

Untersuchungen zur Entwicklung hochmineralisierter Grundwässer im nordwestlichen Randbereich des südlichen Wiener Beckens

Highly mineralized groundwaters along the
northwestern margin of the southern Viennese Basin
and their possible developments

S. GIER

mit 21 Abbildungen und 3 Tabellen

Schlüsselwörter:

Südliches Wiener Becken
Grundwasser
Mineralisierung
Kontamination

Keywords:

Southern Viennese Basin
Groundwater
Mineralization
Contamination

Adresse der Autorin:

Address of the authoress:

Mag. Susanne Gier

Institut für Petrologie der Universität Wien

Dr. Karl Lueger-Ring 1

A-1010 Wien

Inhalt

	Seite
Zusammenfassung	54
Abstract	54
1. Einleitung und Problemstellung	54
2. Geologie, Tektonik, Hydrogeologie und Hydrodynamik	55
2.1. Geologie und Tektonik	55
2.1.1. Übersicht zur Lithologie und Tektonik des Beckenrandes und seiner hydrogeologischen Wertigkeit	55
2.1.2. Überblick zur Lithologie, Tektonik und hydrogeologischen Wertigkeit des Wiener Beckens und seiner randlichen Störungszonen	55
2.2. Hydrogeologisch-hydrodynamisches Gesamtkonzept	57
2.3. Voruntersuchungen und Folgerungen	57
2.3.1. Möglichkeiten zum Aufdringen hochmineralisierter Wässer an Störungszonen	59
2.3.2. Überlegungen zur einzugsgebietsbedingten Mineralisierung der Wässer	59
2.3.3. Notwendigkeit hydrochemischer und sedimentpetrographischer Untersuchungen zur Lösung der Problematik	59
3. Hydrochemie	59
3.1. Wasserprobennahme	59
3.2. Hydrochemische Daten	59
3.2.1. Darstellung der Analysenergebnisse	61
3.2.1.1. Piper-Diagramme	63
3.2.1.2. Flächenmäßige Darstellung der Wasserprobennahmepunkte im Koordinatensystem	63
3.3. Folgerungen	63
4. Sedimentpetrographie	65
4.1. Probennahme	65
4.2. Sedimentuntersuchungen	65
4.2.1. Granulometrische Zusammensetzung der Sedimente	65
4.2.2. Mineralogische und chemische Zusammensetzung der Sedimente	65
4.2.2.1. Röntgendiffraktionsanalyse	65
4.2.2.2. Röntgenfluoreszenzanalyse	67
4.3. Folgerungen	67
5. Elutionen, Perkolationen und Filtrate	67
5.1. Elutionen („batch-Versuche“)	67
5.2. Perkolationen	67
5.3. Filtrate	68
5.4. Folgerungen	68
5.5. Aussagen aus der chemischen Zusammensetzung der Eluate, Perkolate und Filtrate im Vergleich mit der Chemie der Grundwässer	69
6. Anthropogene Einflüsse	69
7. Literatur	72

Contents

	page
Zusammenfassung	54
Abstract	54
1. Introduction	54
2. Geology, Tectonics, Hydrogeology and Hydrodynamics	55
2.1. Geology und tectonics	55
2.1.1. General view of the lithology and tectonics of the margin of the basin and its hydrogeological value	55
2.1.2. General view of the lithology, tectonics and hydrogeological value of the Viennese Basin and its marginal fault zones	55
2.2. Hydrogeological-hydrodynamical conception	57
2.3. Preliminary investigations and conclusions	57
2.3.1. Intruding waters along fracture zones	59
2.3.2. Influence of the catchment area	59
2.3.3. Necessity of hydrochemical and sedimentary-petrographical analysis to solve the problems	59
3. Hydrochemistry	59
3.1. Watersampling	59
3.2. Hydrochemical data	59
3.2.1. Presentation of the analytical data	61
3.2.1.1. Piper-diagrams	63
3.2.1.2. Areal presentation of the locations of water-sampling in the system of coordinates	63
3.3. Conclusions	63
4. Sedimentary Petrography	65
4.1. Sampling	65
4.2. Sedimentary analysis	65
4.2.1. Granulometrical analysis	65
4.2.2. Mineralogical and chemical composition	65
4.2.2.1. X-ray diffraction analysis	65
4.2.2.2. Fluorescent X-ray analysis	67
4.3. Conclusions	67
5. Elutions, Percolations and Filtrates	67
5.1. Elutions ("batch-tests")	67
5.2. Percolations	67
5.3. Filtrates	68
5.4. Conclusions	68
5.5. Comparison of the chemical composition of the eluates, percolates and filtrates with the chemical composition of the groundwaters	69
6. Anthropological Influences	69
7. References	72

Zusammenfassung

Schädigungen der Vegetation durch Bewässerungen aus Hausbrunnen waren erste Hinweise auf hochmineralisierte oder schadstoffbelastete Grundwässer im Gebiet zwischen Perchtoldsdorf und Gumpoldskirchen im Südwesten von Wien.

Die Problemstellung dieser Arbeit war demnach Untersuchungen gewidmet, die Möglichkeiten zur Entstehung dieser Wässer im angesprochenen Gebiet abzuklären und zu diskutieren, wobei zunächst prinzipiell an Störungszonen des Beckenrandes aufdringende Wässer, die Geologie des Einzugsgebietes, mögliche Aufmineralisierungen des Grundwassers beim Durchgang durch feinkörnige Sedimente sowie anthropogene Beeinflussungen als denkbare Ursachen angesehen wurden.

Aufgrund von Verteilungsmustern der in einem ersten Untersuchungsgang gemessenen elektrischen Leitfähigkeiten konnten wesentliche Aufmineralisierungen über Störungszonen sowie geologisch bedingte Einflüsse über das Einzugsgebiet der Grundwässer ausgeschlossen werden.

Die höchsten, im Arbeitsgebiet gemessenen Daten konzentrieren sich demnach um Siedlungsgebiete in Brunn/Geb. und in Guntramsdorf. Angeschlossene detaillierte, hydrochemische Untersuchungen der Grundwässer dieser Bereiche ergaben im Gegensatz zu den anderen Grundwässern des Untersuchungsgebietes sehr hohe Konzentrationen unterschiedlichster Ionenqualitäten, vor allem aber von Calcium-, Sulfat- und den Chloridionen.

Um allfällige Zusammenhänge zwischen der Hydrochemie der Grundwässer und der granulometrischen und mineralogischen Zusammensetzung der Sedimente aufzuzeigen, wurden Sedimentproben in den Gebieten hochkonzentrierter Grundwässer gezogen, Elutions- und Perkolationsuntersuchungen durchgeführt und über spezifische Parameterkorrelationen der Ergebnisse Möglichkeiten zur Erklärung dieser hydrochemischen Gegebenheiten gesucht.

Vergleiche der mineralogischen und granulometrischen Beschaffenheit der Sedimente mit den hydrochemischen Daten von Eluat, Perkolat, Filtrat und denen der hochkonzentrierten Grundwässer ergaben, daß nur ein geringer Anteil der Calcium- und Sulfatkonzentrationen über sedimentverursachte Aufmineralisierung erklärt werden kann.

Hohe Gehalte an Natrium, Chlorid, Nitrat, Bor, Zink und anderen Ionen sind dagegen mit dem Stoffbestand der angetroffenen Sedimente nicht korrelierbar und müssen anthropogenen Einflüssen zugeschrieben werden. Die Nähe der Probenpunkte zu Deponien und die lokalen hydrologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten unterstützen zusätzlich derartige Vermutungen, die auch durch nahegelegene Industriestandorte, in Verbindung mit extremen Io-

nenqualitäten und -anreicherungen im Grundwasser, weitere Erhärtung finden.

Abstract

First indications of highly mineralized or contaminated groundwaters in the area between Perchtoldsdorf and Gumpoldskirchen were given by vegetation damages caused by watering the plants out of wells.

The development of such groundwaters was the question investigated and discussed in this paper.

The possibilities for the development of such high mineralizations were as follows: waters coming up along fault zones bordering the margin of the Viennese Basin, the geology of the catchment area, an increase of the mineralization caused by migration through fine-grained sediments or by anthropological influences.

Loggings of the electrical conductance of the waters in this area showed a certain pattern which excluded the hypothesis of highly mineralized waters caused by intruding gases or waters out of fault zones or the influence of the geology within the catchment area.

The highest data measured in this area were concentrated around the villages of Brunn/Geb. and Guntramsdorf. Detailed hydrochemical analysis of the groundwaters from these specific areas revealed very high ion concentrations of above all calcium, sulphate and chloride in comparison to the other samples.

To correlate the hydrochemistry of the groundwater with the granulometric and mineralogical composition of the sediments, samples were taken in the areas of the highly concentrated groundwaters. These sediments underwent the special treatments of elution and percolation for the purpose of comparing the hydrochemical results of the elution and percolation with those of the groundwater.

This correlation demonstrated that only a minor part of the ion concentrations of calcium and sulphate in the groundwater could have been caused by the composition of the sediments.

The other high ion concentrations, like those of sodium, chloride, nitrate, boron, zinc and others can not be correlated with the mineralogical composition and are therefore an indication of anthropological influences. The short distance of the occurrence of the highly ionized groundwaters to disposal- and industrial sites together with local hydrological factors give further confirmation for this presumption.

1. Einleitung und Problemstellung

Die vorliegende Arbeit ist die Kurzfassung einer in den Jahren 1989 und 1990 am Institut für Petrologie der Universität Wien entstandenen Diplomarbeit

(Betreuung: Prof. KURZWEIL), die sich mit der Entwicklung hochmineralisierter Grundwässer im Bereich zwischen Perchtoldsdorf und Gumpoldskirchen, am Nordwestrand des südlichen Wiener Beckens, auseinandersetzt (Abb. 1).

Initiiert wurde dieses Thema von der niederösterreichischen Landesregierung, Abt. Wasserbau, die durch Besitzer von Hausbrunnen, nach Vegetationsschäden durch Beregnung, alarmiert wurde. Eingeleitete Untersuchungen zeigten z. T. sehr hohe Ionenkonzentrationen, deren Entstehung bzw. Verbreitung einer Klärung bedurfte.

Folgende Hypothesen wurden in Betracht gezogen:

1. Aufdringen hochmineralisierter Wässer an Störungszone des Beckenrandbereiches.
2. Hohe Mineralisierung bedingt durch die Geologie des Einzugsgebietes.
3. Aufmineralisierung der Wässer beim Durchgang durch feinkörnige, neogene Sedimente.
4. Anthropogene Einflüsse als Ursache für den hohen Mineralisierungsgrad der Grundwässer.

Die nachfolgenden Untersuchungen sind der Klärung dieser Möglichkeiten gewidmet.

Die Kenntnis von Geologie, Tektonik und Lithologie sowie der generellen hydrogeologischen und hydrodynamischen Gegebenheiten im Untersuchungsgebiet sind dafür notwendige Voraussetzungen.

2. Geologie, Tektonik, Hydrogeologie und Hydrodynamik

2.1. Geologie und Tektonik

Das untersuchte Gebiet liegt am Abbruch der Nördlichen Kalkalpen gegen das Wiener Becken und beinhaltet somit Anteile des mesozoischen Beckenrandes, der randlichen Störungszonen und der Neogenfüllung des Wiener Beckens (Abb. 1).

2.1.1. Übersicht zur Lithologie und Tektonik des Beckenrandes und seiner hydrogeologischen Wertigkeit

In einem von Nord nach Süd angelegten Profil treten im Norden des Untersuchungsgebietes Teile des Frankfeller-Lunzer Deckensystems an das Becken heran, welches sich als steilstehendes Falten- und Schuppen-system mit rücküberkippter Überschiebungsfrent zeigt (G. WESSELY, 1983). Lithologisch betrachtet liegt in diesem Abschnitt eine mesozoische Kalk- und Dolomitabfolge vor.

Über dieses Deckensystem transgredierte die Oberkreideabfolge der Gießhübler Mulde mit Konglomeraten, Brekzien, Sandsteinen, Mergeln und Kalken (A. TOLLMANN, 1985), die durch eine

mehrere hundert Meter mächtige Turbiditfolge der Gießhübler Schichten des Maastricht-Paleozäns überlagert wird (G. WESSELY, 1983).

Vom mittleren kalkalpinen Deckenstapel (Ötscherdeckensystem) tritt nur die Gölledecke an den Beckenrand heran.

Sie überschiebt die Gießhübler Mulde im Gebiet von Hinterbrühl nordvergent, wobei eine Stirnzone aus Werfener Schichten mit Evaporiten (Gipshaselgebirge der Hinterbrühler Seegrotte) zur Ausbildung gelangt (G. WESSELY, 1983).

In diesem permoskythischen Sockel können Schürflinge ausgeschieden werden, die der tektonischen Basis entstammen.

Im Hangenden, weiter gegen Süden, folgen die geringmächtigen Ablagerungen der Mitteltrias und des Karn.

Hauptbaustein der einen wesentlichen Teil des Untersuchungsgebietes begrenzenden und bis zum Südrand des Untersuchungsgebietes reichenden Gölledecke (Anninger Masse) ist der 1500 m mächtige Hauptdolomit. Mit diesem durch Wechsellagerung verbunden folgt der hangende, 500 m mächtige Dachsteinkalk (B. PLÖCHINGER, 1979).

Darauf liegen noch lokal begrenzt und geringmächtig Kössener Schichten und Ablagerungen des Jura meist in karbonatischer Ausbildung.

