet durch die Straße begrenzt, die die Autobahnabfahrt Kalsdorf im S begleitet und dann nach SE in Richtung Bahnhof Kalsdorf abbiegt.

Als Auflagen für den Schutz des Grundwassers in der erweiterten Schutzzone IIIA werden vorgeschlagen:

- 1) Die Errichtung, Erweiterung oder Änderung von gewerblichen, industriellen oder sonstigen Anlagen, deren Errichtung selbst, deren Tätigkeitsbereich oder deren Abwasseranfall - wegen seiner Menge und/oder Beschaffenheit - das Grundwasser und Oberflächenwasser zu beeinträchtigen vermag, ist verboten.
- 2) Die Lagerung von Mineralölen, Mineralölprodukten, organischen Lösungsmitteln oder anderen biologisch schwer abbaubaren, die Gewässergüte beeinträchtigenden Stoffen sowie die Errichtung und Erweiterung von Tankstellen, Altmetallverwertungsanlagen, Bitumenmischanlagen und die Ablagerung von Teer und Kohle im Freien ist verboten. Ausgenommen ist die Lagerung von Mineralölen und Mineralölprodukten bis 500 l, in höchstens 200 l fassenden verschließbaren Kunststoff- oder Stahlbehältern oder Kanistern, sowie die Lagerung von Mineralölen bis 5.000 l zur Beheizung von Gebäuden, wenn die Lagerung so erfolgt, daß bei Ausfließen des Produktes ein Einsickern in den Boden ausgeschlossen ist. Weiters ist die Verwendung und Aufbewahrung der eingangs bezeichneten Stoffe in kleinen Mengen zur Deckung des laufenden Bedarfes vom Verbot ausgenommen, wenn hiebei die zur Reinhaltung des Grundwassers notwendige Sorgfalt angewendet wird.

- 3) Die Anlage und Erweiterung von Schotter-, Kies-, Sand- und Lehmgruben, sowie Steinbrüchen und sonstigen Materialgewinnung ist verboten.
- 4) Grabungen und Bohrungen aller Art, wenn sie bis zum Grundwasser oder tiefer als 3 m unter Gelände reichen sind verboten. Ausgenommen davon sind solche, die zur Erkundung und Sicherung des Grundwasservorkommens notwendig sind oder die wasserrechtlich bewilligt werden.
- 5) Jegliche Bauführung auf abgesenkten Flächen in Folge von Materialentnahmen jeglicher Art (Schotter, Kies, Sand etc.) ist verboten.
- 6) Die Errichtung oder Erweiterung von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswässern, die auf Straßen und sonstigen Verkehrsflächen anfallen, ist verboten.
- 7) Die Errichtung von Anlagen zur Sammlung von häuslichen und betrieblichen Abwässern, sofern diese Abwässer nicht über dichte Kanäle einer Abwasserentsorgung nach dem Stand der Technik außerhalb der Schutzzone zugeleitet werden, ist verboten.
- 8) Die Versickerung, Ausleitung und Verrieselung aller Abwässer jeglicher Art, auch wenn diese vollbiologisch gereinigt sind, ist verboten.
- 9) Die Gülleausbringung im Herbst ohne Anbau einer winterharten Gründedecke ist verboten.
- 10) Die Stickstoffdüngung zu Mais in weniger als 3 Teilgaben ist verboten.
- 11) Der Anbau von Mais auf mehr als 50 % der in der Schutzzone III gelegenen Ackerflächen eines Betriebes ist verboten.
- 12) Die Durchführung von Pflanzenschutzmaßnahmen in Form der Flächenspritzung und die Anwendung von Atrazin sowie die Verwendung solcher Pflanzenschutzmittel, welche in den zu schützenden Wasservorkommen nachgewiesen wurden, auch wenn die Konzentration unter Grenz- und Richtwerten liegt, ist verboten.
- 13) Die Errichtung und der Betrieb von Anlagen zur Sammlung und Lagerung von Festmist, Gülle und Jauche, sofern das Versickern und das Ausfließen von verunreinigten Wässern nicht durch technische Maßnahmen verhindert wird, ist verboten.
- 14) Die Ausbringung von häuslichen, gewerblichen und industriellen Abwässern ist verboten.
- 15) Die Errichtung von behelfsmäßigen Gärfuttersilos, wenn das Versickern bzw. Austreten des Sickersaftes nicht ausgeschlossen ist, ist verboten. Dies gilt auch für entsprechende Wildfütterungsanlagen.
- 16) Die Verwendung von Herbiziden außerhalb der Landwirtschaft ist verboten.
- 17) Die Errichtung und Erweiterung von Anlagen zur Nutzung der Erd- und Bodenwärme, insbesondere Grundwasserwärmepumpen, ist verboten.
- 18) Die Ablagerung von Abfällen aller Art ist verboten.
- 19) Die Präparierung von Pisten und Loipen mit Chemikalien ist verboten.
- 20) Die Errichtung und Erweiterung von Wasserfassungen aller Art, ausgenommen der geschützten Anlagen ist verboten.
- 21) Der Transport gefährlicher Güter, sofern dieser Transport nicht zur Deckung des örtlichen Bedarfes unbedingt notwendig ist, ist verboten.
- 22) Die Verwendung von Teer zum Straßenbau und zur Straßenerhaltung ist verboten.

