

Hydrogeologie der trinkbaren Tiefengrundwässer in Österreich

GERHARD SCHUBERT*

24 Abbildungen, 25 Tabellen

Zum Gedenken an WALTER HANNES KOLLMANN (1949–2011), der zur Erforschung der Tiefengrundwässer des Burgenlandes einen wesentlichen Beitrag leistete.

*Hydrogeologische Karte
 Tiefengrundwasser
 Hydrochemie
 Isotopenhydrologie*

Inhalt

Zusammenfassung	12
Abstract	12
Einleitung	12
Der Begriff „Tiefengrundwasser“	12
Vorkommen von trinkbaren Tiefengrundwässern	15
1 Trinkbare Tiefengrundwässer in der Molassezone und ihren Randbecken	15
1.1 Inn- und Hausruckviertel	15
1.1.1 Die Tiefengrundwasser führenden Sedimente	15
1.1.2 Die Beschaffenheit der Wässer	19
Das Gebiet zwischen Hausruck und Inn	19
Das Molassebecken westlich von Linz	23
1.1.3 Zur Hydrodynamik der Tiefengrundwässer im Inn- und Hausruckviertel	29
1.2 Gallneukirchner Becken	30
1.3 Klamer Becken	30
1.4 Bereich St. Florian–Steyr–Sierning	32
1.5 Horner Becken	33
1.6 Obermarkersdorfer Becken	34
1.7 Kleinhöflein	38
1.8 Bereich Haugsdorf–Laa an der Thaya	38
1.9 Großmugl	41
2 Trinkbare Tiefengrundwässer in den Inneralpinen Becken	42
2.1 Steirisches Becken	42
2.1.1 Weststeirisches Becken	43
2.1.2 Oststeirisches Becken	43
Die Tiefengrundwasser führenden Sedimente	44
Die Beschaffenheit der Wässer	47
2.2 Oberpullendorfer Becken	54
2.3 Eisenstädter Becken und angrenzende westpannonische Randbereiche	54
2.3.1 Baumgarten	54
2.3.2 Seewinkel	55
2.4 Wiener Becken	62
2.4.1 Wien und Marchfeld	62
2.4.2 Hinweise auf weitere Vorkommen von trinkbaren Tiefengrundwässern im Wiener Becken	66
Schlussfolgerungen	66
Literatur	67

* GERHARD SCHUBERT: Geologische Bundesanstalt, Neulinggasse 38, 1030 Wien. gerhard.schubert@geologie.ac.at

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit werden die heimischen Vorkommen trinkbarer Tiefengrundwässer in Hinblick auf ihre Beschaffenheit und Quantität sowie ihre geologischen Rahmenbedingungen beschrieben. Soweit wie möglich wird auch deren Nutzungssituation berücksichtigt. Im Einzelnen werden Stratigrafie sowie lithologische und hydraulische Eigenschaften der Grundwasserleiter beschrieben, wobei Übersichtskärtchen und geologische Schnitte ihre Verbreitung veranschaulichen. Exemplarisch werden zudem der chemische Lösungsinhalt der Wässer und ihre Isotopengehalte sowie das daraus ableitbare Alter wiedergegeben.

Als trinkbare Tiefengrundwässer werden hier Grundwässer verstanden, bei denen aufgrund ihrer langen Verweilzeit angenommen werden darf, dass sie gut gegenüber von außen kommenden Verunreinigungen geschützt sind. Zudem muss ihr Lösungsinhalt so beschaffen sein, dass sie noch für Trinkwasserzwecke genutzt werden können. Sie sind nicht nur in Gebieten, in denen es keine entsprechende Alternative gibt, für die Wasserversorgung notwendig, sondern stellen aufgrund ihrer geringen Vulnerabilität auch eine gut geschützte Reserve für die Trinkwassernotversorgung dar.

In den vorliegenden Beitrag wurden nur Informationen aus bereits publizierten Übersichtsdarstellungen sowie aus unveröffentlichten Regionalstudien aufgenommen.

Systematische Detailerhebungen bei Wasserversorgern etc. waren im Rahmen der Arbeit hingegen nicht möglich. Die verwendeten Unterlagen werden im Literaturverzeichnis dokumentiert. Sämtliche dargestellten Vorkommen kommen in „tertiären“ Becken zu liegen, wobei jene in der Molassezone, im Steirischen Becken und im Wiener Becken die bedeutendsten sind.

Hydrogeology of potable deep groundwater in Austria

Abstract

The present publication gives an overview on Austria's potable deep groundwater. It considers qualitative and quantitative aspects as well as its geological framework and utilisation aspects. Aquifers' stratigraphy, lithology and hydraulic properties are depicted. Generalized geological maps and sections show their distribution. Furthermore typical chemical and isotopic analyses as well as residence times complete the characterisation.

Potable deep groundwater have to fulfil two criteria: Their residence time has to be long enough to be well protected against anthropogenic contamination and they have to be suitable for the purpose of drinking water supply. Therefore, they are important not only for water supply in regions without other suitable groundwater resources, but also for emergency water supply.

The present paper based only on available regional studies. A systematic survey at water suppliers and water authorities was not possible in the frame of this work. The used papers are documented in the reference list. All reported resources are situated in "Tertiary" basins under which the Molasse Zone, the Styrian Basin and the Vienna Basin are of upmost importance.

Einleitung

In Österreich wird für die Trinkwasserversorgung nahezu zur Gänze Grundwasser herangezogen. In der Regel handelt es sich dabei um oberflächennahes Grundwasser aus quartären Lockersedimenten in den Tal- und Beckenlandschaften oder verkarsteten Karbonat- und zerklüfteten Kristallingesteinen in Gebirgsarealen. In einigen Regionen stellen aber auch trinkbare Tiefengrundwässer (darunter sind bis zu mehrere hundert Meter tiefe, mehr oder weniger stark mineralisierte Grundwasserhorizonte zu verstehen, die in der Regel an „tertiäre“ Sedimente gebunden sind) die einzige Ressource für die Wasserversorgung dar. Gleichzeitig sind solche tiefen Grundwässer aufgrund ihrer langen Verweilzeit und dem damit verbundenen Schutz vor Verunreinigungen bestens für die Trinkwassernotversorgung geeignet und sind somit von besonderem wasserwirtschaftlichen Interesse.

Der vorliegende Beitrag soll eine aktuelle Übersicht zu den bekannten Vorkommen solcher trinkbarer Tiefengrundwässer in Österreich vermitteln. Im Folgenden wird – nach den geologischen Großeinheiten gegliedert – die hydrogeologische Situation dieser Wässer dargestellt. Das betrifft die unterschiedlichen geologischen Formationen, aus denen die Wässer stammen, deren Ergiebigkeit sowie qualitative Beschaffenheit. Es ist nicht vorrangiges Ziel dieser Arbeit, die einzelnen Erschließungen bis ins letzte Detail zu beschreiben, dazu wird auf die verwendete Literatur (Publikationen und nicht veröffentlichte Berichte) verwiesen. Es soll vielmehr ein genereller, vor allem zusammenfassender Überblick zu den bereits bekannten trinkbaren Tiefengrundwasservorkommen vermittelt werden. Ergänzend dazu wird auch auf nicht genutzte, mögliche Vorkommen bzw. Erschließungsmöglichkeiten für die Zukunft eingegangen.

Bei der Erstellung des vorliegenden Artikels wurde auf bereits publizierte Übersichtsarbeiten und unveröffentlichte, zusammenfassende Studien zurückgegriffen. Detailerhebungen in den Wasserbüchern und bei Wasserversorgern oder Neubeprobungen wurden nicht durchgeführt.

Die Datenlage ist in den verschiedenen Regionen sehr unterschiedlich. Während im oberösterreichischen Inn- und Hausruckviertel, im Oststeirischen Becken oder in Wien die Situation der Tiefengrundwässer in Übersichtsarbeiten bereits umfassend dargestellt wurde, sind beispielsweise im Weinviertel nur einzelne Teilbereiche in der Literatur dokumentiert. Im Schlusskapitel des vorliegenden Beitrags wird daher auch aufgezeigt, welche vielversprechenden Gebiete noch einer systematischen Untersuchung entgegensehen.

Der Begriff „Tiefengrundwasser“

Nachstehend werden einige wichtige Begriffsdefinitionen aus der neueren Literatur zu Tiefengrundwässern dargestellt. Die gemeinsame und wesentliche Kernaussage all dieser Begriffsdefinitionen, entsprechend jener der ÖNORM B 2400 (ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT, 1986), besagt, dass Tiefengrundwässer durch minder durchlässige Deckschichten überlagert werden, sich durch hohe Verweilzeiten im Untergrund und den daraus resultierenden besonderen chemisch-physikalischen Eigenschaften auszeichnen. Dazu gehören insbesondere auch die in diesem Werk dargestellten „trinkbaren“ Tiefengrundwässer, wobei diese einen besonderen Stellenwert im Hinblick auf die Nutzung und deren eingeschränkte Vorkommen einnehmen.

Detaildefinitionen inklusive Kennmerkmal „Verweilzeit“ (Aufenthaltsdauer/Alter) von Tiefengrundwässern

Bereits ZÖTL (1978) benutzte als Erkennungsmerkmale für Tiefengrundwasser die Verweilzeit und den Chemismus, wobei er als Indikatoren den Gehalt an freiem Sauerstoff und Tritium (^3H) heranzog. Er forderte, dass Tiefengrundwasser keinen freien Sauerstoff und kein Tritium enthält.

In der ÖNORM B 2400 (ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSISTITUT, 1986: 21) wird im Kapitel 6 zum unterirdischen Wasser als Benennung Nr. 6.60 der Begriff Tiefengrundwasser wie folgt definiert: „*Grundwasser [...] in den tieferen Schichten der Erdrinde, das eine weiträumige Überlagerung durch Deckschichten [...], eine lange Aufenthaltsdauer [...] und meist besondere physikalisch-chemische Eigenschaften aufweist.*“

Das ÖWWV-Regelblatt 202 zum Thema „Tiefengrundwässer und Trinkwasserversorgung“ (ZÖTL et al., 1986: 7–8) verweist bezüglich der Definition von Tiefengrundwasser auf die genannte ÖNORM. „*Als messbare untere Grenze der Aufenthaltsdauer kann [nach ZÖTL et al., 1986: 8] der Tritiumgehalt des Wassers dienen. Tritiumfreies Tiefengrundwasser ist seit mindestens 50 Jahren im Untergrund und hat auch keine Beimengung jüngeren Wassers.*“ Weiters führen die Autoren an, dass „*Tiefengrundwässer fast immer ‚gespannte‘ Grundwässer [sind], wobei die Unterseite der dichten Deckschichten gleichzeitig die obere Grenzfläche des Grundwasserkörpers ist, sodass der Druckspiegel des Grundwassers (Grundwasserdruckfläche) über der Basis der Grundwasserdeckschicht liegt [...]. Für den Fall, dass der Druckspiegel über der örtlichen Geländeoberkante liegt, wird der hydraulische Zustand des Tiefengrundwassers als ‚artesisch gespannt‘ bezeichnet.*“ Bezüglich der physikalisch-chemischen Eigenschaften wird in ZÖTL et al. (1986: 13–21) prinzipiell zwischen Tiefengrundwässern, die am Kreislauf des Wassers teilnehmen („Kreislaufwässer“) und solchen, die gleichzeitig mit den Sedimentgesteinen abgelagert wurden („Formationswässer“), unterschieden. Letztere sind aufgrund ihres hohen Mineralgehaltes für die Trinkwasserversorgung praktisch bedeutungslos. Tiefengrundwässer zeichnen sich aufgrund des fehlenden Kontaktes zur Atmosphäre auch durch den Mangel an freiem Sauerstoff aus. Als Konsequenz ist das Auftreten von Schwefelwasserstoff, gelöstem Eisen oder Mangan möglich. Bei länger gespeicherten Tiefenwässern kommt es auch zum Kationenaustausch mit dem Sedimentgestein, der zur Bildung von Natrium-Bikarbonatwässern führt.

GOLDBRUNNER (1984: 84) versteht unter Tiefengrundwässern Grundwässer, „*welche aufgrund einer weiträumigen Überdeckung durch minderdurchlässige Schichten nicht unmittelbar durch Infiltration von der Oberfläche alimentiert werden*“. Als spezifische chemisch-physikalische Eigenschaften dieser Wässer gibt GOLDBRUNNER dabei die augenfällige Sauerstofffreiheit und den fehlenden Tritiumgehalt (< 1 TU; TU = Tritiumeinheit) an; „*Wässer mit derartigen Tritiumgehalten haben Mindestalter von über 50 Jahren.*“ GOLDBRUNNER (1988: 8) ergänzt diese Definition um einen Wert zum freien Sauerstoff, dessen Konzentration soll bei Tiefengrundwässern unter 0,1 mg/l liegen.

In der Studie „*Hydrogeologische Grundlagen für eine nachhaltige Nutzung der Tiefengrundwässer im Bereich des Oststeirischen und Pannonischen Beckens*“ (ZOJER

et al., 2005: 413) werden Wässer, die einen Tritiumgehalt unter 2 TU aufweisen, bereits als tritiumfrei angesehen. „*Die Verweildauer dieser Wässer beträgt mindestens etwa 50 Jahre.*“

Im ÖWAV-Regelblatt 215 zu „*Nutzung und Schutz von Thermalwasservorkommen*“ (ZETINIGG et al., 2010: 68) wird der Begriff Tiefengrundwasser wie folgt definiert: Es ist „*Grundwasser in den tieferen Schichten der Erdrinde, das eine weiträumige Überlagerung durch Deckschichten, eine lange Aufenthaltsdauer im Untergrund und meist besondere physikalisch-chemische Eigenschaften aufweist [und] welches aufgrund einer weiträumigen Überdeckung durch minderdurchlässige Schichten nicht unmittelbar durch Infiltrationen von der Oberfläche alimentiert wird. Die Neubildung eines am Wasserkreislauf teilnehmenden Tiefengrundwassers erfolgt in einem vielfach nicht näher bekannten Regenerationsgebiet*“. Des Weiteren wird auf GOLDBRUNNER (1984, 1988) verwiesen.

Das in ZÖTL (1978), ZÖTL et al. (1986), GOLDBRUNNER (1984, 1988) sowie ZOJER et al. (2005) als Erkennungsmerkmal für Tiefengrundwasser genannte Wasserstoffisotop Tritium (^3H) – seine Halbwertszeit beträgt 12,32 Jahre (4.500 ± 8 Tage, GRÖNING et al., 2001) – stammt im Wesentlichen aus drei Quellen: Im Niederschlag Mitteleuropas röhren im Jahresmittel etwa 6 TU von der natürlichen Einwirkung der kosmischen Strahlung in vorwiegend höheren Atmosphärenschichten her. Einen wesentlich höheren Beitrag als diese natürliche Quelle lieferten die Kernwaffentests der 1950er- und 1960er Jahre und die Emissionen aus kerntechnischen Anlagen (MOSER et al., 1980: 35–38). Abbildung 1 gibt als Beispiel den seit den 1960er Jahren beobachteten Tritiumgehalt im Niederschlag der GZÜV-Messstelle Wien, Hohe Warte, wieder. Das Maximum um das Jahr 1963 geht auf die vermehrten Kernwaffentests zurück, seither nahm der Tritiumgehalt im Niederschlag stark ab.

Bei der Verwendung des Tritiumgehalts als Erkennungsmerkmal für Tiefengrundwasser ist zu berücksichtigen, dass der geforderte Tritiumgehalt von weniger als 1 bzw. 2 TU und das Mindestalter von etwa 50 Jahren nur grobe Richtwerte sind. Dies sollen die folgenden Überlegungen aufzeigen: Unter der Annahme einer Ausgangskonzentration von 6 TU – dieser Wert entspricht, wie oben angeführt, dem natürlich gebildeten Tritiumanteil im Niederschlag Mitteleuropas – lässt sich für einen Tritiumgehalt unter 1 TU eine Verweilzeit von über 32 Jahren und für einen Tritiumgehalt unter 2 TU eine Verweilzeit von über 20 Jahren errechnen. Da aber vor 32 bzw. 20 Jahren der Tritiumgehalt des Niederschlags in Österreich deutlich höher war (Abb. 1), ist für ein Grundwasser mit einem aktuellen Tritiumgehalt von 1 bzw. 2 TU ein wesentlich höheres Alter zu erwarten. Weiters ist zu bedenken, dass Grundwässer sich aus unterschiedlich alten Niederschlagswässern bilden. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass die Nachweisgrenzen für die diversen publizierten Analysewerte unterschiedlich sind. Wie weit diese streuen können, zeigen beispielsweise MOSER et al. (1980: 40) auf. Sie geben für 5 bis 75 cm³ Wasserprobe und 1.000 min Messzeit für verschiedene Messmethoden Nachweisgrenzen zwischen 2 und 15 TU an; Tritiumkonzentrationen unter 1 TU „*werden fast ausschließlich mit Gasproportionszählrohren nach vorhergehender Anreicherung gemessen.*“

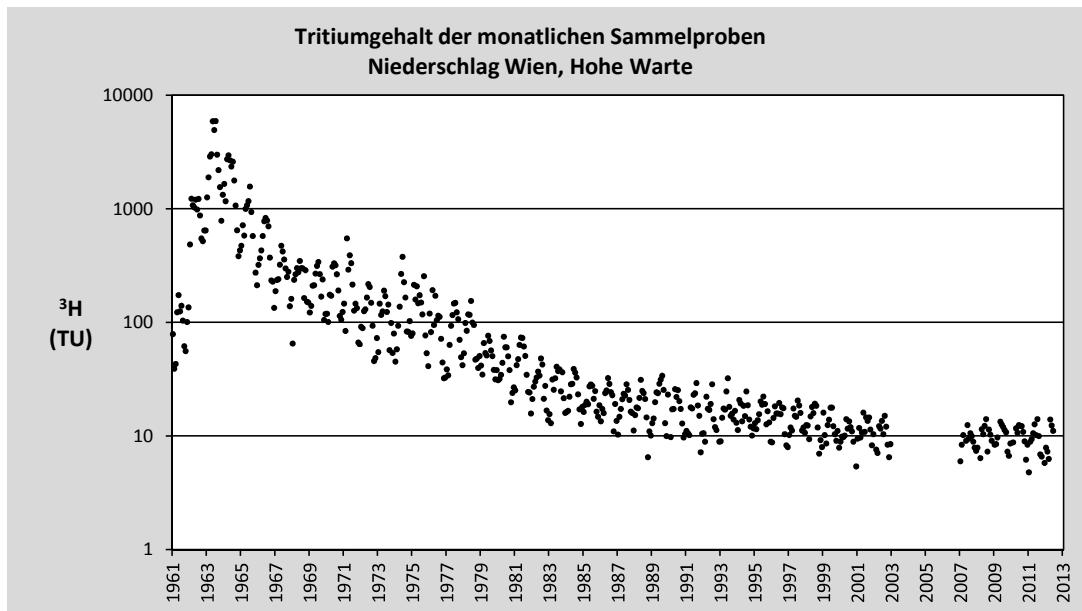


Abb. 1.
Tritiumgehalt des Niederschlags der GZÜV-Messstelle Wien, Hohe Warte nach der H₂O Fachdatenbank des WISA (<http://wisa.lebensministerium.at/h2o/>, abgerufen am 20.03.2013).

Weitere wichtige Parameter für die Bestimmung der Verweilzeit von Tiefengrundwässern sind die stabilen Isotope Deuterium (²H) und Sauerstoff-18 (¹⁸O). In Tiefengrundwässern, deren Neubildung bereits im Pleistozän während einer Kaltzeit erfolgte, sind deutlich niedrigere Deuterium- und Sauerstoff-18-Gehalte nachzuweisen als in vergleichbaren rezenten Wässern (MOSER et al., 1980: 200–203; GOLDBRUNNER, 1988: 28–30; BOROVICZÉNY et al., 1992: 75–79). Im Untergrund kann jedoch ein Prozess stattfinden, der diesem Effekt entgegenwirkt: Bei wärmeren Grundwässern wurde ein Sauerstoffaustausch zwischen Wasser und Sediment beobachtet, der sich in einer Erhöhung des Sauerstoff-18-Gehalts des Wassers äußert. Da dabei der Deuteriumgehalt weitgehend unverändert bleibt, lässt sich dieser Prozess durch den Vergleich der Konzentration der beiden Isotope erkennen (MOSER et al., 1980: 207–208).

Unter bestimmten Voraussetzungen lässt sich auch das Radionuklid Kohlenstoff-14 (¹⁴C) zur Datierung alter Grundwässer heranziehen. Seine Halbwertszeit beträgt 5.730 Jahre (BOWMAN, 1990: 11). Auf natürliche Weise wird Kohlenstoff-14, ähnlich wie Tritium, in der höheren Atmosphäre durch die Einwirkung kosmischer Strahlung gebildet. Darüber hinaus stammt ein Teil des Kohlenstoff-14 der Atmosphäre aus Kernwaffenversuchen. 1964 erreichte der Kohlenstoff-14-Gehalt des atmosphärischen Kohlendioxids aufgrund dieser Tests beinahe das Doppelte des natürlichen Gehalts und nahm dann wieder ab. Das Verbrennen von großen Mengen an fossilen und daher Kohlenstoff-14-freien Brennstoffen seit dem 19. Jahrhundert hat sich ebenfalls deutlich im Kohlenstoff-14-Gehalt der Atmosphäre niedergeschlagen, nämlich in einer Verdünnung der Kohlenstoff-14-Konzentration der Atmosphäre (Suess-Effekt). Zudem ist die natürliche Kohlenstoff-14-Produktion gewissen natürlichen Schwankungen unterworfen – alles zusammen macht die Erstellung einer Kalibrationskurve für die Altersbestimmung mit Radiokohlenstoff notwendig (GEYH, 1980: 43–46; BOWMAN, 1990: 16–20).

Die Grundwasserdatierung mit Kohlenstoff-14 basiert auf der Annahme, dass Regenwasser im Boden junges, bio-

genes, Kohlenstoff-14-hältiges Kohlendioxid aufnimmt und anschließend – entsprechend dem Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht – altes, Kohlenstoff-14-freies Karbonat löst. Im Untergrund können aber Prozesse stattfinden, die eine solche Datierung unsicher machen. Beispielsweise können die Oxidation von Kohlenstoff-14-freien Kohlenwasserstoffen oder die zusätzliche Lösung von eben-solchem Karbonat, die mit dem Kationenaustausch von Natrium gegen Kalzium und Magnesium einhergeht, ein erhöhtes Neubildungsalter vortäuschen (GEYH, 1980: 46–53; GOLDBRUNNER, 1988: 30).

Die Qualitätsansprüche an Trinkwasser, d.h. an Wasser, das für den menschlichen Gebrauch geeignet ist, wird in Österreich in der Trinkwasserverordnung (REPUBLIK ÖSTERREICH, 2001) und den dazugehörigen Novellen geregelt. Da Tiefengrundwässer bzw. gespannte und artesisch gespannte Grundwässer bezüglich ihres Lösungsinhaltes meist von der Beschaffenheit freier Grundwasser abweichen, wird im ÖWAV-Regelblatt 211 zur „Nutzung artesischer und gespannter Grundwässer“ nicht nur auf die Qualität dieser Wässer, sondern auch auf deren Aufbereitung eingegangen (ZETINIGG et al., 2000).

In die vorliegende Arbeit wurden vor allem solche gespannten bzw. artesisch gespannten Grundwasservorkommen aufgenommen, bei denen zum einen die in der Trinkwasserverordnung genannten Indikatorparameter nicht wesentlich überschritten werden und bei denen zum anderen aufgrund der vorliegenden Isotopenanalysen eine höhere Verweilzeit zu erwarten ist. Als Indikatoren für ein höheres Wasseralter wurden – in Anlehnung an ZOJER et al. (2005: 413) – ein unter 2 TU liegender Tritiumgehalt, eine für eiszeitliches Alter typische niedrige Sauerstoff-18- bzw. Deuterium-Konzentration und ein entsprechend hohes ¹⁴C-Modellalter herangezogen. Die im Folgenden dargestellten Vorkommen von trinkbaren Tiefengrundwässern weisen natürlich nicht über ihre gesamte Ausdehnung einen solch geringen Lösungsinhalt oder eine entsprechend hohe Verweilzeit auf; es bestehen auch Übergänge zu stärker mineralisierten Wässern mit für Trinkwasserzwecke ungeeigneter Beschaffenheit bzw. zu jüngeren, nicht mehr als Tiefengrundwasser zu bezeichnenden Wässern. Der

Vollständigkeit halber wurden aber auch solche Wässer in die Betrachtung aufgenommen und auf die Übergänge hingewiesen. In Ausnahmefällen werden in der vorliegenden Arbeit zudem auch Wässer dargestellt, für die es zur

Zeit noch keinen isotopenhydrologischen Befund gibt, für die aber aufgrund des geologischen Baus oder ihres Lösungsinhalts eine entsprechend lange Verweilzeit zu erwarten ist.

Vorkommen von trinkbaren Tiefengrundwässern

Die folgenden Kapitelnummern entsprechen der Gliederung in der Übersichtskarte der Beilage 1.

1 Trinkbare Tiefengrundwässer in der Molassezone und ihren Randbecken

In der Molassezone, dem Vorlandbecken der Alpen, kam es zur Ablagerung mächtiger mariner bis limnisch-fluvial-tiler Sedimente. Die Molassesedimentation setzte im frühen Oligozän (vor etwa 33 Mio. Jahren; PILLER et al., 2004) mit einer Beckenentwicklung ein. Im oberen Ottangium zerfiel das Meeresbecken der Paratethys in mehrere Teile, welche in der Folge aussüßten (RUPP & WAGNER, 2008: 54). Die marinen Sedimente der Molassezone sind vielfach gekennzeichnet durch eine Wechselfolge von Wasser führenden, sandreichen Horizonten und Wasser stauenden, schluff- bzw. tonreichen, mergeligen Schichtstößen. Diesem Umstand ist es zu verdanken, dass in der Molassezone heute vielerorts gespannte süße Wässer mit längerer Verweilzeit auftreten. Am besten untersucht sind derartige Wässer im oberösterreichischen Inn- und Hausruckviertel, aber auch in anderen Gegenden der Molassezone sind trinkbare Tiefengrundwässer anzutreffen, wie in den folgenden Kapiteln aufgezeigt wird.

1.1 Inn- und Hausruckviertel

Eine hydrogeologische Besonderheit des oberösterreichischen Inn- und Hausruckviertels ist das gehäufte Auftreten von artesisch gespannten Wässern (Abb. 2). Diese sind an „tertiäre“ Sandhorizonte gebunden, die von mächtigem Schlier überlagert werden bzw. in diesem eingeschaltet sind. Mit dem Begriff Schlier wird ein feinsandig-schluffiger Mergel bezeichnet (SCHUSTER et al., 2015: 78), der im Allgemeinen nur eine geringe Permeabilität besitzt, lediglich in oberflächennahen Klüften ist mitunter eine höhere Wasserdurchlässigkeit zu beobachten (VOHRYZKA, 1973: 30–31).

1.1.1 Die Tiefengrundwasser führenden Sedimente

Die für die trinkbaren Tiefengrundwässer in Oberösterreich relevanten Sande und die mit ihnen vergesellschafteten feinklastischen Sedimente sind in Tabelle 1 aufgelistet. Die angeführten Sande können mit dem Schlier verzahnen, so dass auch innerhalb einer Sandformation mehrere Grundwasserhorizonte ausgebildet sein können. Im Inn- und Hausruckviertel werden folgende, für die gegenständliche Thematik relevanten marinen Sande unterschieden:

Die **Mehrnbach-Formation** findet westlich Ried weite Verbreitung (Abb. 2). Bei ihr handelt es sich um „mergelige, glimmerreiche, feinkörnige, grau-graugrüne Quarzsande [...] in denen 2–3 mm dicke Tonmergellagen eingeschaltet sind.“ Ihre maximale Mächtigkeit beträgt 80 m (HEISS

et al., 2003: 13–14). Die **Treubach-Formation** tritt ebenfalls westlich von Ried auf, ihre Oberflächenverbreitung beschränkt sich jedoch auf schmale Ausbisse. Bei ihr handelt es sich um „grüngraue, glimmer- und glaukonitreiche, meist stark durchwühlte Feinsande, die nur selten Pelitzwischenlagen“ aufweisen (HEISS et al., 2003: 15). Sowohl die Sande der Mehrnbach- als auch der Treubach-Formation verzahnen mit dem sie umgebenden Schlier der Innviertel-Gruppe (Tab. 1). Im Untergrund stehen die beiden an der Oberfläche getrennten Sandformationen miteinander in Kontakt. Genetisch gesehen, handelt es sich bei ihnen um durch Gezeitenströmung verfrachtete Sande aus dem Mündungsbereich der Ur-Salzach (mündl. Mitt. C. RUPP, Geologische Bundesanstalt).

Die **Reith-Formation** ist am Nordabfall des Hausruck zwischen St. Kollmann und Leopoldshofstall anstehend. Bei ihr handelt es sich um „gelbbraune bis gelbgraue, glimmerige Feinsande (Quarzsande), untergeordnet Mittelsande, welche [...] Zentimeter bis Dezimeter mächtige, wellig geschichtete Pelitlagen [...] führen.“ Die Reith-Formation wird bis 50 m mächtig und fällt leicht nach Norden ein, wobei sie mit der Ried-Formation verzahnt (RUPP et al., 2008: 21).

Die **Atzbach-Formation** – diese bildet den bedeutendsten Tiefengrundwasserleiter der Innviertel-Gruppe – besteht, wie die benachbarte Kletzenmarkt-Formation (siehe unten), ebenfalls aus von Gezeitenströmung verfrachteten Sanden aus dem Mündungsbereich der Ur-Salzach (mündl. Mitt. C. RUPP). Sie findet an der Oberfläche im Raum zwischen Vöcklabruck und Kematen am Innbach weite Verbreitung (Abb. 2 und 3). „Lithologisch betrachtet handelt es sich bei den Atzbacher Sanden [...] um glimmer- und glaukonitreiche, hellgraue Fein- bis Mittelsande (Quarzsande) mit sandigen, mergeligen, mm-dünnen Silt-Zwischenlagen, welche gegen das Liegende häufiger werden“ (HEISS et al., 2003: 11). Von ihrem oberflächlichen Verbreitungsgebiet ausgehend, ist die Atzbach-Formation im Untergrund weit nach Norden zu verfolgen. Ihre Gesamtmaßigkeit erreicht etwa 100 m (Abb. 4). Nördlich Kematen am Innbach wird die Atzbach-Formation von der **Kletzenmarkt-Formation** abgelöst, die eine nördliche Entwicklung dieser darstellt. Sie zeichnet sich durch eine „lebhafte Wechselfolge von Zentimeter bis Dezimeter mächtigen laminierten Peliten mit mittel- bis grobkörnigen und teilweise feinkörnigen Sandpaketen in analogen Mächtigkeiten aus“ (HEISS et al., 2003: 12).