Der hier umrissene Teil des alpinen Baus setzt sich mit allen Zonen im Untergrund des Wiener Beckens fort, wie dies durch zahlreiche Bohrungen der ÖMV AG belegt werden konnte (G. WESSELY, 1974 und 1983).

Aus hydrogeologischer Sicht sind die Kalke und Dolomite des Einzugsgebietes ausgezeichnete Kluft- und Karstwasserleiter. Dies gilt im besonderen für den mächtig ausgebildeten Hauptdolomit, der intensiv geklüftet, das Untersuchungsgebiet vom Raum Mödling bis zum Südrand begrenzt und daher für die hydrogeologische Gesamtbewertung des Einzugsgebietes von entscheidender Bedeutung ist. Der Dolomit fungiert auch als Karstwasserspeicher mit relativ hoher Speicherkapazität (W. PROHASKA, 1983).

Die im Bereich der Gießhübler Mulde vorkommenden Sandsteine wirken dagegen generell als relative Grundwasserstauer, können aber entlang bevorzugter Wegigkeiten als grundwasserleitende Schichten in Erscheinung treten.

Schließlich sind die im Raum Hinterbrühl an der Stirnzone der Gölledecke verbreiteten Werfener Schiefer hydrogeologisch als Staukörper einzustufen.

2.1.2. Überblick zur Lithologie, Tektonik und hydrogeologischen Wertigkeit des Wiener Beckens und seiner randlichen Störungszonen

Generell charakterisiert entspricht das Wiener Becken einem tektonischen Zerrungsbecken, das im

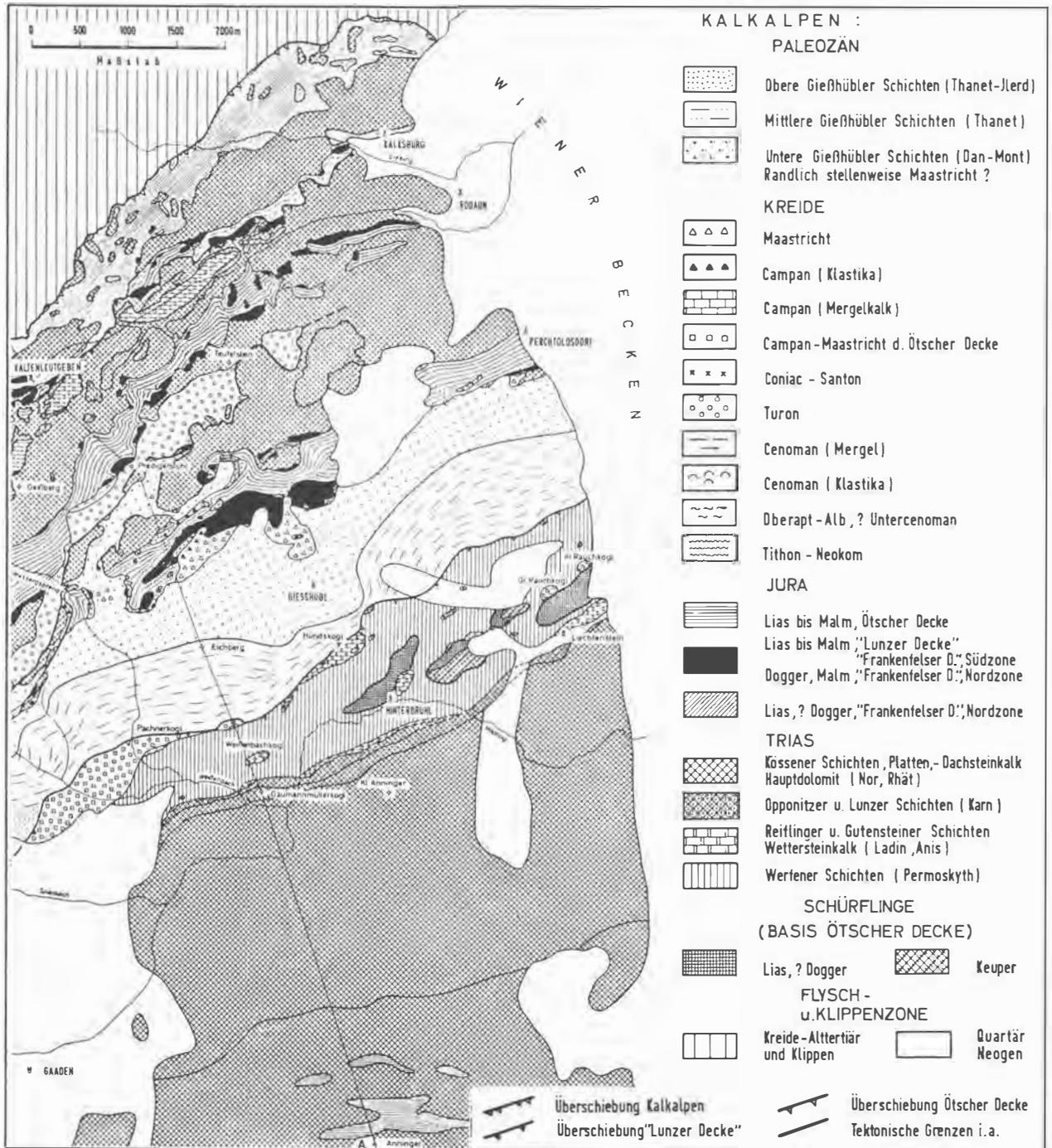


Abb. 1: Geologische Übersicht über den Nordabschnitt der Kalkalpen bei Wien (G. WESSELY, 1974).
Fig. 1: Geology of the Northern Calcareous Alps next to Vienna (G. WESSELY, 1974).

Grenzbereich des Alpen- und Karpatenkörpers eingebrochen ist. Die Anordnung der Bruchlinien entlang der sogenannten „Thermenlinie“ im Westen (Bad Fischau, Leobersdorf, Bad Vöslau, Baden, Mödling, Meidling) zeigt gegenüber der Neogenfüllung des Beckens ein System von Staffelbrüchen, die den Beckenrand teufenmäßig gliedern. Im Westteil des Beckens blieb auf diese Weise eine breite, nur wenige hundert Meter abgesenkte, rampenförmige Staffel stehen, bevor durch den Leopoldsdorfer Bruch die Hauptabsenkung der Sedimente in eine Beckentiefe von mehreren Kilometern erfolgte (A. TOLLMANN, 1985).

Der Haupteinbruch des Beckens begann im Baden. Die syntektonisch abgelagerte Badener Serie besteht aus marinen Mergel- und Sandsteinfolgen im Beckeninneren (bis 1500 m mächtig), an den Beckenrändern kommt es hingegen zur Bildung von grobklastischen Strandsäumen und Lithothamnienplattformen.

Das Sarmat zeigt brackische Entwicklung: Die Beckensedimente bestehen aus Mergeln und Sandsteinhorizonten (bis 2000 m mächtig), die Ränder aus sandig-kalkigen Ablagerungen.

Im Pannon nahm die Aussüßung zu, die tieferen Abschnitte des Beckenbereiches (bis 1000 m mächtig) bestehen ebenfalls aus Mergeln mit sandigen Einschaltungen, auch erhöht sich die Sandschüttung gegen das Hangende.

Im Pont wird die zunehmende Verlandung durch bereichsweise kiesige Sedimente unterstrichen (G. WESSELY, 1983).

Darüber lagert eine mehr oder weniger zusammenhängende Decke pleistozäner Schotter (H. KÜPPER, 1954).

Zur hydrogeologischen Wertigkeit dieses Bereiches ist prinzipiell anzumerken, daß bestimmte Lagen von Sandsteinen innerhalb des Baden, Sarmat und Pannon beträchtliche intergranulare Porosität aufweisen, die Permeabilität jedoch vom Zementations- oder Vermergelungsgrad der Gesteine abhängt (G. WESSELY, 1983).

Die Sand- und Schotterbereiche der oberflächennahen Ablagerungen des Wiener Beckens sind dagegen generell als potentielle Grundwasserleiter auszuweisen, die feinkörnigen, mergeligen Lagen jedoch als Stauer.

2.2. Hydrogeologisch – hydrodynamisches Gesamtkonzept

Nach Unterlagen der niederösterreichischen Landesregierung ist die allgemeine hydrogeologische Situation im Bereich Kalkalpenostrand-Wiener Becken durch ein Abströmen des Grundwassers in Richtung des Beckens charakterisiert. Das von den Alpen kommende, West-Ost-strömende Grundwasser dreht

später im Beckenbereich in nordöstliche Richtung (Abb. 2).

Für die Frage nach Aufmineralisierung der Grundwässer durch an den Störungszonen aufdringende Wässer ist die Hydrodynamik der Beckenrandzone von wesentlicher Bedeutung.

Ersten Überlegungen von M. VENDEL (1962) folgte eine weiterführende Theorie von G. WESSELY (1983), der aus den durch Tiefbohrungen der ÖMV bekannten Daten auf die Hydrodynamik der Randzone dieses Bereiches schloß:

Die Kalkalpenanteile im Untergrund werden demnach in großer Tiefe von kalten, beckenwärts strömenden Wässern durchflossen, wobei dies besonders auf die mächtigen und klüftigen Dolomite der Göllerdecke zutrifft. Die Wässer werden hierbei erwärmt und mineralisiert, steigen dadurch an dem für sie wegsamen Bruchsystem des Leopoldsdorfer Verwurfes hoch und fließen in porösen neogenen Gesteinen zum Bruchsystem des Beckenrandes zurück, wo sie endgültig an der sogenannten „Thermenlinie“ an die Oberfläche treten.

Thermen im eigentlichen Sinn treten aber nur punktuell entlang der gesamten Länge des Ausstriches der Grenze kalkalpine Klüftgesteine – Tegel­füllung des Beckens auf (T. GATTINGER & H.KÜPPER, 1964).

2.3. Voruntersuchungen und Folgerungen

Um einen Überblick über das Auftreten bzw. die lokale Verbreitung von Wässern mit hohen Mineralisierungsgraden in bezug auf die Geologie des Einzugsgebietes und die Störungszonen zu bekommen, wurden in einem ersten Untersuchungsgang im April 1989 die elektrischen Leitfähigkeiten der Wässer an ausgewählten Brunnen, Quellen und Oberflächengewässern gemessen.

Wie aus Abb. 2 ersichtlich ist, lassen sich die Bereiche, in denen stark erhöhte Leitfähigkeiten ($> 1500 \mu\text{S}/\text{cm}$; in der Karte in gelber und roter Farbe ausgeschieden) der Grundwässer auftreten, lokal scharf abgrenzen. Sie erstrecken sich somit keineswegs über den gesamten nordwestlichen Randbereich des südlichen Wiener Beckens, wie vorerst angenommen wurde, sondern konzentrieren sich um Siedlungsgebiete in Brunn/Geb. und Guntramsdorf.

Durch eine zusammenfassende graphische Darstellung von Geologie, Tektonik und den oben angeführten Leitfähigkeitsmessungen in Abb. 2 wird versucht, die in der Einleitung gestellten Fragen nach den Wertigkeiten der Störungszonen und der Geologie des Einzugsgebietes als Ursachen für das Zustandekommen hochmineralisierter Wässer im Randbereich des Wiener Beckens zu beantworten.

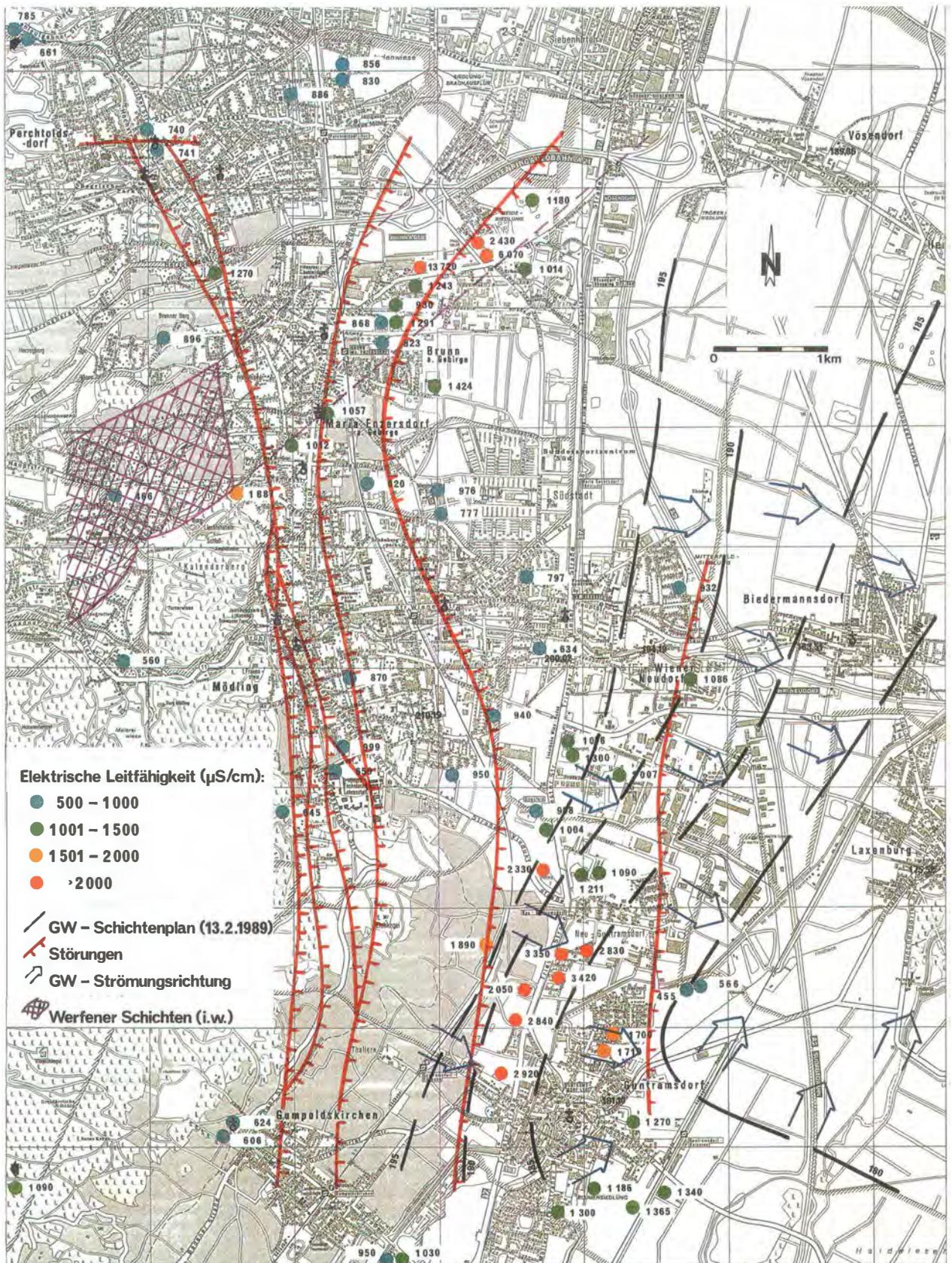


Abb. 2: Verteilungsmuster der elektrischen Leitfähigkeiten (ELF) mit tektonischen Störungszonen, Grundwasserschichtenplan und Zone der gipsführenden Werfener Schichten.