23) Die Ausbringung von Klärschlamm und Müllkompost ist verboten.

Obwohl aufgrund der Zielsetzung des erweiterten Schutzgebietes das gesamte hydrographische Einzugsgebiet der Brunnen Kalsdorf diesem Schutzgebiet zuzuordnen wäre, wird vorgeschlagen, den weiter als ~2 km entfernten Teil des Einzugsgebietes durch das bereits ausgewiesene weitere Schongebiet unter Schutz zu stellen, sodaß dieses für das Brunneneinzugsgebiet die Funktion einer Schutzzone IIIB erfüllt, zumal in dieser Schongebietsverordnung gerade für die Landwirtschaft als bedeutendstem Gefährdungspotential für das Grundwasser in diesem Bereich deutlich einschränkende Maßnahmen angeordnet sind. Inwieweit v.a. im NE Änderungen der Grenzen des weiteren Schongebietes vorgenommen werden sollten, wäre zu diskutieren.

Anschrift der Verfasser:

Dr. Johann Fank

Institut für Hydrogeologie und Geothermie, Joanneum Research,
8010 Graz, Elisabethstraße 16

Ing. Gerhard Rock

Institut für Hydrogeologie und Geothermie, Joanneum Research,
8010 Graz, Elisabethstraße 16

VERZEICHNIS DER BISHER ERSCHIENEN BÄNDE

- | | | | |
|------|----|--|----------------------|
| Band | 1 | VORTRAGSREIHE ABFALLBESEITIGUNG, 18. April 1964.
Neuaufgabe 1968, von W.Tronko, B.Bilek, J.Wotschke,
K.Stundl, F.Heigl, E.v.Conrad. | S 84,-- |
| Band | 2 | EIN BEITRAG ZUR GEOLOGIE UND MORPHOLOGIE DES MÜRZTALES,
von R.Sperlich, W.Scharf, A.Thurner, 1965.
W.Tronko, 1965. | S 84,--
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.Berbhart, W.Tronko, 1965. | S 84,-- |
| Band | 5 | DIE MÜLLVERBRENNUNGSANLAGE, VERSUCH EINER ZUSAMMENFASSUNG.
NÖRDLICH VON GRAZ, von H.Zetinigg, Th.Puschnik, H.Novak, F.Weber, 1966. | S 140-- |
| Band | 6 | VORTRAGSREIHE ABFALLVERARBEITUNG, 18. November 1965,
von F.Schönbeck, H.Sontheimer, A.Kern, H.Rasworschegg, J.Wotschke,
J.Brodbeck, R.Spinola, Stundl, W.Tronko, 1966. | S 120,-- |
| Band | 7 | SEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN IM GRUNDWASSERFELD FRIESACH
NÖRDLICH VON GRAZ, von H.Zetinigg, Th.Puschnigg, H.Novak, F.Weber, 1966. | S 140,-- |
| Band | 8 | DER MÜRZVERBAND, von E.Fabiani, P.Bilek, 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 WASSERWIRTSCHAFT-
LICHE RAHMENPLANUNG IM FLUSSGEBIET DER MÜRZ, von
H.Wengert, E.Hillebrand, K.Freisitzer, 1967.
W.Popp, M.Noë, 1969. | S 131,--
S 112,-- |
| 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 SCHWERPUNKTGEBIETEN -
STEIERMARKS, 1970 (DAS VORLÄUFIGE SCHWERPUNKTPRO-
GRAMM 1964 UND DAS SCHWERPUNKTPROGRAMM 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.Witschel, 1971.	S 66,--