Die **Enzenkirchner Sande** und die die Phosphoritsande und Fossilreichen Grobsande umfassende **Plesching-Formation** (die genannten Sedimente wurden im Ottangium abgelagert, wobei die Plesching-Formation altersmäßig

etwa der Atzbach-Formation entspricht; Tab. 1) sowie die in das Kiscellium bis Egerium zu stellenden **Linzer Sande** finden am nördlichen Beckenrand der Molassezone ihre obertägige Verbreitung (siehe Abbildungen 2 und 5). Bei den Enzenkirchner Sanden handelt es sich um mächtige, gelbbraune, fein- bis mittelkörnige Sande. Diese sind meist ungeschichtet, sie beinhalten aber Tonmergelzwischenlagen. Die Phosphoritsande sind „*graue, glaukonitische, meist grobkörnige und mitunter fossilreiche Quarzsande (ca. 2–3 % Phosphoritknollen)*“, die in Plesching bei Linz und im Raum Prambachkirchen–Eferding anzutreffen sind. Die weiter westlich auftretenden Fossilreichen Grobsande sind ebenso „*graue, glaukonitische, meist grobkörnige und teils fossilreiche Quarzsande*“, denen aber Phosphoritknollen fehlen. Die Linzer Sande bestehen zu 90 % aus Quarz, der Feldspat- und Glimmergehalt ist schwankend. Beckenwärts verzahnen die Linzer Sande mit dem Schlier. Die Linzer Sande erreichen eine Mächtigkeit von bis zu 100 m und stellen einen bedeutenden Grundwasserleiter dar, aus dem „zahlreiche große Trinkwasserversorgungen ihr Wasser beziehen“ (HEISS et al., 2003: 9–12).

HEISS et al. (2005) verfassten eine Übersichtsstudie zu den Grundwässern der „tertiären“ Sande des oberösterreichischen Molassebeckens, deren Schwerpunkt auf der Darstellung der räumlichen Verteilung der Sande liegt. In einer großmaßstäbigen Karte und 15 geologischen Profilen werden das ober- und unterirdische Verbreitungsgebiet der wichtigsten „tertiären“ Grundwasserleiter dokumentiert. Als wichtigste Aquifere innerhalb der Innviertel-Gruppe werden die Mehrnbach-Formation (HEISS et al., 2005: 20, 26), die Atzbach-Formation und Enzenkirchner Sande, die „im Bereich Steindlberg verzahnen“ (HEISS et al., 2005: 29) sowie die Linzer Sande (HEISS et al., 2005: 30, 32, 33) ge-

nannt. Eine hingegen untergeordnete Bedeutung wird von den Autoren den Fossilreichen Grobsanden beigemessen, nämlich „auf Grund ihrer geringen Mächtigkeit und ihrer nur sehr lokalen Verbreitung“ (HEISS et al., 2005: 30, 31). Lediglich „im Gebiet von Gautzham [bei St. Willibald] und Walle[n]sham [bei Schärding]“ besitzt das Grundwasser in den Fossilreichen Grobsanden eine größere Bedeutung (HEISS et al., 2005: 23).

Mehrfach wird in der Studie von HEISS et al. (2005) aufgezeigt, dass auch innerhalb der diversen Schlierformationen vereinzelt Sandlagen auftreten können, die trotz ihrer geringen Mächtigkeit eine gute Ergiebigkeit aufweisen. Dies trifft besonders auf die Vöckla-Formation zu, aus der „im Bezirk Vöcklabruck [...] zahlreiche öffentliche und private Wasserversorgungsanlagen [...] versorgt“ werden (HEISS et al., 2005: 27). Als weitere Beispiele werden die Ottang-Formation im Bereich der Gemeinde Hof – hier liegt nach HEISS et al. (2005: 24) ein stark gespannter Sandhorizont in ca. 150 m Tiefe vor – und östlich von Haag „ein mächtiger artesischer Grundwasserkörper im Ottanger Schlier in einer Tiefe von ca. 60 m unter GOK“ (HEISS et al., 2005: 28) sowie die Braunau-Formation in Altheim (HEISS et al., 2005: 20) angeführt. Die Autoren nehmen des Weiteren an, dass die Grundwasserneubildung in den „tertiären“ Aquiferen nicht nur über Niederschlagsinfiltration in den obertags anstehenden Sanden, sondern untergeordnet auch aus dem überlagernden Schlier und aus dem auflagernden Quartär sowie am Nordrand der Molassezone auch durch Zustrom von Kluftgrundwasser aus dem Kristallin erfolgt. Zudem weisen die Autoren auf die „thermalwasserführenden Linzer Sande“ im Raum Bad Schallerbach hin (HEISS et al., 2005: 30).

Serie	Stufe	Schichtglieder
Miozän	Ottangium	Oncophora-Schichten
		Treubach-Formation (= Treubacher Sande)
		Braunau-Formation (= Braunauer Schlier)
		Mehrnbach-Formation (= Mehrnbacher Sande)
		Ried-Formation (= Rieder Schichten, Rotalienschlier)
		Reith-Formation (= Fofelsand, Sande von Reith), Enzenkirchener Sande
		Ottang-Formation (= Ottanger Schlier)
		Atzbach-Formation (= Atzbacher Sande), Kletzenmarkt-Formation (= Kletzenmarkt-Glaukonitsand-Formation), Plesching-Formation (= Phosphoritsande und Fossilreiche Grobsande)
		Vökl-Formation (Vöcklaschichten), Vorchdorf-Formation, Robulus-Schlier
	Eggenburgium	Haller Schlier (= Hall-Formation)
Oligozän	Kiscellium bis Egerium	„Älterer Schlier“ (Ebelsberg-, Eferding-, Puchkirchen- und Zupfing-Formation)
		Linzer Sande
		Pielacher Tegel

Tab. 1.

Stratigraphie der Tiefengrundwasser führenden Sedimente des Hausruck- und Innviertels nach KRENMAYR et al. (2006), RUPP & VAN HUSEN (2008: 9–32), RUPP & WAGNER (2008) sowie RUPP (2011: 101–116); die Sande sind grau hinterlegt. In der vorliegenden Arbeit wurden der Gebrauch der in Klammer angegebenen Begriffe weitgehend vermieden, da diese mitunter veraltet, noch nicht ausreichend definiert oder nicht zweckmäßig waren.

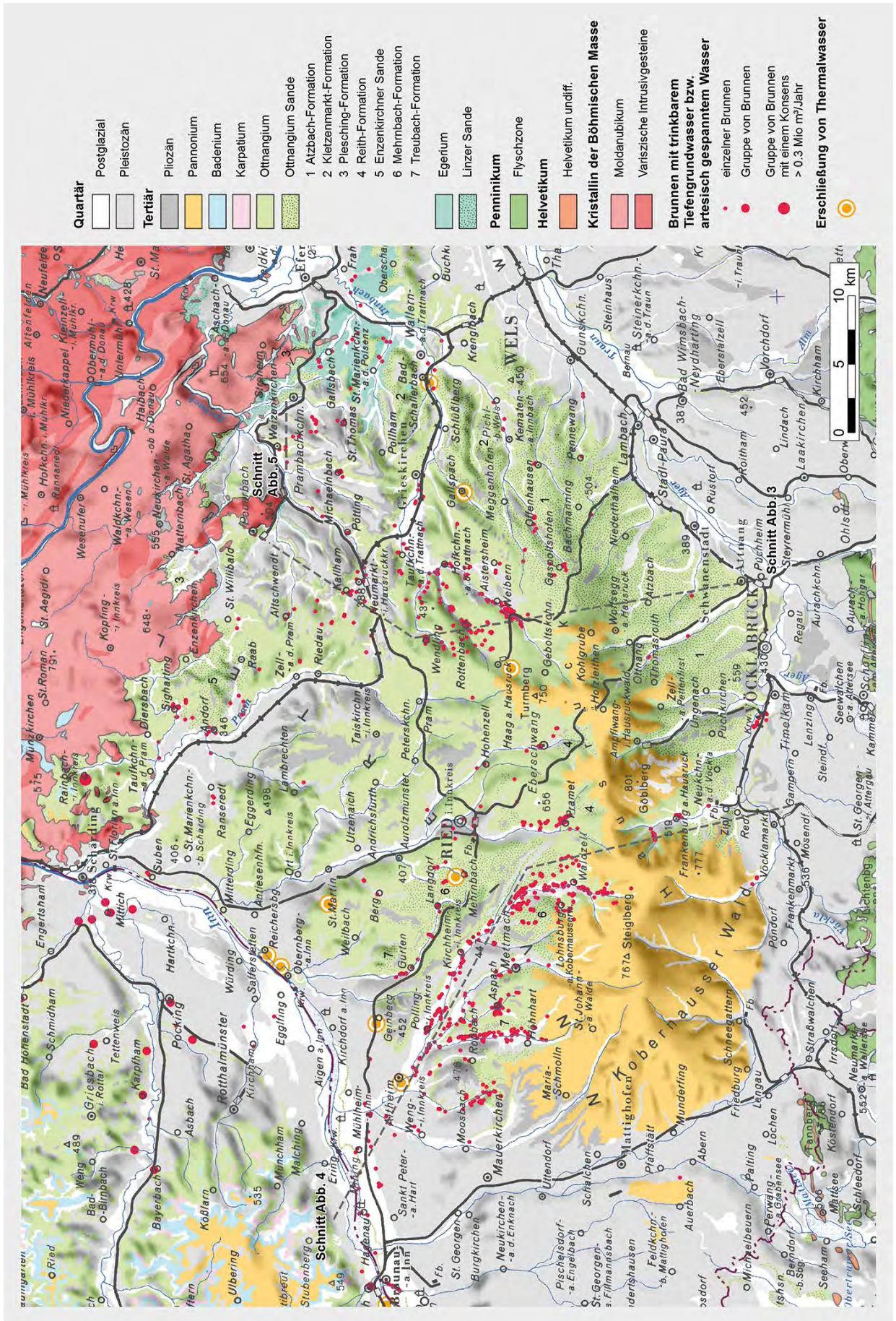


Abb. 2.
Übersichtskarte zu den artesischen Brünnern bzw. Brunnen mit Tiefengrundwasser im Haustruck- und Inviertel. Der geologische Inhalt basiert auf der Geologischen Karte von Oberösterreich 1:200.000 (KRENNMAYR et al., 2006), die Punktmotionen stammen aus der im gleichen Maßstab angefertigten Hydrogeologischen Karte von Oberösterreich (SCHUBERT & BERKA, 2007).

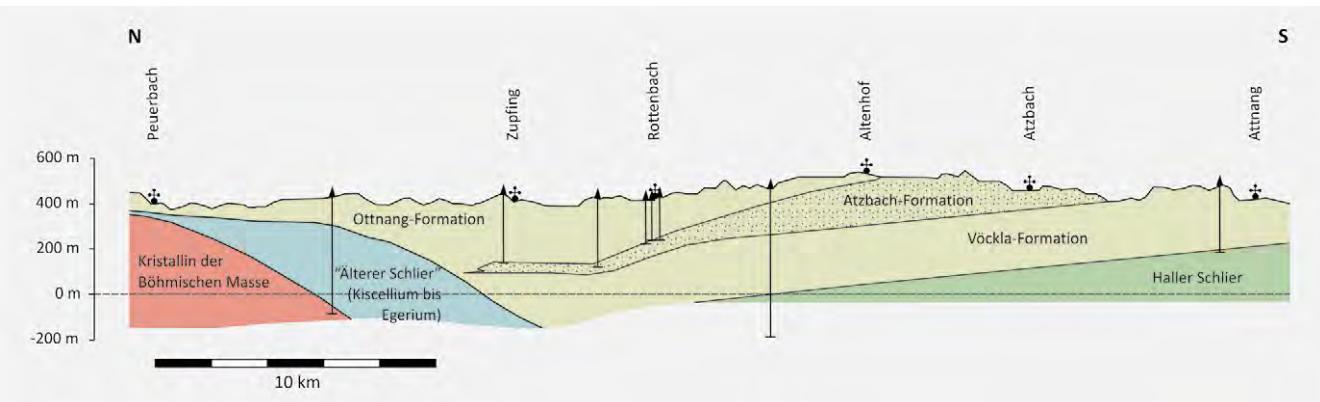


Abb. 3.
Geologischer N–S-Schnitt durch das unterirdische Verbreitungsgebiet der Atzbach-Formation, verändert nach SCHMID et al. (2001: 3). Die Lage des Profils ist in Abbildung 2 dargestellt. Die Atzbach-Formation geht im Raum nordöstlich von Wels in die Kletzenmarkt-Formation und in weiterer Folge in die Plesching-Formation über (FAUPL & ROETZEL, 1990: 158).

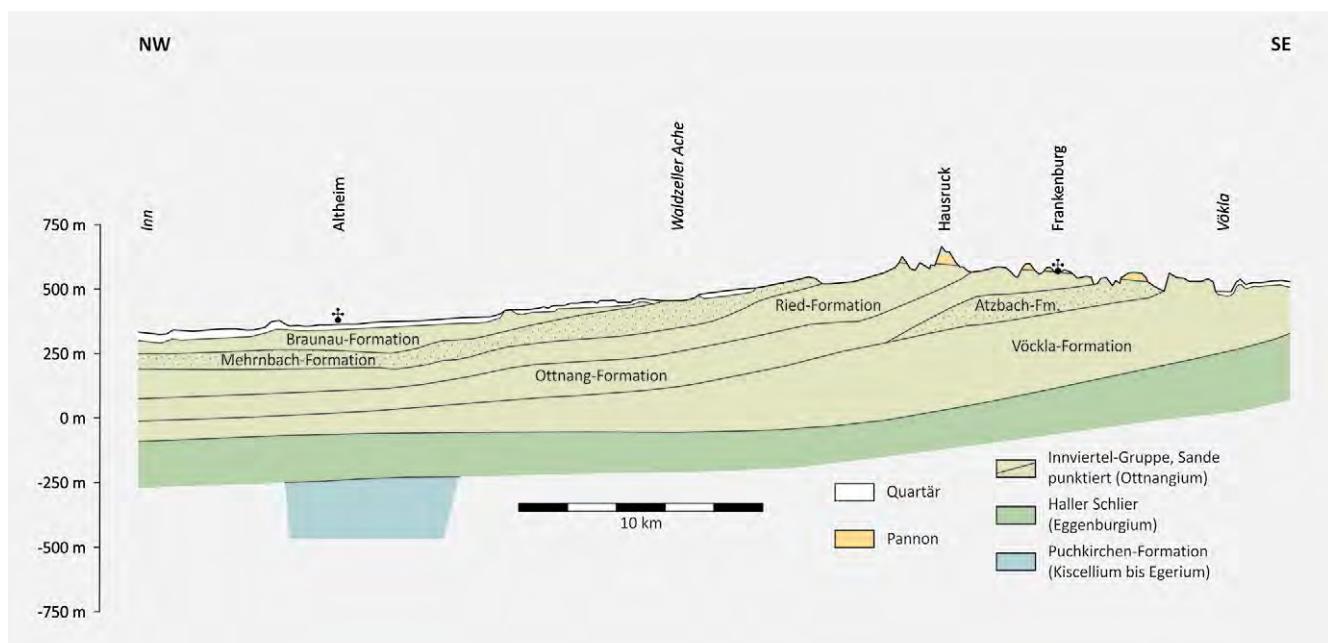


Abb. 4.
Geologischer NW–SE-Schnitt zum unterirdischen Verbreitungsgebiet der Mehrnbach- und Atzbach-Formation, verändert nach HEISS et al. (2005: 25, 26). Die Lage des Profils ist in Abbildung 2 dargestellt. Die östlich des geologischen Schnitts anstehenden Sande der Reith-Formation (Tab. 1 und Abb. 2) „ziehen vom Top der Ottnang-Formation (W Reith) nach Westen in die Ried-Formation hinein und verzahnen intensiv mit dieser“ (RUPP & VAN HUSEN, 2008: 21).

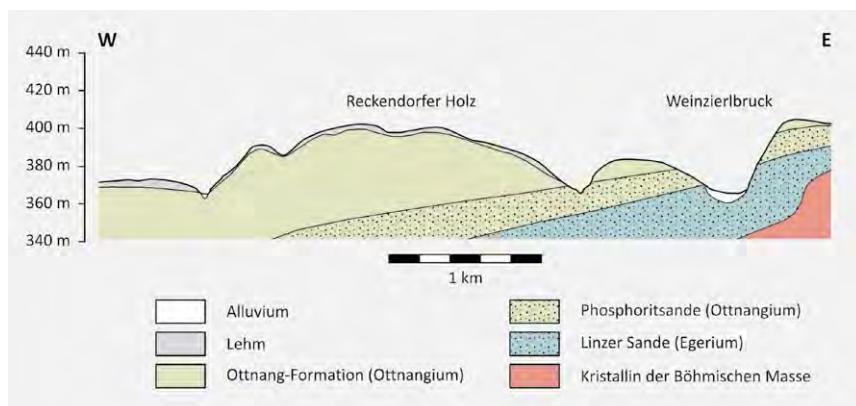


Abb. 5.
Geologischer W–E-Schnitt durch die Linzer Sande und Phosphoritsande im Bereich von Waizenkirchen, verändert nach SCHUBERT (1996: 99). Die Lage des Profils ist in Abbildung 2 ersichtlich. Beide Sande bilden hier am Beckenrand gemeinsam einen Grundwasserleiter. Die Phosphoritsande werden mit den fossilreichen Grobsanden zur Plesching-Formation zusammengefasst, wobei das Unterscheidungsmerkmal das Auftreten der namengebenden Phosphoritknollen ist (RUPP, 2011: 110; FAUPL & ROETZEL, 1990: 159).

1.1.2 Die Beschaffenheit der Wässer

Repräsentative Zusammenstellungen von hydrochemischen und isotopenhydrologischen Analysen zu den gespannten bis artesisch gespannten Grundwässern des Inn- und Hausruckviertels sind in GOLDBRUNNER (1988) und SCHUBERT (1996) enthalten, wobei GOLDBRUNNER (1988) vorwiegend die Wässer der Innviertel-Gruppe im Raum zwischen Hausruck und Inn behandelt, während sich SCHUBERT (1996) mit den Wässern im Umfeld von Grieskirchen, d.h. im Raum zwischen Weibern, Waizenkirchen und Eferding, beschäftigt. Bei diesen gespannten Wässern handelt es sich nicht immer um trinkbare Tiefengrundwässer, da die notwendige Verweilzeit – wie der deutliche Tritiumgehalt vielfach zeigt – nicht immer gegeben ist bzw. diese Wässer aufgrund des zu hohen Lösungsinhaltes mitunter nicht als Trinkwasser taugen (vgl. Kapitel „Der Begriff ‚Tiefengrundwässer‘“). Im Folgenden wird jedoch der Vollständigkeit halber sowohl auf diese jüngeren als auch auf stärker mineralisierte Wässer eingegangen, da zwischen den verschiedenen Wassertypen fließende Übergänge bestehen. Es sei des Weiteren darauf hingewiesen, dass die Projektberichte, auf denen die beiden genannten Arbeiten basieren, zusätzliche Detailinformationen enthalten. Dies trifft insbesondere auf folgende Berichte zu: GOLDBRUNNER & ZÖTL (1982), GOLDBRUNNER et al. (1984), GOLDBRUNNER (1987), GOLDBRUNNER (1989), ZÖTL & GOLDBRUNNER (1990), SORDIAN (1992) und GOLDBRUNNER & SCHUBERT (1993); die-

se liegen am Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, Abteilung Grund- und Trinkwasserwirtschaft, und zum Teil auch in der Bibliothek der Geologischen Bundesanstalt auf.

Das Gebiet zwischen Hausruck und Inn

GOLDBRUNNER (1988: 18-40) unterscheidet im besagten Gebiet aufgrund der hydrochemischen und isotopenhydrologischen Eigenschaften innerhalb der Sande der Innviertel-Gruppe drei Gruppen von Wässern. In Abbildung 6 werden die Lage der Probenahmestellen und in den Tabellen 2 und 3 repräsentative Analysen wiedergegeben. Die Wässer der **Gruppe 1** entstammen zumeist seichten Bohrungen. Vom chemischen Standpunkt aus sind sie in der Regel einem Kalzium-(Magnesium)-Bicarbonat-Typ (vgl. „Das Molassebecken westlich von Linz“) zuzurechnen. Die signifikanten Tritiumgehalte weisen auf lokale Systeme mit geringer Verweilzeit (weniger als 50 Jahre) hin. Auch die Deuterium- und Sauerstoff-18-Werte unterscheiden sich nicht wesentlich vom seichten Grundwasser. Diese Wässer sind aufgrund der geringen Verweilzeit daher nicht als Tiefengrundwässer zu bezeichnen.

Die Wässer der **Gruppe 2** sind nach GOLDBRUNNER (1988) aufgrund der vernachlässigbaren Tritiumgehalte bereits als echte Tiefengrundwässer einzustufen, ihre Verweilzeit be-

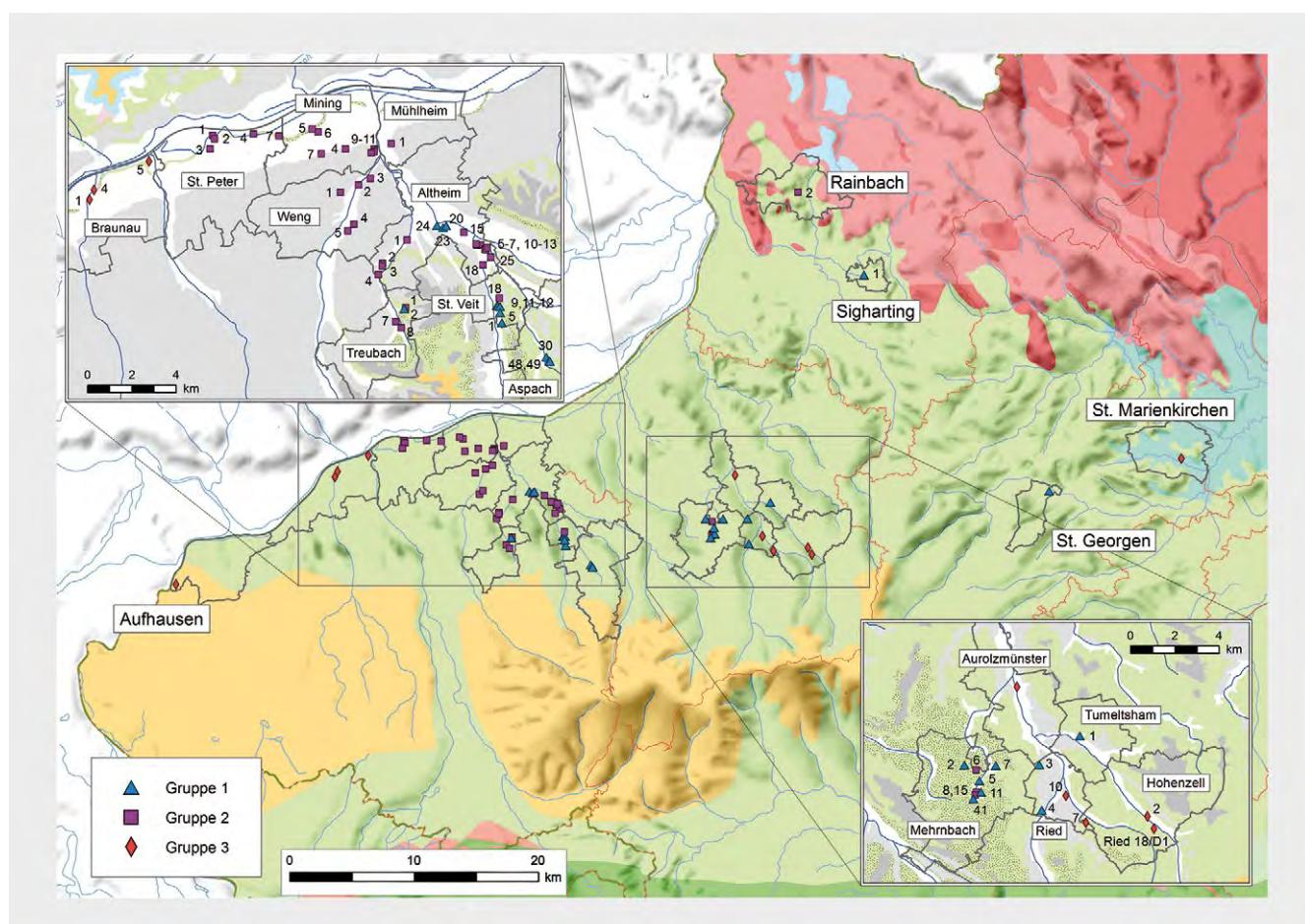


Abb. 6.
Lage der Probenahmestellen der in den Tabellen 2 und 3 wiedergegebenen Analysen (verändert nach GOLDBRUNNER, 1988: 24). Legende zur Geologie siehe Abbildung 2 bzw. Beilage 1.

trägt mehr als 50 Jahre. Chemisch gesehen handelt es sich um Kalzium-Magnesium-Natrium- bzw. Natrium-Kalzium-Magnesium-Bicarbonatwässer. Die Abnahme von Ca^{2+} und Mg^{2+} zugunsten von Na^+ führt GOLDBRUNNER auf einen zunehmenden Kationenaustausch mit Tonmineralen zurück. Die in Tabelle 2 und 3 sowie in Abbildung 6 dargestellten Wässer der Gruppe 2 stammen überwiegend aus der Mehrnbach-Formation. Für diese Wässer ist ein geringer Lösungsinhalt typisch, den GOLDBRUNNER auf den hohen SiO_2 -Gehalt in diesen Sanden zurückführt.

Die Wässer der **Gruppe 3** stellen die chemisch höchst entwickelten und ältesten Wässer der Innviertel-Gruppe im gegenständlichen Gebiet dar. Bei ihnen handelt es sich um Natrium-Bikarbonat-Wässer. Mit der fortschreitenden chemischen Entwicklung sind ein Anstieg des Kohlenstoff-13-Anteils und eine Abnahme des Kohlenstoff-14-Wertes zu beobachten. Während bei der Gruppe 2 ein Teil der Proben noch einen deutlichen Kohlenstoff-14-Gehalt und einen niedrigen Kohlenstoff-13-Wert aufweisen, sind bei der Gruppe 3 keine signifikanten Kohlenstoff-14-Gehalte mehr feststellbar und auch der Kohlenstoff-13-Wert liegt deutlich höher (Tab. 3). Dies ist das Resultat der zunehmenden Karbonatlösung im Zuge des Kationenaustausches (vgl. Kapitel „Der Begriff ‚Tiefengrundwässer‘“).

Von Gruppe 1 zu Gruppe 3 nehmen auch die Sulfatgehalte systematisch ab, was GOLDBRUNNER (1988: 28) auf sulfat-reduzierende Vorgänge zurückführt. „*Reduzierter Schwefel konnte in allen Wässern der Gruppe 3 nachgewiesen werden*“ GOLDBRUNNER, 1988: 28).

Hervorzuheben ist auch der Umstand, dass die Proben der Gruppe 3 und zahlreiche Proben der Gruppe 2 gegenüber den gegenwärtigen Bedingungen deutlich erniedrigte Sauerstoff-18- und Deuterium-Anteile aufweisen, während „alle Wässer der hydrochemischen Gruppe 1 unter ähnlichen klimatischen Bedingungen gebildet wurden wie die seicht liegenden Grundwässer [...]“ (GOLDBRUNNER, 1988: 28–29). Die niedrigen Sauerstoff-18- und Deuterium-Werte sind das Resultat eines kaltzeitlichen Anteils im Grundwasser. Die niedrigsten Anteile an diesen stabilen Isotopen waren im Raum Braunau festzustellen.

GOLDBRUNNER (1988: 35) weist darauf hin, „daß der erhöhte Helium-4-Gehalt von St. Marienkirchen durch den Aufstieg von älteren Wässern aus tieferen Beckenbereichen bedingt ist. Eine weitere Folge dieser hydrodynamischen Situation ist die Ausbildung einer deutlichen positiven Temperaturanomalie in diesem Raum.“ Auf diese Anomalie wird im nachfolgenden Abschnitt näher eingegangen.

Gruppe 1																		
Probenahmestelle	Tiefe der Bohrung (m)	T ($^{\circ}\text{C}$)	pH	E_h (mV)	O_2 (mg/l)	${}^3\text{H}$ (TU)	δD (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	L_f ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	Na^+ (mg/l)	K^+ (mg/l)	Ca^{2+} (mg/l)	Mg^{2+} (mg/l)	NH_4^+ (mg/l)	HCO_3^- (mg/l)	SO_4^{2-} (mg/l)	Cl^- (mg/l)	log pco_2 (atm)
Altheim 20	65	—	7,60	—	—	—	-72,3	-10,05	366	3	1,2	40	23,5	—	226	7	< 1	-2,27
Altheim 23	60	—	7,80	—	—	—	-71,8	-10,08	324	4	1,2	33	21,2	—	201	5	< 1	-2,56
Altheim 24	—	—	7,40	—	—	—	-69,4	-9,57	519	7	2,0	64	27,8	—	329	5	2	-1,95
Aspach 30	45	10,7	7,50	—	—	—	—	—	421	4	1,2	52	21,8	—	250	21	2	-2,17
Aspach 48	30	10,0	7,50	—	—	—	—	—	462	5	1,2	57	23,8	—	275	22	3	-2,14
Aspach 49	10,5	7,70	—	—	—	—	—	—	403	3	1,2	49	21,4	—	244	17	17	-2,39
Mehrnbach 2	150	—	7,70	—	—	27,5 ± 2,8	-75,0	-10,42	337	3	1,2	46	14,2	—	195	19	1	-2,48
Mehrnbach 5	60	—	7,40	—	—	96,9 ± 1,7	-74,9	-10,08	521	4	2,4	81	17,5	—	329	11	2	-1,95
Mehrnbach 7	47	—	6,90	—	—	94,5 ± 7,8	-72,9	-10,80	893	14	12,5	133	26,5	—	494	67	21	-1,29
Mehrnbach 11	36	—	7,50	—	—	11,4 ± 2,2	-74,0	-10,57	385	3	0,8	50	18,7	—	238	11	2	-2,19
Mehrnbach 41	63	—	7,70	—	—	2,8 ± 2,3	-74,2	-10,26	301	3	0,8	48	14,2	—	201	16	1	-2,46
Ried 3	30	10,1	7,38	+96	0,2	26,7 ± 2,4	-71,1	-9,85	596	7	1,4	98	24,6	< 0,01	401	25	5	-1,80
Ried 4	25	—	7,30	—	—	14,2 ± 2,8	-71,2	-9,91	629	7	1,6	100	20,2	—	372	25	9	-1,80

Tab. 2.
Hydrochemische Feld- und Labormessungen sowie Isotopenanalysen (Tritium, Deuterium und Sauerstoff-18) an Grund- und Tiefengrundwässern der Innviertel-Gruppe nach GOLDBRUNNER (1988: 22–23). Die Lage der Probenahmestellen wird in Abbildung 6 wiedergegeben. Bei den Wässern der Gruppe 2 und 3 handelt es sich um echte Tiefengrundwässer.

* Werte korrigiert.