Fig. 2: Distributional pattern of the electrical conductance, with fault zones, water table contour lines, and the zone of the gypsum-bearing „Werfener Schichten“.

2.3.1. Möglichkeiten zum Aufdringen hochmineralisierter Wässer an Störungszonen

Das Verteilungsmuster der elektrischen Leitfähigkeiten in Verbindung mit den Störungen am Westrand des Beckens (aus der Strukturkarte „Oberkante Sarmat“ von H. UNTERWELZ, 1976) und einem Grundwasserschichtenplan vom 13. 02. 1989 (Abb. 2) schließt Zusammenhänge zwischen hoher Mineralisierung der Wässer und dem tektonischen Bauplan des Untersuchungsgebietes aus.

Es ist dies nicht nur mit dem eng begrenzten räumlichen Auftreten der hochmineralisierten Wässer bei Brunn/Geb. und Guntramsdorf zu begründen, sondern auch mit Angaben bei H. KÜPPER (1951), wonach die Haupttrandstörung bei Brunn/Geb. keine bevorzugte Wasserwegigkeit erkennen läßt und demnach auch aus dieser Sicht Aufmineralisierungen von Oberflächenwässern durch aufdringende Tiefenwässer für die gegenständliche Problematik nicht in Frage kommen.

Diese Beurteilung wird auch durch teilweise Wasserwegigkeiten längs der Hauptstörung, z. B. bei Mödling, nicht eingeschränkt, zeigen doch die elektrischen Leitfähigkeiten in diesem Bereich für das Gebiet normale, niedrige Mineralisierungen und keine Zusammenhänge mit den hohen Mineralisierungsgraden in Brunn/Geb. und in Guntramsdorf.

2.3.2. Überlegungen zur einzugsgebietsbedingten Mineralisierung der Wässer

Zwischen der chemischen Beschaffenheit des Grundwassers und der petrographischen Zusammensetzung des Speichergesteins besteht prinzipiell ein enger Zusammenhang, der sich umso deutlicher auswirkt, je löslicher die gesteinsbildenden Minerale sind, bzw. je schneller ihre Zersetzung erfolgt und je größer die Kontaktfläche und Kontaktzeit zwischen Gestein und Grundwasser beschaffen ist (G. MATTHESS, 1990).

Gesteine, die gipsführend sind, bewirken durch die gute Löslichkeit des Gipses (2,08 g/l nach H. J. VOIGT, 1990) höhere elektrische Leitfähigkeiten im Grundwasser als z. B. Dolomite und Kalke.

Die das Einzugsgebiet beherrschenden Gesteine sind die Dolomite der Göllederdecke mit an ihrer Stirnzone liegenden gipsführenden Werfener Schichten, die durch partiell bevorzugte Löslichkeit hohe Leitfähigkeiten im Grundwasser hervorrufen können.

Intensive Auslaugungsprozesse entwickeln sich in diesem Zusammenhang besonders in den Ausstrichbereichen solcher Gesteine an der Erdoberfläche, da diese morphologische Position die intensive Zirkulation des Grundwassers, damit gleichzeitig die Auslaugung begünstigt und zwischen Lösungsaktivität und Filtrationsgeschwindigkeit eine korrelative Abhängigkeit besteht (H. J. VOIGT, 1990).

In Abb. 2 wird die Zone der Werfener Schichten mit dem Verteilungsmuster der elektrischen Leitfähigkeiten im Untersuchungsgebiet verglichen.

Dabei zeigt sich, daß entlang des Randes der Kalkalpen in diesem Abschnitt die elektrischen Leitfähigkeiten der Wässer ziemlich einheitlich entwickelt sind und nur eine Quelle im Ortsgebiet von Maria Enzersdorf als mögliche Entwässerung der Werfener Schichten (1887 $\mu\text{S}/\text{cm}$) anzusehen ist.

Die hohen elektrischen Leitfähigkeiten bei Brunn/Geb. und in Guntramsdorf können jedoch mit Einflußnahmen aus der Geologie des Einzugsgebietes nicht erklärt werden.

2.3.3. Notwendigkeit hydrochemischer und sedimentpetrographischer Untersuchungen zur Lösung der Problematik

Da über die Geologie und Tektonik des Untersuchungsgebietes und seiner westlichen Begrenzung keine befriedigenden Antworten zur Entstehung der hohen Mineralisierungsgrade der Wässer gegeben werden können, wurden detaillierte hydrochemische Untersuchungen erforderlich, um herauszufinden, welche chemischen Parameter im Grundwasser für die hohen Leitfähigkeiten verantwortlich sind und welche Rückschlüsse sich auf ihre tatsächliche Herkunft ziehen lassen.

Ob die erhöhten Ionenkonzentrationen durch das langsame Migrieren der Grundwässer durch feinkörnige Sedimente entstanden sind, sollten demnach die sedimentpetrographisch-mineralogischen Untersuchungen und die darauffolgenden Korrelationen mit den chemischen Parametern der Wasseranalysen beantworten.

3. Hydrochemie

3.1. Wasserprobennahme

Die Probennahme für die erforderlichen hydrochemischen Untersuchungen erfolgte an den Oberflächengewässern, Grundwässern und Quellen, die bereits für die Bestimmungen der elektrischen Leitfähigkeiten herangezogen wurden (Abb. 2).

Genauere Angaben zu den Lokalitäten sind bei S. GIER (1990) zu entnehmen.

Die Beprobungstätigkeit erstreckte sich über den Zeitraum vom 5. 07.–13. 07. 1989.

Die Analysen wurden in den Labors der niederösterreichischen Umweltschutzanstalt in Maria Enzersdorf durchgeführt.

3.2. Hydrochemische Daten

Die hydrochemischen Untersuchungen erfolgten nach den „Anforderungen an die Beschaffenheit des Trinkwassers“ (ÖNORM M 6250).

PR	FA	ELF	PH	M-W	GH	CA	MG	FE	MN	ZN	AL	B	PV	CL	SO4	NO3	NO2	NH4	NA	K	O2	TEMP	T111	TRI	PER	CCL4	CHCL3
B1	0.4	860	7.30	6.22	28.7	133	36	0.11	0.08	0.010	0.04	0.030	4.1	26.0	165	8.2	0.020	0.05	17.5	3.5	2.7	n.n.	n.n.	n.n.	22.0	n.n.	n.n.
B2	0.2	910	7.50	6.69	27.2	129	43	0.05	0.03	0.009	0.04	0.050	4.9	39.0	145	27.0	0.030	n.n.	24.0	1.0	5.1	n.n.	n.n.	n.n.	1.0	n.n.	n.n.
B3	tr	1710	7.20	12.10	57.0	204	110	1.75	1.80	0.210	0.13	0.020	19.1	85.0	455	1.0	n.n.	0.80	16.0	3.4	n.n.						
B4	1.4	830	8.00	4.80	21.2	103	31	0.19	0.05	0.180	0.09	0.050	9.5	97.0	88	25.0	n.n.	0.15	34.0	3.0	8.8	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
B5	0.2	1375	7.50	8.17	36.0	164	55	0.11	0.03	4.170	0.08	0.360	7.0	79.0	178	174.0	0.110	0.10	67.5	6.0	7.2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
B6	tr	7550	7.00	7.58	248.0	860	350	4.15	2.61	0.040	0.49	0.340	12.3	2230.0	1350	1.0	0.010	0.07	195.0	8.0	8.0	n.n.	n.n.	3.5	n.n.	n.n.	n.n.
B7	1.1	1085	8.50	2.94	29.9	80	81	0.11	0.03	0.009	0.07	0.090	19.1	108.0	390	1.0	n.n.	0.05	34.5	5.5	10.6	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
B8	1.3	1310	8.40	2.48	37.0	136	81	0.08	0.03	0.009	0.09	0.050	23.4	87.0	630	1.0	n.n.	0.15	38.0	12.0	10.4	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
B10	0.4	905	7.40	6.53	28.8	147	39	0.06	0.03	0.030	0.09	0.009	4.7	45.0	101	54.0	n.n.	n.n.	13.0	3.0	6.1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
B11	1.5	1270	7.10	7.38	36.0	191	42	0.05	0.03	0.009	0.12	0.009	6.3	160.0	111	67.0	0.060	0.05	44.5	1.0	2.9	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
B12	1.4	2430	7.20	7.28	69.0	312	110	0.66	0.79	0.030	0.19	0.100	8.2	462.0	530	1.2	0.030	0.07	85.0	3.0	2.0	n.n.	n.n.	18	37.0	n.n.	1.0
B14	2.8	930	7.30	5.21	25.4	144	33	0.20	0.22	0.040	0.23	0.050	15.6	114.0	84	9.4	0.580	0.15	31.0	4.0	3.5	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
B15	0.1	13720	6.60	5.94	526.0	125	61	0.05	0.03	0.010	0.15	0.089	31.0	8120.0	8.0	114.0	0.050	n.n.	3.5	1.5	n.n.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
GP2	n.n.	640	7.40	5.87	21.3	105	27	0.05	0.03	0.009	0.04	0.009	3.2	6.8	46	15.3	0.030	0.05	2.0	1.0	8.8	11.6	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.b.
GP3	0.4	850	7.40	6.70	24.4	100	49	0.05	0.05	0.009	0.06	0.090	8.5	27.0	92	14.5	0.020	n.n.	20.0	10.0	2.6	18.0	50.0	n.n.	n.n.	n.n.	n.b.
GP4	tr	1280	7.70	9.63	43.0	140	100	1.41	0.06	0.820	0.11	0.040	20.2	17.1	310	15.6	0.060	1.75	6.5	6.5	2.3	13.3	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.b.
GP5	tr	1020	8.70	10.57	1.2	3.0	2.0	0.05	0.03	0.040	0.04	1.960	29.0	8.9	28	4.5	0.080	0.80	190.0	8.0	1.6	17.3	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.b.
GT1	0.9	3780	7.00	8.53	121.0	604	130	0.16	0.03	0.110	0.27	19.500	10.0	338.0	1620	95.0	0.040	0.05	155.0	8.0	2.9	15.8	16.0	6.0	1.0	n.n.	n.n.
GT2	0.6	2040	7.30	5.18	68.0	327	87	1.00	0.08	0.009	0.15	0.300	6.6	47.0	1020	35.0	n.n.	0.05	31.0	22.5	3.0	15.8	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
GT3	0.5	1180	7.60	4.73	36.0	88	94	0.29	0.03	0.040	0.04	0.150	3.8	49.0	420	4.8	n.n.	0.05	22.0	2.0	2.9	12.9	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
GT4	0.7	1290	8.40	3.88	39.0	103	94	0.05	0.03	0.009	0.04	0.170	15.3	66.0	560	1.0	n.n.	0.05	28.0	7.5	9.3	22.9	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
GT5	1.7	3640	7.60	7.44	134.0	397	220	2.0	1.68	0.050	0.27	0.240	20.1	77.0	2380	13.8	0.005	0.05	80.5	60.0	1.7	13.5	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
GT6	1.6	300	7.70	4.30	14.8	75	18	0.06	0.20	0.009	0.04	0.010	9.6	7.9	55	5.8	0.310	0.03	4.0	6.0	2.6	15.5	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
GT7	1.9	573	8.30	3.30	16.4	57	42	0.23	0.03	0.009	0.07	0.010	20.2	16.2	130	1.0	n.n.	0.05	10.0	4.5	7.6	24.5	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
GT8	0.1	1286	7.30	6.76	37.0	144	51	0.05	0.03	0.009	0.06	0.130	4.1	84.0	280	28.0	n.n.	n.n.	48.0	11.0	3.7	13.2	7.5	3.5	2.0	n.n.	n.n.
GT9	1.5	1340	7.40	6.40	42.0	173	52	0.06	0.93	0.020	0.13	0.009	7.9	114.0	325	7.6	0.020	2.25	29.5	6.5	1.7	11.8	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
GT10	0.6	1383	7.50	5.30	43.0	165	63	0.21	0.03	0.020	0.15	0.009	5.1	112.0	400	21.0	n.n.	n.n.	28.5	6.0	2.6	12.8	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
GT11	0.9	1430	7.60	4.93	48.0	155	72	0.05	0.03	0.020	0.11	0.009	4.0	117.0	370	13.0	0.005	n.n.	28.0	3.3	7.4	13.3	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
GT12	n.n.	1360	7.40	8.51	42.0	170	59	0.07	0.03	0.370	0.11	0.070	4.0	72.0	400	18.0	0.060	n.n.	32.5	9.5	3.4	19.1	1.0	n.n.	13.0	n.n.	n.n.
GT13	0.7	1900	7.30	7.77	56.0	196	110	0.32	0.07	0.140	0.10	0.270	7.1	74.0	785	27.0	n.n.	n.n.	52.5	65.5	3.2	13.6	1.5	1.0	n.n.	n.n.	n.n.
GT14	3.7	2240	8.30	3.00	75.0	210	180	0.52	0.03	0.009	0.37	0.040	17.2	67.0	1280	1.0	n.n.	0.05	68.5	11.0	10.0	25.8	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
GT15	0.4	2030	7.40	6.5	75.0	280	98	0.06	0.03	0.020	0.21	0.009	4.3	87.0	636	138.0	0.020	0.05	28.5	4.0	5.8	12.8	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
GT16	0.5	2690	8.40	2.64	95.0	260	110	0.09	0.03	0.009	0.09	0.300	20.5	90.0	1690	1.0	n.n.	0.05	75.0	12.0	10.6	26.1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
GT19	1.6	3620	8.20	5.38	131.0	312	280	0.21	0.06	0.009	0.21	0.180	30.0	137.0	2360	1.0	0.010	0.05	120.0	21.5	8.6	26.5	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
GT20	tr	2870	7.40	14.29	81.0	246	130	0.13	0.37	0.010	0.16	5.110	34.0	331.0	559	7.4	n.n.	0.05	135.0	7.5	2.0	14.3	n.n.	2.0	n.n.	n.n.	n.n.
GT21	tr	3350	7.80	14.39	133.0	384	200	0.43	0.74	0.030	0.26	0.940	34.0	107.0	1350	37.0	0.040	0.05	62.5	19.0	5.3	15.8	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
ME1	0.1	920	8.20	5.61	27.0	139	39	0.05	0.03	0.020	0.04	0.100	3.2	38.0	193	39.0	0.180	0.05	21.0	9.5	7.9	21.4	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
ME2	0.1	500	8.10	4.58	14.0	83	17	0.05	0.03	0.120	0.04	0.040	4.9	6.6	37	20.0	n.n.	0.05	12.5	n.n.	9.9	12.2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
ME3	0.1	930	7.90	5.52	28.9	124	44	0.05	0.03	0.080	0.04	0.190	5.5	44.0	158	80.0	0.005	n.n.	27.5	4.5	6.4	16.9	2.0	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
ME4	2.7	860	8.70	4.46	28.2	77	69	0.12	0.04	0.020	0.04	1.460	24.2	37.0	290	1.0	n.n.	0.15	27.0	15.5	11.2	23.1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
ME5	2.6	950	7.70	5.48	34.0	137	56	3.82	0.17	0.110	0.07	0.040	5.5	25.0	330	8.4	0.510	0.05	10.0	3.0	3.4	17.9	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
ME6	n.n.	1050	7.50	6.74	34.0	164	48	0.05	0.03	0.110	0.05	0.140	4.7	55.0	212	40.0	0.005	0.05	25.0	10.5	3.4	12.9	n.n.	n.n.	1.0	n.n.	n.n.
ME7	n.n.	2060	7.60	7.26	93.0	434	110	0.05	0.03	0.009	0.25	0.050	4.0	24.0	1160	3.3	n.n.	0.05	12.0	6.0	6.7	12.9	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
MO1	0.1	645	7.34	6.31	22.4	92	46	0.05	0.03	0.009	0.05	0.009	3.8	4.5	62	4.8	0.005	n.n.	3.0	1.0	5.2	15.0	n.n.	1.0	n.n.	n.n.	n.b.
MO3	4.9	352	7.75	3.03	9.5	46	16	0.19	0.04	0.009	0.31	0.009	25.0	4.4	23	4.4	0.120	0.10	4.5	6.0	5.5	20.2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.b.
MO4	0.3	865	7.48	6.28	28.5	112	58	0.19	0.03	0.009	0.07	0.040	5.4	28.0	136	41.0	0.020	0.05	14.0	5.5</							