Band	19	MASSNAHMEN ZUR LÖSUNG DER ABWASSERFRAGEN IN ZELLSTOFFFABRIKEN, 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	UNTERSUCHUNG AN ARTESISCHEN WÄSSERN IN DER NÖRDLICHEN OSTSTEIERMARK, von L.Bernhart, J.Zötl, H.Zetinigg,, 1972.	S 120,--
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, 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.Schlatte, H.Salinger, 1973.	S 150,--
Band	26	DIE ARTESISCHEN BRUNNEN DER SÜDWESTSTEIERMARK, von H.Zetinigg, 1973.	S 120,--
Band	27	DIE BEWEGUNG VON MINERALILEN IN BODEN UND GRUNDWASSER, von L.Bernhart, 1973.	S 150,--
Ban	28	KENNZAHLEN FÜR DEN ENERGIEWIRTSCHAFTLICHEN VERGLEICH THERMISCHER ABLAUGEVERWERTUNGSANLAGEN, von L.Bernhart , D.Radner, H.Artledter, 1974.	S 100,--
Band	29	GERNALPLAN 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 SÜDWESTSTEIERMARK, 1. TEIL, EINFÜHRUNG HYDROGEOLOGIE,KLIMATOLOGIE, von L.Bernhart, J.Zötl, H.Zojer, H.Otto, 1975.	S 120,--
Band	31	GRUNDLAGEN FÜR WASSERVERSORGUNGSWIRTSCHAFTLICHE PLANUNGEN IN DER SÜDWESTSTEIERMARK, 2. TEIL, GEOLOGIE, von L.Bernhart, P.Beck - Mannagetta, A.Alker, 1975.	S 120,--
Band	32	BEITRÄGE ZUR WASSERWIRTSCHAFTLICHEN RAHMENPLANUNG IN DER STEIERMARK, von L.Bernhart, 1975.	S 200,--

Band	33	HYDROGEOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN AN BOHRUNGEN UND BRUNNEN IN DER OSTSTEIERMARKE, 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, H.Ertl, P.Hacker, 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 SÜDOSTSTEIERMARKE, von L.Bernhart, 1978.	S 140,-
Band	38	ZENTRALWASSERVERSORGUNG FÜR DIE SÜDOSTSTEIERMARKE, von L.Bernhart, 1978.	S 140,-
Band	39	GRUNDWASSERUNTERSUCHUNGEN IM UNTEREN MURTAL, von E.Fabiani, H.Krainer, H.Ertl, W.Wessiak, 1978.	S 250,-
Band	40	GRUNDLAGEN FÜR WASSERVERSORGUNGSWIRTSCHAFTLICHE PLANUNGEN IN DER SÜDWESTSTEIERMARKE, 3. TEIL, DIE GRUNDWASSERFÜHRUNG IM TALE DER LASSNITZ, SULM UND SAGGAU ZWISCHEN GRUNDGEBIRGE UND LEIBNITZERFELD, von H.Fessler, 1978.	S 30,-
Band	41	GRUNDLAGEN FÜR WASSERVERSORGUNGSWIRTSCHAFTLICHE PLANUNGEN IN DER SÜDWESTSTEIERMARKE, 4. TEIL, GRUNDWASSERERSCHLIESSUNGEN IM TALE 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 GRUNDWASSER, von U.Mager, 1979.	S 120,-
Band	43	DIE GRUNDWASSERVERHÄLTNISSSE IM KAINACHTAL (ST.JOHANN O.H. - WEITENDORF), von M.Eisenhut, J.Novak, H.Zojer, H.Krainer, H.Ertl, 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 - ISOTOPENUNTERSUCHUNG - HYDROCHEMIE, von Ch.Schmid, H.Zojer, H.Krainer, H.Ertl, R.Ott, 1980.	S 200,-