St. Georgen	30	11,3	7,31	+72	0	-	-73,0	-10,30	617	6	2,1	75	34,9	0,9	390	2	-	-1,86
St. Veit 1	120	10,2	7,30	-	-	-	-	-	562	3	1,2	87	20,3	-	336	29	3	-1,85
St. Veit 5	40	-	7,40	-	-	-	-	-	575	4	1,6	82	24,3	-	342	29	5	-1,94
St. Veit 9	60	-	7,40	-	-	-	-	-	593	4	1,6	90	23,5	-	348	34	< 1	-1,93
St. Veit 11	70	10,3	7,70	-	-	-	-	-	404	4	1,2	52	20,1	-	244	14	1	-2,39
St. Veit 12	36	-	7,70	-	-	-	-	-	382	4	0,8	47	19,4	-	232	14	2	-2,40
Sigharting 1	30	10,2	7,14	+220	14	-	-	-	530	4	0,96	93	19,1	0,2	360	19	3	-1,66
Treubach 2	60	-	7,70	-	-	-	-73,1	-10,08	251	3	1,2	49	18,0	-	226	10	1	-2,41
Tumelsham 1	38	-	7,30	-	-	28,5 ± 2,8	-72,5	-10,07	592	5	1,6	90	22,0	-	348	31	4	-1,83

Gruppe 2, Teil 1

Probenahmestelle	Tiefe der Bohrung (m)	T (°C)	pH	Eh (mV)	O ₂ (mg/l)	³ H (TU)	δD (‰)	δ ¹⁸ O (‰)	L _f (µS·cm ⁻¹)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	NH ⁴⁺ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	log pCO ₂ (atm)	
Altheim 1	160	-	8,30	-	-	-	-86,5	-11,94	304	21	1,6	26	13,3	-	189	5	1	-3,09
Altheim 2	-	13,3	8,28	+39	0	-	-74,5	-10,54	234	7	1,6	24	12,3	0,12	140	6	1	-3,08
Altheim 3	146	13,2	8,30	+25	0	-	-74,9	-10,60	236	6	0,8	24	12,2	0,04	159	8	< 1	-3,03
Altheim 4	127	-	8,20	-	-	-	-73,4	-10,40	224	5	0,8	24	12,5	-	128	10	< 1	-3,12
Altheim 5	92	-	8,12	-	-	-	-84,3	-11,80	280	15	1,6	18	19,0	-	171	5	1	-2,95
Altheim 6	142	13,3	7,98	+36	0	≤ 0,4	-83,5	-11,46	-	15	2,6	26	14,5	0,48	189	6	< 1	-2,79
Altheim 7	90	11,2	8,12	-	-	-	-80,4	-11,15	218	9	0,8	24	10,5	-	128	7	1	-3,07
Altheim 10	-	-	8,30	-	-	-	-84,1	-11,81	222	20	2,0	26	13,7	-	189	5	1	-3,09
Altheim 11	80	-	8,10	-	-	-	-84,0	-11,64	241	12	0,8	25	10,5	-	146	6	1	-2,99
Altheim 12	95	12,2	8,10	-	-	-	-82,8	-11,54	254	12	1,2	24	12,2	-	153	10	1	-2,97
Altheim 13	140	10,9	8,20	-	-	-	-81,8	-11,34	229	11	1,2	23	10,2	-	140	5	1	-3,11
Altheim 15	90	-	8,14	-	-	-	-76,7	-10,84	222	7	0,8	23	12,2	-	128	10	< 1	-3,09
Altheim 18	140	13,3	8,14	+43	0	-	-87,0	-12,07	279	18	2,0	23	11,9	-	177	5	1	-2,95
Altheim 25	128	12,5	8,10	-	-	-	-	-	222	8	0,8	23	10,6	-	134	7	1	-3,03
Mehrnbach 6	75	-	7,80	-	-	0,8 ± 1,8	-74,5	-10,52	308	4	1,2	34	16,3	-	189	13	1	-2,58
Mehrnbach 8	90	12,8	7,95	+42	0	0,1 ± 0,4	-74,8	-10,54	344	7	1,6	37	18,8	-	214	10	< 1	-2,68
Mehrnbach 15	85	12,6	7,81	+82	0,2	1,8 ± 0,7	-73,8	-10,28	330	7	1,4	37	18,8	0,28	214	10	< 1	-2,62
Mining 4	120	12,5	8,30	-	-	-	-90,4	-12,39	278	37	2,4	15	7,3	-	177	3	4	-3,06
Mining 5	150	13,6	8,52	+7	0	-	-91,2	-12,62	260	41	1,2	10	4,6	1,40	171	1	< 1	-3,34
Mining 6	183	13,6	8,53	+17	0	-	-90,9	-12,54	261	39	1,2	12	4,9	1,60	171	1	< 1	-3,35
Mining 7	> 150	12,3	8,15	-6	2	0,5 ± 1,8	-88,8	-12,23	245	20	1,2	20	9,3	0,64	160	9	< 1	-3,07
Mining 9	180	-	8,40	-	-	2,3 ± 1,7	-89,4	-12,32	278	41	1,6	13	6,6	-	177	2	< 1	-3,19

Gruppe 2, Teil 2																		
Probenahmestelle	Tiefe der Bohrung (m)	T _C	pH	Eh (mV)	O ₂ (mg/l)	³ H (TU)	δ _D (‰)	δ ¹⁸ O (‰)	L _f (µS·cm ⁻¹)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	NH ⁴⁺ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	log pCO ₂ (atm)
Mining 10	165	—	8,40	—	—	1,7 ± 1,8	-88,7	-12,29	256	46	1,6	12	6,1	—	189	0	1	-3,14
Mining 11	157	—	8,40	—	—	—	-88,7	-12,14	162	50	1,6	11	5,1	—	189	2	< 1	-3,14
Mühlheim 1	180	13,1	8,60	+2	0	—	-86,1	-12,10	214	58	1,2	7	3,3	1,8	201	0	< 1	-3,35
Rainbach 2	75	11,4	7,76	-15	0	0 ± 1,5	-73,8	-10,07	370	4	0,8	55	14,0	—	220	14	< 1	-2,50
St. Peter 1	185	13,2	8,55	+8	0	—	-85,0	-11,70	254	36	1,2	11	5,2	1,0	165	3	1	-3,39
St. Peter 2	190	13,0	8,28	—	—	—	-85,1	-11,63	200	27	1,2	15	6,4	—	146	2	1	-3,17
St. Peter 3	180	15,8	8,46	+12	0	—	-84,6	-11,63	249	30	1,2	14	6,4	1,4	159	3	1	-3,30
St. Peter 4	180	14,5	8,31	+23	0	—	-86,2	-11,81	235	17	1,2	20	8,8	0,72	146	7	1	-3,19
St. Peter 7	160	14,4	8,31	+12	0	—	-88,9	-12,44	252	20	1,2	20	9,2	0,72	153	7	4	-3,18
St. Veit 18	100	14,0	8,30	—	—	—	—	—	264	38	1,2	12	6,1	—	171	3	1	-3,12
Treubach 1	180	10,7	8,13	+42	0	—	-72,0	-10,09	228	4	0,8	27	10,6	—	146	5	< 1	-3,02
Treubach 7	15	11,7	8,16	+43	0	—	-72,7	-10,41	238	4	0,8	26	10,1	0,01	128	5	< 1	-3,11
Treubach 8	—	10,5	8,20	—	—	—	-75,4	-10,22	215	4	0,8	26	10,2	—	128	8	< 1	-3,14
Weng 1	180	—	8,17	—	—	—	-83,4	-11,84	239	18	1,2	20	9,6	—	146	5	1	-3,06
Weng 2	222	—	8,21	—	—	—	-89,9	-12,33	247	22	1,2	19	9,1	—	153	5	1	-3,08
Weng 3	209	15,2	8,14	+9	1,0	≤ 0,4	-88,7	-12,38	265	24	1,4	20	9,7	0,72	171	6	< 1	-3,02
Weng 4	200	—	8,22	—	—	—	-79,8	-11,19	225	12	0,8	21	10,3	—	132	7	1	-3,15
Weng 5	246	—	8,35	—	—	0 ±	-80,9	-11,37	240	20	1,2	19	9,5	—	146	5	1	-3,25
Gruppe 3																		
Probenahmestelle	Tiefe der Bohrung (m)	T _C	pH	Eh (mV)	O ₂ (mg/l)	³ H (TU)	δ _D (‰)	δ ¹⁸ O (‰)	L _f (µS·cm ⁻¹)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	NH ⁴⁺ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	log pCO ₂ (atm)
Aufhausen	345	13,4	7,95	+41	0	0 ± 1,8	-87,9	-11,99	419	78	0,9	25	11,1	0,68	330	0	4	-2,67
Aurolzmünster	370	12,4	8,83	-30	0,1	—	—	—	798	192	2,0	4	1,4	4,50	522	1	15	-3,19
Braunau 1	138	12,6	8,57	-12	0	0,4 ± 0,5	-90,6	-12,56	543	126	0,8	4	2,2	0,72	348	0	4	-3,15
Braunau 4	135	12,5	8,66	-24	0	—	-92,3*	-10,4*	604	141	1,2	5	2,7	0,72	372	1	18	-3,24
Braunau 5	100	12,5	8,65	-53	0	0,6 ± 0,6	-86,3	-11,89	397	85	1,2	5	3,2	1,60	250	3	4	-3,27
Hohenzell 2	498	—	8,70	—	—	—	-85,3	-12,05	459	130	2,0	4	1,2	—	348	3	11	-3,13
St. Marienkirchen	100	17,3	8,39	-59	0	—	-76,0	-11,40	430	102	1,7	5	1,2	—	287	3	2	-2,97
Ried 7	330	14,4	8,65	-53	0	0 ± 1,4	-86,5	-11,67	406	86	2,2	5	2,2	4,8	272	1	< 1	-3,45
Ried 10	400	16,3	8,66	-33	0	2,0 ± 1,0	-84,0	-11,90	593	137	3,5	4	2,1	5,6	384	1	< 1	-3,22
Ried 18/D1	347	13,8	8,89	-104	0,1	0 ± 2,9	-86,2	-11,89	—	102	1,9	3	0,95	4,8	299	0	15	-3,48

Gruppe 2		
Probenahmestelle	^{14}C (% modern)	$\delta^{13}\text{C}$ ‰ PDB
Altheim 6	0,7 ± 0,7	-9,12
Mehrnbach 15	18,4 ± 1,5	-10,38
Mining 7	0,1 ± 0,6	-8,25
Rainbach 2	28,2 ± 1,8	-10,85
Weng 3	0,7 ± 0,7	-8,71

Gruppe 3		
Probenahmestelle	^{14}C (% modern)	$\delta^{13}\text{C}$ ‰ PDB
Braunau 1	≤ 0,7	-5,32
Ried 7	≤ 0,7	-4,58

Tab. 3.
Kohlenstoff-14- und Kohlenstoff-13-Anteile in Tiefengrundwässern der Innviertel-Gruppe nach GOLDBRUNNER (1988: 30). Die Lage der Probenahmestellen ist in Abbildung 6 wiedergegeben. Die Analysen erfolgten damals durch das Institut für Hydrologie der Gesellschaft für Strahlenforschung (GSF) in München.

Das Molassebecken westlich von Linz

Aufbauend auf die Ergebnisse von GOLDBRUNNER & SCHUBERT (1993) führte SCHUBERT (1996) im oberösterreichischen Molassebecken westlich von Linz weitere hydrochemische und isotopenhydrologische Untersuchungen durch (Tab. 4 und 5). SCHUBERT unterteilte in diesem Raum die Grundwässer der „tertiären“ Sedimente aufgrund ihrer Beschaffenheit in sechs Gruppen, auf die im Folgenden näher eingegangen wird. Bei einem Teil der Wässer handelt es sich aufgrund des zu geringen Alters oder des zu hohen Lösungsinhalts bzw. der zu hohen Temperatur nicht um trinkbare Tiefengrundwässer, es bestehen jedoch fließende Übergänge zu solchen. In der vorliegenden Arbeit werden trotzdem alle in SCHUBERT (1996) beschriebenen Wassertypen wiedergegeben, um die hydrochemische Entwicklung dieser Tiefengrundwässer aufzuzeigen.

Die Gruppen I bis III von SCHUBERT (1996: 95) beinhalten junge Wässer aus lokalen, seicht liegenden Grundwassersystemen innerhalb der Sedimente des Oligozäns bis Ottangiiums. Es sei aber darauf hingewiesen, dass zu einzelnen Proben der Gruppen I bis III Tritiumgehalte unter 2 TU vorliegen und es sich daher bei diesen Wässern teilweise schon um Tiefengrundwässer im Sinne der vorliegenden Arbeit handelt (Tab. 4). Die Gruppen IV bis V umfassen Tiefengrundwässer aus ausgedehnteren hydrodynamischen Systemen, die aber in denselben stratigrafischen Einheiten erschlossen werden. Die Gruppe V ist in ihrer geochemischen Entwicklung bereits sehr weit fortgeschritten und stark geothermisch beeinflusst (Tab. 4). Die Gruppe VI beinhaltet ebenfalls geothermisch beeinflusste Tiefengrundwässer, diese unterscheiden sich jedoch aufgrund

einer über 90 mg/l liegenden Chloridkonzentration von den Wässern der Gruppe V.

Der dominierende Faktor bei der hydrochemischen Entwicklung dieser Grundwässer ist, wie im zuvor beschriebenen Gebiet, auch hier der zunehmende Kationenaustausch von Kalzium und Magnesium gegen Natrium. Zudem spielt im Molassebecken westlich von Linz auch der Aufstieg von Thermalwasser aus dem tieferen Becken und die Beimengung von Chlorid eine maßgebliche Rolle. Tabelle 4 enthält eine Auswahl der in SCHUBERT (1996) angeführten Analysen sowie die stratigrafische Einstufung der Grundwasserleiter, aus denen die Wässer stammen. Die Lage der Probenahmestellen und die räumliche Verbreitung der Grundwassertypen sind Abbildung 7 zu entnehmen.

Generell nimmt der Reifegrad der Wässer von den Gruppen I bis III über die Gruppen IV und V hin zur Gruppe VI zu. Der unterschiedliche hydrochemische Entwicklungsgrad der Wässer wird im Wassertyp ersichtlich. Dieser ergibt sich aus dem prozentuellen Anteil der einzelnen gelösten Ionen, wobei solche namensgebend sind, die mindestens 20 Äquivalentprozent der Kationen- bzw. Anionen-Summe ausmachen. „*Die Bestandteile werden in der Reihenfolge Kationen-Anionen mit jeweils abnehmender Häufigkeit angegeben*“ (MATTHESS, 1994: 409). Chemisch gesehen sind die Wässer der Gruppen I und II – wenn man von der Heilquelle in Bad Weinberg (PRAH.II) absieht – dem Kalzium-Magnesium-Hydrogenkarbonat-Typ zuzurechnen. Bei den Gruppen III und IV macht sich bereits der Kationenaustausch deutlich bemerkbar (Kalzium-Natrium-Magnesium-Hydrogenkarbonat-, Natrium-Kalzium-Magnesium- und Natrium-Kalzium-Hydrogenkarbonat-Typ). Bei den Wässern der Gruppe V dominiert der Natrium-Hydrogenkarbonat-Typ und bei der Gruppe VI der Natrium-Hydrogenkarbonat-Chlorid-Typ. Neben dem Kationenaustausch und der Beimengung von Chlorid spielen auch Redox-Prozesse (Nitrat- und Sulfat-Reduktion; führen zu erhöhten Ammonium- und Schwefelwasserstoff-Gehalten) und das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht (zunehmende Kalzit-Sättigung) eine wichtige Rolle. Diese werden durch die Verfügbarkeit von organischem Kohlenstoff im Sediment gesteuert. Hand in Hand mit der zunehmenden hydrochemischen Reife der Grundwässer ist auch eine Änderung in den Isotopenverhältnissen festzustellen; die höher entwickelten Wässer (Gruppen IV bis VI) sind nicht nur tritiumfrei, sondern weisen auch niedrige Deuterium- und Sauerstoff-18-Werte auf, die auf eine Grundwasserneubildung während einer Kaltzeit zurückzuführen sind (Verweilzeit über 10.000 Jahre). Letzteres geht parallel mit den niedrigen Edelgaskonzentrationen (Neon, Argon, Krypton und Xenon), die bei diesen Wässern ebenfalls auf eine niedrige Infiltrationstemperatur schließen lassen. Im Unterschied dazu weisen die Wässer der Gruppen I bis III Deuterium- und Sauerstoff-18-Werte von rezent gebildeten Grundwässern auf.

Alle untersuchten Tiefengrundwässer sind meteorischen Ursprungs – wenn man von einer geringen Beimengung von Formationswasser bei den hydrochemisch reiferen Wässern absieht (SCHUBERT, 1996: 37, 43–47, 65–72, 82, 95–96).

Die **Gruppe I** umfasst die jüngsten Grundwassersysteme innerhalb der Innviertel-Gruppe (Ottangiuum). SCHUBERT (1996: 98–100) beschreibt einige Vorkommen (Abb. 7,

Tab. 4): Im Raum Gallspach tritt in ca. 30 m Tiefe in der Atzbach-Formation junges, gespanntes Grundwasser auf. In Kematen werden im Innbachtal zwischen 25 und 40 m Tiefe ebenfalls in der Atzbach-Formation artesisch gespannte Horizonte erschlossen. In der Gemeinde Michaelnbach ist das artesisch gespannte Grundwasser vermutlich an Phosphoritsande gebunden; es wird in 30 bis 56 m Tiefe gefasst und weist eine Gesamtschüttung von mindestens 4,5 l/s auf. Im Raum Prambachkirchen werden in bis 30 m Tiefe in Phosphoritsanden artesisch gespannte Wässer mit einer Gesamtschüttung von mindestens 0,6 l/s erschlossen. Die artesischen Brunnen von St. Thomas fördern ihr Wasser aus einem auf ca. 360 m ü. A. liegenden Phosphoritsande-Horizont. Auch im Raum Waizenkirchen enthalten die Phosphoritsande junges, artesisch gespanntes Wasser.

Bei der **Gruppe II** handelt es sich um artesisch gespannte Wässer, die im Raum Prambachkirchen–Obergallspach in den Linzer Sanden erschlossen werden (SCHUBERT, 1996: 97, 103–104). In Obergallspach–Bad Dachsberg fördern die artesischen Brunnen aus 5 bis 30 m Tiefe über 20 l/s, wobei alleine aus dem Brunnen PRA2 (Abb. 7) 14 l/s entnommen werden. Für die Wässer der Gruppe II ist aufgrund des Tritiumgehalts eine Verweilzeit von 30 bis 50 Jahren zu erwarten. Innerhalb der Gruppe II nimmt die Heilquelle von Bad Weinberg (PRAH.II) eine Sonderstellung ein: Der hohe Gehalt an organischem Kohlenstoff

(50 mg/l) kann auf bituminöse Anreicherungen im Aquifer zurückgeführt werden, der hohe Sulfatgehalt auf die Oxidation von Pyrit. SCHUBERT (1996: 104) schließt aus dem ansonsten niedrigen Sulfatgehalt der artesischen Brunnen der Gruppe II, dass hier die Grundwasserneubildung im Wesentlichen nicht über eine Leckage in der Ottang-Formation, sondern über die direkt dem Kristallin aufliegenden, anstehenden Linzer Sande erfolgt, wobei er die Frage, ob auch kristallines Kluftwasser beteiligt ist, offen lässt.

Zur **Gruppe III** werden von SCHUBERT (1996: 97, 105) die gespannten tiefen Grundwasservorkommen innerhalb des Älteren Schliers (Oligozän) im Raum Wallern (hier sind diese Brunnen bis zu 100 m tief) und in St. Marienkirchen zusammengefasst. Sie repräsentieren einen hydrochemisch höher entwickelten Wassertyp als die zuvor beschriebenen Wässer. Ihre mittlere Verweilzeit beträgt mehr als 30 Jahre. SCHUBERT (1996) nimmt an, dass die tieferen Wässer dieses Typs bereits tritiumfrei sind. Die vorliegenden stabilen Isotope zeigen auf, dass diese Grundwässer ebenfalls unter rezenten Klimabedingungen gebildet wurden.

Als **Gruppe IV** fasst SCHUBERT (1996: 100–103) die Tiefengrundwässer in den Gemeinden Rottenbach, Hofkirchen und Weibern sowie jene in den Tallagen bei Grieskirchen und St. Georgen bei Grieskirchen zusammen (Abb. 7). Der Grundwasserleiter des Tiefengrundwassers von Rottenbach, Hofkirchen und Weibern besteht aus Atzbach-For-

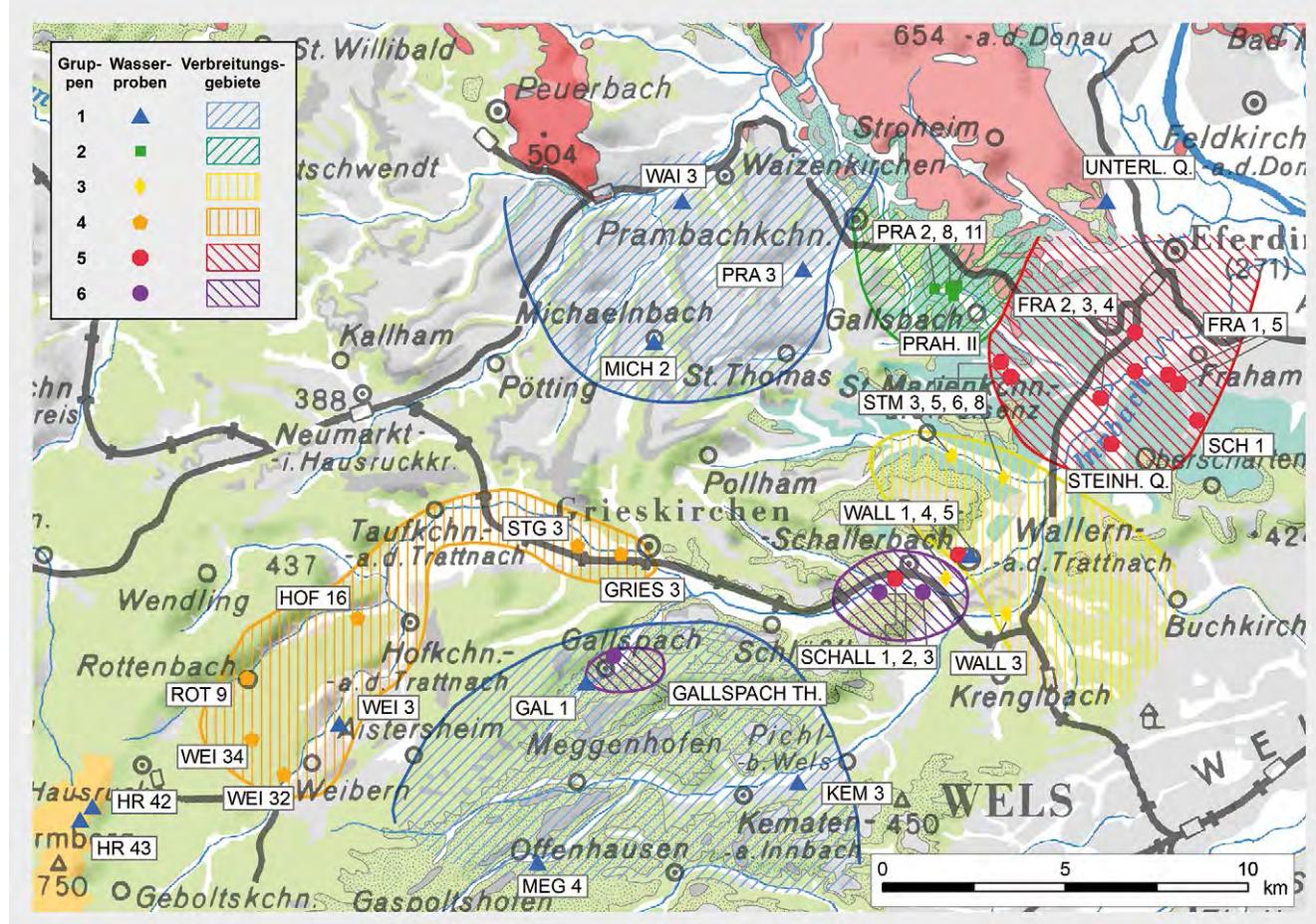


Abb. 7.
Lage der Probenahmestellen der in Tabelle 4 und 5 wiedergegebenen Analysen und Verbreitungsgebiete der ausgewiesenen Grundwassergruppen, verändert nach SCHUBERT (1996: 40). Die Darstellungsweise der geologischen Inhalte entspricht jenen in Abbildung 2.

mation. In den 1980er Jahren bestanden im Gemeindegebiet von Rottenbach 50 artesische Brunnen (bis 360 m tief), in Hofkirchen ebenfalls 50 (bis 270 m tief) und in Weibern sogar 65 (bis 180 m tief). Die absolute Seehöhe der Wasser führenden Horizonte liegt in den drei Gemeinden auf etwa 210 bis 380 m ü. A. Die angetroffenen Tiefengrundwässer zeichnen sich durch niedrige Sauerstoff-18- und Deuterium-Werte aus, die auf eine Grundwasserneubildung während einer Kaltzeit zurückzuführen sind (Verweilzeit über 10.000 Jahre). Diese Annahme wird durch die aus den Edelgaskonzentrationen abgeleiteten Infiltrationstemperaturen untermauert, diese liegen bei 1,6 bis 4,5 °C (SCHUBERT, 1996: 82). In den Tallagen von Grieskirchen und St. Georgen bei Grieskirchen werden die artesischen Tiefengrundwässer etwa 36 bis 87 m unter GOK erschlossen. Für diese Tiefengrundwässer bildet die Kletzenmarkt-Formation den Aquifer. In ihrer Isotopenzusammensetzung entsprechen diese Wässer jenen von Rottenbach, Hofkirchen und Weibern.

Die artesischen Brunnen im Bereich der geothermischen Anomalie in Fraham, Scharten und St. Marienkirchen werden in SCHUBERT (1996: 105–107) zur **Gruppe V** zusammengefasst (Abb. 7, 10). Ihr Grundwasserleiter besteht aus Linzer Sanden. Im Raum Fraham sind die Brunnen nur 60 bis 115 m tief, weisen aber bereits Temperaturen bis 17,6 °C auf. Die höchste Temperatur ist mit 36,1 °C bei der Sonde Bad Schallerbach 1 zu verzeichnen (Tab. 4). Für diese dem Natrium-Hydrogenkarbonat-Typ angehörenden Wässer zeigen die niedrigen Sauerstoff-18- und Deuterium-Werte, die mit den niedrigen Edelgas-Infiltrationstemperaturen einhergehen – SCHUBERT (1996: 82) gibt für die Brunnen Edelgastemperaturen um 2,7 bis 4,5 °C an – eine Grundwasserneubildung während einer Kaltzeit auf. Zudem sind für die Wässer der Gruppe V hohe Helium-4-Konzentrationen typisch, die neben der erhöhten Wassertemperatur auf die Zumischung von geothermalem Tiefengrundwasser aus dem tieferen Beckenuntergrund zurückzuführen sind (SCHUBERT, 1996: 106; vgl. Gruppe VI).

Jene geothermisch beeinflussten Wässer, die bereits dem Natrium-Hydrogenkarbonat-Chlorid-Typ zuzurechnen sind – also die Wässer, welche aufgrund einer Beimischung von Formationswasser (SCHUBERT, 1996: 43–47, 62) einen deutlich erhöhten Chloridgehalt aufweisen – werden von SCHUBERT (1996: 107–108) zur **Gruppe VI** zusammengefasst. Allen voran ist hier die Bohrung Bad Schallerbach 2 (SCHALL2) zu nennen, die aus den Rupel-Basissanden das Thermalwasser fördert. Die Bohrungen Bad Schallerbach 1 (SCHALL1, Gruppe V) und Bad Schallerbach 2 sind aufgrund ihres hohen Schüttungsvolumens von ca. 50 l/s von großer Bedeutung für die Thermalwasserzirkulation in der oberösterreichischen Molassezone (Kapitel 1.1.3). Auch bei der Gruppe VI weisen die abgereicherten Deuterium- und Sauerstoff-18-Werte auf eine Grundwasserbildung während einer Kaltzeit, d.h. im Pleistozän hin. Die hohe Helium-4-Konzentration ist das Ergebnis einer lang andauernden Akkumulation von Krustenhelium aus dem granitischen Basement.