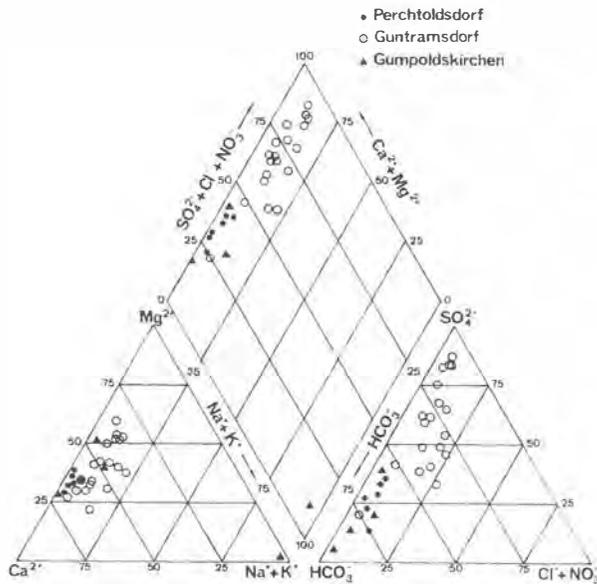


Abb. 3: Ionenbeziehungen im Piperdiagramm betreffend die hydrochemischen Daten der Gemeinden Perchtoldsdorf, Guntramsdorf und Gumpoldskirchen.

Fig. 3: Ion-relations of the hydrochemical data of Perchtoldsdorf, Guntramsdorf and Gumpoldskirchen in a Piper-diagram.

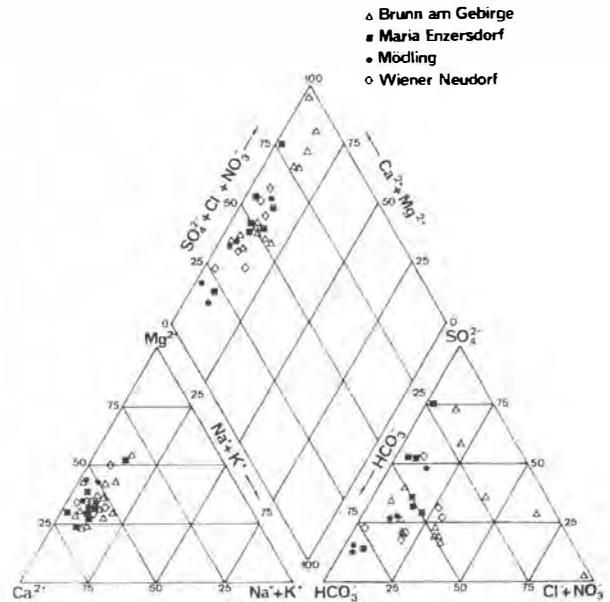


Abb. 4: Ionenbeziehungen im Piperdiagramm betreffend die hydrochemischen Daten der Gemeinden Brunn/Geb., Maria Enzersdorf, Mödling und Wiener Neudorf.

Fig. 4: Ion-relations of the hydrochemical data of Brunn/Geb., Maria Enzersdorf, Mödling and Wiener Neudorf in a Piper-diagram.

Der nachfolgenden Auflistung der Parameter sind in Klammer die verwendeten Abkürzungen in Tab. 1 („Hydrochemische Daten“) beigefügt:

Farbe, m^{-1} (FA)

Elektrische Leitfähigkeit, $\mu S/cm$ (ELF)

pH-Wert (PH)

m-Wert (M-W) oder Säurekapazität bis pH 4,3 mval/l

Gesamthärte, $^{\circ}dH$ (GH)

Kaliumpermanganatverbrauch, mg/l (PV)

Sauerstoffgehalt, mg/l (O2)

Temperatur, $^{\circ}C$ (TEMP)

Kationen:

Ammonium (NH_4), Natrium (NA), Kalium (K), Calcium (CA), Magnesium (MG), Eisen (FE), Mangan (MN), Zink (ZN), Aluminium (AL) und Bor (B) in mg/l.

Die Elemente Cadmium, Kupfer, Chrom, Blei, Nickel, Kobalt, Beryllium, Barium, Lithium, Vanadium, Lanthan und Zirkonium wurden gleichfalls analysiert; ein Nachweis war jedoch nicht gegeben.

Anionen:

Nitrit (NO_2), Sulfat (SO_4), Chlorid (CL) und Nitrat (NO_3) in mg/l.

Chlorierte Kohlenwasserstoffe:

1,1,1 Trichlorethan (T111), Trichlorethen (TRI), Te-

trachlorethen (PER), Tetrachlormethan (CCl_4) und Trichlormethan ($CHCl_3$) in $\mu g/l$.

In Tab. 1 sind die Analysendaten der hydrochemischen Untersuchungen nach Gemeinden zusammengefaßt (P = Perchtoldsdorf, B = Brunn/Geb., ME = Maria Enzersdorf, MÖ = Mödling, WN = Wiener Neudorf, Gt = Guntramsdorf, Gp = Gumpoldskirchen). Die Angaben „n. n.“ und „n. b.“ bedeuten „nicht nachweisbar“ und „nicht bestimmt“, „tr“ steht bei der Angabe der Farbe für trüb.

3.2.1. Darstellung der Analysenergebnisse

Übereinstimmend mit den lokal scharf begrenzten Gebieten mit sehr hohen ($> 1500 \mu S/cm$) elektrischen Leitfähigkeiten in den Gemeinden Brunn/Geb. und Guntramsdorf sind in den Grundwässern krasse Überschreitungen der Trinkwassernorm in mehreren chemischen Parametern analysiert worden.

Die wesentlichen Problempunkte sind in S. GIER (1990) ausführlich diskutiert.

Um die Wasseranalysen der verschiedenen Probenpunkte überschaubarer miteinander in Beziehung setzen zu können und auch die flächenmäßigen Verteilungen der Ionenkonzentrationen besser zu erfassen, wurden nachfolgende Methoden der Darstellung gewählt:

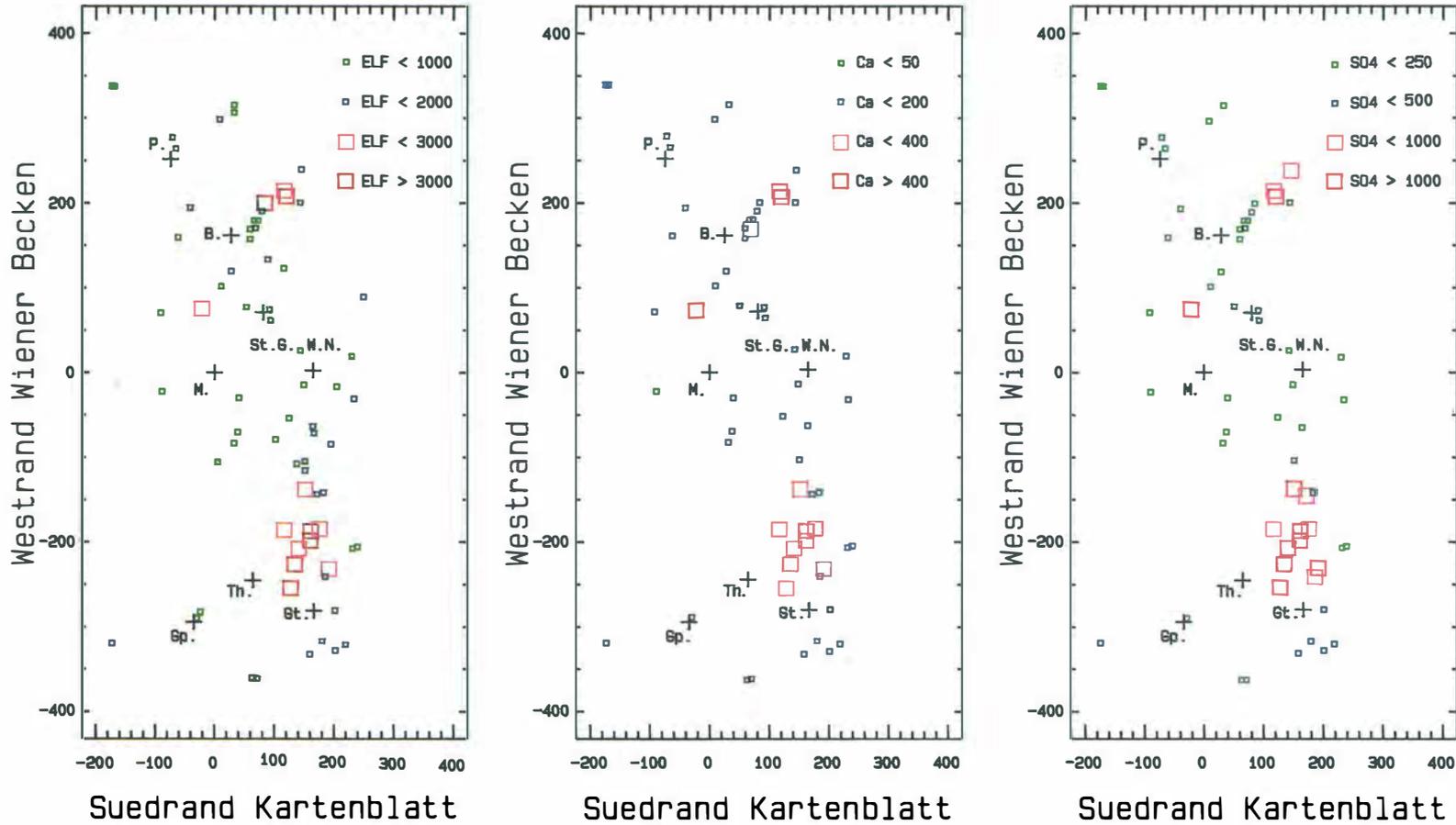


Abb. 5: Elektrischer Leitwert-Calcium-Sulfat: Darstellung der Wasserprobennahmepunkte im Koordinatensystem mit Bezug auf Konzentrationen spezifischer Parameter. Die Kreuze in den Diagrammen veranschaulichen die Lage der Kirchen von „M.“ = Mödling, „P.“ = Perchtoldsdorf, „B.“ = Brunn/Geb., „St. G.“ = St. Gabriel, „W.N.“ = Wiener Neudorf, „Th.“ = Thallern, „Gp.“ = Gumpoldskirchen und „Gt.“ = Guntramsdorf.