Band	47	GRUND- UND KARSTWASSERUNTERSUCHUNGEN IM HOCHSCHWAB- GEBIET, TEIL IV, DIE UNTERSUCHUNGEN IM TRAGÖSSTAL, von E.Fabiani, 1980.	S 200,--
Band	48	GRUND- UND KARSTWASSERUNTERSUCHUNGEN IM HOCHSCHWAB- GEBIET, TEIL V, UNTERSUCHUNGEN IN DEN SÜDLICHEN, HOCHSCHWAB- TÄLERN (ILGENERNTAL BIS SEEGRABEN), von E.Fabiani, 1980.	S 280,--
Band	49	UNTERSUCHUNG ÜBER DIE MÖGLICHKEIT ZUR ENTNAHME VON GRUNDWASSER IM SÜDLICHEN HOCHSCHWABGEBIET UND DEREN BEWIRTSCHAFTUNG, von Ch.Meidl, J.Novak, W.Wessiak, 1980	S 280,--
Band	50	KONZEPT EINER ZENTRALWASSERVERSORGUNG HOCHSCHWAB SÜD von L.Bernhart, 1980.	S 200,--
Band	51	REGIONALE ABWASSERANLAGEN IN DER STEIERMARK, BEMÜHUNGEN UND ERGEBNISSE, von L.Bernhart, P.Bilek, E.Kauderer, H.Senekowitsch, O.Thaller, 1980.	S 300,--
Band	52	GRUNDWASSERUNTERSUCHUNGEN IM MURTAL ZWISCHEN KNITTELFELD UND ZELTWEG, von I.Arbeiter, H.Krainer, H.Ertl, H.Zetinigg, 1980.	S 100,--
Band	53	GRUNDWASSERUNTERSUCHUNGEN IM UNTEREN SAGGAUTAL, von I.Arbeiter, H.Krainer, H.Zetinigg, 1980	S 100,--
Band	54	"10 JAHRE WASSERVERBAND HOCHSCHWAB - SÜD" von L.Bernhart, W.Kneissel, J.Novak, R.Ott, F.Schönbeck, 1981.	S 120,--
Band	55	DIE AUSWIRKUNGEN DES KRAFTWERKBAUES VON OBERVOGAU AUF DAS GRUNDWASSER von H Fessler, 1981.	S 200,--
Band	56	FESTVERANSTALTUNG "10 JAHRE WASSERVERBAND HOCH- SCHWAB - SÜD 1971 - 1981", von L.Bernhart, R.Burgstaller M.Rupprecht, H.Sökner, G.Bujatti, E.Wurzer, A.Zdarsky, J.Krainer, V.Ahrer, 1981.	S 100,--
Band	57	GRUNDLAGEN FÜR WASSERVERSORGUNGSWIRTSCHAFTLICHE PLANUNGEN IN DER SÜDWESTSTEIERMARK, von L.Bernhart, E.Hübl, E.Schubert, E.Fabiani, H.Zetinigg, H.Zojer, E.P.Nemecek, E.P.Kauch, 1981.	S 200,--
Band	58	WASSERBEDARF DER SÜDWESTSTEIERMARK, von L.Bernhart, 1982.	S 200,--
Band	59	KOSTENAUFTEILUNGSSCHLÜSSEL FÜR ABWASSERVERBÄNDE, von P.Bilek, E.Kauderer, 1982.	S 200,--
Band	60	DIE QUELLEN DES SCHÖCKLGEBIETES, von H.Zetinigg, W.Griessler, Th.Untersweg, V.Weissensteiner, Ch.Meidl, 1982.	S 200,--
Band	61	BEDARFSERMITTLUNG FÜR EINEN STEIRISCHEN WASSER- VERBUND von Ch.Meidl, Ch.Kaiser, mit einer Einführung von L. Bernhart, 1983.	S 200,--