Gruppe I, Teil 1										
Probenahmestelle, Jahr	Typ	Tiefe der Bohrung (m)	Aquifer	T _e (°C)	pH	Eh (mV)	O ₂ (mg/l)	³ H (TU)	δD (‰)	δ ¹⁸ O (‰)
GAL1-91	A.Br.	29,5	AtzbF	10,3	7,43	+24	0,1	16,2 ± 0,8	-74,6	-10,40
HR42-95	—	—	—	7,6	7,23	—	—	-77,4	-11,03	322
HR43-95	—	—	—	7,4	7,31	—	—	-73,6	-10,84	289
KEM3-91	A.Br.	26	AtzbF	10,0	7,34	-37	0,1	20,01 ± 0,3	-75,9	-10,38
MEG4-91	A.Br.	37	AtzbF	10,0	7,65	-14	0,1	0,0 ± 0,3	-72,9	-10,34
MEG4-95	A.Br.	37	AtzbF	—	—	—	—	-73,3	-10,44	—
MICH2-91	A.Br.	40	PhoS	10,1	7,33	+86	0,1	15,0 ± 0,8	-74,6	-10,38
PRA3-91	A.Br.	—	PhoS	10,1	7,33	+44	0,2	8,3 ± 0,6	-71,1	-9,96

Gruppe I, Teil 2																				
Probenahme-stelle, Jahr	Typ	Tiefe der Bohrung (m)	Aquifer	T ($^{\circ}$ C)	pH	Eh (mV)	O_2 (mg/l)	^{3}H (TU)	δ_D (%)	δ^{180} (‰)	$\mu S \cdot cm^{-1}$	Na^+ (mg/l)	K^+ (mg/l)	Ca^{2+} (mg/l)	Mg^{2+} (mg/l)	HCO_3^- (mg/l)	SO_4^{2-} (mg/l)	Cl^- (mg/l)	NO_3^- (mg/l)	$\log pCO_2$ (atm)
UNTERL.Q.-95	Qu.	—	Krist	—	—	—	—	-73,3	-10,44	660	6,6	1,56	95,47	25,51	330,73	29,86	18,47	44,3	—	
WA13-91	A.Br.	35	Phoss	9,7	7,32	+68	0,1	14,7 \pm 0,7	-68,7	-10,18	650	5,6	2,11	91,2	28	353,92	56,98	3,66	0,0	-1,86
WA13-95	A.Br.	35	Phoss	9,8	—	+128	0,0	—	-71,4	-10,12	639	5,5	1,44	89,83	26,70	349,03	56,58	4,11	0,0	—
WALL5-92	Br.	40	ÄSchl	10,0	—	—	—	-69,5	-9,62	—	15,0	3,15	112	26,88	457,7	32,02	5,36	7,9	—	
Gruppe II																				
Probenahme-stelle, Jahr	Typ	Tiefe der Bohrung (m)	Aquifer	T ($^{\circ}$ C)	pH	Eh (mV)	O_2 (mg/l)	^{3}H (TU)	δ_D (%)	δ^{180} (‰)	$\mu S \cdot cm^{-1}$	Na^+ (mg/l)	K^+ (mg/l)	Ca^{2+} (mg/l)	Mg^{2+} (mg/l)	HCO_3^- (mg/l)	SO_4^{2-} (mg/l)	Cl^- (mg/l)	NO_3^- (mg/l)	$\log pCO_2$ (atm)
PRA2-89	—	10	LinzS	—	—	—	—	0,96 \pm 0,2	-71,8	-9,9	—	—	—	—	—	—	19,77	1,73	1,24	—
PRA8-89	A.Br.	38	LinzS	—	—	—	—	1,7 \pm 0,2	-71,8	-9,9	—	—	—	—	—	—	26,9	4,76	5,24	—
PRA8-95	A.Br.	38	LinzS	11,7	6,52	+270	0,1	—	-72,5	-10,30	322	7,1	1,63	39,66	11,25	149,5	27,6	5,84	5,7	-1,15
PRA11-91	A.Br.	—	LinzS	11,4	6,61	+200	0,1	6,5 \pm 0,4	-72,5	-10,23	371	8,4	1,81	47,8	13,4	196,48	19,35	4,86	4,9	-1,89
PRA11-95	A.Br.	—	LinzS	11,3	6,67	—	—	—	-72,2	-10,31	—	7,0	1,53	46,1	12,9	183,67	21,57	6,73	7,4	-1,38
PRAH.II-95	Br.	—	LinzS	11,3	9,50 ²	—	—	27,2 \pm 1,97	-72,9	-10,32	2250	28,8	7,64	338,00	172,50	362,46	1246,62	23,45	0,1	-4,41
Gruppe III																				
Probenahme-stelle, Jahr	Typ	Tiefe der Bohrung (m)	Aquifer	T ($^{\circ}$ C)	pH	Eh (mV)	O_2 (mg/l)	^{3}H (TU)	δ_D (%)	δ^{180} (‰)	$\mu S \cdot cm^{-1}$	Na^+ (mg/l)	K^+ (mg/l)	Ca^{2+} (mg/l)	Mg^{2+} (mg/l)	HCO_3^- (mg/l)	SO_4^{2-} (mg/l)	Cl^- (mg/l)	NO_3^- (mg/l)	$\log pCO_2$ (atm)
STM3-91	Br.	60	ÄSchl	10,5	7,17	+216 ¹	2,5	1,4 \pm 0,4	-73,8	-10,16	838	71,1	5,04	90,25	22,8	568,1	1,34	2,91	0,0	-2,58
STM8-91	Br.	—	ÄSchl	11,9	7,09	+104 ¹	1,0	1,3 \pm 0,4	-70,4	-9,91	867	70,0	5,89	94,67	28,03	577,25	25,37	3,33	0,0	-1,41
WALL1-81/92	—	—	—	10,0	7,30	—	—	—	-73,4	-10,20	848	39,8	3,4	87,05	23,54	468,97	1,88	4,29	0,0	-1,68
WALL3-81/92	—	—	—	10,0	7,25	—	—	—	-71,5	-10,00	994	68,6	7,02	62,48	28,24	499,14	2,43	10,21	0,0	-1,61

Gruppe IV																				
Probenahmestelle, Jahr	Typ	Tiefe der Bohrung (m)	Aquifer	T (°C)	pH	Eh (mV)	O ₂ (mg/l)	³ H (TU)	δ _D (‰)	δ ¹⁸ O (‰)	Lf (µS·cm ⁻¹)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	log pCO ₂ (atm)	
GRIES3-91	A.Br.	36	KletzF	10,1	8,02	-14	0,1	1,0 [±] 0,4	-86,0	-11,99	414	40,6	2,56	26,41	13,87	233,1	23,64	1,77	0,0	-2,73
HOF16-95	A.Br.	176	AtzbF	12,3	-	+61	0,0	0,6 [±] 1,37	-91,8	-12,90	330	35,9	4,81	19,52	8,7	177,57	25,73	0,29	0,0	-
ROT9-95	A.Br.	191	AtzbF	11,6	-	+35	0,1	0,0 [±] 1,32	-89,9	-12,27	302	31,3	2,39	20,18	8,32	175,13	13,85	0,4	0,1	-
STG3-91	A.Br.	42	KletzF/ AtzbF ²	9,8	7,91	+43	0,1	0,0 [±] 0,3	-83,8	-11,70	447	31,4	4,94	37,27	21,05	253,84	26,66	0,58	23,7	-2,58
STG3-95	A.Br.	42	KletzF/ AtzbF ²	9,2	-	+94	0,0	-	-84,2	-11,66	424	25,3	2,44	34,43	19,72	241,64	29,6	0,91	0,0	-2,58
WEI32-95	A.Br.	110	AtzbF	11,6	-	+80	0,0	-	-80,7	-11,51	447	12,4	1,21	48,93	21,97	261,17	30,45	0,33	0,0	-
WEI34-95	A.Br.	96,5	AtzbF	11,5	-	+11	0,0	0,0 [±] 1,47	-86,2	-12,27	360	20,8	1,59	30,59	16,34	205,64	23,06	0,28	0,0	-

Gruppe V, Teil 1																				
Probenahmestelle, Jahr	Typ	Tiefe der Bohrung (m)	Aquifer	T (°C)	pH	Eh (mV)	O ₂ (mg/l)	³ H (TU)	δ _D (‰)	δ ¹⁸ O (‰)	Lf (µS·cm ⁻¹)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	log pCO ₂ (atm)	
FRA2-81/92	-	-	-	13,7	8,28	-	-	-	-84,4	-11,74	435	108,0	1,1	0,27	1,28	270,9	3,7	3	0,0	-3,22
FRA3-91	A.Br.	80	LinzS	10,0	8,23	+187 ¹	0,4	0,0 [±] 0,3	-85,8	-11,84	450	105,5	0,8	7,3	0,88	281,91	7,78	7,97	0,0	-2,85
FRA3-95	A.Br.	95/81,6	LinzS	11,7	8,64	-354	0,0	-	-86,4	-12,17	475	109,0	1,42	2,45	0,50	283,74	7,31	7,03	0,0	-3,12
FRA4-82/92	-	-	-	11,0	7,62	-	-	-	-80,2	-11,12	429	81,0	1,87	15,08	2,53	267,3	3,4	2,7	0,0	-2,26
FRA5-95	A.Br.	114,7	LinzS	17,6	8,32	-114	0,1	0,0 [±] 1,17	-85,3	-11,95	457	103,0	1,58	5,72	1,02	282,52	7,86	6,71	0,0	-3,04

Gruppe V, Teil 2																				
Probenahme-stelle, Jahr	Typ	Tiefe der Bohrung (m)	Aquifer	T	pH	Eh (mV)	O ₂ (mg/l)	³ H (TU)	δ _D (‰)	δ ¹⁸ O (‰)	Lf (µS·cm ⁻¹)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	log pCO ₂ (atm)
SCH1-91	A.Br.	186	LinzS	20,1	8,54	-182	0,1	1,0 [±] _{0,3}	-84,6	-11,78	474	107,5	1,45	4,86	1,03	286,69	7,03	8,06	0,0	-3,11
SCH1-95	A.Br.	186	LinzS	20,8	8,65	-392	0,1	-	-84,3	-11,89	470	104,0	1,51	5,46	1,62	289,23	5,66	7,54	0,0	-3,11
SCHALL1-91	A.TB	460	LinzS	36,1	8,60	-192	0,1	0,0 [±] _{0,3}	-80,4	-11,17	598	136,0	2,5	2,76	0,68	317,91	6,69	30,40	0,0	-3,03
SCHALL1-95	A.TB	460	LinzS	34,6	-	-124	0,0	-	-79,3	-11,26	544	140,0	1,4	2,39	0,61	321,58	7,21	28,91	0,0	-3,03
STEINH.Q.-95	Qu.	-	ÄSchl / Krist	11,5	7,68	+125	0,1	0,0 [±] _{1,17}	-80,7	-11,30	468	83,1	1,65	16,07	4,12	268,49	20,05	2,91	0,1	-2,32
STM5-95	A.Br.	100-105	LinzS	12,7	-	-63	0,0	-	-83,1	-11,75	429	98,6	1,89	4,42	1,21	282,52	3,59	2,02	0,0	-
STM6-91	A.Br.	110	LinzS	17,3	8,20	-146	0,1	0,0 [±] _{0,3}	-86,6	-12,05	393	84,4	1,81	12,10	2,60	262,39	6,14	1,55	0,0	-2,82
STM6-95	A.Br.	110	LinzS	16,8	-	-62	0,1	-	-86,3	-12,12	403	83,8	1,64	11,19	2,45	261,17	6,75	1,77	0,7	-2,82
WALL4-92	Br.	14?	ÄSchl	-	-	-	-	-	-72,6	-10,07	-	100,5	5,45	63,1	16,35	529,7	2,10	6,93	-	-

Gruppe VI																				
Probenahme-stelle, Jahr	Typ	Tiefe der Bohrung (m)	Aquifer	T	pH	Eh (mV)	O ₂ (mg/l)	³ H (TU)	δ _D (‰)	δ ¹⁸ O (‰)	Lf (µS·cm ⁻¹)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	log pCO ₂ (atm)
Gallspach Th.-95	-	-	LinzS	-	-	-	0,1	0,0 [±] _{0,3}	-70,6	-9,3	-	-	-	-	-	-	6,14	324	0	-
SCHALL2-95	A.TB	715	RupelB	37,5	-	-167	0,0	-	-81,8	-11,59	866	206,1	1,29	1,02	0,24	378,93	8,42	92,74	0,0	-3,21
SCHALL3-91	Br.	43,5	ÄSchl	10,0	7,90	+106 ¹	0,6	0,0 [±] _{0,3}	-75,0	-10,38	1581	356,0	8,76	11,9	7,5	793,26	0	135,92	12,9	-2,10

¹ Kein freier artesischer Überlauf, daher keine idealen Messbedingungen für den Eh-Wert.
² Der für die Gruppe II, PRAH.II (Quelle II Bad Weinberg) angegebene pH-Wert weicht stark vom in GATTINGER & ZÖTL (1993: 43) wiedergegebenen pH-Wert 6,30 ab.

Tab. 4.
Hydrochemische Feld- und Labormessungen sowie Isotopenanalysen (Tritium, Deuterium und Sauerstoff-18) an Grundwässern des Kiscellium und Egerium (ÄSchl = Älterer Schlier; LinzS = Linzer Sande; RupelB = Rupel-Basisande) und der Innviertel-Gruppe (AtzbF = Atzbach-Formation; KletzF = Kletzenmarkt-Formation; PhosS = Phosphoritlands) sowie des Kristalls der Böhmisches Masse (= Krist) im Molassebecken westlich Linz nach SCHUBERT (1996; 7, 37, 51, 68, 70). Die Lage der Probenahmepunkte ist Abbildung 7 zu entnehmen. Die Wässer der Gruppen IV bis VI sind echte Tieflandwässer. Bei den Wässern der Gruppen I bis III handelt es sich teilweise ebenfalls um Tieflandwässer im Sinne der vorliegenden Arbeit, wie die geringen Tritiumwerte zeigen. Abkürzungen des Typs: A.Br. = artesischer Brunnen; A.TB = artesische Tieftiefbohrung; Br. = Brunnen; Qu. = Quelle.

Gruppe II		
Probenahmestelle, Jahr	^{14}C (% modern)	$\delta^{13}\text{C}$ ‰ PDB
PRA11-95	74,56 ± 0,4	-18,61
Gruppe IV		
Probenahmestelle, Jahr	^{14}C (% modern)	$\delta^{13}\text{C}$ ‰ PDB
HOF16-95	0,47 ± 0,2	-11,75
ROT9-95	0,65 ± 0,2	-7,74
Gruppe V		
Probenahmestelle, Jahr	^{14}C (% modern)	$\delta^{13}\text{C}$ ‰ PDB
FRA5-95	19,05 ± 0,2	-16,04
SCHALL1-95	24,01 ± 0,2	-15,12
STM6-95	19,83 ± 0,2	-15,05
Gruppe VI		
Probenahmestelle, Jahr	^{14}C (% modern)	$\delta^{13}\text{C}$ ‰ PDB
SCHALL2-95	11,81 ± 0,2	-12,13

Tab. 5.

Kohlenstoff-14- und Kohlenstoff-13-Werte von Grundwässern im Molassebecken westlich Linz nach SCHUBERT (1996: 51). Die Lage der Probenahmestellen ist Abbildung 7 zu entnehmen. Bei den auf Kohlenstoff-14 analysierten Wässern der Gruppen IV bis VI handelt es sich aufgrund des geringen Tritiumgehalts um Tiefengrundwässer (Tab. 4); diese Wässer weisen auch die niedrigeren Kohlenstoff-14-Werte auf.

1.1.3 Zur Hydrodynamik der Tiefengrundwässer im Inn- und Hausruckviertel

Die Potenziale der gespannten bzw. artesisch gespannten Tiefengrundwässer in der Innviertel-Gruppe (Ottnan-gium) zwischen Hausruck und Inn lassen nach GOLDBRUNNER (1988: 20) ein deutliches NW-gerichtetes Gefälle der Grundwasser-Druckfläche erkennen. Als Einzugsgebiet für diese Wässer nimmt GOLDBRUNNER den Hausruck und den Kobernaußerwald an, wobei die Innviertel-Gruppe teilweise auch direkt aus den Schotten der Oberen Süßwassermolasse (Pannonium) angeströmt wird, da im „Bereich des Einzugsgebietes [...] in einzelnen Bereichen die Grobklas-tika der Oberen Süßwassermolasse die permeablen Horizonte der Mehrnbacher Sande [überlagern], so daß ein direkter hydraulischer Kontakt gegeben ist.“ Die Vorflut dieser Tiefengrundwässer bildet der Inn, wobei das Poten-zialminimum im Raum Braunau zu liegen kommt.

Im Raum Hofkirchen–Weibern–Rottenbach erwartet SCHU-BERT (1996: 101–103) für die artesisch gespannten Tiefen-grundwässer der Atzbach-Formation, dass deren Neubil-dung ebenfalls im Bereich des Hausruck-Höhenrückens stattfindet, während er für die Tiefengrundwässer in der Kletzenmarkt-Formation bei Grieskirchen ein näher gele-genes Einzugsgebiet annimmt. Die Vorflut für die genann-ten Tiefengrundwässer bilden die Trattnach und ihre Zu-bringer.

Im Raum Bad Schallerbach mischt sich nach SCHUBERT (1996: 105–119) das am Beckenrand erneuerte Tiefen-grundwasser der Linzer Sande über die Rupel-Basis-sande mit dem aus dem tiefen Beckenuntergrund aufsteigenden Thermalgrundwasser der Malmkarbonate des autoch-thonen Mesozoikums (Abb. 8–10). Er erwartet, dass der zur Donau abströmende, geothermisch beeinflusste Tie-fengrundwasserstrom insgesamt etwa 390 l/s ausmacht, wobei der Anteil des höher mineralisierten Thermalgrund-wassers aus den Karbonaten des Beckenuntergrundes auf etwa 20 bis 40 l/s geschätzt wird.

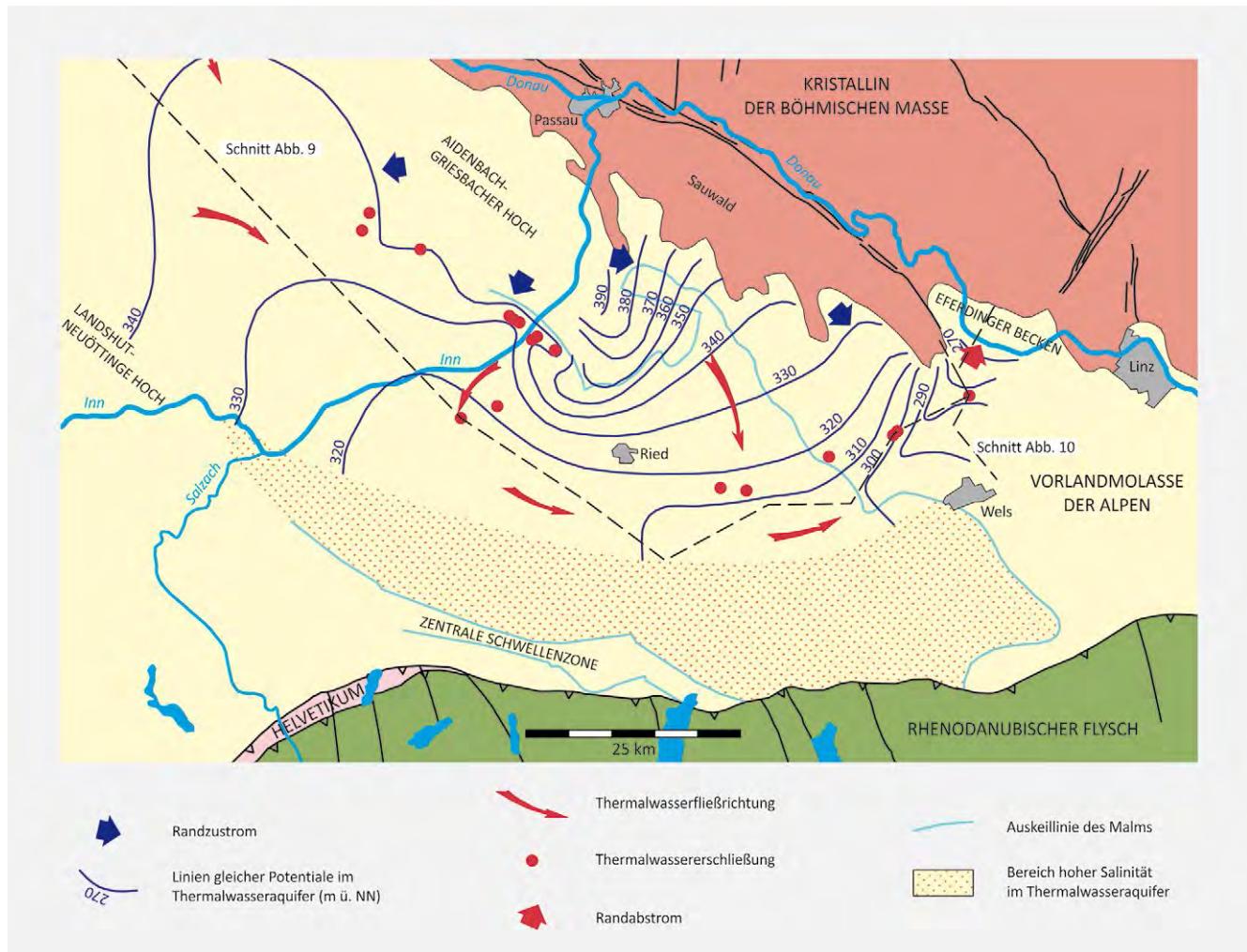


Abb. 8.

Grundwasserdruckfläche des niederbayerisch-oberösterreichischen Thermalwasseraquifers nach BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1999: Anlage 5). Der aus dem Sauwald über die „tertiären“ Sande und die Auflockerungszone des Kristallins zufließende Randzustrom mischt sich mit dem aus den Malmkarbonaten (siehe Auskeillinie des Malm) kommenden Thermalwasser. Das Discharge-Gebiet dieser Grundwässer befindet sich im Eferdinger Becken; SCHUBERT (1996: 105–119) nimmt einen Randabstrom von 390 l/s an, wobei der Anteil des aus dem Malaquaifer stammenden Thermalwassers 20 bis 40 l/s beträgt. BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1999: 14) modellierte einen Randabstrom von 490 l/s.

1.2 Gallneukirchner Becken

Das Gallneukirchner Becken ist eine etwa 15 km lange und 7 km breite Randbucht der oberösterreichischen Molassezone, die vom Machland bei Schwertberg ausgehend nach Nordwesten bis in die Gegend von Gallneukirchen und Unterweitersdorf asymmetrisch (im Süden ist eine markante Abschiebung ausgebildet) in das Kristallin der Böhmischen Masse eingesenkt ist. Über dem basalen Pielacher Tegel (Tab. 1) folgen Linzer Sande, die den Hauptaquifer des Beckens bilden. Die Linzer Sande werden wiederum von einer Deckschicht aus Älterem Schlier überlagert. Im nordwestlichen Beckenbereich wird das Grundwasser der Linzer Sande bereits seit den 1960er Jahren von den Wasserversorgungsanlagen der Gemeinden Gallneukirchen und Engerwitzdorf genutzt. Das Wasser dieser Brunnen ist vergleichsweise weich und jung, die mittlere Verweilzeit beträgt maximal 15 Jahre. Im zentralen Teil des Hauptaquifers hingegen sind die zum Teil artesisch gespannten Wässer deutlich härter und älter, die mittlere Verweilzeit liegt hier über 50 Jahre und es kann von Tiefengrundwasser gesprochen werden (SPENDLINGWIMMER, 1997: 11–13).

SPENDLINGWIMMER (2002) untersuchte dieses Tiefengrundwasser im Raum Lungitz, wobei die Erkundungsbohrung Schörgendorf 2 im Mittelpunkt des Interesses stand. Diese erreichte eine Endteufe von 164 m, die Filterstrecke lag dabei zwischen 70 und 129 m unter GOK (SPENDLINGWIMMER 2002: 6). Der Tritiumgehalt dieses Wassers lag bei allen vier Analysen unter 0,2 TU (SPENDLINGWIMMER 2002: 23). Tabelle 6 gibt eine ausgewählte hydrochemische Analyse der Bohrung Schörgendorf 2 wieder. Aufgrund des Bohergebnisses nimmt SPENDLINGWIMMER (2002: 3) für das Tiefengrundwasser im Raum Lungitz eine nachhaltige Ergiebigkeit von ca. 30 l/s an.

1.3 Klamer Becken

Das Klamer Becken ist eine westlich Grein gelegene, etwa 6 km lange und bis zu 3,5 km breite, NW–SE gerichtete, mit „tertiären“ Sedimenten gefüllte Eintiefung im Kristallin der Böhmischen Masse. HITZENBERGER & LAHODYNSKY (1996) beschreiben für das Klamer Becken ähnliche geologische Verhältnisse wie sie auch im Gallneukirchner Becken gegeben sind: Über dem Kristallin folgt zuerst Pielacher Te-

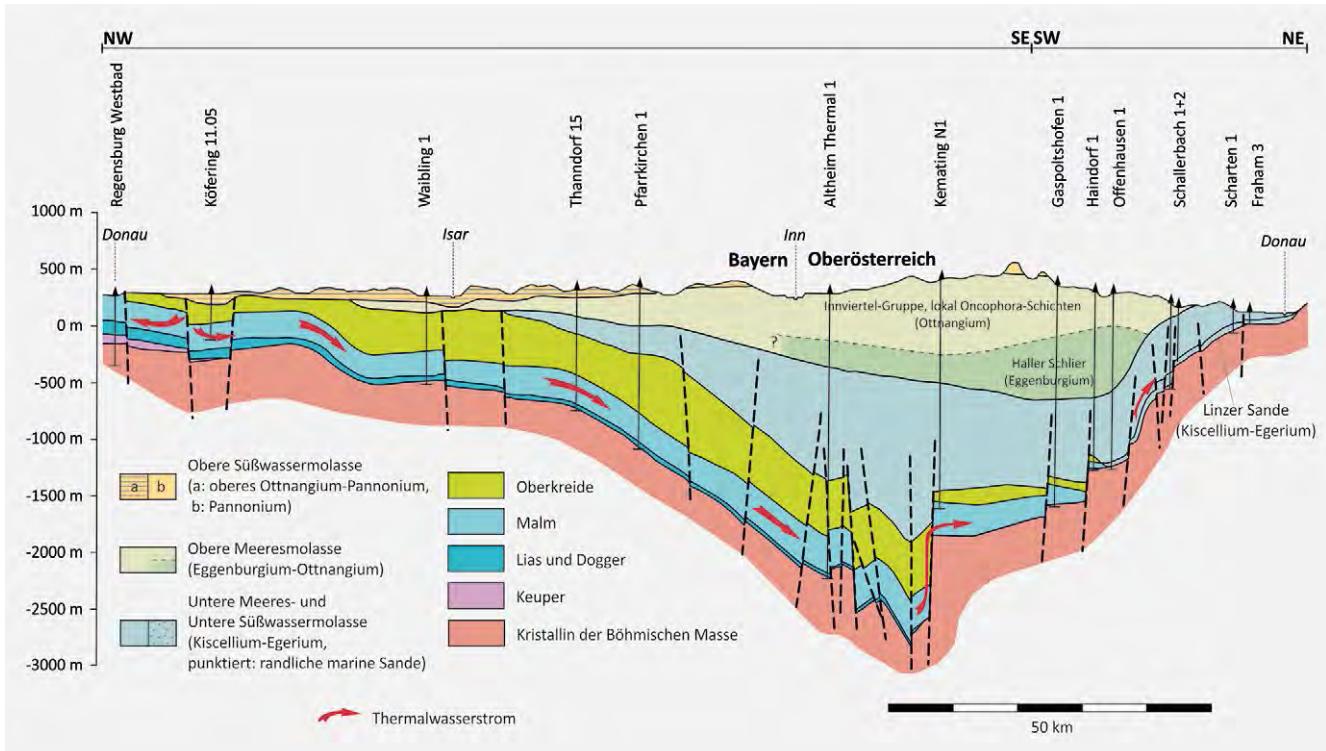


Abb. 9.
Geologischer Längsschnitt durch den Thermalgrundwasserkörper in der niederbayerisch-oberösterreichischen Molassezone, verändert nach BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1999: 9). Die Lage des österreichischen Anteils des Profils ist in Abbildung 8 dargestellt. Im Raum Bad Schallerbach mischt sich das aufsteigende Thermalwasser mit dem Tiefengrundwasser in den Linzer Sanden.

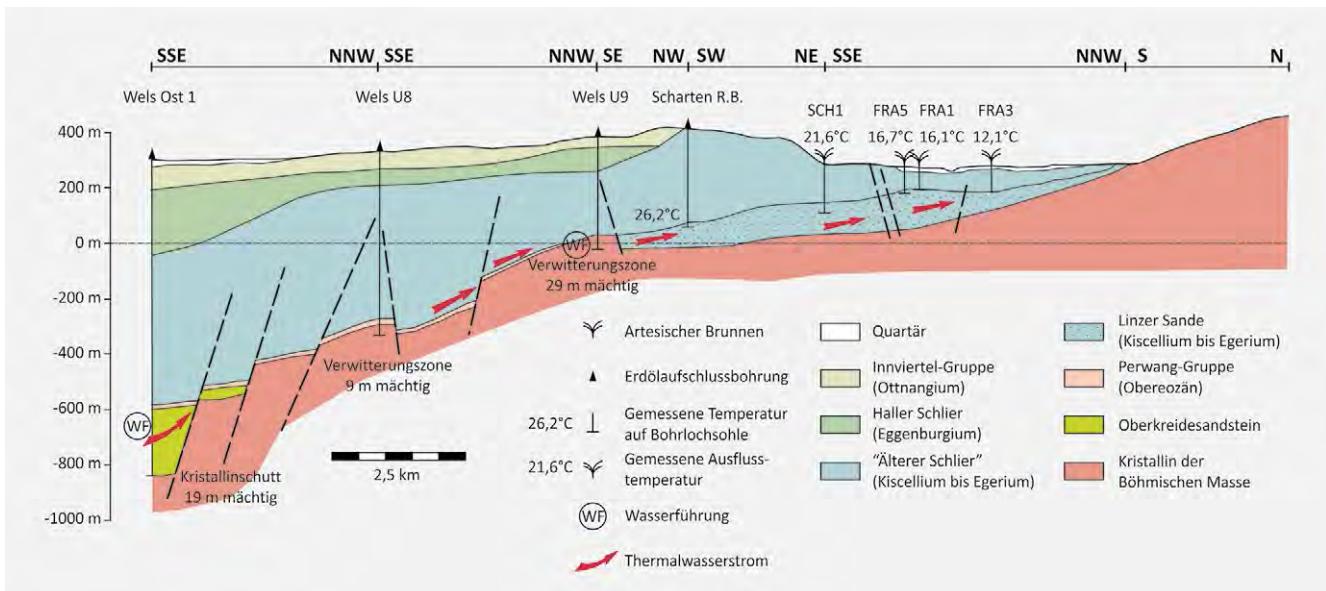


Abb. 10.
Geologischer Schnitt im Raum Wels-Fraham, verändert nach SCHUBERT (1996: 12). Die erhöhten Grundwassertemperaturen in Scharfen und Fraham sind das Resultat der Mischung des aus dem tiefen Beckenuntergrund aufsteigenden Thermalgrundwassers mit dem vom Beckenrand her alimentierten Tiefengrundwasser in den Linzer Sanden. Die Lage des Profils ist in Abbildung 8 dargestellt.

Schörgendorf 2	
Datum der Probenahme	17.09.2001
Temperatur (°C)	—
pH-Wert	—
Natrium (mg/l)	76
Kalium (mg/l)	2,5
Calcium (mg/l)	32
Magnesium (mg/l)	11
Eisen (mg/l)	<0,05
Mangan (mg/l)	0,17
Ammonium (mg/l)	—
Hydrogenkarbonat (mg/l)	397
Sulfat (mg/l)	8,2
Nitrat (mg/l)	0,3
Chlorid (mg/l)	1,6
Fluorid (mg/l)	1,6
Gesamthärte (°DH)	7,0
Karbonathärte (°DH)	18,2

Tab. 6.
Hydrochemische Analyse zur Grundwassersonde Schörgendorf 2 nach SPEND-LINGWIMMER (2002: 18).

gel, dann Linzer Sande und darüber Älterer Schlier. GLATZEL (1995: 5) gibt für die Linzer Sande des Klamer Beckens einen auf Pumpversuchsdaten basierenden k_f -Wert von 10^{-5} m/s an. Das Wasser enthält nach GLATZEL (1995: 6) $0,6 \pm 0,5$ TU bis $1,2 \pm 0,5$ TU Tritium und weist eine Gesamthärte von 6,2 bis 19,6 °DH auf (Tab. 7). Ziel dieser Untersuchungen war es, für die Grundwässer des Klamer Beckens ein Schongebiet einzurichten.

1.4 Bereich St. Florian–Steyr–Sierning

LEOPOLD (1998) untersuchte im Rahmen seiner Diplomarbeit Grundwässer der östlichen Traun-Enns-Platte. Er konnte nachweisen, dass auch hier im Schlier Grundwasserhorizonte ausgebildet sind, die er aufgrund ihres geringen Tritiumgehaltes und ihres Lösungsinhaltes als Tiefengrundwasser bewertete (Tab. 8). LEOPOLD (1998: 102–105) nimmt an, dass die tonreichen Lagen des Schliers als Deckschicht fungieren, während sich das Grundwasser in den im Schlier eingeschalteten Sandlagen horizontal und über Klüfte vertikal bewegt. Als Beleg dafür, dass die im Schlier auftretenden gespannten Grundwasserhorizonte wasserwirtschaftlich von Bedeutung sein können, führt er das Pumpversuchsergebnis zum Brunnen B 22/6 an. Dieser ist 60 m tief. Das erste gespannte Grundwasser wurde hier in 40 m Tiefe angefahren. Bei einer konstanten Entnahme von 1,5 l/s betrug die Absenkung lediglich etwa 2,7 m (LEOPOLD, 1998: 106–107).