Fig. 5: Electrical conductance-Calcium-Sulphate: Presentation of specific parameters of water samples relating to their concentrations. The crosses in the diagrams represent the churches of „M.“ = Mödling, „P.“ = Perchtoldsdorf, „B.“ = Brunn/Geb., „St. G.“ = St. Gabriel, „W.N.“ = Wiener Neudorf, „Th.“ = Thallern, „Gp.“ = Gumpoldskirchen und „Gt.“ = Guntramsdorf.

3.2.1.1. Piper-Diagramme

Bei der Darstellung nach A. M. PIPER (1944) werden die Konzentrationen der Anionen und Kationen in meq% in zwei Dreiecken getrennt dargestellt, wobei die Verbindung der Analysenpunkte einer Wasserprobe durch die Kombination mit einem rautenförmigen Feld erreicht wird. Diese Dreiecksdiagramme ermöglichen den Vergleich von Wasserproben verschiedener Herkunftsgebiete miteinander, Ausreißer und Streubereiche sind erkennbar.

In den Piperdiagrammen der Abb. 3 und Abb. 4 sind Ca^{2+} , Mg^{2+} und $\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}$ sowie SO_4^{2-} , HCO_3^- und $\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-$ dargestellt.

Die Wasseranalysen der Gemeinden Perchtoldsdorf, Guntramsdorf und Gumpoldskirchen sind in Abb. 3 zur Auftragung gebracht:

Gut zu erkennen sind die ähnlichen Ionenbeziehungen der Wasserproben aus Perchtoldsdorf sowie der Proben aus Gumpoldskirchen, wobei sich ein Extremwert mit ca. 90 meq% Natrium und Hydrogencarbonat abgrenzen läßt. Die Proben aus Guntramsdorf zeigen ebenfalls eine relativ einheitliche Zusammensetzung der Kationenverhältnisse, doch sind im Anionendreieck die sehr uneinheitlich zusammengesetzten Wässer durch einen großen Streubereich in Richtung der Sulfationen charakterisiert.

Abb. 4 beinhaltet die aufgetragenen Milliäquivalentprozent der Wasseranalysen von Brunn/Geb., Maria Enzersdorf, Mödling und Wiener Neudorf:

Für den Bereich der Kationen sind gleiche Verhältnisse erkennbar wie in den Wässern der zuvor genannten Gemeinden. Die Wässer sind Ca^{2+} bzw. Mg^{2+} betont; bei den Anionen liegt aber ein starker Streubereich vor, der bei den Proben aus Brunn/Geb. sowohl in Richtung Sulfat (Gipswasserprobe Maria Enzersdorf) als auch in Richtung Chlorid reicht.

3.2.1.2. Flächenmäßige Darstellung der Wasserprobennahmepunkte im Koordinatensystem.

Zur flächenmäßigen Darstellung der Probennahmepunkte wurde über den „Raum Mödling 1:15.000“ ein Koordinatennetz gelegt, wobei die Kirche von Mödling willkürlich als Punkt (0/0) angenommen wurde. Mit Hilfe des Computerprogramms „Statgraphics“ konnten nun ausgewählte chemische Parameter jeder einzelnen Wasserprobe koordinatengerecht und je nach Konzentration mit entsprechenden Signaturen dargestellt werden.

Die Dreiergruppierung der Diagramme dient Vergleichszwecken: So zeigt z. B. Abb. 5 die Parameter elektrischer Leitwert, Sulfat und Calcium in konzentrationsspezifischen Abstufungen, die so gewählt sind, daß die Klassifizierungen von den Richtwerten der Trinkwassernorm ausgehen und so die Über-

PROBE	QU	CC	DO	PL	AF	GI	PY	TM	G1	Ch	Ka	Sm
S-Gt1A	22	10	13	7	2	-	-	46	30	15	1	-
S-Gt1B	21	8	18	8	3	-	-	42	29	9	1	3
S-Gt1C	20	6	9	8	2	-	3	52	35	13	1	3
S-Gt2A	22	13	14	11	2	3	-	35	23	8	2	2
S-Gt2B	16	9	15	6	1	11	-	42	27	10	1	4
S-Gt2C	17	3	16	5	2	7	-	50	32	11	1	6
S-Gt3	21	16	14	5	2	-	-	42	25	10	2	5
S-B1A	21	27	9	2	2	-	-	39	25	10	-	4
S-B1B	26	10	7	10	4	-	-	43	28	9	1	5
S-B2	18	9	7	4	2	2	-	58	30	12	2	14
S-B2V	14	23	10	4	2	-	-	47	30	8	2	7
S-B3	28	8	11	6	2	-	3	42	26	10	1	5

Tabelle 2: Mineralogische Zusammensetzung der Sedimente.

Table 2: Mineralogical composition of the sediments.

schreitungen derselben gut ersichtlich sind. – Die Probe ME7 (-21/75) kennzeichnet durch entsprechenden Sulfat- und Calciumgehalt die Gipswässer aus der Hinterbrühl.

Weitere Parameterkorrelationen sind in S. GIER (1990) einzusehen.

3.3. Folgerungen

Generell ist zu bemerken, daß die im Westen des Untersuchungsgebietes aus den Kalkalpen austretenden Quellen und auch die Grundwässer eine weitaus niedrigere Mineralisation aufweisen als die beckenwärts in Grundwasserabstromrichtung liegenden.

Die durchschnittlichen Ionenkonzentrationen der aus dem Westen des Untersuchungsgebietes entnommenen Wasserproben (P 6, B 10, ME 2, MÖ 3, Gp 2) betragen für Calcium 100 mg/l, Magnesium 30 mg/l, Natrium 8 mg/l, Kalium 2 mg/l, Chlorid 10 mg/l, Sulfat 50 mg/l, Nitrat 15 mg/l, Hydrogencarbonat 240 mg/l, und für die Gesamthärte nur 25 °dH, obwohl sie unmittelbar dem kalkig-dolomitisch beeinflussten Einzugsgebiet entstammen.

Gleiches gilt auch prinzipiell für die von H. KÜPPER (1954) an über 100 Wasserproben aus dem nordwestlichen Randbereich des südlichen Wiener Beckens festgestellten Daten, die als „hochkonzentrierte Randwässer“ immer noch geringere Konzentrationen aufweisen als die Grundwässer in Brunn/Geb. und in Guntramsdorf.

Selbst die südlich des Untersuchungsgebietes austretenden Thermen von Bad Vöslau und Baden, die im wesentlichen durch aufdringende Mineralwässer

gespeist werden (H. KÜPPER, 1977), sind geringer mineralisiert als die Wasserproben aus dem oben genannten Gebiet.

Die im Becken auftretenden Grundwässer sind bereichsweise um ein Vielfaches höher mineralisiert als die am Kalkalpenrand vorkommenden.

Die Fragen zu ihrer Entstehung, die nun zu stellen sind, lauten demnach:

Werden die Wässer, die aus dem Kalkalpin kommen, durch die neogenen Sedimente des Wiener Beckens in derart hohem Maße aufmineralisiert?

Welche Erklärungen gibt es für die so uneinheitlich zusammengesetzten Wässer im Untersuchungsgebiet?

Sind die uneinheitlich hohen Konzentrationen an Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , Zink, Bor, Eisen, Mangan mit der mineralogischen Zusammensetzung der Sedimente vereinbar?

Die nachfolgenden sedimentpetrographischen Untersuchungen versuchen einer diesbezüglichen Klärung näher zu treten.

4. Sedimentpetrographie

4.1. Probennahme

Für die Korrelation der Mineralogie der Sedimente mit der hydrochemischen Zusammensetzung der Grundwässer war es von Bedeutung, die Sedimentprobennahme im Grundwasserleiter der hochkonzentrierten Wässer in Brunn/Geb. und Guntramsdorf anzusetzen. Für Vergleichszwecke wurden auch Sedimentproben aus Bereichen mit niedriger mineralisierten Wässern gezogen.

Die Lokalitäten sind in einen Ausschnitt der Karte der Wasserbeprobungspunkte zur besseren Übersicht eingetragen (Abb. 6, Abb. 7).

Die Sedimentprobennahme erfolgte mit einem Künettenbagger.

Altersmäßig sind die beprobten sandigen sowie siltig-tonigen Sedimente im Pannon (A. PAPP, 1948)

Legenden zu den Abbildungen 6 und 7 auf Seite 64:

Abb. 6: Teilausschnitt der Wasserbeprobungskarte von Brunn/Geb. mit Position der Probennahmepunkte für Sedimente (Dreiecke).

Fig. 6: Locations of sedimentsamples (triangles) in Brunn/Geb., recorded in the map of the watersamples.

Abb. 7: Teilausschnitt der Wasserbeprobungskarte von Guntramsdorf mit Position der Probennahmepunkte für Sedimente (Dreiecke).

Fig. 7: Locations of sedimentsamples (triangles) in Guntramsdorf, recorded in the map of the watersamples.

einzuordnen; die Kiesproben S-Gt3 und S-B1A sind als quartäre Ablagerungen zu datieren.

4.2. Sedimentuntersuchungen

4.2.1. Granulometrische Zusammensetzung der Sedimente

Die Auswertung der Korngrößenuntersuchungen erfolgte über Erstellung von Kornsummenkurven, die auch die Grundlage zur Errechnung sedimentspezifischer Parameter darstellen. Zur granulometrischen Charakterisierung der Sedimente wurden anschließend nach der Moment-Statistik die deskriptiven Parameter Mittelwert, Standardabweichung und Schiefe ermittelt sowie die nomenklatorische Zuordnung der Sedimente nach G. MÜLLER (1961) durchgeführt.

Ebenso wurden die Durchlässigkeitsbeiwerte aus den Summenkurven errechnet.

Für die statistische Bearbeitung der Sieb- und Sedigraphdaten wurde das Korngrößenanalyseprogramm „KONAN“ (Chr. KOLESAR, 1989) verwendet.

Abb. 8 zeigt die Kornsummenkurven der für die nachfolgenden Untersuchungen wichtigen Profillabfolgen S-B1 A, B (Brunn/Geb.) und S-Gt1 A, B, C (Guntramsdorf).

Die angetroffenen Sedimentqualitäten beinhalten:

siSKi = siltiger, stark sandiger Kies (Probe S-Gt3)

sSiKi = sandiger, stark siltiger Kies (Probe S-B1A)

siS = siltiger Sand (Probe S-Gt1A)

siS = Si = Silt (Probe S-Gt1C)

tSi = toniger Silt (Proben S-Gt1B, S-Gt2A, S-B1B, S-B3)

TSi = stark toniger Silt (Proben S-Gt2B, S-Gt2C, S-B2, S-B2V)

4.2.2. Mineralogische und chemische Zusammensetzung der Sedimente

4.2.2.1. Röntgendiffraktionsanalyse

Die Mineralogie der feinkörnigen Sedimente, der Silte und Tone, wurde anhand des Durchschnittes der jeweiligen Probe röntgendiffraktometrisch bestimmt. Bei der Sandprobe und den Kiesproben kamen die für Grob- und Mittelkornsedimente üblichen Anteile $< 63\mu$ zur Analyse.