Band	62	DIE MESSUNGEN DER FLIESSGESCHWINDIGKEITEN DES GRUNDWASSERS IM MUR- UND MÜRZTAL, von H.Zetinigg, 1983.	S 100,--
Band	63	GRUNDLAGEN FÜR EINEN STEIRISCHEN WASSERVERBUND - LEITUNGSFÜHRUNGEN IN DER SÜDWESTSTEIERMARK, von J.Novak, Ch.Kaiser, 1983.	S 200,--
Band	64	STEIRISCHES WASSERVERBUNDMODELL, von J.Novak, 1983.	S 200,--
Band	65	DER KARST AM OSTUFER DER WEIZKLAMM, von G.Fuchs, 1983.	S 150,--
Band	66	HYDROGEOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN IN DEN NÖRDLICHEN GESÄUSEBERGEN, von W.Kollmann, 1983.	S 250,--
Band	67	DIE AUSWIRKUNGEN DES KRAFTWERKBAUES VON SPIELFELD AUF DAS GRUNDWASSER, von H.Fessler, 1983.	S 250,--
Band	68	BEITRÄGE ZUR KENNNTNIS DER ARTESISCHEN WÄSSER IM STEIRISCHEN BECKEN, von H.Zojer, H.Zetinigg, 1987.	S 200,--
Band	69	BEITRÄGE ZUR KENNNTNIS DER GESPANNTEN GRUNDWÄSSER IM MITTERENNSTAL UND PALTENTAL, von G.Suette, H.Zetinigg, 1988.	S 200,--
Band	70	GRUNDWASSERMODELL MURTAL, ABSCHNITT ST.STEFAN O.L. - KRAUBATH, von W.Erhart - Schippeck, Ch.Kaiser, 1990.	S 200,--
Band	71	KARSTHYDROLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN IM WEIZER BERGLAND,P.Hacker, 1991.	S 200,--
Band	72	MARKIERUNGSVERSUCHE IN KARSTGEBIETEN DER STEIERMARK, von A. Huber, M. Pöschl und H. Zetinigg, 1991.	S 200,--
Band	73	KARSTHYDROLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN IM EINZUGSGEBIET DES MIXNITZBACHES, H. Stadler, 1992.	S 200,--
Band	74	HYDROGEOLOGIE UND GRUNDWASSERMODELL DES LEIBNITZERFELDES - von J.Fank, A.Jawecki, H.P.Nachtnebel und H.Zojer, 1993.	S 500,--
Band	75	UNTERSUCHUNGEN DER GESPANTEN GRUNDWASSERVORKOMMEN IM FEISTRITZTAL - UND SAFENTAL, OSTSTEIERMARK, von H.Bergmann, A. Lettowsky, E. Niesner, Ch.Schmid, J. Schön, F. Überwimmer, 1993.	S 300,--
Band	76	GROSSPUMPVERSUCH UND GRUNDWASSERMODELL KALSDORF, von J. Fank und G. Rock, 1994.	S 300,--

In diesen Preisen ist die 10 %ige Mehrwertsteuer nicht enthalten.
Soweit lagernd, sind sämtliche Berichtsbände bei Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Landesbaudirektion IIIa, Ref. II, 8010 Graz, Stempfergasse 5/III, Zimmer 312 erhältlich.