Tab. 7.
Isotopenhydrologische und hydrochemische Analyse von Grundwassersonden im Klamer Becken nach GLATZEL (1995: 6, Beilagen). Die Teufenangabe erfolgte nach HITZENBERGER & LAHODYNSKY (1996: 12). ▼

	B1	B2	B3	B4
Endteufe (m unter GOK)	104 m	51 m	60 m	70 m
Datum der Isotopenbeprobung	24.08.1994	31.08.1994	31.08.1994	15.08.1994
Tritium (TU)	$1,2 \pm 0,5$	$0,6 \pm 0,5$	$1,1 \pm 0,6$	$1,0 \pm 0,5$
Sauerstoff-18 (‰ $\delta^{18}\text{O}$)	-10,53	-10,60	-10,63	-9,97
Datum der chemischen Beprobung	24.08.1994	31.08.1994	15.09.1994	31.08.1994
Temperatur (°C)	10,0	—	10,0	—
pH-Wert	7,00	6,65	6,90	7,00
Elektrische Leitfähigkeit ($\mu\text{S}/\text{cm}$ bei 25 °C)	434	383	682	256
Gesamthärte (°DH)	10,4	7,6	19,6	6,2
Karbonathärte (°DH)	10,0	4,6	18,6	5,8
Ammonium (mg/l)	0,28	0,50	0,38	0,12
Eisen (mg/l)	0,13	0,070	2,52	0,76
Mangan (mg/l)	0,092	< 0,02	0,070	0,34
Nitrat (mg/l)	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Chlorid (mg/l)	8,0	1,7	4,6	1,5
Sulfat (mg/l)	46,5	98,0	28,0	25,5
Magnesium (mg/l)	12,9	—	—	—

1.5 Horner Becken

Das in das Kristallin des Waldviertels eingesenkte Horner Becken erstreckt sich zwischen St. Marein und Breiteneich in West–Ost-Richtung über eine Länge von ca. 20 km und eine Breite von etwa 3 km. Bei Breiteneich schwenkt die Längsachse des Beckens in die Nord–Süd-Richtung um. Zwischen Breiteneich und Freischling im Süden beträgt die Länge des Beckens etwa 15 km, die Breite im Durchschnitt ca. 3 km. Das Horner Becken ist vor allem mit Sedimenten der St. Marein-Freischling-Formation (Kiscellium bis unteres Eggenburgium) verfüllt. Diese fluviatilen, untergeordnet auch limnischen Sedimente bestehen aus feldspat- und pelitreichen Grobsanden, Kiesen und Schluffen (SCHNABEL et al., 2002a, b: 28). Aus der St. Marein-Freischling-Formation beziehen einige Brunnen von kommunalen Wasserversorgungen ihr Wasser, von denen in der Aufzählung von SCHUBERT (1998: 52) der Brunnen Mörtersdorf (Endteufe 175,0 m unter GOK), der Brunnen Frauenhofen (Endteufe 75,1 m unter GOK) und der Brunnen 3 – Kotzendorf der WVA Gars (Endteufe 57,5 m unter GOK) die tiefsten sind. Der Brunnen Mörtersdorf erschließt das Wasser mit einer Filterstrecke zwischen 65,0 und 85,0 m, 101,0 und 135,0 m sowie 151,0 und 171,0 m unter GOK, der Brunnen Frauenhofen zwischen 56,9 und 63,9 m sowie 68,9 und 70,9 m unter GOK und der Brunnen 3 – Kotzendorf zwischen 26,0 und 38,0 m sowie 44,0 und 54,0 m unter GOK, wobei jeweils sand- bzw. kiesreichere Abschnitte

innerhalb der Formation erfasst werden. Der kristalline Untergrund wird bei keinem der drei Brunnen erreicht. Es darf aufgrund der mächtigen Überlagerung und dem hohen Pelitanteil der St. Marein-Freischling-Formation angenommen werden, dass es sich zumindest in den tieferen Horizonten um Tiefengrundwasser handelt, wenngleich Isotopenanalysen nicht bekannt sind.

1974 bis 1979 wurde im Horner Becken eine wasserwirtschaftliche Studie durchgeführt, deren Hauptbestandteil die Niederbringung von vier Tiefbohrungen war (Frauenhofen 1, Breiteneich 1, Mold 1 und Mörtersdorf 1; alle vier erreichten den kristallinen Untergrund). Die geologische Bearbeitung erfolgte dabei laut BERGER (1980: 1, 9, 10) im Rahmen einer Dissertation durch HERNDLER (1979). Nach BERGER (1980: 4) erreicht im West-Ost-Ast des Beckens die Beckenfüllung bei Frauenhofen mit rund 100 m die größte Mächtigkeit, im Nord-Süd-Ast wird die größte Mächtigkeit im Raum Mörtersdorf mit beinahe 200 m erreicht. An der Beckenbasis besteht die „*Fossilleere Serie*“, darunter ist die St. Marein-Freischling-Formation zu verstehen, „aus groben Schüttungen wie Blockwerk und Schotter“. Ansonsten handelt es sich bei dieser Formation um eine „Wechselleagerung von Tonen, Schluffen, Sanden, und in geringerem Ausmaß Schotter [...], wobei generell im ehemaligen Strandbereich, das ist hauptsächlich an der jetzigen Ost- bzw. Nordberandung des Beckens, gröbere, gegen die Beckenmitte jedoch feinere Materialien zur Ab-

	B 9/5	B 9/6	B 18/11	B 19/6	B 22/6
Endteufe (m unter GOK)	9,4	33,0	120,0	35,0	60,0
Datum der Isotopen-beprobung	³ H, ¹⁸ O: 22.04.1998, ¹³ C, ¹⁴ C: 04.06.1997	21.04.1998	21.04.1998	20.04.1998	21.04.1998
Tritium (TU)	0,5	0,5	0,8	0,3	0,0
Sauerstoff-18 (‰ δ ¹⁸ O)	-9,62	-9,62	-9,98	-9,85	-10,38
Kohlenstoff-13 (‰)	-14,03	-13,84	-11,31	-13,73	-10,14
Kohlenstoff-14 (%modern)	66,61	53,85	30,13	43,03	33,03
Datum der chemischen Beprobung	22.04.1998	21.04.1998	21.04.1998	20.04.1998	21.04.1998
Temperatur (°C)	9,8	10,7	10,7	10,3	10,2
pH-Wert	7,39	7,53	7,84	7,68	7,85
Elektrische Leitfähigkeit (µS/cm bei 25 °C)	619	753	444	600	414
Gesamthärte (°DH)	20,0	17,8	13,2	19,0	13,4
Karbonathärte (°DH)	18,8	23,4	13,8	17,8	12,2
Ammonium (mg/l)	0,7	3,0	1,8	0,3	0,8
Eisen (mg/l)	0,70	0,50	0,15	0,70	0,40
Mangan (mg/l)	0,03	0,03	0,00	0,05	0,00
Nitrat (mg/l)	0	0	0	0	0
Chlorid (mg/l)	6,0	9,0	6,0	6,0	6,0
O ₂ (mg/l)	3	2,2	2,1	3,8	2,3

Tab. 8.
Isotopenhydrologische und hydrochemische Analyse von Grundwässern im Schlier der östlichen Traun-Enns-Platte nach LEOPOLD (1998: Tab. 3.3, 3.4).

lagerung gelangten.“ (BERGER, 1980: 7). Der überwiegende Teil der Beckenfüllung ist nach BERGER (1980: 10–20) als Nichtleiter anzusehen, während die leitenden sandigen Abschnitte volumsmäßig stark zurücktreten. Trotzdem sei das Gesamtvolume der speicherfähigen Sandkomplexe bzw. Sandschichten mit 150 bis 200 Mio. m³ einzuschätzen. Der Großteil dieser Komme zwar tiefer als die tiefste Stelle der Kristallinumrahmung (Stauer) zu liegen und beinhaltet daher „*fossiles Wasser*“, dieses könne jedoch soweit durch eine Entnahme aktiviert werden, dass „*ohne Überbeanspruchung des Beckens etwa 200 bis 250 l/s entnehmbar sind.*“ Bezuglich der Wasserqualität gibt BERGER (1980: 20) an, dass in den meisten Fällen der Eisen- und Mangangehalt über der Toleranzgrenze liegt, da vor allem der „*Totwasseranteil*“ praktisch sauerstofffrei ist.

1.6 Obermarkersdorfer Becken

Das Obermarkersdorfer Becken, eine neogene Randbucht der Molassezone bei Pulkau, erstreckt sich von Pulkau ausgehend 7 km nach Nordosten auf das Kristallin der Böhmischem Masse. Seine Breite beträgt etwa 3,5 km (Abb. 11), die Sedimentmächtigkeit erreicht 750 m südöstlich von Obermarkersdorf etwa 110 m (SEIBERL & SUPPER, 1998: 41). Über dem kristallinen Grundgebirge folgen Sande der Burgschleinitz-Formation und Kalksandsteine der Zogelsdorf-Formation. Diese im Eggenburgium abgelagerten Sedimente stellen die wesentlichen Grundwasserleiter im Obermarkersdorfer Becken dar. Darüber folgen Pelite der Zellerndorf-Formation (oberes Eggenburgium und Ottangium), die zumeist als Deckschicht fungieren (SCHUBERT et al., 1999).

Im Rahmen des Projekts „Geogenes Naturraumpotential Horn–Hollabrunn“ der Geologischen Bundesanstalt konnte die Beschaffenheit von Grundwässern des Obermarkersdorfer Beckens näher untersucht werden (SCHUBERT, 1999, 2000; SCHUBERT et al., 1999; PAPESCH et al., 1999). Im Süden des Obermarkersdorfer Beckens, im Teichgraben, befinden sich die Brunnenfelder Pulkau I und II der EVN Wasser, die ihr Wasser im Wesentlichen aus der Zogelsdorf-Formation fördern. In den 1990er Jahren wurden um diese Brunnenfelder Sonden abgeteuft. Demnach sind im Bereich des Teichgrabens die neogenen Sedimente insgesamt etwa 50 m mächtig. Über dem Kristallin liegen 20 m Burgschleinitz-Formation und eine ebenso mächtige Zogelsdorf-Formation, gefolgt von ca. 10 m Peliten der Zellerndorf-Formation. An der Basis der Zogelsdorf-Formation sind in der Kernbohrung Sonde 1 zwei aufeinanderfolgende Tonlagen (Tuffe) eingeschaltet, was im Teichgraben offenbar zur Ausbildung von zwei hydraulisch weitgehend getrennten, artesisch gespannten Grundwasserhorizonten führt (SCHUBERT et al., 1999: 283–286).

Der untere (tiefe = t) dieser beiden Horizonte führt in den Sonden 1t, 5t und 6t kaltzeitliches Tiefengrundwasser, wie der niedere Sauerstoff-18-Wert zeigt. Nur für die beckenrandnahe Sonde 2t ist aufgrund des höheren Sauerstoff-18-Gehaltes eine rezente Grundwasserneubildung anzunehmen. Die Sauerstoff-18-Gehalte der Sonden und Brunnen in der Zogelsdorf-Formation (mittlerer Horizont = m) weisen hingegen stets Sauerstoff-18-Gehalte auf, die einem rezenten Niederschlagswasser entsprechen.

Sowohl sämtliche Proben des tiefen Grundwasserhorizontes, als auch die Proben aus den beckenrandfernen Sonden des mittleren Horizontes enthalten nur sehr geringe Tritium-Konzentrationen und sind daher als Tiefengrundwässer zu bezeichnen (Tab. 9). Die Übergänge zu jüngeren Wässern am Beckenrand sind fließend – in den randlichen Bereichen des Beckens findet offenbar die Grundwasserneubildung über die hier ausbeißenden Sande bzw. Sandsteine der Burgschleinitz- und Zogelsdorf-Formation statt.

Von allen drei Brunnen der beiden Brunnenfelder im Teichgraben, welche im wesentlichen Wasser des mittleren Grundwasserhorizontes (Zogelsdorf-Formation) erschließen, liegen auch Kohlenstoff-14-Bestimmungen vor (Tab. 9). Unter der Annahme einer Ausgangskonzentration C_{0w} von 64 % modern – dieser Wert konnte für das Haselparzbründl, das ist eine Überlaufquelle im Einzugsgebiet der Brunnen, unter Berücksichtigung seines Lösungsgehaltes plausibel ermittelt werden und entspricht jenem C_{0w}, der aus den Kohlenstoff-13-Gehalten und auch aus dem Lösungsinhalt der Brunnenwässer abzuleiten war – lassen sich für die Brunnenfelder Kohlenstoff-14-Alter zwischen etwa 500 und 1.600 Jahren ableiten (SCHUBERT, 2000: 18–20).

Innerhalb der Zellerndorf-Formation konnte durch die Sonden 1s, 2s und 5s in einzelnen Sandlagen ebenfalls Wasser erschlossen werden, wenngleich die Ergiebigkeit dieser sehr gering war (seichter Horizont = s). Offenbar werden diese Sandlagen vor allem durch Zuflüsse aus dem mittleren Grundwasserhorizont gespeist, was die ähnliche Beschaffenheit des jeweils direkt darunter erschlossenen Horizonts nahe legt. In derartige Leckagen findet auch der Großteil des Teichgrabenbachs seinen Ursprung. Zumindest bei den Abflussmessungen in den Jahren 1998 und 1999 konnte beobachtet werden, dass diese Grundwasseraustritte den Hauptabfluss dieses Baches ausmachen, wobei sie vorwiegend nur zur kalten Jahreszeit aktiv waren (Abb. 12).

Der tiefe und mittlere Grundwasserhorizont des Teichgrabens lassen sich auch im Chemismus gut unterscheiden. Während der tiefe Horizont mehr Natrium führt als der mittlere, zeichnet sich der mittlere durch einen mit zunehmendem Gesamtlösungsinhalt steigenden Sulfatgehalt aus. Der seichte Horizont entspricht chemisch dem mittleren. Der Trend beim Sulfat beim mittleren und seichten Stockwerk setzt sich bei den Grundwasseraustritten im Teichgraben fort (Abb. 13, 14).

Bei Dietmannsdorf konnte ein ungenutzter, artesisch frei überlaufender Brunnen beprobt werden (siehe Brunnen Dietmannsdorf bzw. BD in Tabelle 9 und Abbildung 11). Die chemische Zusammensetzung dieses Wassers entspricht chemisch und isotopenhydrologisch dem Wasser des tiefen Grundwasserhorizontes im Teichgraben. Vermutlich erstreckt sich der tiefe Grundwasserhorizont auch auf den Raum außerhalb des Obermarkersdorfer Beckens.

In Tabelle 9 und Abbildung 11 sind auch einige Probennahmorte repräsentiert, die oberflächennahes Grundwasser führen. Dies soll dem Vergleich mit den Tiefengrundwässern dieses Raumes dienen. Insbesondere sei auf den leicht erhöhten Fluoridgehalt – sowohl der Tiefengrundwässer und der oberflächennahen Wässer – hingewiesen.

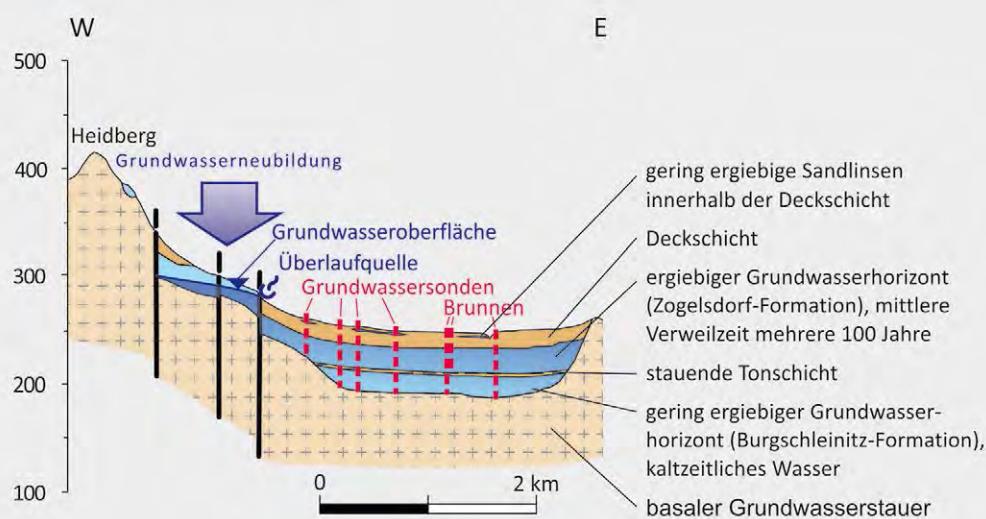
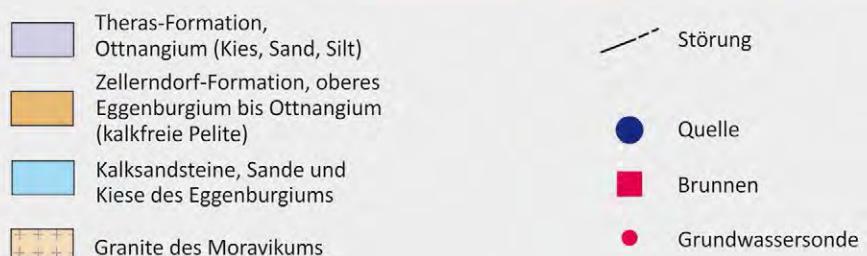
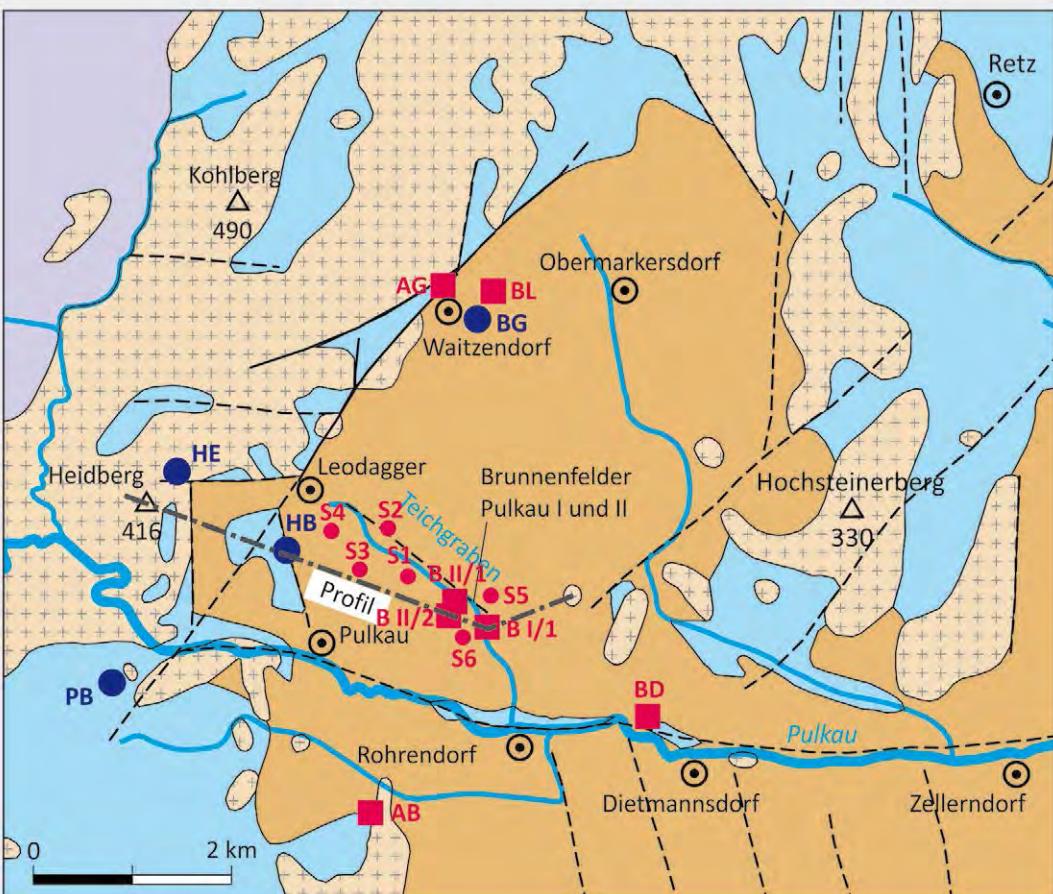


Abb. 11. Übersichtskärtchen und Schnitt zum Obermarkersdorfer Becken. Die Kurzbezeichnungen der Messstellen werden in Tabelle 9 erläutert.

Probenahmestelle	Datum	Schütt. (l/s)	Temp. (°C)	pH	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)
Allerbründl (AB)	06.05.1998	—	9,0	7,35	72	63	15,5
Alter Gemeindebrunnen (AG)	01.04.1999	—	8,8	6,86	47	17,6	31,5
Brunnen Dietmannsdorf (BD)	30.11.1998	0,1	9,0	7,43	130	58	160
Brunnen Dietmannsdorf (BD)	29.01.1999	0,1	8,8	7,46	140	55	146
Brunnen Lackinger (BL)	29.01.1999	—	5,2	7,28	159	72	60,8
Brunnen Lackinger (BL)	12.03.1999	—	4,9	—	—	—	—
Brunnenfeld Pulkau I, Brunnen 1 (B I/1)	27.06.1997	—	—	—	—	—	—
Brunnenfeld Pulkau I, Brunnen 1 (B I/1)	06.05.1998	—	10,1	7,05	215	54	38
Brunnenfeld Pulkau II, Brunnen 1 (B II/1)	21.02.1997	—	—	—	—	—	—
Brunnenfeld Pulkau II, Brunnen 1 (B II/1)	06.05.1998	—	9,5	7,11	202	39	36
Brunnenfeld Pulkau II, Brunnen 2 (B II/2)	21.02.1997	—	—	—	—	—	—
Brunnenfeld Pulkau II, Brunnen 2 (B II/2)	06.05.1998	—	10,0	7,03	213	44	39
Bründl mit Gnadenstuhl (BG)	30.11.1998	0,003	4,1	7,54	72	21	40
Haselparzbründl (HB)	17.06.1999	0,04	10,7	7,16	170	38	32
Heidbründl (HE)	31.05.1999	0,004	9,4	5,83	44	12,6	42
Pulkaubründl (PB)	08.01.1999	0,3	8,8	—	—	—	—
Pulkaubründl (PB)	29.01.1999	0,3	8,7	7,44	110,2	34,8	18
Sonde 1, seichter Horizont (S1-s)	22.06.1999	—	10,4	7,38	142	27,5	85
Sonde 1, mittlerer Horizont (S1-m)	22.06.1999	—	10,4	7,18	150	28	24,2
Sonde 1, tiefer Horizont (S1-t)	12.01.1999	—	—	—	—	—	—
Sonde 1, tiefer Horizont (S1-t)	12.03.1999	0,06	10,3	7,67	67	18,6	151
Sonde 2, seichter Horizont (S2-s)	22.06.1999	—	10,3	7,24	240	67,5	43
Sonde 2, mittlerer Horizont (S2-m)	22.06.1999	—	10,7	7,07	242	50	32
Sonde 2, tiefer Horizont (S2-t)	04.05.1999	—	—	—	—	—	210
Sonde 3 (S3)	22.06.1999	—	10,6	7,2	149	24	22
Sonde 4, mittlerer Horizont (S4-m)	22.06.1999	—	11,3	7,08	195	49	36
Sonde 5, seichter Horizont (S5-s)	22.06.1999	—	11,3	7,35	124	32,5	33
Sonde 5, mittlerer Horizont (S5-m)	22.06.1999	—	11,5	7,24	92,5	17,5	21,5
Sonde 5, tiefer Horizont (S5-t)	07.04.1999	—	—	—	—	—	53,8
Sonde 6, mittlerer Horizont (S6-m)	22.06.1999	—	10,7	7,15	132	27	23
Sonde 6, tiefer Horizont (S6-t)	14.04.1999	—	—	—	—	—	75,5

Tab. 9.
Chemie und Isotope zu Wässern im Umfeld des Obermarkersdorfer Beckens nach SCHUBERT (2000). Die Abkürzungen entsprechen jenen im Text und in der Übersichtskarte in Abbildung 11.

K^+ (mg/l)	HCO_3^- (mg/l)	Cl^- (mg/l)	F^- (mg/l)	NO_3^- (mg/l)	SO_4^{2-} (mg/l)	δ^{2H} (‰)	3H (TU)	δ^{13C} (‰)	^{14}C (% mod.)	δ^{18O} (‰)
1,55	388	18	0,69	27	103	—	—	—	—	-10,10
11	131,8	22	0,1	41	96	—	$19,7 \pm 0,9$	—	—	-10,85
6,1	398	32	0,41	5,2	520	—	—	—	—	-11,23
5,9	395	32	0,31	0,3	511	—	$0,2 \pm 0,1$	—	—	—
0,1	515	75	0,425	140	177	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-10,44
—	—	—	—	—	—	—	$2,3 \pm 0,2$	$-12,14$	$55,14 \pm 0,54$	—
4,75	390,8	18,2	0,44	0,1	480	—	—	—	—	-10,38
—	—	—	—	—	—	$-77,8$	$0,9 \pm 0,3$	$-13,42$	$60,20 \pm 0,33$	-10,77
2,85	370,3	17,3	0,59	0,1	400	—	—	—	—	-10,71
—	—	—	—	—	—	$-77,3$	$1,5 \pm 0,3$	$-12,36$	$52,05 \pm 0,31$	-10,60
3,3	369,3	26	0,75	0,8	442	—	—	—	—	-10,58
46	260,4	57	0,26	54	71	—	—	—	—	-10,49
2,1	356,4	37	0,318	70	242	—	$13,1 \pm 0,6$	$-12,10$	71,67	-10,44
2,4	50,8	59	0,272	0,7	125	—	—	—	—	-10,30
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-10,51
2,4	315,6	63	0,46	55,5	64	—	$15,6 \pm 0,7$	—	—	—
12	393,5	35	0,79	0,1	282	—	$2,64 \pm 0,4$	—	—	-10,50
13,5	352,2	21,4	0,685	0,1	230	—	$2,2 \pm 0,4$	—	—	-10,47
—	—	—	—	—	—	—	$0,2 \pm 0,1$	—	—	-12,13
3,5	236	240	0,1	5,4	38	—	—	—	—	—
5,7	379,5	34,5	0,56	3,1	590	—	$10,7 \pm 0,6$	—	—	-10,19
4,2	366,4	29	0,54	18,2	507	—	$3,26 \pm 0,4$	—	—	-10,28
380	1.120	6	—	< 1	77	—	$0,5 \pm 0,1$	—	—	-10,42
3,1	334,2	20,5	0,605	0,1	210	—	$8,78 \pm 0,6$	—	—	-10,60
33	433,2	55	0,6	96	285	—	$11,5 \pm 0,7$	—	—	-10,51
5	401	10,5	0,39	0,1	170	—	0	—	—	-10,63
1,9	361,7	5,4	0,31	0,1	45	—	0	—	—	-10,76
16,5	245	19	—	< 1	34	—	$0,1 \pm 0,1$	—	—	-12,24
6,5	370,5	20	0,385	0,1	160	—	$0,12 \pm 0,3$	—	—	-10,42
6	398	17	—	< 1	43	—	$0,1 \pm 0,1$	—	—	-11,30

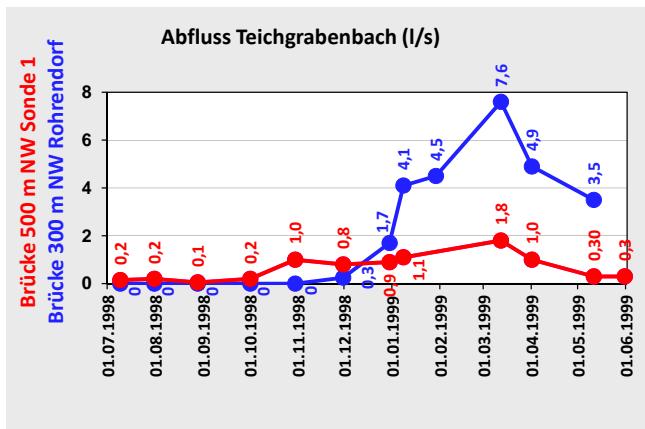


Abb. 12.
Abflussganglinien zum Teichgrabenbach. Lage vergleiche Abbildung 11 (SCHUBERT, 2000: 21).

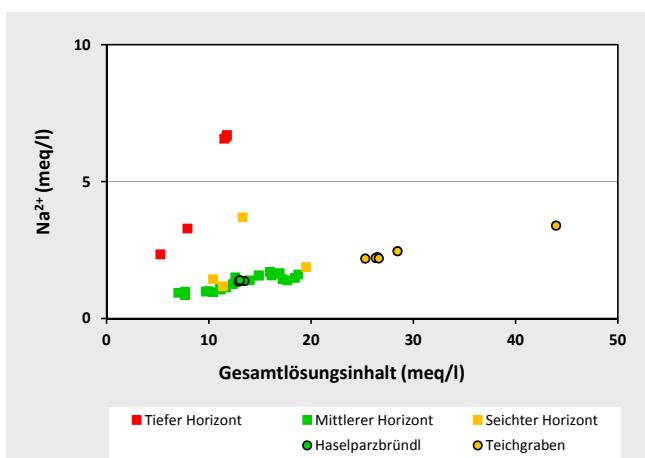


Abb. 13.
Diagramm Natriumgehalt gegen Gesamtmineralisation der Grundwässer im Teichgraben. Die als Teichgraben bezeichneten Analysen stammen von Quellaustritten am Ufer des Teichgrabenbaches sowie seinem Abfluss, der zum Großteil durch lokale Grundwasseraustritte gespeist wird (SCHUBERT, 2000: 10).

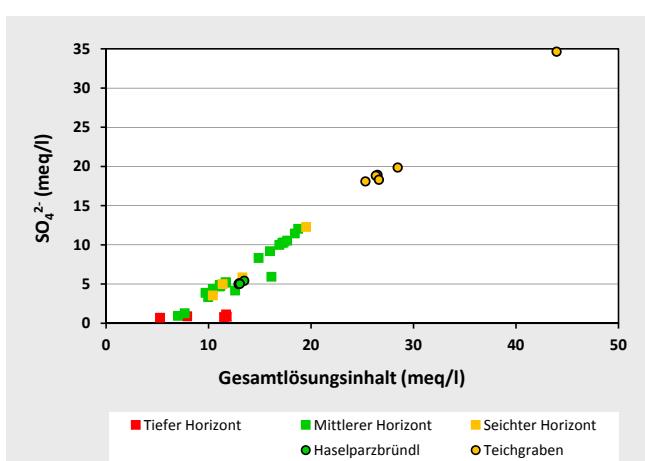


Abb. 14.
Diagramm Sulfatgehalt gegen Gesamtmineralisation der Grundwässer im Teichgraben. Die als Teichgraben bezeichneten Analysen stammen von Quellaustritten am Ufer des Teichgrabenbaches sowie seinem Abfluss, der zum Großteil durch lokale Grundwasseraustritte gespeist wird (SCHUBERT, 2000: 11).

1.7 Kleinhöflein

In den 1990er Jahren wurden in Kleinhöflein östlich Retz mehrere, bis 127 m tiefe Sondierungsbohrungen abgeteuft. Dabei wurden in der Zellerndorf-Formation (Zellerndorfer Schlier, oberes Eggenburgium und Ottangium) und in der darunter folgenden Retz-Formation (Retzer Sande, Eggenburgium) in vier Sonden artesisch gespannte Grundwässer angetroffen. An den neu erschlossenen Wässern wurden chemische und isotopenhydrologische Analysen durchgeführt (SCHUBERT, 1998: 40–44). Die elektrische Leitfähigkeit (ein Summenparameter des Lösungsinhalts) der artesisch gespannten Wässer lag zwischen 600 und 950 $\mu\text{S}/\text{cm}$; demnach handelt es sich um Grundwässer mit einer etwas erhöhten Mineralisierung. Ihr Tritiumgehalt wies durchwegs Werte unter 1 TU auf, d.h. die Grundwasserneubildung fand im Wesentlichen bereits vor der Zeit der Atombombenversuche in den 1960er Jahren statt. Unter Berücksichtigung des Lösungsinhalts und des Kohlenstoff-13-Gehalts konnten für diese Wässer Kohlenstoff-14-Modellalter im Bereich von 9.000 bis 20.000 Jahren berechnet werden (SCHUBERT, 1998: 44). Den hohen Kohlenstoff-14-Modellaltern entsprechen die niedrigen $\delta^{18}\text{O}$ -Werte; diese liegen bei den artesisch gespannten Wässern zwischen -11,08 ‰ und 12,44 ‰, wobei bei den älteren Wässern niedrigere Sauerstoff-18-Werte zu verzeichnen sind (Abb. 15).