Die Untersuchungen wurden an texturfreien (zur Bestimmung des prozentuellen Anteiles der Hauptkomponenten und der Tonmineralkomponenten insgesamt) und texturierten (zur Bestimmung des prozentuellen Anteiles der verschiedenen Tonmineralphasen) Präparaten vorgenommen und nach der Identifikation der Minerale (G. W. BRINDLEY &

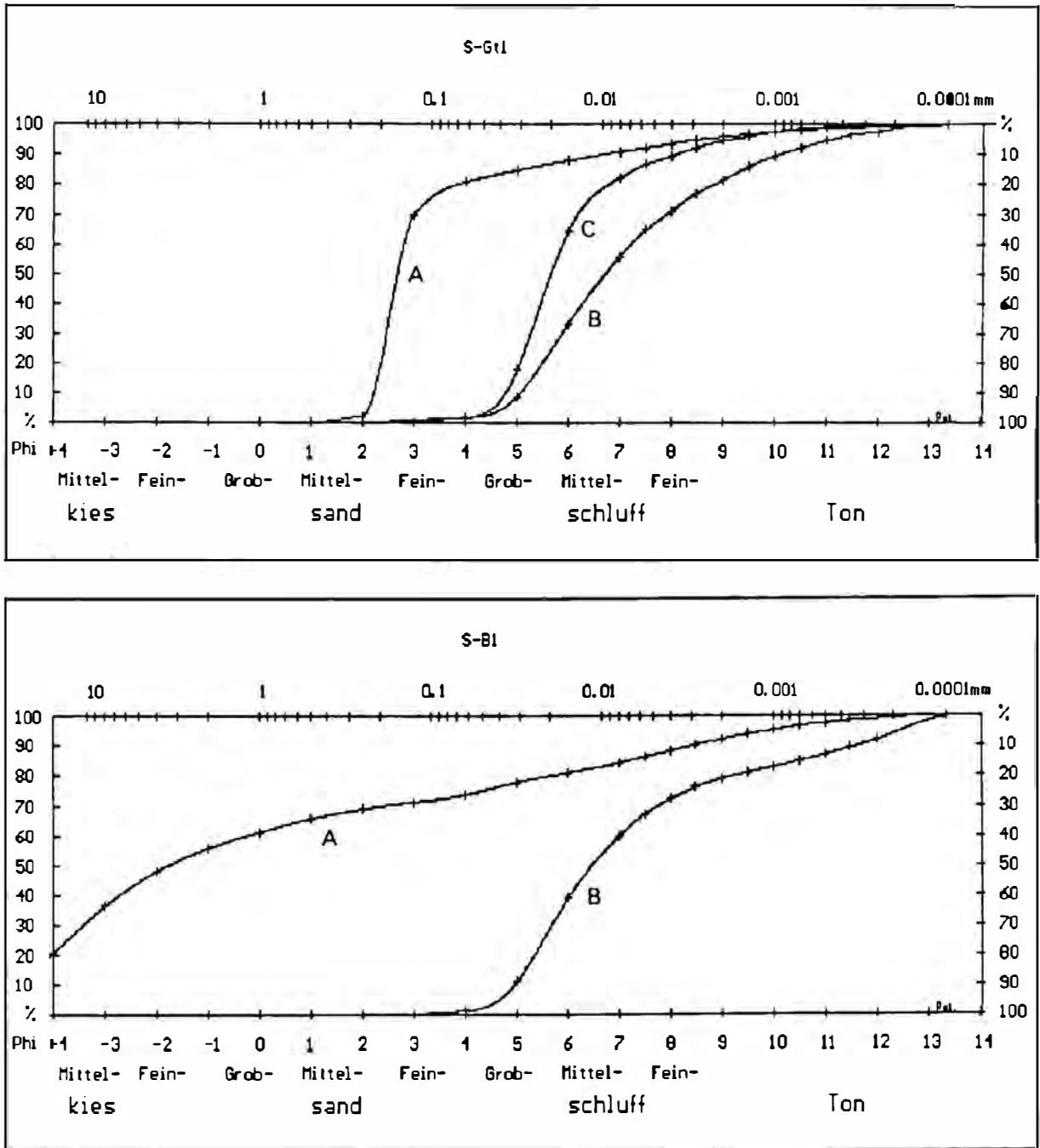


Abb. 8: Kornsummenkurven der Profilabfolgen S-B1 A,B (Brunn/Geb.) und S-Gt1 A, B, C (Guntramsdorf).

Fig. 8: Cumulative frequency curves of the profiles S-B1 A, B (Brunn/Geb.) and S-Gt1 A, B, C (Guntramsdorf).

G. BROWN, 1980 und D. M. MOORE & R. C. REYNOLDS, 1989) semiquantitativ nach der modifizierten Methode von L. G. SCHULTZ (1964) ausgewertet.

Tab. 2 veranschaulicht, daß die Sedimente mineralogisch weitgehend einheitlich aus Quarz (QU), Calcit (CC), Dolomit (DO), Plagioklas (PL), Alkalifeldspat (AF), Glimmer (GI), Chlorit (Ch), Kaolinit (Ka) und Smektit (Sm) zusammengesetzt sind. Differenzierungen sind lediglich durch die Gehalte an Gips und Py-

rit gegeben: Die Proben S-Gt2A, B, C beinhalten Gips im Ausmaß von 3–11 Vol%, ebenso die Probe S-B2 mit 2 Vol%. Pyrit ist in den Proben S-Gt1C und S-B3 mit ca. 3 Vol% enthalten, was auch für die Entwicklung einzelner Grundwässer von besonderer Wichtigkeit erscheint.

4.2.2.2. Röntgenfluoreszenzanalyse

Die Untersuchungen der im Sediment enthaltenen Haupt- und Spurenelemente erfolgten über Preßpillen.

Diese Analysenart wurde zusätzlich gewählt, um etwaige, im Wasser enthaltene, hohe Konzentrationen eines Ions auf die chemische Zusammensetzung des jeweiligen Sediments zurückführen zu können.

Vergleiche der Haupt- und Spurenelemente der Sedimentproben aus Brunn/Geb. und Guntramsdorf mit den Zusammensetzungen von neogenen Tonmergelserien der Molassezone Oberösterreichs (H. KURZWEIL, 1973) brachten gute Übereinstimmungen, das heißt, daß die Konzentrationen der Haupt- und Spurenelemente der Sedimentproben aus Brunn/Geb. und Guntramsdorf durchaus den natürlichen Gegebenheiten derartiger Sedimente entsprechen.

4.3. Folgerungen

Zur Korrelation der mineralogischen Zusammensetzung der Sedimente mit der Hydrochemie der Grundwässer ist es erforderlich, diesbezügliche Vergleiche mit den Grundwasserleitern der hochkonzentrierten Wässer anzustellen.

In Brunn/Geb. ist die dem Grundwasserleiter durch ihre lokale Position und granulometrische Zusammensetzung entsprechende Sedimentprobe die Probe S-B1 A, B (Abb. 6 und Abb. 8). Der Kies (S-B1A) und die darunterliegende stauende Schicht (S-B1B) zeigen in ihrer mineralogischen Zusammensetzung weder schwefelhaltige Minerale noch zeigte die Spurenelementanalyse des Sediments Werte, die die natürlichen, durchschnittlichen Konzentrationen in derartigen Sedimenten überschreiten. Im Grundwasser sind jedoch überhöhte Konzentrationen von Sulfat sowie verschiedenster anderer Ionen nachweisbar.

Die weiteren in Brunn/Geb. gezogenen Proben S-B2 und S-B3 sind aufgrund ihrer Feinkörnigkeit (stark tonige Silte, tonige Silte) als Grundwasserstauer bzw. -hemmer anzusprechen und daher für weitere Überlegungen hinsichtlich einer Beeinflussung von Grundwasserchemismen auszuklammern.

Die Sedimentprobe, die in Guntramsdorf in dem Bereich mit den höchsten Ionenkonzentrationen liegt und aufgrund ihrer granulometrischen Zusammensetzung befähigt ist, Grundwasser zu leiten, ist S-Gt1 A, B, C (Abb. 7 und Abb. 8): Diese Probe enthält in ihrem, in der Profilabfolge liegenden Anteil (S-Gt1C) 3 Vol% Pyrit, der durch Verwitterung und Umbildung eventuell die Sulfatkonzentration des Grundwassers leicht erhöhen könnte.

Die 3–11 Vol% Gips enthaltende Probe S-Gt2 (A, B, C) ist ihrem granulometrischen Aufbau zufolge ein stark toniger Silt mit einem Durchlässig-

keitsbeiwert von 10^{-9} bis 10^{-10} m/s und daher, der Definition nach, ein Grundwasserstauer.

Die Kiesprobe S-Gt3 liegt in der Grundwasserabstromrichtung schon zu weit von dem Bereich der hochkonzentrierten Wässer entfernt, um noch für Vergleiche herangezogen zu werden.

Zusammenfassend ist demnach zu sagen, daß durch die Mineralogie der Sedimente die hohen und stark divergierenden Ionenkonzentrationen der Grundwässer (Tab. 1) nicht erklärbar sind. Um diesbezüglich noch weitreichendere Vergleichsmöglichkeiten zwischen der Mineralogie der Sedimente und der Hydrochemie der Grundwässer anzubieten, wurden zuletzt Elutionen und Perkolationen an den Sedimenten durchgeführt.

5. Elutionen, Perkolationen und Filtrate

Zur Verdeutlichung der Wechselbeziehungen zwischen Sediment und Grundwasser und damit der Lösbarkeit einzelner Minerale im Wasser wurden die natürlichen Gegebenheiten im Laborversuch durch Elutionen und Perkolationen der Sedimente nachempfunden sowie Filtrate derselben untersucht. Ziel der Versuche war, hochkonzentrierte, nicht durch die mineralogische Zusammensetzung des Sediments entstandene Stoffe im Grundwasser auszugrenzen.

5.1. Elutionen („batch-Versuche“)

Die Elutionen der Sedimentproben S-Gt1A, S-Gt1B, S-Gt1C, S-Gt2B, C, S-B1B, S-B2, S-B3 erfolgten nach DIN 38414, Teil 2 und 4.

Die hydrochemischen Daten der Eluate (ES-...) sind in Tab. 3 zusammengefaßt.

5.2. Perkolationen

Die mittel- bis grobkörnigen Sedimentproben (Sand- und Kiesproben) wurden zur Simulation der natürlichen Lagerungsverhältnisse im Laborversuch in Zylinder aus Plexiglas eingebaut, verdichtet und perkoliert (S. GRUPE, 1987).

Die korngößenabhängige Dimensionierung der Zylinder betrug für die Kiesproben S-B1A und S-Gt3 290 mm Durchmesser bei einer Höhe von 500 mm, während für die Perkolation der Sandprobe S-Gt1A ein Zylinderdurchmesser von 100 mm und einer Höhe von 240 mm verwendet wurde.

Weitere technische Daten zur Perkulationsdurchführung sind bei S. GRUPE (1987) angeführt.

Die hydrochemischen Ergebnisse der Perkolate (PS-...) sind in Tab. 3 zusammengestellt.

PROBE	ELF	PH	M-W	GH	CA	MG	FE	MN	ZN	AL	B	PV	CL	SO4	NO3	NO2	NH4	NA	K
ES-Gt1A	145	6.60	0.40	3.9	17	3	0.05	0.03	0.010	0.05	0.020	22.8	9.0	29	3.5	0.005	1.75	4.5	3.0
ES-Gt1B	156	7.10	0.63	4.3	16	5	0.05	0.03	0.010	0.05	0.010	24.2	6.5	36	2.5	0.015	1.50	5.5	3.5
ES-Gt1C	1060	6.30	0.38	41.0	223	36	0.05	1.57	0.010	0.05	0.010	672.0	5.0	917	7.5	0.010	2.00	6.5	5.0
ES-Gt2B/C	2250	6.80	0.57	103.0	560	100	0.05	0.04	0.010	0.22	0.010	20.0	5.0	1700	8.0	0.005	n.b.	21.0	2.0
ES-B1B	155	7.30	0.68	4.3	22	5	0.20	0.03	0.010	0.33	0.010	26.0	18.0	22	1.0	0.010	1.00	2.0	2.0
ES-B2/V	175	7.30	0.90	2.9	9	5	0.11	0.03	0.010	0.17	0.060	112.0	7.5	34	1.5	0.030	1.75	17.5	2.5
ES-B3	440	7.50	0.65	14.7	76	16	0.05	0.42	0.010	0.05	0.010	11.9	1.0	216	1.0	0.005	1.75	1.5	3.0

PROBE	ELF	PH	M-W	GH	CA	MG	FE	MN	ZN	AL	B	PV	CL	SO4	NO3	NO2	NH4	NA	K
PS-Gt1A	270	7.40	0.52	6.5	30	9	0.05	0.03	0.010	0.05	0.160	23.5	27.0	71	9.5	0.015	0.50	11.5	4.5
PS-Gt3	914	7.60	1.13	31.0	191	21	0.05	0.13	0.010	0.05	0.740	175.0	23.0	480	1.5	0.280	0.50	17.0	6.5
PS-B1A	370	7.60	0.56	9.4	47	12	0.05	0.03	0.010	0.05	0.310	123.0	80.0	50	1.0	0.310	0.50	9.0	2.0

PROBE	ELF	PH	M-W	GH	CA	MG	FE	MN	ZN	AL	B	PV	CL	SO4	NO3	NO2	NH4	NA	K
FS-Gt3	1230	8.07	3.50	n.b.	593	59	0.02	0.01	0.007	1.16	0.080	14.1	26.0	978	1.3	0.220	1.30	20.6	2.6
FS-B1A	1658	8.06	3.90	n.b.	641	72	0.04	0.02	0.011	1.16	0.170	18.7	418.0	366	1.4	0.030	2.40	25.0	1.1

Tabelle 3: Hydrochemische Daten der Eluate (ES), Perkolate (PS) und Filtrate (FS).
Table 3: Hydrochemical data of the eluates (ES), percolates (PS) and filtrates (FS).

5.3. Filtrate

Bei den mit FS-... gekennzeichneten Wasserproben handelt es sich um Filtrate aus den mit Grundwasser gesättigten Kiesproben S-Gt3 und S-B1A.

Das nach der Probennahme im Gefäß überstehende Wasser wurde dekantiert, filtriert und ebenfalls chemisch analysiert.

Für hydrochemische Daten der Filtrate siehe Tab. 3.