1.8 Bereich Haugsdorf-Laa an der Thaya

Im Gebiet zwischen Haugsdorf und Laa an der Thaya findet die Laa-Formation (Karparium) weite Verbreitung, im Südwesten wird sie von der Grund-Formation (Badenium) überlagert. Bei beiden Formationen handelt es sich um zumeist feinklastische, marine Sedimente, in die aber Wasser führende Lagen aus Sand oder Feinkies eingeschaltet sein können. Im besagten Gebiet sind dementsprechend

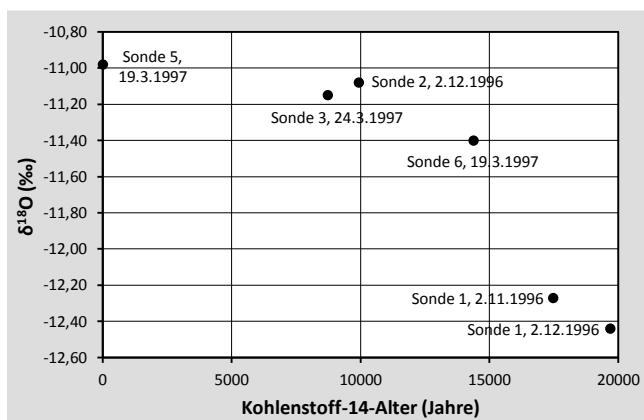


Abb. 15.
Sauerstoff-18-Werte und Kohlenstoff-14-Alter der in Kleinhöflein erschlossenen Wässer. Für die Berechnung des Kohlenstoff-14-Alters wurde unter Berücksichtigung des Lösungsinhaltes der Wässer und des Kohlenstoff-13-Wertes ein Kohlenstoff-14-Ausgangswert C_{OW} von 60 % modern angenommen (SCHUBERT, 1998: 44). Bei den Sonden 1, 2, 3 und 6 handelt es sich um artesisch gespannte Tiefengrundwässer (Tritiumgehalt unter 1 TU), bei Sonde 5 um ein junges, oberflächennahes Grundwasser. Der niedrige Sauerstoff-18-Wert bei der Sonde 1 ist typisch für kaltzeitliches Wasser. Bei den Sonden 2, 3 und 6 handelt es sich wahrscheinlich um Mischwässer von alten kaltzeitlichen und etwas jüngeren warmzeitlichen Wässern.

	Neuer Brunnen Seefeld	Neuer Brunnen Seefeld	Brunnen Großkadolz
Probenahme	12.10.1967	02.03.1987	02.03.1987
Wassertemperatur		13,0 °C	11,8 °C
pH-Wert	8,0		
Natrium		210 mg/l	235 mg/l
Kalium		4,9 mg/l	4,6 mg/l
Kalzium	1,4 °DH	8,4 mg/l	6,5 mg/l
Magnesium	1,04 °DH	3,2 mg/l	3,1 mg/l
Gesamthärte	2,44 °DH		
Ammonium	6 mg/l		
Eisen gesamt	0,6 mg/l		
Mangan	0,0 mg/l		
Hydrogenkarbonat	561 mg/l	493 mg/l	485 mg/l
Karbonathärte	2,44 °DH		
Chlorid	46 mg/l	48 mg/l	50 mg/l
Sulfat	190 mg/l	180 mg/l	280 mg/l
Nitrat	0,5 mg/l	2,2 mg/l	< 1,0 mg/l

Tab. 10.

Lösungsinhalt von artesischen Brunnen in Seefeld-Kadolz. Neuer Brunnen Seefeld, Probenahme 12.10.1967 nach SCHUBERT (2009: 89). Neuer Brunnen Seefeld und Brunnen Großkadolz, Probenahme 02.03.1987 nach SCHUBERT (1998: 57).

	Brunnen auf Riede Rumpler	Brunnen bei Schafflerhof
Probenahme	12.03.2002	12.03.2002
Wassertemperatur	13,1 °C	11,7 °C
Leitfähigkeit	3.610 µS/cm	3.770 µS/cm
pH-Wert	6,89	6,88
Sauerstoffgehalt	0,17 mg/l	
Natrium	122 mg/l	124 mg/l
Kalium	9,9 mg/l	83,4 mg/l
Kalzium	495 mg/l	383 mg/l
Magnesium	258 mg/l	307 mg/l
Gesamthärte	129 °dH	124 °dH
Ammonium	0,08 mg/l	0,11 mg/l
Eisen gesamt	0,63 mg/l	2,3 mg/l
Mangan gesamt	0,53 mg/l	13,3 mg/l
Hydrogenkarbonat	538 mg/l	713 mg/l
Karbonathärte	24,7 °dH	32,8 °dH
Chlorid	57,3 mg/l	112 mg/l
Sulfat	1976 mg/l	1797 mg/l
Nitrat	15,6 mg/l	

Tab. 11.
Ausgewählte hydrochemische Parameter zu tiefen Brunnen in Mailberg. Die Probenahme fand im Anschluss an einen Pumpversuch statt. Beim Brunnen auf Riede Rumpler hatte bei diesem die Förderrate 0,5 l/s betragen, aus dem Brunnen beim Schafflerhof waren 1,7 l/s gefördert worden (SCHUBERT, 2009: 91).

	Datum der Probenahme	Tritium	Sauerstoff-18 ($\delta^{18}\text{O}$)
Brunnen auf Riede Rumpler	02.08.2001	0,1 ± 0,1 TU	-9,98 ± 0,1 ‰
Brunnen auf Riede Rumpler	12.03.2002	1,2 ± 0,3 TU	-9,86 ± 0,1 ‰
Brunnen bei Schafflerhof	07.09.2001	0,7 ± 0,1 TU	-10,18 ± 0,1 ‰
Brunnen bei Schafflerhof	13.03.2002	3,2 ± 0,3 TU	-10,08 ± 0 ‰

Tab. 12.
Isotopendaten zu tiefen Brunnen in Mailberg (SCHUBERT, 2009: 91).

auch mehrere, z.T. historische Brunnenstandorte mit gespannten bzw. artesisch gespannten, tiefen Grundwässern bekannt, so in den Gemeindegebieten von Haugsdorf, Seefeld-Kadolz (nämlich in den Katastralgemeinden Seefeld und Großadolz), Wullersdorf (in Immendorf), Mailberg, Nappersdorf-Kammersdorf, Großharras (in Diepolz), Stronsdorf und Laa an der Thaya (in der Stadt selbst und in Wulzeshofen) (SCHUBERT, 1998: 55–59, 2009: 87–92). Aufgrund der Tiefe der erschlossenen Horizonte und des Lösungsinhaltes der angetroffenen Wässer ist anzunehmen, dass es sich um Tiefengrundwässer handelt, ein entsprechender Beleg durch Isotopenanalysen liegen aber nur in wenigen Fällen vor. Aufgrund ihrer mehr oder weniger hohen Mineralisierung sind diese Wässer zum Teil nur bedingt als Trinkwasser nutzbar, wobei zumeist der hohe Eisen- und Sulfatgehalt, in einem Fall auch die Fluor-Konzentration Probleme bereiten, wie im Folgenden näher ausgeführt wird.

Im Zentrum von **Haugsdorf** erschließt ein Brunnen in 94,80 bis 134,85 m Tiefe gespanntes Grundwasser in der Laa-Formation. Am 12.06.1965 lag dessen Ruhegrundwasserspiegel bei 1,10 m unter GOK (SCHUBERT, 1998: 56).

In den Ortsteilen **Seefeld** und **Großadolz** bestehen schon seit langem je ein öffentlicher Brunnen mit artesischem Überlauf, von denen sich vor dem Bau der zentralen Wasserversorgung die Einwohner ihr Wasser holten. Für den bereits in der Monarchie errichteten Kaiser-Franz-Josef-Brunnen in Seefeld liegen keine Unterlagen zu Bohrprofil und Ausbau mehr vor. Beim etwa 750 m weiter südöstlich gelegenen Arteser in Großadolz wird das Wasser in einer Tiefe von 170,0 bis 185,0 m unter GOK gefasst (SCHUBERT, 1998: 56, 2009: 88). Im Zuge der Errichtung der zentralen Wasserversorgung von Seefeld-Kadolz wurde südlich des Seefelder Brunnens eine Erkundungsbohrung abgeteuft (SCHUBERT, 2009: 88). Diese traf zwischen 18,0 und 18,6 m unter GOK einen ersten Wasser führenden Horizont an. Zwischen 125,0 m unter GOK und der Endteufe von 144,9 m wurde ein weiterer Grundwasserleiter aus Sand und Kies angefahren. In diesem wurde ein Filterrohr eingebaut. Der freie Überlauf des Artesers betrug 0,45 l/s, der statische Druckspiegel lag bei 4,5 m über Gelände. Bei einer Entnahme von 3,9 l/s sank der Grundwasserspiegel auf 33,70 m unter GOK.

Tabelle 10 gibt Auskunft über den Chemismus des Brunnens in Großadolz und den neu erschlossenen Brunnen in Seefeld. Der hohe Natriumgehalt dieser Wässer in Verbindung mit den geringen Kalzium, Magnesium- und Chlorid-Konzentrationen weist auf Ionenaustauschprozesse im Aquifer hin (siehe Kapitel „Der Begriff ‚Tiefengrundwasser‘“). Aufgrund eines erhöhten Fluorgehaltes von 2,7 bzw. 2,8 mg/l wurde das neu erschlossene Wasser in Seefeld nicht als Grundwasserspender für die zentrale Wasserversorgung herangezogen (SCHUBERT, 2009: 88).

In **Immendorf** (Gemeinde Wullersdorf) wurde in den 1960er Jahren für ein Versorgungsunternehmen ein 138,7 m tiefer Bohrbrunnen abgeteuft. Am 28. Februar 1965 stieg das Wasser 2,25 m über GOK. Die Filterstrecke dieses Artesers befindet sich etwa 70 bis 130 m unter GOK (SCHUBERT, 2009: 92). Nach dem geologischen Profil in ROETZEL (2009: 111–112) erschließt die Filterstrecke das artesisch gespannte Wasser in Sandlagen der Grund-Formation des unteren Badeniums.

Im Gemeindegebiet von **Mailberg** wurden in jüngerer Zeit tiefe Brunnen errichtet, zu denen neben hydrochemischen auch isotopenhydrologische Analysen vorliegen (Tab. 11, 12). Diese erschließen Wasser in der Laa-Formation. Der Brunnen auf Riede Rumpler ist 33 m tief und von 28 bis 32 m unter GOK verfiltert, der Brunnen beim Schafflerhof weist eine Endteufe von 45 m auf und ist zwischen 38 und 42 m unter GOK verfiltert. Am 12. März 2002 lag beim Brunnen auf Riede Rumpler der Ruhewasserspiegel bei 20,12 m unter GOK und im Brunnen beim Schafflerhof 16,92 m unter GOK. Während beide Brunnen bei der Beprobung im Sommer 2001 ältere Wässer mit einem sehr niedrigen Tritiumgehalt führten, zeigen die etwas höheren Tritiumgehalte der Proben im März 2002 eine Beimengung von jungem Wasser auf. Der Sauerstoff-18-Gehalt gibt keinen Hinweis auf einen kaltzeitlichen Anteil (SCHUBERT, 2009: 91–92).

Ende der 1950er Jahre wurde zur Versorgung der Gemeinde in **Kammersdorf** ein artesischer Brunnen mit einer Endteufe von 33 m errichtet (SCHUBERT, 2009: 89–90). Der Großteil des austretenden Wassers stieg aus einer Sandschicht in 24 bis 30 m Tiefe auf, zudem war ein Wasseraustritt aus einer Sandlage in 17 bis 18 m Tiefe zu verzeichnen. Der artesische Überlauf betrug 3 l/s, bei einer Absenkung von 3 m konnten 7 l/s gefördert werden. Zu einem 9 m daneben errichteten Tiefbrunnen – dieser ersetzt

Brunnen Kammersdorf	
pH-Wert	7,4
Leitfähigkeit	823 µS/cm
Gesamthärte	23,0 °dH
Karbonathärte	21,3 °dH
Eisen gesamt	0,5 mg/l
Ammonium	1,0 mg/l
Nitrat	< 3,0 mg/l

Tab. 13.
Ausgewählte Parameter des Rohwassers des neuen Brunnens in Kammersdorf (SCHUBERT, 2009: 90).

te den alten – liegt aus den 1980er Jahren eine chemische Analyse des Rohwassers vor (Tab. 13). Auffällig sind bei dieser Analyse der für tiefe Grundwässer typische erhöhte Eisen- und Ammoniumgehalt; beide Werte sind Resultat der reduzierenden Verhältnisse.

1 km südwestlich von **Diepolz** wurde nach Unterlagen aus den 1980er Jahren ein frei auslaufender, artesischer Brunnen errichtet, um eine Wildtränke bzw. einen Teich zu versorgen. Bei diesem betrug die Schüttung 1 l/s (SCHUBERT, 2009: 89). Nach Unterlagen aus den 1950er Jahren wurde in **Stronsdorf** für die Versorgung des Schlosses und des Schlossgartens ein artesischer Brunnen mit einer Endteufe von 60 m errichtet (SCHUBERT, 2009: 90).

In der Stadt **Laa an der Thaya** wurde für die dortige Brauerei bereits 1893 ein 237,8 m tiefer artesischer Brunnen erbohrt (Vitus-Brunnen I). Das erschlossene Wasser wurde anfangs für die Mälzerei genutzt, „da man auch damals schon festgestellt hat, dass es sich hier nicht um Brauwasser handeln würde“ (KÜHTREIBER, 1997: 25). Nach 1964 wurde dieses Wasser für die Produktion von Limonaden verwendet. 1975 erhielt der Vitus-Brunnen I die Anerkennung als „Natrium-Magnesium-Calzium-Hydrogenkarbonat-Sulfat-Heilquelle“ nach dem niederösterreichischen Heil- und Kurortgesetz. Wenige Meter neben dem Vitus-Brunnen I wurde der Vitus-Brunnen II errichtet. Dieser traf geringer mineralisiertes, aber ebenfalls artesisch gespanntes Wasser an, welches später für die Limonadenproduktion herangezogen wurde. Seither wird das Wasser aus dem Vitus-Brunnen I „durch eine sogenannte Umkehrrosmoseanlage zu einem exzellenten Brauwasser aufbereitet. [...] Das Wasser ist außerdem über 20.000 Jahre alt, und so fahren wir schon seit einer Reihe von Jahren mit diesem Tiefenwasser als Brauwasser“ (KÜHTREIBER, 1997: 26).

Auch in der Katastralgemeinde **Wulzeshofen**, nämlich in Pernhofen, wird schon seit langem tiefes Grundwasser erschlossen. In den 1940er Jahren wurde im Bereich einer Fabrik als Ersatz für einen alten Tiefbrunnen ein 475 m tiefer, artesischer Brunnen errichtet. Dabei wurden zwischen 160 und 422,8 m Tiefe mehrere Wasser führende Horizonte angefahren. Bei 263 bis 281 m Bohrtiefe war am Bohrkopf ein artesischer Überlauf festzustellen, der sich mit dem Bohrfortschritt, nämlich bei 290 m, leicht verringerte und bei Bohrtiefe 475 m verschwand. Nach Fertigstellung betrug der freie Überlauf aller Rohrtouren ca. 0,42 l/s. Anfang der 1980er Jahre wurde die Errichtung von drei neuen Brunnen bewilligt (Brunnen 3, 4 und 5); diese besitzen eine Endteufe von etwa 300 m, aus ihnen können 6,4 l/s gefördert werden. Zur selben Zeit bestanden bereits der Brunnen 1 mit einer Endteufe von 230 m und der 154 m tiefe Brunnen 2 (SCHUBERT, 2009: 88–89).

1.9 Großmugl

In Großmugl, Bezirk Korneuburg, also bereits südlich des Höhenzuges der „Hollabrunner Schotter“ (Hollabrunn-Mittelbach-Formation; Pannonium), sind ebenfalls tiefe Brunnen bekannt, die in der Laa-Formation (Karpatium) gespanntes bzw. artesisch gespanntes Grundwasser antrafen, nämlich die Brunnen I, II und III in Großmugl (SCHUBERT, 2009: 90–91). Der Brunnen I, mittlerweile ist hier das Wasserrecht erloschen, erschloss in einer Tiefe von 65 bis 71 m einen Horizont mit artesisch gespanntem Grundwasser. 1994 wies er eine Ergiebigkeit von 0,5 l/s auf. Die Endteufe des Brunnens II – dieser lieferte 1994 etwa 3 l/s – beträgt 100 m, wobei die Filterstrecke zwischen 63,5 m und 93,5 m unter GOK zu liegen kommt. Der 1994 errichtete Brunnen III ist 105 m tief, seine Filterstrecken befinden

	Brunnen II	Brunnen III
Entnahmedatum	01.03.1994	25.03.1997
pH	7,2	7,6
Leitfähigkeit	1.100 µS/cm	1.300 µS/cm
Gesamthärte	27,4 °dH	24,4 °dH
Karbonathärte	23,2 °dH	24,7 °dH
Kalzium	98 mg/l	84 mg/l
Magnesium	60 mg/l	55 mg/l
Ammonium	3,17 mg/l	5,56 mg/l
Nitrit	0,00 mg/l	0,00 mg/l
Nitrat	3 mg/l	2 mg/l
Phosphat	0,09 mg/l	0,15 mg/l
Chlorid	7 mg/l	7 mg/l
Sulfat	137 mg/l	226 mg/l
Eisen gesamt	0,78 mg/l	0,90 mg/l
Mangan	0,10 mg/l	0,00 mg/l
Schwefelwasserstoff	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar

Tab. 14.
Lösungsinhalte der Brunnen II und III in Großmugl nach SCHUBERT (2009: 90).

sich bei 6 bis 10 m, 31 bis 45 m, 53 bis 57 m und 83 bis 91 m unter GOK. Am 21. November 1994 lag sein Ruhewasserspiegel 0,9 m unter GOK. Zu den Brunnen der Wasserversorgung Großmugl gibt es zwar keine publizierten Isotopenanalysen, aufgrund der mächtigen Deckschichten und des Lösungsinhaltes ist jedoch zu erwarten, dass sie

zumindest in den tieferen Horizonten Tiefengrundwasser erschließen. Tabelle 14 enthält chemische Analysen zu den Brunnen II und III. Vor allem der deutliche Ammonium- und Eisengehalt zeigen reduzierende Verhältnisse auf – ein Hinweis auf Tiefengrundwasser.

2 Trinkbare Tiefengrundwässer in den Inneralpinen Becken

2.1 Steirisches Becken

Artesisches Wasser wurde im Steirischen Becken bereits in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts erschlossen. Seine Erschließungs- und Erforschungsgeschichte kann in ZETINIGG (1982) nachgelesen werden. Vor allem vermittelt aber diese Arbeit eine detaillierte Darstellung der jüngeren Erschließungssituation am Beginn der 1980er Jahre. Sie gibt Auskunft über Anzahl, Endteufe, Ergiebigkeit und Verwendung der Arteser, gegliedert nach Bezirken und Gemeinden. So erfasste ZETINIGG (1982: 44–54) in der Weststeiermark in den Bezirken Deutschlandsberg, Graz-Umgebung (West) und Leibnitz (West) insgesamt 105 artesische Brunnen mit einer Gesamtschüttung von 249 l/min, wobei die Brunnentiefe zwischen 17 und 172 m lag. Für die Oststeiermark mit den Bezirken Feld-

bach, Fürstenfeld, Graz-Umgebung (Ost), Hartberg, Leibnitz (Ost), Radkersburg und Weiz gibt er 1.528 artesische Brunnen mit einer Gesamtschüttung von 7.017 l/min an. Hier sind die Brunnen 15 bis 245 m tief. Seither ist die Entnahmemenge deutlich gestiegen; ZOJER et al. (2005: 452) erwarten für das Oststeirische Becken, Einzugsgebiet Rabnitz und Raab, eine aktuelle Gesamtentnahmemenge von 500 bis 600 l/s.

Im Folgenden werden die Hydrogeologie der Arteser im West- und Oststeirischen Becken getrennt dargestellt. Beim Weststeirischen Becken wird vor allem auf ZETINIGG (1973) zurückgegriffen. Zum Oststeirischen Becken lieferte das Projekt NANUTIWA (ZOJER et al., 2005) eine aktuelle Darstellung der Situation.

Bezirk	Gemeinde	Anzahl der genutzten Brunnen	Anzahl der versiegten oder verschlossenen Brunnen	Tiefe der Brunnen	Gesamte Schüttung (l/min)
Deutschlandsberg	Deutschlandsberg	1	0	56 m	6
	Frauental	3	0	112–135 m	9
	Groß St. Florian	19	6	35–150 m	28
	Preding	10	0	18–148 m	22
	Stainztal	12	6	34–138 m	17
	Rassach	0	5	28–172 m	0
	Wettmannstätten	9	2	42–105 m	33
Graz-Umgebung, West	Unterbergla	16	0	17–157 m	46
	Attendorf	5	0	52–88 m	8
	Dobl	5	0	102–108 m	10
	Eisbach-Rein	1	0	70 m	1
	Haseldorf	1	0	74 m	20
	Thal	1	0	17 m	6
	Unterprämstätten	1	0	128 m	1
Leibnitz, West	Wundschuh	2	0	93 m	2
	Zwaring-Pöls	5	0	39–80 m	7
	Gleinstätten	3	0	27–100 m	9
	Pisdorf	1	0	67 m	1
	St. Andrä-Höch	6	0	25–100 m	11
	St. Nikolai i. S.	4	0	58–126 m	11

Tab. 15.
Übersicht zu den artesischen Hausbrunnen im Weststeirischen Becken nach ZETINIGG (1982: 52–54).

2.1.1 Weststeirisches Becken

Band 26 der Berichte der Wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung (ZETINIGG, 1973) befasst sich eingehend mit den artesischen Brunnen der Südweststeiermark, welche in dieser Arbeit auch in ihrer Lage wiedergegeben werden. Die in Abbildung 16 und in der beiliegenden Themenkarte in diesem Bereich dargestellten Arteser gehen auf diese Studie zurück. Diesem Bericht liegt eine umfassende, in den Jahren 1970 bis 1973 durchgeführte Bestandsaufnahme zugrunde. Aus ihr geht die wasserwirtschaftliche Bedeutung dieser Vorkommen für die Region klar hervor.

Nach ZETINIGG (1973: 52) sind innerhalb der Florianer Schichten (Badenium) mehrere artesische Stockwerke ausgebildet. Aufgrund der dargestellten geologischen Situation darf angenommen werden, dass es sich bei den hier erschlossenen Wässern zumindest zum Teil um echte

Tiefengrundwässer handelt. In der genannten Publikation sind aber keine Isotopenanalysen enthalten, die das bestätigen würden.

Tabelle 15 enthält eine Übersicht zu Anzahl, Endteufe und Gesamtschüttung der Brunnen im Weststeirischen Becken nach ZETINIGG (1982: 52–54). In dieser Arbeit wurden im Weststeirischen Becken schon mehr Arteser statistisch erfasst als noch in ZETINIGG (1973) verortet wurden.

2.1.2 Oststeirisches Becken

Im Oststeirischen Becken und dessen Übergang zum Westpannonischen Becken (Südoststeiermark und Südburgenland) kommt den Tiefengrundwässern eine besondere wasserwirtschaftliche Bedeutung zu. Dieser Raum zeichnet sich durch das weiträumige Auftreten von gespannten bis artesisch gespannten Tiefengrundwässern aus.

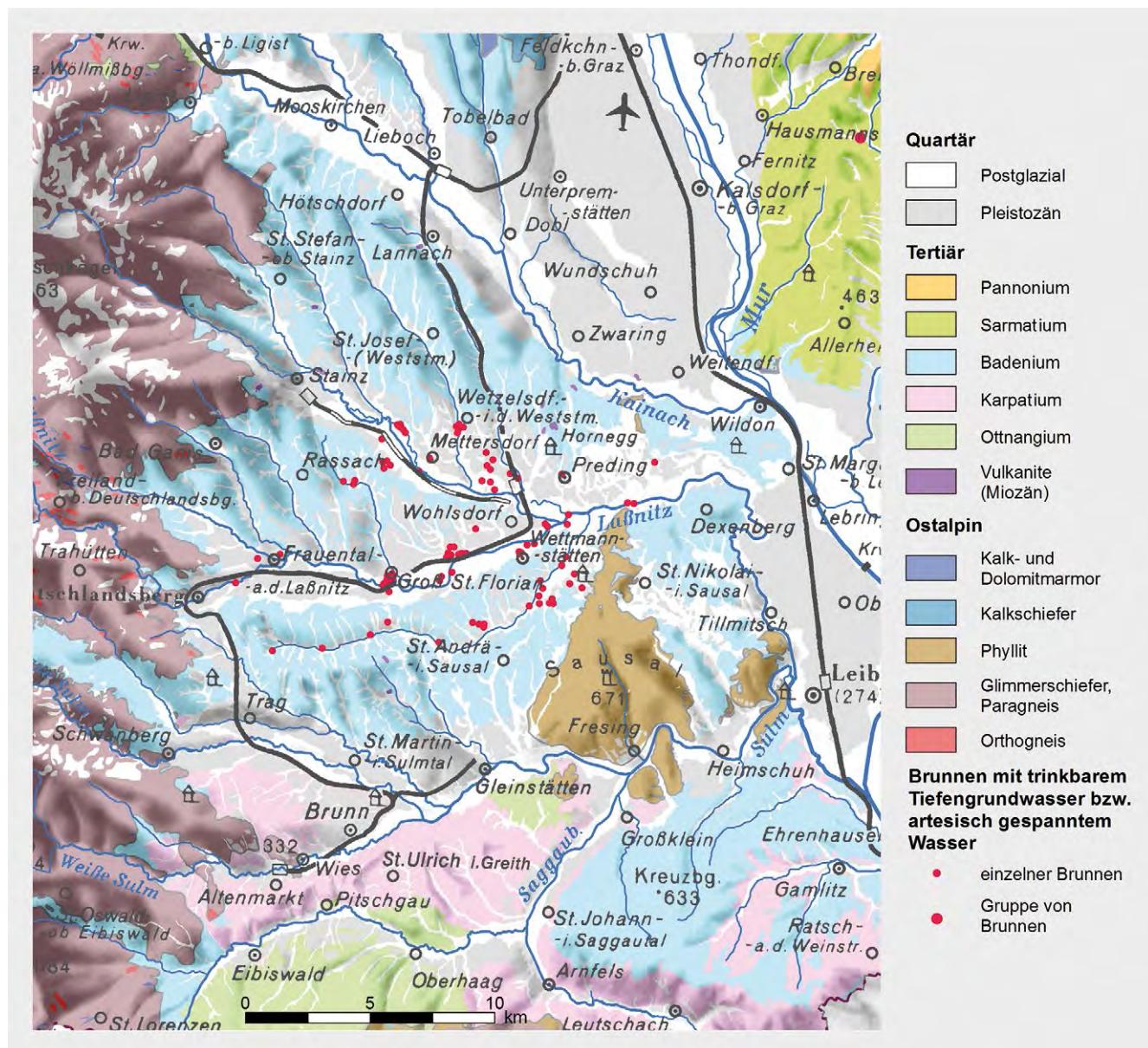


Abb. 16.

Übersichtskarte zu den artesisch gespannten Grundwässern im Weststeirischen Becken. Die geologische Ebene basiert auf den an der Geologischen Bundesanstalt in Bearbeitung befindlichen GEOFAST-Karten, die Brunnen stammen aus ZETINIGG (1973). Es ist zu erwarten, dass aktuell mehr Arteser genutzt werden als seinerzeit in dieser Übersichtsarbeit erfasst wurden.

Zum einen werden diese durch hunderte kleine Hausbrunnen und zum anderen aber auch durch leistungsfähige Brunnen der zentralen Wasserversorgung sowie für gewerblich-industrielle Zwecke erschlossen. In jüngster Zeit war jener Teil dieses Raumes, der im Einzugsgebiet der Rabnitz und Raab zu liegen kommt (Gruppe von Tiefengrundwasserkörpern Oststeirisches Becken, Einzugsgebiet Rabnitz und Raab), Gegenstand einer umfangreichen hydrogeologischen Studie: Im Rahmen des Projekts „Hydrogeologische Grundlagen für eine nachhaltige Nutzung der Tiefengrundwässer im Bereich des Oststeirischen und Pannonischen Beckens“ (NANUTIWA) wurde zu diesen Tiefengrundwässern umfangreiches Informationsmaterial zusammengetragen und in Form von Datenbanken sowie eines umfassenden Projektberichtes dokumentiert (ZOJER et al., 2005). Die in dieser Studie ermittelte Gesamtentnahmemenge von Tiefengrundwässern unterstreicht deren Bedeutung für die Wasserversorgung dieses Raumes. Basierend auf Einzelmessungen ermittelten ZOJER et al. (2005: 449) eine Entnahmemenge von insgesamt mindestens 473,1 l/s. Diese setzt sich zusammen aus Entnahmen aus offenen Systemen (freier Überlauf, vorwiegend aus Hausbrunnen) im Gesamtausmaß von 253,5 l/s und Entnahmen aus geschlossenen Systemen (Pumpentnahmen, vorwiegende zentrale Versorgungen) von insgesamt 219,5 l/s. Vermutlich wird die tatsächliche Gesamtentnahmemenge noch etwas höher liegen, nämlich bei etwa 500 bis 600 l/s, da in der Studie nicht alle Nutzungen erfasst werden konnten (ZOJER et al., 2005: 452).

Die im vorliegenden Kapitel wiedergegebenen Informationen stammen großteils aus der genannten Studie von ZOJER et al. (2005). Nur für jenen Teil des Oststeirischen Beckens, der bereits außerhalb des Projektgebietes dieser Studie zu liegen kommt, wurde auf GRÄF et al. (1981) sowie die siedlungswasserwirtschaftlichen Erhebungen der 1980er Jahre (BÜRO KAUDERER, 1986) zurückgegriffen – das betrifft vor allem die in Abbildung 17 und der beiliegenden Themenkarte dargestellten artesischen Brunnen.

Die Tiefengrundwasser führenden Sedimente

Im Oststeirischen Becken sind die trinkbaren Tiefengrundwässer in der Hauptsache an poröse, sandig-kiesige Horizonte innerhalb der ansonsten schluffig-tonigen Sedimente des Pannoniums und Sarmatiens, in denen sich ein entsprechendes piezometrisches Niveau aufbauen konnte, gebunden (ZETINIGG, 1982: 12). In beckenrandnaher Position sind vergleichbare Verhältnisse auch innerhalb des Karpatiums und Badeniens anzutreffen, wie auch aus den Abbildungen 17 und 18 hervorgeht.

ZOJER et al. (2005: 101–136) erläutern die wichtigsten neogenen Sedimente des Oststeirischen Beckens und ihre Bedeutung für die Grundwasserführung. Die Autoren beziehen sich dabei bezüglich der stratigraphischen Verhältnisse vor allem auf die Arbeiten von KOLLMANN (1964), EBNER & SACHSENHOFER (1991) und GROSS (2000). Hinsichtlich weiterführender Literatur zur Sedimentationsgeschichte des Beckens sei auch auf den Exkursionsführer von GROSS et al. (2007) aufmerksam gemacht. Innerhalb der Sedimente des Ottangiums können ZOJER et al. (2005: 111) zufolge nur „im Bereich der Beckenränder [...] lokal wasserführende grobklastische Schwemmfächer und Deltaschüttungen sowie kohleführende Sedimente existieren“. Im Karpati-

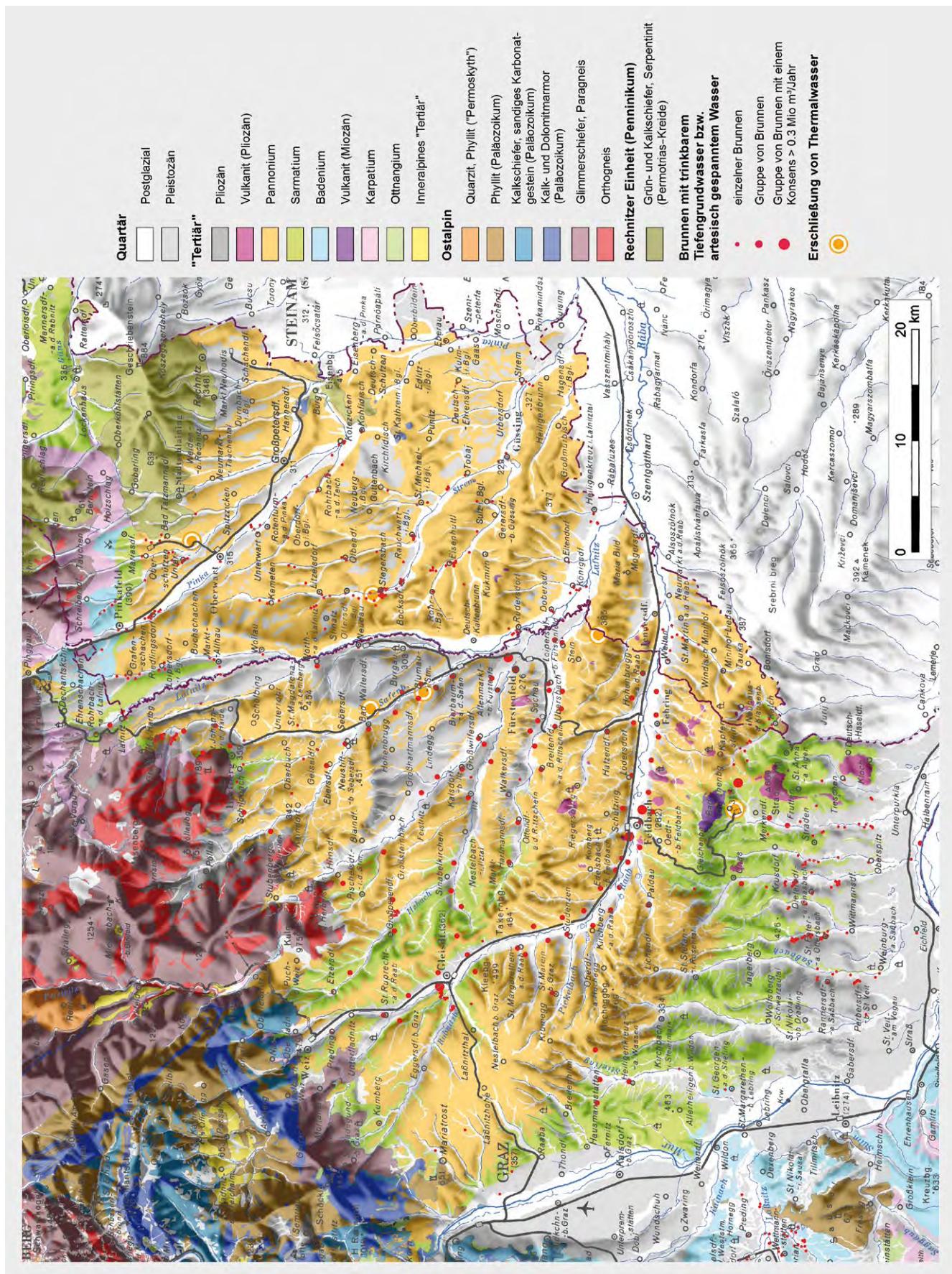
Abb. 17.

Übersichtskarte zu den trinkbaren Tiefengrundwässern bzw. artesisch gespannten Wässern im Oststeirischen Becken. Die geologische Information basiert auf den an der Geologischen Bundesanstalt in Bearbeitung befindlichen GEOFAST-Karten, die Brunnen sind aus ZOJER et al. (2005) sowie KOLLMANN (1986), BÜRO KAUDERER (1986), SCHUBERT et al. (2003) und ZETINIGG (1973). ►

um ist in den Kies- und Sandlagen der Sinnersdorf-Formation eine Wasserführung denkbar. Bei dieser handelt es sich um einen Schuttsaum des Grundgebirges in der Friedberger-Pinkafelder Bucht (ZOJER et al., 2005: 112–113). Innerhalb des Badeniens ist die Tauchen-Formation hervorzuheben. In der Bucht von Friedberg und Pinkafeld erreicht sie eine Mächtigkeit von etwa 200 m. An ihrer Basis führt sie Kohleflöze, auf die tonig-schluffige Schichten, Sand- und Kieslagen sowie Sandsteinbänke folgen. Im Raum Gfangen und Pinkafeld wurden in ihrem Verbreitungsgebiet einige ergiebige Brunnen errichtet, darunter auch Brunnen des WLV Südliches Burgenland 1 (ZOJER et al., 2005: 114).

Zwischen Graz und Tatzmannsdorf tritt am Beckenrand ein Saum von Ablagerungen des Sarmatiens auf. Dieser ist im Westen (etwa zwischen Graz und Weiz) limnisch-fluviatil bis brackisch und im Osten marin ausgebildet. Dabei ragen zwei Grundgebirgssporne mit sarmatischer Bedeckung nach Süden, nämlich bei Gleisdorf und bei Hartberg. Im Umfeld von Weiz finden die etwa 200 m mächtigen, Kohle führenden Schichten von Weiz Verbreitung, welche dem oberen Sarmatium bzw. Pannonium A/B zuzurechnen sind. Nach Westen schließen die ebenfalls Kohle führenden Rollsdorfer Schichten an. Im Osten wurden die im oberen Sarmatium bis Pannonium C sedimentierten, 250 m mächtigen Pucher Schotter abgelagert, die einen progradierenden alluvialen Fächer darstellen. Südlich der Kohle führenden Schichten von Weiz tritt im Bereich von Fünfing und Arnwiesen ein Sedimentpaket des oberen Sarmatiens auf, das in seinem Hangendanteil aus einer bis zu 150 m mächtigen Abfolge aus feinsandigem Ton mit nach oben häufiger werdenden Kies- und Grobsandeinschaltungen bestehen. Im Umfeld von Hartberg (bei Löffelbach, Schildbach und Grafendorf) sind in grundgebirgsnaher Position sarmatische Karbonate anzutreffen. Weiter östlich am Beckenrand, im Umfeld von Pinkafeld, ist das Sarmatium hauptsächlich als Grobsande und Kiese entwickelt. Im südlichen Gnaser Becken und südlich des Gleichenberger Vulkanmassivs kamen die bis 30 m mächtigen und 5° bis 7° gegen die Beckenachse einfallenden Carinthischen Schotter zur Ablagerung, die in das obere Sarmatium gestellt werden (im NANUTIWA-Gebiet, d.h. in jenem Teil des Oststeirischen Beckens, der zur Rabnitz und Raab hin entwässert, treten diese meist in einer Tiefe unter 350 m auf und sind hier daher von untergeordneter Bedeutung; ZOJER et al., 2005: 259). Über diesen liegen tonig-mergelige und sandige Sedimente mit Einschaltungen von Kiesen und teilweise oolithischem Kalksandstein. Zwischen Feldbach und Gleichenberg sind im Sarmatium mehrere Schotterlagen entwickelt, u.a. die Mühldorfer Schotter (ZOJER et al., 2005: 115–120).

Die größte wasserwirtschaftliche Bedeutung kommt im NANUTIWA-Gebiet aber den Sedimenten des Pannoniums zu. Hier wird von ZOJER et al. (2005: 121–131) auf folgende Sedimente hingewiesen: Kohle führende Schichten von Weiz (oberes Sarmatium bzw. Pannonium A/B), Pucher Schotter (oberes Sarmatium bis Pannonium C; siehe oben), Kapfensteiner Schotter, Kirschberger Schotter,



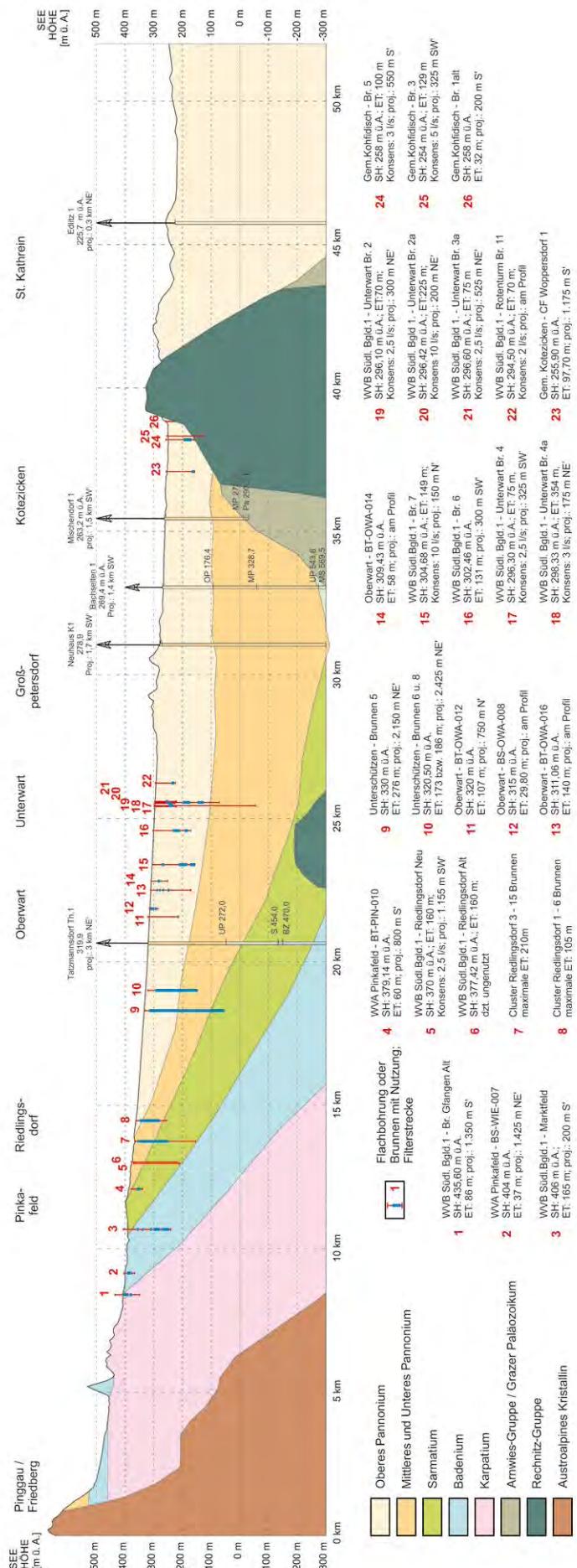


Abb. 18.

Geologischer Schnitt durch das Oststeirische Becken mit ausgewählten Bohrprofilen, verändert nach ZOJER et al. (2005: Schnitt A des geologisch-tektonischen Arbeitsmodells).

Karnerberger Schotter, Schemerl Schotter und Hängeschotter (alle Pannonium C). Den fünf letztgenannten, oft flächig verbreiteten Schottern sind feinklastische limnische Serien mit lokalen Kohle- und Lignitflözen eingeschaltet. Grundgebirgswärts nimmt ihre Mächtigkeit unter teilweiser Verschmelzung der Niveaus zu. Dabei bilden die Kapfensteiner Schotter eine fast durchgehende Schotterplatte über dem Pannonium B. Sedimente des Pannonium D und E werden im NANUTIWA-Gebiet nur im Bereich der Südburgenländischen Schwelle angetroffen (Schichten von Loipersdorf, Unterlamm und Stegersbach). Sie bestehen aus einer Wechselfolge von Sanden, Tonen und Lignit mit vereinzelten Kieslagen. In der Tiefbohrung Jannersdorf 1 beträgt ihre Mächtigkeit 134 m, in Litzelsdorf 100 m. Pannonium F, G und H existiert vor allem im Osten des Beckens über der Südburgenländischen Schwelle. Diese Schichten bestehen aus Sanden, Tonen, Mergeln, Süßwasserkalken und Kiesen. Hervorzuheben sind die Taborer Schotter. Ihr Hangendes bilden die 150 m mächtigen Tone und Feinsande der Schichten von Jannersdorf. In der Friedberger-Pinkafelder Bucht ist das obere Pannonium als bis zu 200 m mächtige Abfolge aus Feinsanden, Schluffen und Quarzkleinschottern entwickelt.

ZOJER et al. (2005: 131) stellen fest: „Die in manchen Arbeiten stark vereinfachte Darstellung des Sedimentaufbaues bildet zwar eine wesentliche Grundlage für das Verständnis der sedimentologischen Abläufe im NANUTIWA-Gebiet, stellt jedoch keine hinreichende Basis für die Darstellung eines hydrogeologischen Untergrundmodells dar. Zum Teil als großflächig vorhanden bezeichnete, einförmige Lagen existieren im NANUTIWA-Gebiet wohl nur in kleinen Teilbereichen und sind daher nicht kritiklos in eine wasserwirtschaftliche Betrachtung übertragbar.“ Weiters führen die Autoren dazu aus (ZOJER et al., 2005: 263–264): „Im Untersuchungsgebiet dominieren im Gegensatz dazu Wechsellagerungen von durchlässigen und minderdurchlässigen Horizonten, die sich durch das rasch ändernde Sedimentationsgeschehen im Miozän begründen. Derartige Wechsellagerungen sind im Zentimeter, Meter- und Zehnermeterbereich bekannt und treten im gesamten Untersuchungsraum auf.“ Oft ist über weitere Bereiche auch die Informationsdichte zu gering, „um aus geologischer Sicht mehrere Systeme differenzieren zu können“. Zudem zeigen reflexionsseismische Profile oft auch Verwürfe von Wasserführenden Schichten auf. Daher wurden im hydrogeologischen Arbeitsmodell des Projekts die Grundwasserführenden neogenen Sedimente als ein zusammenhängendes, mächtiges, regionales Aquifersystem aufgefasst. Das Aquifersystem wurde als eine einzige Wechselfolge von durchlässigen und minderdurchlässigen Horizonten angenommen, in dem keine mächtigen Grundwasserhorizonte bzw. mächtigen feinklastischen Grundwasserstauer zu unterscheiden sind. Dies fand auch im einheitlichen Potenziallinienplan seine Bestätigung.

Kleinräumig konnte aber für einige psammitische Schichtglieder ihre Lage im Raum bestimmt werden, so für die oolithischen Kalksandsteine des oberen Sarmatiens und die Kapfensteiner Schotter. Zudem kann gesagt werden, dass die Schichten generell gegen das Beckenzentrum leicht einfallen, wobei für das westliche, nördliche und zentrale Untersuchungsgebiet ein Schichtfallen von 1° bis 5° gegen Süden bis Osten und für den Bereich des Safentals und Ilzbachtals eine beinahe söhlige Lagerung besteht. Das durchschnittliche Einfallen im NANUTIWA-Gebiet beträgt 2° (ZOJER et al., 2005: 258–263).

Die Auswertung der geeigneten Bohrprofile ergab für den Teufenabschnitt 0 bis 350 m unter GOK eine Aquifertomächtigkeit von durchschnittlich 60 m. Besonders hohe Nettomächtigkeiten (70–106 m) waren am Südrand der Friedberger Bucht, im Bereich des Lafnitztales und im Raum Jennersdorf zu verzeichnen (ZOJER et al., 2005: 266–267). Im Bereich bis 200 m unter GOK ergab die geostatistische Auswertung der Sand-/Tonverhältnisse der Bohrprofile einen besonders hohen Aquiferanteil, d.h. einen hohen Anteil an Psammiten im Gebiet zwischen dem oberen Lafnitz- und dem oberen Pinkatal sowie in der Umgebung von Jennersdorf (ZOJER et al., 2005: 246).

Die Auswertung der vorliegenden Ruhegrundwasserspiegel der gespannten Wässer ergab im Projektgebiet ein generelles NW–SE Potenzialgefälle. Aufgrund zahlreicher Pumpversuchsdaten wurden k_f -Werte im Bereich von $7,82 \cdot 10^{-4}$ bis $1,30 \cdot 10^{-6}$ m/s und Transmissivitäten des er-schlossenen Aquiferabschnitts im Bereich von $6,65 \cdot 10^{-3}$ bis $1,16 \cdot 10^{-5}$ m²/s ermittelt (ZOJER et al., 2005: 175, 231–233). Als regionaler Durchschnittswert der Abstandsge-schwindigkeit werden für den Modellraum 20 m/Jahr er-rechnet (ZOJER et al., 2005: 273).

Bezüglich der Grundwassererneubildung wird der Versicke- rung von Flusswasser eine hohe Bedeutung beigemessen. Dies geht zum einen aus der mehrmals gegebenen Kor- relation von Flusstiegelständen mit benachbarten Tiefen- grundwassersonden hervor. Im beckenrandnahmen Bereich des Lafnitztales konnte am 9. Juli 2003 zudem ein Ver- lust der Lafnitz von 120 l/s nachgewiesen werden (ZOJER et al., 2005: 314–320). Die beckenrandnahe Grundwas- sererneubildung spiegelt sich im erstellten Grundwassermo- dell wider. Zwischen Beckenrand und mittlerer Höhe des Aquifersystems nimmt zuerst der Gesamtdurchfluss auf

1.398 l/s zu, um stromabwärts aufgrund von Grundwasser- austritten und Abströmung in tiefere Horizonte sowie wei- teren Entnahmen wieder stark abzunehmen. (ZOJER et al., 2005: 274–278).

Die Beschaffenheit der Wässer

Im Rahmen des Projekts NANUTIWA (ZOJER et al., 2005) wurde eine umfangreiche Datenbank erstellt, die auch hydrochemische und isotopenhydrologische Analysen ent-hält. Das Projektgebiet umfasste den zur Raab und Rab- nitz entwässernden Anteil des Steirischen Beckens, nicht aber jenen im Einzugsgebiet der Mur. Es sind daher u.a. der an Artesern reiche Bezirk Radkersburg und der Süden des Bezirks Feldbach nicht berücksichtigt. In den Tabel- len 16 und 17 ist eine Auswahl der vollständigen Analysen zu den gespannten Wässern im Projektgebiet wiedergege- ben – größtenteils handelt es sich dabei um Tiefengrund- wässer, wie die Tritiumwerte in Tabelle 17 zeigen. Zur Hy- drochemie und Isotopenhydrologie der im Einzugsgebiet der Mur liegenden Arteser liegt keine zusammenfassende Studie vor.

Bezüglich des Lösungsinhaltes der gespannten Wässer im NANUTIWA-Gebiet lassen sich folgende Gemeinsamkei- ten zusammenfassen (ZOJER et al., 2005: 391–429): Die Leitfähigkeit dieser Wässer kommt größtenteils zwischen 300 und 700 µS/cm zu liegen. Geringere elektrische Leit- fähigkeiten sind gehäuft im oberen Lafnitz- und Pinkatal zu verzeichnen, so z.B. im Bereich Pinkafeld, wo Werte um 150 bis 200 µS/cm typisch sind, was als Hinweis auf rasch zirkulierende Grundwassersysteme gewertet wird. Die höchsten Leitfähigkeiten bei den für Trinkwasserzwecke genutzten Brunnen betragen um 1.000 µS/cm; derar- tige Vorkommen treten im unteren Lafnitztal gehäuft auf.

Bei den Kationen dominieren im Allgemeinen Natrium und Kalzium, wobei das Na⁺/Ca²⁺-Verhältnis mit fort- schreitender Genese zunimmt. Dies ist in der Gegend von Stegersbach gut zu beobachten, wo im Norden eine Zone mit Ca²⁺-Dominanz ausgebildet ist. Nach Südosten zu zeigt eine Zunahme des Na⁺-Gehaltes die fortschreiten- de Genese an. Bei den Anionen ist allgemein eine Domi- nanz von Hydrogenkarbonat festzustellen, hingegen sind die Gehalte an Chlorid (zumeist < 10 mg/l) und Sulfat in der Regel gering.

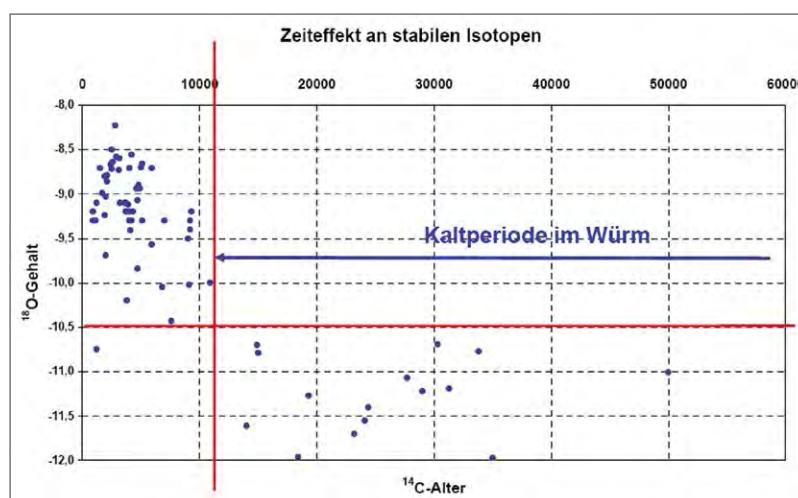


Abb. 19.
Zusammenhang Sauerstoff-18-Gehalt ($\delta^{18}\text{O}$ in ‰ SMOW) und Kohlenstoff-14-Alter (Jahre) im NANUTIWA-Projektgebiet aus ZOJER et al. (2005). Zur Erläuterung, siehe Text.

Brunnen-ID	Gemeinde	Endteufe (m unter GOK)	Datum der Probe- nahme	T (°C)	pH	elek. Leitfähig- keit (µS/cm)	Gesamt- härte (°dH)	Karbonat- härte (°dH)
1010	Grafenschachen	60	10.05.1979	11,3	6,15	177		4,2
1011	Grafenschachen	35	05.10.1979	11,3	7	144		2,4
1012	Grafenschachen	60,5	19.05.1980	11,5	6,3	140	3,6	
1013	Grafenschachen	64	10.05.1979	12,4	6,55	240		
1014	Markt Allhau	73,5	30.04.1981	12,3	6,5	350	11,4	11,3
1035	Oberschützen	110	28.08.1978	13	7,4	480	7,4	7,2
1036	Oberschützen	275	23.08.1978	25,7	8	490	2,8	
1058	Unterwart	75	07.06.1979	11,9	8,05	255	8,7	8,7
1059	Unterwart	75	07.06.1979	11,7	7,88	380	13,7	13,7
1119	Wiesfleck	110	22.10.1985	11,6	7,7	402	13,2	
1120	Pinkafeld	86	31.08.1985	10,1	6,55	213	6,1	
1297	Ollersdorf im Burgenland	82	26.07.1978	14,4	7,5	485	18	18,1
1298	Stegersbach	70	25.07.1978	12,1	7,4	460	20,1	17,8
1305	Bocksdorf	48	28.04.1976	11,7	6,9	445	11,33	14,16
1306	Bocksdorf	29	28.04.1976	11,6	7	508	15,81	17,03
1307	Bocksdorf	69	27.04.1976	12,2	7	493	14,58	16,19
1308	Bocksdorf	42	27.04.1976	12,1	6,9	476	13,4	15,49
1309	Bocksdorf	46	27.04.1976	12,25	7,1	465	12,67	15
1310	Bocksdorf	29	27.04.1976	12,15	7	507	15,76	16,82
1311	Bocksdorf	42	27.04.1976	12,05	6,9	453	12,67	15,21
1319	Rohr im Burgenland	64	29.04.1976	12,4	6,8	487	13,4	15,46
1322	Kukmirn	30,7	04.05.1976	12,1	7,1	602	20,2	18,2
1323	Kukmirn	90	04.05.1976	13,3	7,2	625	15,3	21
1326	Kukmirn	60	04.05.1976	12,1	7,1	572	18,4	19,49
1328	Kukmirn	12	04.05.1976	11,6	7,1	601	18,9	20,19
1331	Heugraben	100	17.05.1976	13,3	7,2	439	8,4	14,37
1334	Heugraben	86	17.05.1976	12,7	7,2	446	9,1	14,34
1335	Litzelsdorf	2436	27.07.1983	17	7,85	333	7,9	10,55
1340	Olbendorf	42	18.05.1976	11,8	7,2	575	19,2	19,28
1349	Mischendorf	65	19.05.1976	12,2	7,3	596	19,6	19,84
1351	Mischendorf	182	19.05.1976	12	7,2	639	21,9	21,59
1353	Mischendorf	293	17.06.1976	11,75	6,9	533	16,1	17,6
1362	Tobaj	95	15.06.1976	14	7,2	812	20,1	26,7
1364	Stegersbach	78	16.06.1976	13,25	7,1	560	18,1	19,2
1365	Stegersbach	76	16.06.1976	13,45	7	514	23,2	17,2
1399	Litzelsdorf	145	09.08.1983	15,6	7,35	398	12,1	13,2
1459	Güttenbach	96	12.08.1982	15,5	7,25	400	10,4	
1487	Stegersbach	64	25.07.1978	12,1	7,7	470	18,3	18,3
1489	Ollersdorf im Burgenland	85	25.07.1978	13	7,7	420	16,4	16,5
1491	Stegersbach	30	26.07.1978	12,7	7,5	480	18,6	18,5
1494	Ollersdorf im Burgenland	83	26.07.1978	13,2	7,6	470	17,9	18,1
1499	Litzelsdorf	22	01.08.1978	11,5	7,7	395	23,9	15,7

Tab. 16.

Teil 1: Ausgewählte hydrochemische Analysen zu den gespannten Wassern des oststeirischen Beckens aus der PRODATA-Datenbank (ZOJER et al., 2005).

O ₂ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)
7,5	1,1	13	6,4			92,7	11,9	1,1	4,1	1,5	0,04
5,8	1,3	6,5	5,9			52,3	22,5	0,7	1,1	2	0
9,9	1,36	17,6	4,9			87,3	12,8	1		1	0
9,1	1,5	8,1	8,9			90,9	8,2	0,7	0,8	1,5	0,01
9,1	0,3	66,5	9,24	0,5		247	19,1	2,9		0,25	0,15
85	3	32	26			156	34,5	27	1,2		
89,9	2,7	15	3,2			61,6	20	12,07	13,6	0	
8,4	0,31	42,1	11,6	0,15		196	1	8	0		
8,7	0,02	72,5	16	0,15		305	3,8	8,1	0		
11,7	2,05	83	10,7	0,075		308,1	28	1	2	2,2	0,25
6,95	1,76	25,78	9,82	0		116,6	26,15	1,5	0	5	0,22
8	1,6	52	61			395	9	2	3,1		
4,4	1,2	69	45			389	11,5	3,266	1,9		
28	2,5	60,1	12,6			308	11	1,8		0,5	
15	2,5	77,8	21,4			371	11	1,6		0,04	
18,3	2,6	79	15,3			352	11,5	1,8		0,03	
21,5	2,7	72,1	14,3			337	10	1,8		0,03	
23	2,7	64,9	15,6			326	9	2,1		0,02	
1,3	15,3	2,7	87	15,6		366	14	1,8		0,05	
23	2,5	70,9	11,9			331	5	1,8		0,02	
19	2,4	58	23			337	7	1,4		0,05	
0,8	13	2,4	80	39	0,4	397	62	1,8	0	0,55	
0,7	52	3,7	81	20	0,6	458	12	11	0	0,55	
	14,5	2,8	82	30		424	8	1,8	5,9	0,09	
	12,6	2,5	79	34		439	6	1,4		0,14	
0,9	54	2,5	45	9		313	9	2,1	1,8	0,02	
	51	2,6	47	11		312	23	1,8		0,13	
	30	1,32	43,5	8	1	230	8	1	10		0,1
0,75	13,4	2,6	80	35		420	17	1,8	14,1	0,06	
	16	2,6	84	34		432	27	2,1	2,8	0,07	
	15	2,7	94	38		470	29	2,1	11,2	0,09	
	14,5	2,2	71	27		383	7	1,4		0,2	
1,5	67	3,2	91	32		583	13	12,4		0,17	
	12,5	2,4	75	33		420	8	0,4		0,05	
	12	2,2	108	35		375	130	1,3		0,07	
	15,5	1,39	67,3	11,7	0,06	288	10,7	1,2	15,3		0,2
	27,5	1,9	74	14,5	1	355	8	1,9	1,9		0,25
7,586207	1,5625	74,7495	57,42093			398,7805	21,5	3,408	3,10559		
7,586207	1,5625	61,52304	48,6618			359,1463	15	3,976	0,621118		
5,747127	1,5625	32,26453	49,75669			347,561	7,5	3,266	1,863354		
8,045977	1,5625	29,85972	58,88078			393,2927	13	2,414	3,10559		
6,206897	1,171875	87,97595	51,45985			341,4634	17,5	3,55	1,242236		

Brunnen-ID	Gemeinde	Endteufe (m unter GOK)	Datum der Probe- nahme	T (°C)	pH	elek. Leitfähig- keit (µS/cm)	Gesamt- härte (°dH)	Karbonat- härte (°dH)
1500	Litzelsdorf	211	01.08.1978	13,6	7,5	485	25,7	18,7
1505	Jabing	118	03.08.1978	14,7	7,9	410	14,4	14,4
1509	Litzelsdorf	60	21.08.1978	12,6	7,6	390	18,9	15,6
1511	Königsdorf	104	23.03.1982	14,7	7,99	362	5,3	12
1520	Königsdorf	75	24.03.1982	14	7,97	374	8,4	12,4
1524	Rudersdorf	130	24.03.1982	14	7,99	452	5,3	14,82
1526	Rudersdorf	75	30.03.1982	12,5	8,03	417	6	13,67
1528	Eltendorf	85	30.03.1982	12,7	8,05	442	5	14,7
1530	Rudersdorf	93	25.03.1982	13	7,88	354	5,7	11,2
1539	Rudersdorf	128	26.03.1982	13,5	7,98	354	3,8	11,4
1541	Rudersdorf	127	26.03.1982	13	7,99	373	5	11,8
1759	Mischendorf	60,66	17.06.1976	12,35	6,8	514	15,2	17,4
1761	Mischendorf	53	17.06.1976	12,35	7	538	16,1	18
1920	Neuhaus am Klausenbach	80,2	30.07.1985	19,5	6,8	530	23,9	23,5
1921	Neuhaus am Klausenbach	41,3	30.07.1985	16,3	6,9	520	24,1	22,7
1953	Königsdorf	81	24.03.1982	13,9	7,96	373	9,3	12,4
6040604	Breitenfeld an der Rittschein	107	15.01.2000	10,7	8,06	414	6,49	6,49
6041006	Fehring	63	12.01.2000	9,6	7,89	425	12,73	12,73
6041018	Fehring	85	12.01.2000	11,8	7,85	438	13,47	13,47
6041019	Fehring	87	12.01.2000	13,4	7,82	433	12,63	12,63
6041021	Fehring	99	13.01.2000	12,7	7,78	453	13,44	13,44
6041022	Fehring	64	13.01.2000	12,4	7,73	440	12,37	12,37
6041023	Fehring	125	14.01.2000	13,2	7,68	451	14,56	14,56
6041024	Fehring	80	14.01.2000	12,1	7,72	418	12,26	12,26
6041025	Fehring	80	15.01.2000	12,5	7,75	444	13,33	13,33
6041026	Fehring	70	16.01.2000	11,8	7,86	447	13,77	13,77
6041028	Fehring	80	16.01.2000	11,3	7,77	446	12,98	12,98
6042107	Hohenbrugg-Weinberg	60	16.01.2000	12,1	7,45	559	18,86	18,86
6042110	Hohenbrugg-Weinberg	80	16.01.2000	12,2	7,79	489	15,34	15,34
6042111	Hohenbrugg-Weinberg	90	16.01.2000	12,1	7,76	491	15,43	15,43
6042113	Hohenbrugg-Weinberg	63	16.01.2000	11,8	7,75	501	16,08	16,08
6042114	Hohenbrugg-Weinberg	60	16.01.2000	10,2	7,78	496	15,06	15,06
6042402	Kapfenstein	79	13.01.2000	10,4	7,92	418	13,64	13,64
6042403	Kapfenstein	100	13.01.2000	11,4	7,39	499	16,23	16,23
6042404	Kapfenstein	56	13.01.2000	10,8	7,71	433	13,21	13,21
6042406	Kapfenstein	28,5	13.01.2000	10,5	7,35	600	20,71	20,05
6070201	Buch-Geiseldorf	25	16.07.1980	12,4	7,6	330	7,1	7,1
6074824	Bad Waltersdorf	63	20.10.1986	13	7,4	483	6,7	6,7
6074825	Bad Waltersdorf	76	20.10.1986	14,2	7,4	515	6,1	6,1
6074827	Bad Waltersdorf	80	20.10.1986	13,9	7,4	522	6,85	6,85
6074828	Bad Waltersdorf	45	20.10.1986	12,4	7,4	415	5,8	5,8

Tab. 16.
Teil 2: Ausgewählte hydrochemische Analysen zu den gespannten Wässern des Oststeirischen Beckens aus der PRODATA-Datenbank (ZOJER et al., 2005).