5.4. Folgerungen

Die bei der hydrochemischen Untersuchung der Eluate, Perkolate und Filtrate zur Bestimmung gelangten Parameter sind, wie bereits erwähnt, in Tab. 3 ausgewiesen.

Die Proben, die bei der **Elution** die höchsten Leitfähigkeiten und damit die höchsten Mineralisierungen des destillierten Wassers bewirkten, sind jene, die schwefel- bzw. sulfathaltige Minerale in ihrer Zusammensetzung beinhalten: Es sind dies die pyritführenden Proben S-Gt1C und S-B3 – sie erreichten bei der Elution 917 bzw. 216 mg Sulfat/l – sowie die gipsführende Probe S-Gt2B/C, die sogar 1700 mg Sulfat/l und 560 mg Calcium/l aufwies, welches durch die gute Löslichkeit des Gipses bedingt ist.

Aus diesen Ergebnissen ist demnach abzuleiten, daß bei der als Grundwasserleiter der hochkonzentrierten Grundwässer in Guntramsdorf in Frage kommenden Sedimentprobe S-Gt1 der in der Profillabfolge liegendste Anteil, S-Gt1C, wahrscheinlich einen geringen natürlichen Hintergrund zu den stark sulfathaltigen Wässern abgibt, das Sediment allein jedoch nicht die Ursache der hohen Sulfatkonzentrationen sein kann.

Die Notwendigkeit zur Durchführung von **Perkolationstests** an grundwasserleitenden Sedimenten wird durch das Beispiel der Probe S-B1B, Brunn/Geb., besonders deutlich: Hier zeigt sich, daß die durch Elution erfaßte Basis des Aquifers keine wesentlichen Ionenabgaben an das Wasser aufweist, während die Perkolation an den Kiesen des Grundwasserleiters u.a. 80 mg Chlorid/l erbrachte. Erklärbar ist dies dahingehend, daß bei der Probennahme eine Sättigung des Kiesel mit stark chloridhaltigem Grundwasser bestand.

Die **Filtrate** der Kiesproben S-Gt3 und S-B1A, die aus den bei der Probennahme mit Grundwasser genommenen Proben erzeugt wurden, sind generell höher mineralisiert als die Perkolate, was also verstärkt auf die primär schon höhere Ionenkonzentration des Grundwassers (siehe Chloridgehalt und Sulfatgehalt der Probe FS-B1A) und auch auf die längere Kontaktzeit zwischen dem sich in den Poren befindlichen Grundwasser und dem Sediment verweist.

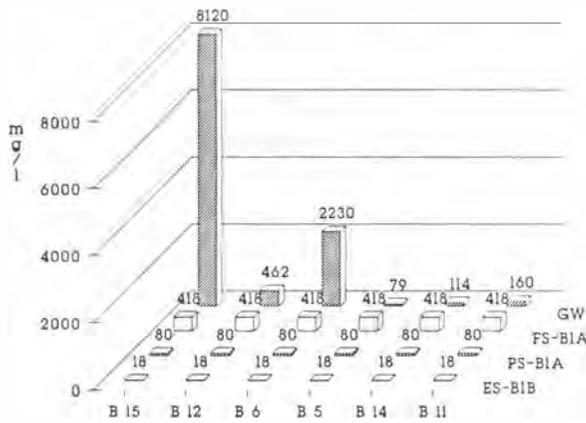


Abb. 11: Gegenüberstellung von Chloridgehalten des Grundwassers (B 15, B 12, B 6, B 5, B 14, B 11) mit dem Eluat, Perkolat und Filtrat der zugehörigen Sedimentprobe S-B1A, B.

Fig. 11: Comparison of the chloride-contents of the groundwater (B 15, B 12, B 6, B 5, B 14, B 11) with the eluates, percolates and filtrates of the appertaining sediment-sample S-B1A, B.

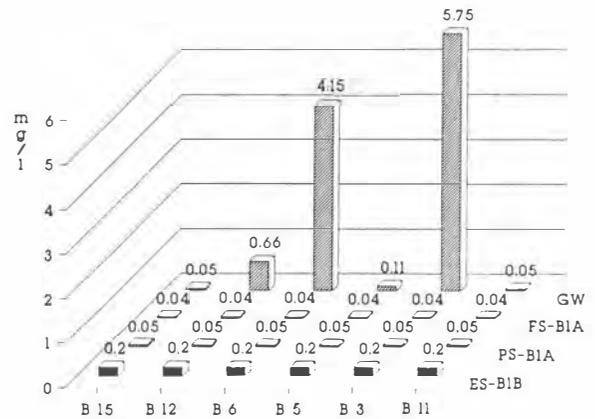


Abb. 13: Gegenüberstellung von Eisengehalten des Grundwassers (B 15, B 12, B 6, B 5, B 14, B 11) mit dem Eluat, Perkolat und Filtrat der zugehörigen Sedimentprobe S-B1A, B.

Fig. 13: Comparison of the iron-contents of the groundwater (B 15, B 12, B 6, B 5, B 14, B 11) with the eluates, percolates and filtrates of the appertaining sediment-sample S-B1A, B.

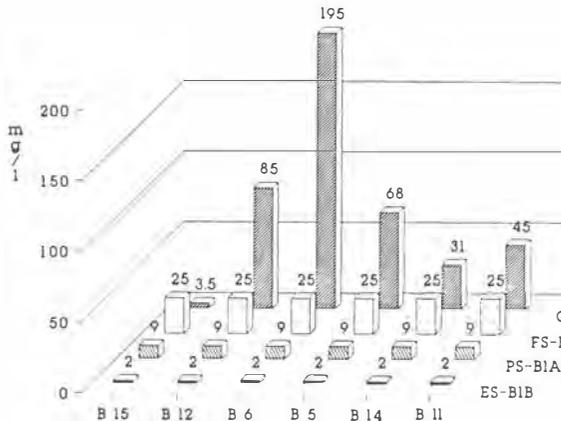


Abb. 12: Gegenüberstellung von Natriumgehalten des Grundwassers (B 15, B 12, B 6, B 5, B 14, B 11) mit dem Eluat, Perkolat und Filtrat der zugehörigen Sedimentprobe S-B1A, B.

Fig. 12: Comparison of the sodium-contents of the groundwater (B 15, B 12, B 6, B 5, B 14, B 11) with the eluates, percolates and filtrates of the appertaining sediment-sample S-B1A, B.

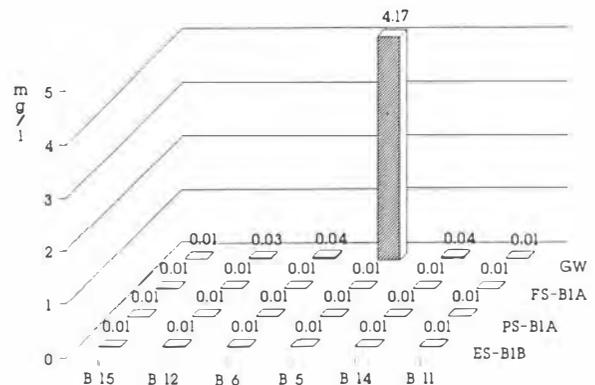


Abb. 14: Gegenüberstellung von Zinkgehalten des Grundwassers (B 15, B 12, B 6, B 5, B 14, B 11) mit dem Eluat, Perkolat und Filtrat der zugehörigen Sedimentprobe S-B1A, B.

Fig. 14: Comparison of the zinc-contents of the groundwater (B 15, B 12, B 6, B 5, B 14, B 11) with the eluates, percolates and filtrates of the appertaining sediment-sample S-B1A, B.

ursacht wurden, sondern auf anthropogene Einflüsse zurückzuführen sind, müssen Überlegungen zur Position und der Art der Kontaminationsherde angestellt werden.

Abb. 21 stellt die Lage der offiziellen, in der Müllkartei der niederösterreichischen Landesregierung aufscheinenden Deponien und Altlasten im Untersuchungsgebiet dar:

In Guntramsdorf deckt sich das Auftreten der hochmineralisierten Wässer mit der Lage der Deponien des Gebietes, welches auch die verschiedenartigst zusammengesetzten hohen Konzentrationen der Ionen erklärt.

In Brunn/Geb. erscheint die Zuordnung der hohen Mineralisierungen etwas differenzierter. Die extremen Ionenkonzentrationen im Grundwasser sind

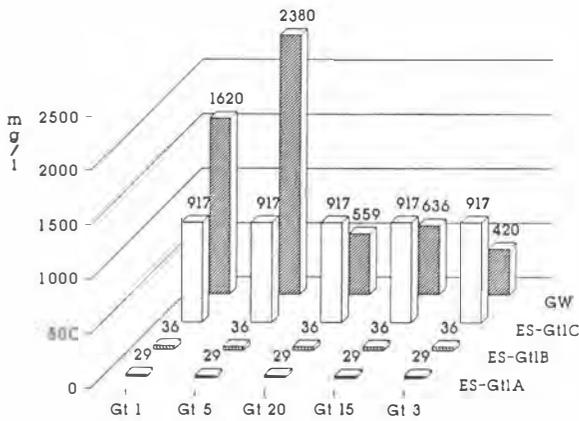


Abb. 15: Gegenüberstellung von Sulfatgehalten des Grundwassers (Gt 1, Gt 5, Gt 20, Gt 15, Gt 3) mit den Eluaten der zugehörigen Sedimentprobe S-Gt1A, B, C.

Fig. 15: Comparison of the sulphate-contents of the groundwater (Gt 1, Gt 5, Gt 20, Gt 15, Gt 3) with the eluates of the appertaining sediment-sample S-Gt1A, B, C.

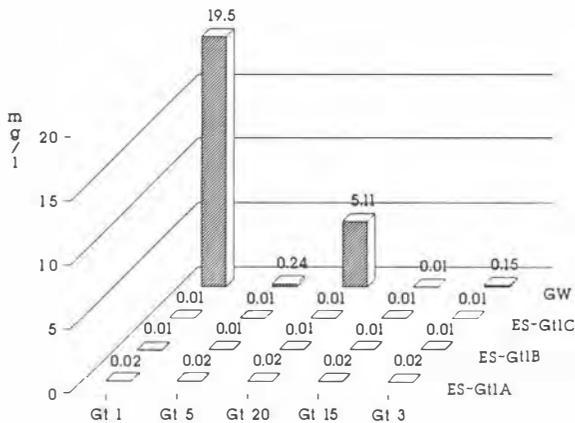


Abb. 16: Gegenüberstellung von Borgehalten des Grundwassers (Gt 1, Gt 5, Gt 20, Gt 15, Gt 3) mit den Eluaten der zugehörigen Sedimentprobe S-Gt1A, B, C.

Fig. 16: Comparison of the boron-contents of the groundwater (Gt 1, Gt 5, Gt 20, Gt 15, Gt 3) with the eluates of the appertaining sediment-sample S-Gt1A, B, C.

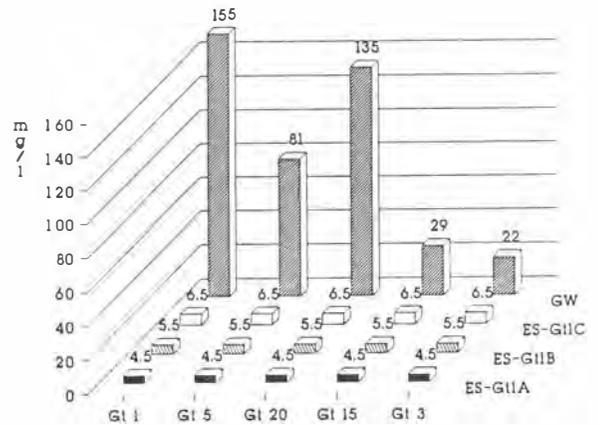


Abb. 17: Gegenüberstellung von Natriumgehalten des Grundwassers (Gt 1, Gt 5, Gt 20, Gt 15, Gt 3) mit den Eluaten der zugehörigen Sedimentprobe S-Gt1A, B, C.

Fig. 17: Comparison of the sodium-contents of the groundwater (Gt 1, Gt 5, Gt 20, Gt 15, Gt 3) with the eluates of the appertaining sediment-sample S-Gt1A, B, C.

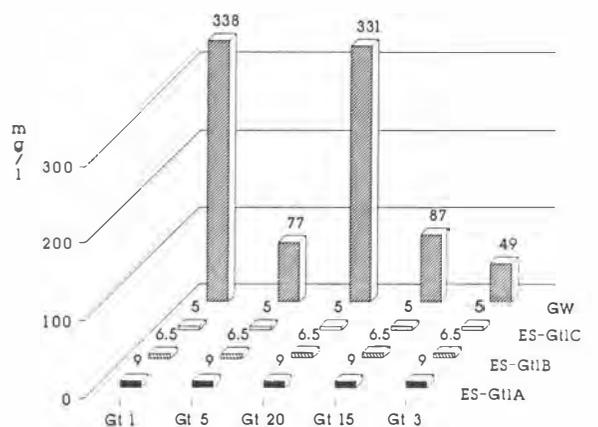


Abb. 18: Gegenüberstellung von Chloridgehalten des Grundwassers (Gt 1, Gt 5, Gt 20, Gt 15, Gt 3) mit den Eluaten der zugehörigen Sedimentprobe S-Gt1A, B, C.

Fig. 18: Comparison of the chloride-contents of the groundwater (Gt 1, Gt 5, Gt 20, Gt 15, Gt 3) with the eluates of the appertaining sediment-sample S-Gt1A, B, C.

wahrscheinlich auf Altstandorte von Industriebetrieben zurückzuführen, doch scheinen auch noch andauernde Einträge aus der nahegelegenen Industriezone möglich.

Durch den eingeschlagenen Untersuchungsgang konnte damit die Problemstellung der Arbeit einer Klärung zugeführt werden.

Es zeigte sich, daß die Kombination von Methoden der Sedimentpetrographie, Hydrogeologie und Hydrochemie ausgezeichnete Voraussetzungen bietet, in Fragen strittiger Grundwasserbeschaffenheit, zur Findung der Ursachen einen wesentlichen Beitrag zu leisten.

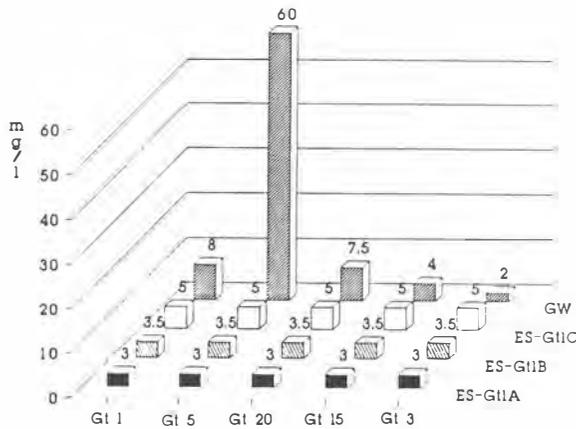


Abb. 19: Gegenüberstellung von Kaliumgehalten des Grundwassers (Gt 1, Gt 5, Gt 20, Gt 15, Gt 3) mit den Eluaten der zugehörigen Sedimentprobe S-Gt1A, B, C.

Fig. 19: Comparison of the potassium-contents of the groundwater (Gt 1, Gt 5, Gt 20, Gt 15, Gt 3) with the eluates of the appertaining sediment-sample S-Gt1A, B, C.

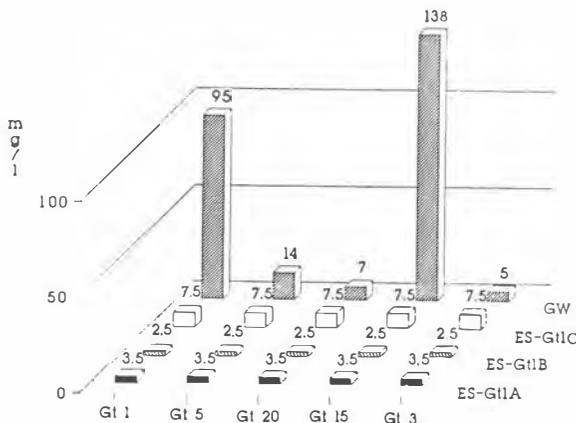


Abb. 20: Gegenüberstellung von Nitratgehalten des Grundwassers (Gt 1, Gt 5, Gt 20, Gt 15, Gt 3) mit den Eluaten der zugehörigen Sedimentprobe S-Gt1A, B, C.

Fig. 20: Comparison of the nitrate-contents of the groundwater (Gt 1, Gt 5, Gt 20, Gt 15, Gt 3) with the eluates of the appertaining sediment-sample S-Gt1A, B, C.

Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Dr. KURZWEIL für die Erteilung dieses interessanten Diplomarbeitsthemas und die ausgezeichnete Betreuung sowie allen Angehörigen des Institutes für Ratschläge und Hilfestellungen; der NÖ Landesregierung, im besonderen Herrn HR D. I. KASPER (Abt. B/9), sowie Herrn Dr. BERGER (Abt. B/3), für Unterstützungen bei

der Wasseranalytik und der Sedimentprobennahme, weiters für die Zurverfügungstellung von Grundwasserschichtenplänen und der Müllkartei des Untersuchungsgebietes; den Vertretern der Gemeinden für die freundliche Hilfe bei der Wasserprobennahme. Herrn Dr. WESSELY (ÖMV AG) für die Überlassung von Unterlagen und wertvollen Kartenmaterials über die Geologie des Gebietes.

Herrn D. I. MÜLLER (Bundesversuchs- und Forschungsanstalt Arsenal) für die Durchführung der Röntgenfluoreszenzanalytik.

Literatur

- BRINDLEY, G. W. & BROWN, G. (1980): Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification. — 495 p., London (Min. Soc.).
- DIN 38414 Teil 2 (1985): Bestimmung des Wassergehaltes und des Trockenrückstandes bzw. der Trockensubstanz (S 2). — Schlamm und Sedimente (Gruppe S).
- DIN 38414 Teil 4 (1984): Bestimmung der Eluierbarkeit mit Wasser (S4). — Schlamm und Sedimente (Gruppe S).
- GATTINGER, T. & KÜPPER, H. (1964): Trinkwasser, Thermen und Tektonik im südlichen Wiener Becken. — Mitt. Geol. Ges., 57/1, 205–216, 2 Abb., Wien.
- GIER, S. (1990): Untersuchungen zur Entwicklung hochmineralisierter Grundwässer im nordwestlichen Randbereich des südlichen Wiener Beckens. — Dipl. Arb., Formal- u. Naturwiss. Fak. Univ. Wien, Wien.
- GRUPE, S. (1987): Reinigungsprozesse im Grundwasser am Beispiel einer Bor-Kontamination im Untergrund von Wien-Donaustadt. — Unveröff. Dipl. Arb., Formal- u. Naturwiss. Fak. Univ. Wien, Wien.
- KOLESAR, Chr. (1989): KONAN-Korngrößenanalyseprogramm. — Inst. f. Petrologie d. Univ. Wien, Wien.
- KÜPPER, H. (1951): Zur Kenntnis des Alpenabbruchs am Westrand des Wiener Beckens. — Jb. Geol. B.-A., 94, 1. Abschn., 41–60 (Der Bau des Abbruchrandes und der anschließenden Tertiärebene), Wien.
- KÜPPER, H. (1954): Geologie und Grundwasservorkommen im südlichen Wiener Becken. — Jb. Geol. B.-A., 97/2, 161–210, 6 Abb., 6 Tab., 5 Taf., Wien.
- KÜPPER, H. (1977): Über Thermen, Karst-, Formations- und Grundwässer im südlichen Wiener Becken. — Verh. Geol. B.-A., 1977/2, 105–120, 5 Abb., 2 Tab., Wien.
- KURZWEIL, H. (1973): Sedimentpetrologische Untersuchungen an den jungtertiären Tonmergelserien der Molassezone Oberösterreichs. — Tschermarks Min. Petrogr. Mitt., 20, 169–215, 11 Abb., Wien.
- MATTHESS, G. (1990): Die Beschaffenheit des Grundwassers. — Lehrbuch der Hydrogeologie, 2, (2. Aufl.), 498 S., 139 Abb., 116 Tab., Berlin, Stuttgart (Gebrüder Bornträger).

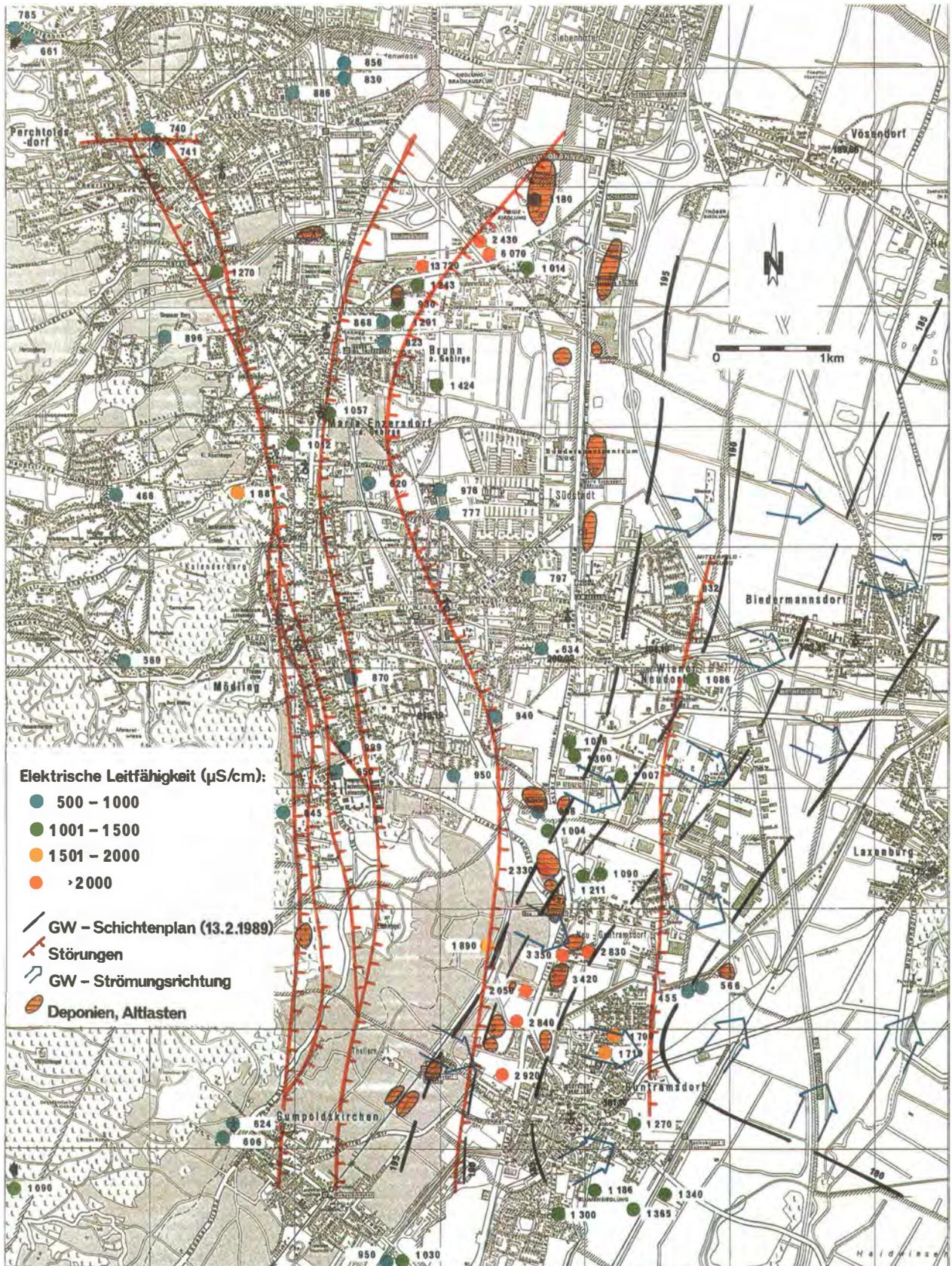


Abb. 21: Störungszonen, Grundwasserschichtenplan, Lage offizieller Deponien und Altlasten und Verteilungsmuster der elektrischen Leitfähigkeiten im Untersuchungsgebiet.

Fig. 21: Fault zones, water table contour lines, locations of the official disposal sites and distributional pattern of the electrical conductance in this area.

- MOORE, D. M. & REYNOLDS, R. C. jun. (1989): X-ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals. — 332 p., Oxford, New York (Oxford Univ. Press).
- MÜLLER, G. (1961): Das Sand-Silt-Ton-Verhältnis in rezenten marinen Sedimenten. — N. Jb. Min. Mh., **196**, 148–163, 11 Abb., 2 Tab., Stuttgart.
- ÖNORM B 4412 (1974): Korngrößenverteilung.
- ÖNORM M 6250 (1986): Anforderung an die Beschaffenheit des Trinkwassers.
- PAPP, A. (1948): Das Pannon des Wiener Beckens. — Mitt. Geol. Ges., **39–41**, 99–193, 7 Abb., 4 Tab., Wien.
- PIPER, A. M. (1944): A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analysis. — Trans. Am. Geophys. Union, **25**, Washington D. C.
- PLÖCHINGER, B. (1979): Die Ergebnisse der geologischen Neuaufnahme des Anninger-Gebietes (Niederösterreich). — Jb. Geol. B.-A., **122/2**, 429–453, 8 Abb., 1 Taf., Wien.
- PROHASKA, W. (1983): Die geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse am Westrand des südlichen Wiener Beckens. — Unveröff. Diss., Form. u. Naturwiss. Fak. Univ. Wien, Wien.
- SCHULTZ, L. G. (1964): Quantitative interpretation of mineralogical composition from X-ray and chemical data for Pierre shale. — U.S. Geological Survey, Prof. Paper, **391-C**, p. C1–C31, 10 Abb., 8 Tab., Washington.
- TOLLMANN, A. (1985): Geologie von Österreich. — Band **2**, Außerzentralalpiner Anteil. — 711 S., 286 Abb., 27 Tab., Wien (Verlag Deuticke).
- UNTERWELZ, H. (1976): Strukturkarte Oberkante Sarmat, 1:50 000, Wien.
- VENDEL, M. (1962): Zur Entstehung der Thermen des Wiener Beckens. — Mitt. Geol. Ges., **55**, 183–207, Wien.
- VOIGT, H. J. (1990): Hydrogeochemie. — 310 S., 107 Abb., 115 Tab., Leipzig, (Springer-Verlag).
- WESSELY, G. (1974): Rand und Untergrund des Wiener Beckens. — Verbindungen und Vergleiche. — Mitt. Geol. Ges., **66–67**, 265–287, 1 Abb., 3 Taf., Wien.
- WESSELY, G. (1983): Zur Geologie und Hydrodynamik im südlichen Wiener Becken und seiner Randzone. — Mitt. Geol. Ges., **76**, 27–68, 8 Taf., Wien.