O ₂ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)
8,965517	1,5625	84,96994	59,85402		406,7073	13	3,408	2,484472			
12,41379	1,5625	51,90381	31,38686		314,0244	12,5	2,84	7,453416			
6,436781	1,171875	81,36272	33,09002		339,6342	9	7,384	74,53416			
57	1,8	23	9		260	2	1,8	3,7	0		
42,5	1,97	37	14		270	8	0,9	4,4			
86	1,9	26	7,5		323	6	6,8	3,8			
70	1,9	28	9		298	6	5	3,5			
80	1,53	27,5	5,5		320	1	5,2	3,6			
50	1,7	32	5,5		245	8	1	4,7	0,1		
70	1,54	19	5		250	10	1,3	3,7			
63	1,75	31	3		257	12	1,3	4,4			
27	2,1	86	14		380	20	0,7	0	0,03	0	
20	2,1	79	22		392	11	1,3	0	0,09	0	
13,4	4	90,7	48,9	0,5	512	35,5	5	0		0,03	
11,7	3,9	114,4	35,3	1,2	495	40,4	5	0		0,03	
30	1,94	40,5	15,5		270	8	0,8	3			
60	1	25	13	0,1	311	5	2	3,5	0,07	0	
1,23	20,6	8,7	54	22,5	0	327	4	2,8		0,04	0
0,7	12,4	1	56	24,5	0,3	332	5,5	2,5		0,12	0
1,4	16	3	50	24,5	0,1	326	5	3,2		0,04	0
1,2	14,6	1	55	25	0,1	330	5	2,6	4,5	0,1	0
1,1	15,5	1	49,8	23,5	0,3	310	4,7	2,4		0,1	0
1,4	12,8	1	63	25	0,2	340	3,9	2,5	3,7	0,5	0
1,2	17,5	1	49	23,5	0,25	310	4	2,4		0,2	0
1,1	16	1	55	24,5	0,2	325	5	3,2		0,4	0
1,1	11,5	1	56	25,8	0	337	6	2,9		0,3	0
0,9	20	1	55	23	0,3	334	6,3	2,5		0,2	0
1,1	10	1	69	40	0,1	437	2	3,5		0,1	0
0,8	27	23,5	57	32	0,25	372	5,6	35	2	0,15	0
1,2	19,5	8,3	56	33	0,25	371	9,3	12,5		0,1	0
2,2	12,9	1	59	34	0,2	388	4,5	5		0,15	0
	16	11,3	55	32	0,1	383	3,9	17,2	2,5	0,07	0
	9,5	4,5	60	22,8	0	308	11,3	4	3,5	0,04	0
0,13	8	2,9	70	28	0	370	10,5	4,7	2,5	0,4	0
1,37	10	5,8	50	27	0,1	299	24,8	2,4	3	0,15	0
0,98	9,6	1	95,6	31,9	0	437	21,2	7,2	2,7	0,3	0
0,4	44	2	36,5	9,2	0,7	275	0,1	3	0,05	0,12	0,09
1	79	2	37,6	6,2	0,58	329	9,8	10	1,5	0,27	0,01
0,3	93	2	36	4,7	0,52	351	2,7	17	0,7	0,15	0,01
0,7	89	2	38,4	6,3	0,52	360	1,5	16	1,1	0,24	0,01
3,2	65	1,8	32	5,6	0,5	281	8,1	7	1,4	0,27	0,01

Brunnen-ID	Gemeinde	Endteufe (m unter GOK)	Datum der Probenahme	Tritium (TU)	Deuterium (δ ‰)	O-18 (δ ‰)	C-14 (% modern)	C-14-Alter (Jahre)	C-13 (δ ‰)
1014	Markt Allhau	73,5		0,11	-69,25	-9,66	20,9	8.000	-13,95
1057	Unterwart	63	28.08.2001	0,4	-80,72	-11,07	1,24	27.700	-8,8
1238	Oberwart	148,5	26.11.1993	0,3	-64,1	-8,94	31,4	4.900	-14,24
1985	Minihof-Liebau	161	28.08.2001	0,1	-67,77	-9,69	56,87	2.000	-14,5
1997	Heiligenkreuz im Lafnitztal	163,5	28.03.2001	0,1	-77,24	-10,75	7,39	1.200	-8,18
2001	Heiligenkreuz im Lafnitztal	109,8	28.03.2001	0,2	-73,64	-10,43	23,24	7.600	-14,54
2004	Heiligenkreuz im Lafnitztal	98	28.03.2001	0,2	-77,78	-10,79	5,6	15.000	-8,24
2005	Mogersdorf	10,2	04.09.1997	0	-84,6	-11,96	4,47	18.400	-10,35
2020	Kemeten	150	01.03.2001	1,5 ±	-64,54	-8,99	46,09	1.700	-14,16
2026	Stegersbach	198	22.12.1997	0,1 ± 0,3	-81,9	-11,55	2,52	24.100	-11,58
2030	Markt Allhau	168	28.02.2001	1	-78,16	-10,7	9,12	14.900	-13,85
2035	Unterwart	172,5	29.08.2001	0,3	-65,41	-9,07	26,46	4.700	-11,7
2040	Pinkafeld	165	29.08.2001	0,1	-86,86	-11,97	0,94	35.000	-16,2
2044	Pinkafeld	160	01.03.2001	0,47	-61,13	-8,66	29,66	5.100	-13,66
6050202	Kapfenstein	200	17.12.1996	0	-76,2	-10,76			
6050202	Kapfenstein	200	16.11.2000	1,6 ± 0,1	-76,06	-10,73			
6050203	Blumau	232	16.11.2000	0,1 ± 0,1	-76	-10,69	0,89	30.300	-8,67
6050205	Blumau	60	14.11.1978	0,1 ± 0,2	-64,7	-9,3	33,7 ± 0,9	4.000	-13,6
6050502	Grosssteinbach	65	20.06.2002	0,3 ± 0,1	-71,81	-10,05	16,5	6.800	-9,4
6050505	Grosssteinbach	88,2	20.06.2002	0,16	-65,14	-9,41	24	4.100	-9,8
6050604	Grosswilfersdorf	80	22.11.1982	0,3 ± 0,2	-83,5	-11,4	2,4 ± 0,7	24.400	-11,5
6050640	Grosswilfersdorf	24	14.11.1978	1,4 ± 0,2	-64,4	-9,3	47,8 ± 1,1	1.100	-13,6
6050823	Ilz	75			-66,4	-9,3	19	7.000	-11,1
6070703	Grafendorf	182	22.08.1973	0,1 ± 0,3	-61,5	-8,72	43,1 ± 1	2.500	-11,6
6070703	Grafendorf	182	13.06.2000	0 ± 0,1	-61,48	-8,79	21,35 ± 0,32	2.100	-5,48
6070765	Grafendorf	125	29.11.2000	0,1 ± 0,1	-63,99	-8,94	36,2 ± 0,49	4.600	-15,8
6070779	Grafendorf	36	01.07.1967	0,9 ± 0,3	-64,2	-8,19	32,2 ± 1		
6071102	Hartberg Umgebung	100		0,07	-69,36	-9,64	10	13.000	-11,99
6071105	Schoenegg bei Poellau	200		0,01	-60,85	-8,6	51,8	2.100	-16,76
6073201	St.Johann in der Haide	46		0,75	-67,7	-9,46	38,2	3.200	-14,16
6073202	St.Johann in der Haide	200		0,48	-68,58	-9,71	16,7	9.500	-13,23
6074806	Bad Waltersdorf	150	27.03.2001	0,1 ± 0,1	-63,48	-8,87			
6074807	Bad Waltersdorf	150	16.11.2000	0,2 ± 0,1	-76,66	-10,77	0,53 ± 0,14	33.800	-7,92
6171801	Hirnsdorf	200	16.11.2000	0 ± 0,1	-84,41	-11,22	0,91 ± 0,14	29.000	-7,88
6171802	Hirnsdorf	58	28.02.2001	0,2 ± 0,1	-64,46	-9,12	32,94	3.900	-13,23
6171803	Hirnsdorf	144	16.11.2000	0 ± 0,1	-88,7	-11,61	7,38 ± 0,21	14.000	-10,02
6172502	Labuch	85		0	-85,41	-11,75	1,5	28.000	-10,95

Tab. 17.
Ausgewählte Isotopenanalysen zu den gespannten Wässern des Oststeirischen Beckens aus der PRODATA-Datenbank (ZOJER et al., 2005).

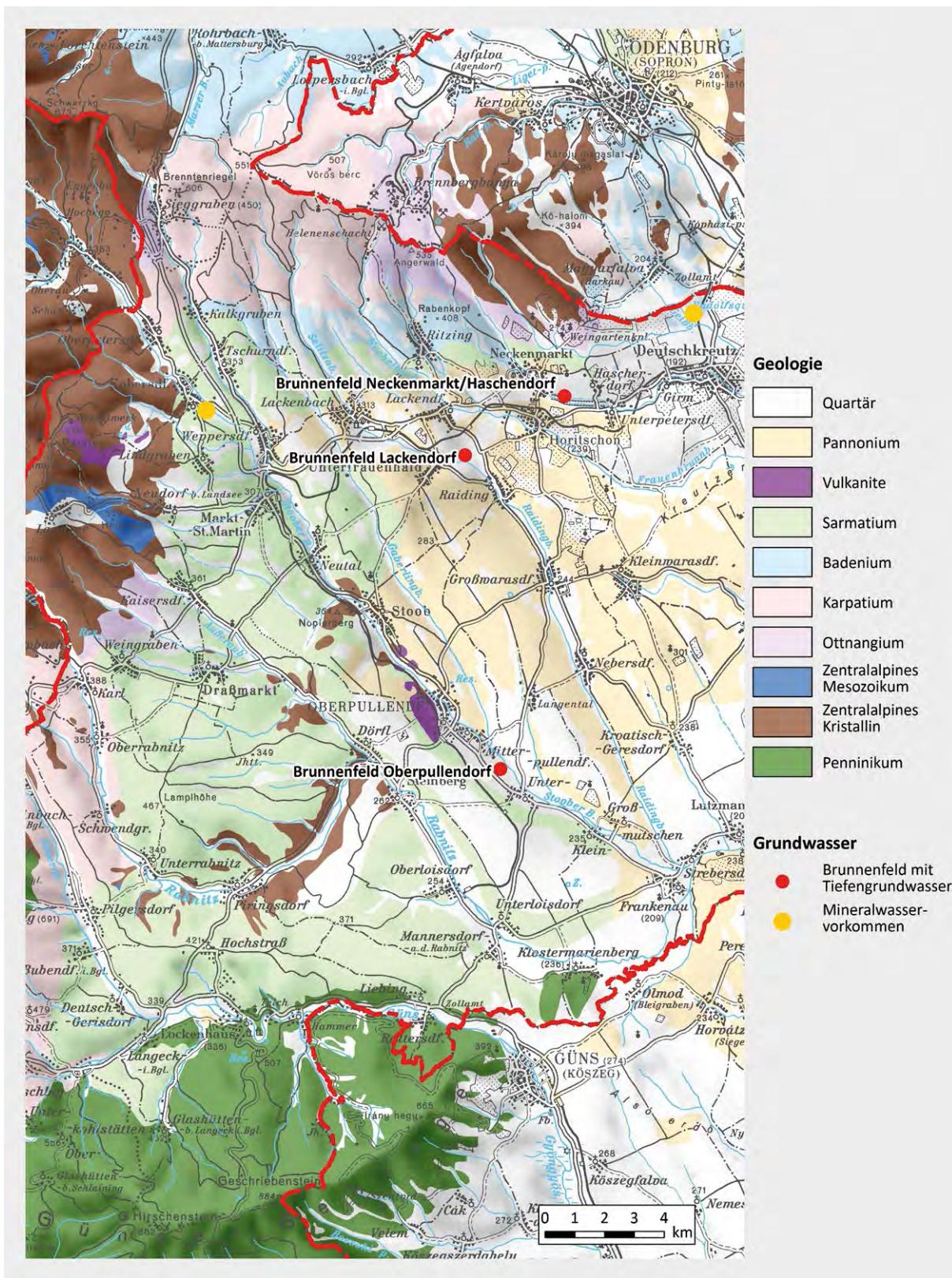


Abb. 20.
Geologie des Oberpullendorfer Beckens, verändert nach PASCHER et al. (1999), und Erschließungen von tiefen Grundwässern nach SCHROFFENEGGER et al. (1999).

Chlorit-Konzentrationen zwischen 10 und 50 mg/l sind in der Regel Restbestände eines marinen Ablagerungsmilieus, Chloritgehalte im Bereich von 50–200 mg/l weisen auf einen verstärkten solchen Einfluss hin. Der Nitratgehalt ist zumeist gering.

Da in den gespannten Grundwässern in der Regel reduzierende Bedingungen bzw. Sauerstoffmangel vorliegen, ist das Auftreten von H₂S möglich. Weiters resultiert aus dem geringen Sauerstoffgehalt oftmals auch ein erhöhter Mangan- und Eisengehalt der Wässer, der dann bei Sauerstoffkontakt ausfällt.

Der Großteil der pH-Werte der gegenständlichen Wässer liegt zwischen 7 und 8. Mancherorts sind die gespannten Wässer durch aus größerer Tiefe aufsteigendes CO₂ beeinflusst, was sich in geringen pH-Wert (< 6,5) niederschlägt. Ein Beispiel dafür liefern die Arteser im Raum Bad Tatzmannsdorf.

Die trinkbaren Tiefengrundwässer des Oststeirischen Beckens weisen mit zunehmender Tiefe erhöhte Temperaturen auf. Dies trifft besonders auf die zwei Tiefbrunnen der Wasserversorgung der Stadtgemeinde Fürstenfeld zu, bei denen die Wassertemperatur über 20 °C zu liegen kommt (ZOJER et al., 2005: 421).

Die aufgrund der Umweltisotope bestimmten Verweilzeiten liegen laut ZOJER et al. (2005: 408–418) zwischen rezenten Altern (hohe Tritiumgehalte) und 50.000 Jahren (Kohlenstoff-14-Modellalter). Dabei lässt sich keine eindeutige geografische Gliederung der Wässer feststellen. Es besteht lediglich die Tendenz, dass die untersuchten Wässer im westlichen Teil des Projektgebietes generell etwas jünger sind. Wässer mit einem Tritiumgehalt unter 2 TU wurden in der NANUTIWA-Studie als tritiumfrei bewertet und eine Verweildauer von mindestens 50 Jahren angenommen. Hervorzuheben ist der Umstand, dass alle Wässer mit einem Kohlenstoff-14-Modellalter unter 10.000 Jahren besonders niedrige δ¹⁸O-Werte aufwiesen, nämlich unter -10,5 ‰ (Abb. 19). Im Projektgebiet werden Werte unter -11 ‰ δ¹⁸O als ein ziemlich sicherer Nachweis für eiszeitliches Tiefengrundwasser angesehen.

2.2 Oberpullendorfer Becken

Das Oberpullendorfer Becken, in der älteren Literatur auch als Landseer Bucht bezeichnet, ist ein neogener Senksraum im ostalpinen Kristallin und Penninikum, der im Norden vom Ödenburger Gebirge, im Westen von der Buckligen Welt und im Süden vom Günser Gebirge umgrenzt wird. Nach Osten geht es über in die Kleine Ungarische Tiefebene (Kisalföld). An der Oberfläche wird der zentrale Teil des Beckens von Sedimenten des Pannionums eingenommen, am Beckenrand treten Ablagerungen des Sarmatiens, Badeniums, Karpatiums und Ottangiiums zutage (Abb. 20). In den Sedimenten des Pannionums, aber auch des Sarmatiens, werden durch zentrale Wasserversorgungsanlagen trinkbare Tiefengrundwässer erschlossen. Diese werden von SCHROFFENEGGER et al. (1999) in einer Grundwasserhöufigkeitsstudie zum mittleren Burgenland ausführlich beschrieben:

Sowohl die Brunnenfelder des Wasserverbandes Mittleres Burgenland in Neckenmarkt/Haschendorf mit acht Brunnen und Lackendorf mit drei Brunnen, als auch der 1996 errichtete Brunnen 1 der Stadtgemeinde Oberpullendorf in

Mitterpullendorf erschließen für die zentrale Trinkwasserversorgung Tiefengrundwasser, wie aus den in SCHROFFENEGGER et al. (1999) angeführten und in Tabelle 18 wiedergegebenen Isotopenanalysen hervorgeht. Die untersuchten Wässer weisen hier – mit Ausnahme des Brunnens 4 in Neckenmarkt – Tritiumgehalte unter 2 TU auf und sind daher aus Sicht der vorliegenden Studie als Tiefengrundwasser zu bezeichnen.

Die Wässer der Brunnenfelder Lackendorf und Neckenmarkt/Haschendorf werden aus Sedimenten des Pannionums entnommen, lediglich der Brunnen 4 in Neckenmarkt fördert sein Wasser „aus kalkigen Sedimentabfolgen des Sarmat“ (SCHROFFENEGGER et al., 1999: 28). Angaben zu den Tiefen der Brunnen – diese betragen maximal etwa 120 m – und der Lage der Filterstrecken können Tabelle 18 entnommen werden. Die maximale Gesamtergiebigkeit des Brunnenfeldes Lackendorf wird mit 75 l/s beziffert, bei freiem Überlauf treten hier insgesamt 7 bis 8 l/s aus. Das Brunnenfeld Neckenmarkt/Haschendorf weist eine maximale Fördermenge von 60 l/s und einen freien Überlauf von 3 bis 5 l/s auf; dabei stammen 25 l/s aus Sedimenten des Sarmatiens (Brunnen 4). Langzeitpumpversuche ergaben für das Brunnenfeld Lackendorf kf-Werte von 1 * 10⁻⁴ bis 6 * 10⁻⁵ m/s und für das Brunnenfeld Neckenmarkt kf-Werte zwischen 1 * 10⁻⁵ bis 1 * 10⁻⁶ m/s (SCHROFFENEGGER et al., 1999: 28–29). Für das in Mitterpullendorf liegende Brunnenfeld der Stadtgemeinde Oberpullendorf geben SCHROFFENEGGER et al. (1999: 259) eine maximale Gesamtergiebigkeit von 15 l/s an.

Tabelle 18 enthält neben den Isotopenwerten auch ausgewählte hydrochemische Analysen aus SCHROFFENEGGER et al. (1999). Das Mischwasser der Brunnen des Brunnenfeldes Lackendorf zeigt mit einer elektrischen Leitfähigkeit von etwas über 200 µS/cm eine sehr geringe Gesamtmineralisierung. Die Gesamtmineralisierung der Wässer des Brunnenfeldes Neckenmarkt/Haschendorf ist mit elektrischen Leitfähigkeiten zwischen 335 und 535 etwas höher, „wobei tendenziell eher geringer mineralisierte Wässer die obersten Grundwasserstockwerke ab etwa 45 m [u.] GOK kennzeichnen“ (SCHROFFENEGGER et al., 1999: 314–315). Der Brunnen 1 der Stadtgemeinde Oberpullendorf in Mitterpullendorf weist eine ähnlich hohe Gesamtmineralisierung auf (Tab. 18).

2.3 Eisenstädter Becken und angrenzende westpannonische Randbereiche

2.3.1 Baumgartenberg

Die Ortschaft Baumgartenberg liegt im Eisenstädter Becken (auch bekannt als Eisenstadt-Sopron-, Wulka- oder Mattersburger Becken), einem neogenen Senksraum, der im Süden vom Ödenburger, im Westen vom Rosalien- und im Norden vom Leithagebirge sowie um Osten vom Ruster Höhenzug umgeben ist. Die neogene Beckenfüllung tritt im Süden hauptsächlich in Form von Sedimenten des Badeniums und Sarmatiens zutage, während der Norden vorwiegend von pannonen Ablagerungen eingenommen wird (Beilage 1). Im Rahmen des Bund-Bundesländer-Kooperationsprojekts BA 9 „Tiefengrundwässer im Modelleinzugsgebiet Mattersburger Becken“ wurde im Jahr 1998 nach eingehenden Voruntersuchungen nahe dem Paulanerkloster Baumgarten eine Tiefbohrung

	Lackendorf, Brunnen 1	Lackendorf, Brunnen 3	Necken- markt/ Haschen- dorf, Brunnen 4	Necken- markt/ Haschen- dorf, Brunnen 5	Necken- markt/ Haschen- dorf, Brunnen 6	Necken- markt/ Ha- schendorf, Brunnen 7	Necken- markt/ Haschen- dorf, Brunnen 8	Oberpul- lendorf, Brunnen 1
Probenahme Isotope	07.10.1997	23.05.1997	07.10.1997	23.05.1997	23.05.1997	23.05.1997	23.05.1997	25.03.1997
Probenahme Hydrochemie		November 1998	August 1998	August 1998	August 1998	August 1998	August 1998	07.08.1996
Endteufe (m unter GOK)	92,0	95,0	119,00			120,3		ca. 69
Filterstrecken (m unter GOK)	42,0–52,0 59,5–89,5					77,0–94,0 100,0–111,0		
Wassertemperatur (°C)		11,4	11,9	14	13,8	14,6	13,8	12,1
Elektrische Leitfähigkeit (µS/cm)		203	525	535	426	530	446	480
Gesamthärte (°dH)		4,1	14,2	14,6	11,2	14,2	11,8	13,0
Karbonathärte (°dH)		4,1	12,6	13,6		13,7		12,0
pH		6,7	7,2	7,1	7	7,3	7	6,5
δ ¹⁸ O (‰)	-10,06	-9,88	-10,06	-10,26	-10,17	-10,37	-10,21	-9,80
³ H (TU)	0,9 ± 0,2	1,8 ± 0,5	5,9 ± 0,4	1,0 ± 0,4	0,0 ± 0,3	0,2 ± 0,4	0,0 ± 0,3	0,9 ± 0,4
Na ⁺ (mg/l)		7	8	10	10	10	9	10,1
Ca ²⁺ (mg/l)		20	77	77	57	74	61	67
Mg ²⁺ (mg/l)		6	15	17	14	17	14	16
K ⁺ (mg/l)		< 1	2	2	1	2	1	2
NH ⁴⁺ (mg/l)		< 0,03	< 0,05	0,05	< 0,05	0,05	< 0,05	< 0,05
Fe ²⁺ (mg/l)		< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0,79
Mn ²⁺ (mg/l)		< 0,03	< 0,03	0,09	< 0,03	0,05	< 0,03	0,12
Cl ⁻ (mg/l)		5	6	5	2	4	2	4
SO ₄ ⁻² (mg/l)		10	27	42	15	39	17	34
HCO ₃ ⁻ (mg/l)		90	274	296	257	297	268	262
NO ₃ ⁻ (mg/l)		13	18	2	< 1	1	< 1	< 1
NO ₂ ⁻ (mg/l)		0,01	< 0,01	0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,02

Tab. 18.

Hydrochemische und Isotopenanalysen von tiefen Trinkwasserbrunnen im Oberpullendorfer Becken nach SCHROFFENEGGER et al. (1999).

abgeteuft. Diese erreichte eine Endteufe von 91 m unter GOK, wobei zwischen 70,5 und 72 m sowie 82 und 86 m unter GOK wasserhöffige Horizonte aus sandigen Kiesen angetroffen wurden. Zwischen 29,2 und 82 m unter GOK wurden mehrere Proben mikropaläontologisch untersucht, diese können dem mittleren Sarmatium zugeordnet werden. Der Ruhegrundwasserspiegel lag bei 1,6 m unter GOK. Pumpversuche ergaben einen kf-Wert von $4,1 + 10^{-5}$ m/s (BIEBER et al., 1999: 6–28). Aufgrund des Tritiumgehaltes von $1,0 \pm 0,1$ TU (Tab. 19) kann das angetroffene Wasser als Tiefengrundwasser eingestuft werden.

In der Folge wurde in Baumgarten eine aus zwei Brunnen bestehende Brunnenanlage errichtet. Laut dem digitalen Wasserbuch des Burgenlandes (Postzahl EU-91, abgerufen am 19.03.2014) beträgt der Gesamtstrom für diese Anlage 15 l/s.

2.3.2 Seewinkel

Im Seewinkel, dieser befindet sich östlich des Neusiedlersees, sind vor allem unterhalb des SW-Abfalls der Parndorfer Platte zwischen Neusiedl am See und Mönchhof zahlreiche Brunnen bekannt, die gespanntes, häufig sogar artesisch gespanntes Tiefengrundwasser erschlie-

ßen (Abb. 21). Eine umfassende hydrogeologische Beschreibung dieses Vorkommens – inklusive Hydrochemie und Bakteriologie – wurde erstmals von TAUBER et al. (1959) erstellt. Demnach ist im Seewinkel und der angrenzenden Parndorfer Platte – beide „stellen in hydrogeologischer Beziehung eine untrennbare Einheit dar“ (TAUBER et al., 1959: 228) – in den Sand- und Kieshorizonten des Pannoniums ein gespanntes bis artesisch gespanntes Grundwasserstockwerk ausgebildet.

Die von altquartären Terrassenschottern bedeckte Parndorfer Platte – sie kommt als Einzugsgebiet der Tiefengrundwässer des Seewinkels in Frage – liegt etwa 30 bis 60 m höher als die von jungquartären Schottern bedeckte Verébnungsfläche des Seewinkels. Dabei ist die Parndorfer Platte tektonisch gekippt und liegt im Westen 30 m höher als im Osten. Die Grenze zwischen der Parndorfer Platte und dem Seewinkel bildet ein von Neusiedl am See über Gols, Weiden und Mönchhof bis Halbturn fast geradlinig verlaufender Wagram. Die Schichten des überwiegend aus Tonmergeln bestehenden Pannoniums fallen generell flach nach Südosten ein. Während das Pannonium von seiner Basis bis in den tieferen Anteil der Zone F arm an Sanden ist, treten im höheren Pannonium F Sandlagen häufiger auf. Im Pannonium G sind aufgrund des Auftretens

Probebohrung Baumgarten	
Datum der Probenahme	18.06.1998
Wassertemperatur (°C)*	12,5
Elektrische Leitfähigkeit ($\mu\text{S}/\text{cm}$)*	710
pH*	7,0
Gesamthärte (°dH)	20,63
Karbonathärte (°dH)	18,13
$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	-10,54
${}^3\text{H}$ (TU)	1,0 ± 0,1
Na^+ (mg/l)	6,10
Ca^{2+} (mg/l)	85,0
Mg^{2+} (mg/l)	38,0
K^+ (mg/l)	1,40
Sr^{2+} (mg/l)	0,21
Li^+ (mg/l)	< 0,02
Cl^- (mg/l)	1,8
SO_4^{2-} (mg/l)	55,0
HCO_3^- (mg/l)	395,0
NO_3^- (mg/l)	0,1
F^- (mg/l)	0,085
H_2SiO_3 (mg/l)	16,50

Tab. 19.
Hydrochemische und isotopenhydrologische Analysen zur Probebohrung Baumgarten nach BIEBER et al. (1999). Die mit einem Stern gekennzeichneten Werte gehen auf die in dieser Arbeit auf Seite 22 gemachten Angaben zurück, die weiteren Parameter sind ihrem Anhang C entnommen.

von zahlreichen Kieshorizonten die Erfolgschancen für die Erschließung von gespannten Grundwässern am besten. „In der Zone H nimmt die Bildung von Sand- und Kieshorizonten wieder ab“ (TAUBER et al., 1959: 231). Die Sedimente der Zonen E bis G enthalten fein verteiltes Eisensulfid, nämlich in besonderem Ausmaß dort, wo gehäuft lignitische Horizonte zu verzeichnen sind. Aufgrund ihrer graublauen bis hellblauen Färbung werden sie unter dem Begriff „blaue Serie“ zusammengefasst. Darüber folgt das Eisenoxid führende Pannonium H, die sogenannte „gelbe Serie“ (TAUBER et al., 1959: 229–232).

Zwischen dem SW-NE gerichteten Neusiedler Bruch (200 m Sprunghöhe; Abb. 22) und dem in gleicher Richtung verlaufenden Mönchhofer Bruch (100 m Sprunghöhe) sind laut TAUBER et al. (1959: 233) im Bereich der W-E verlaufenden Golser Synklinalen (Abb. 21) die besten Voraussetzungen für das Erschließen von artesischem Wasser gegeben. „Auch die Strukturohrungen der SMV [Sowjetische Mineralölverwaltung] stießen hier in mehreren Horizonten auf artesisches Wasser.“

Tabelle 20 enthält hydrochemische Analysen zu den Artesern des Seewinkels aus TAUBER et al. (1959: 238–269). Es sei darauf hingewiesen, dass bei den Brunnen Untere Hauptstraße 126 und 132 sowie Wassergasse 1 hohe Nitratgehalte zu verzeichnen waren (42,5, 31,5 und 52 mg/l), obwohl beim Großteil der Arteser kein Nitrat messbar war. TAUBER et al. (1959: 255) vermuten, dass dieses Nitrat mit Lignit führenden Horizonten in Zusammenhang stehen könnte.

Es sei darauf hingewiesen, dass die gegenständlichen gespannten bis artesisch gespannten, zumeist gering mineralisierten Grundwasserhorizonte von Mineralwasservorkommen unterschiedlicher Herkunft umgeben werden. Die verschiedenen im Raum Neusiedlersee auftretenden Mineralwassertypen und ihre Genese werden in TAUBER (1963) eingehend beschrieben. Demnach handelt es sich vor allem um seicht liegende Bitterwässer und um in der Tiefe auftretende Wässer mit höheren Gehalten an Natrium und Chlorid. Folgende Prozesse können zu einer lokal sehr unterschiedlichen Ausprägung des Lösungsinhaltes dieser Mineralwässer führen: Migration, Sulfat reduzierende Bakterien, CO_2 -Entgasung im oberflächennahen Bereich, Einträge von Luftsauerstoff und Huminsäuren durch Sickerwässer, Oxidation von Pyrit in den Sedimenten des Pannoniums, Oxidation von organischem Material, Ionenaustausch und an Störungen aufsteigendes CO_2 .

Den Beleg dafür, dass es sich bei den gespannten bzw. artesisch gespannten Wässern des Seewinkels tatsächlich um Tiefengrundwässer handelt, lieferten BOROVICZÉNY et al. (1992) mit den Isotopendaten in ihrer Wasserhaushaltstudie zum Neusiedlerseegebiet. Tabelle 21 enthält ausgewählte Analysen und Altersangaben dazu. Bezuglich der $\delta^{18}\text{O}$ -Werte stellten BOROVICZÉNY et al. (1992: 75) fest, dass Werte zwischen -12,0 ‰ und -10,5 ‰ $\delta^{18}\text{O}$ im Neusiedlerseegebiet auf eine eiszeitliche Grundwasserneubildung hinweisen, während sich die $\delta^{18}\text{O}$ -Werte der jüngeren Grundwässer zwischen -10,0 ‰ und -9,0 ‰ $\delta^{18}\text{O}$ bewegen. Es sei darauf hingewiesen, dass zur Zeit der in den 1980er Jahren durchgeföhrten Wasserhaushaltstudie nur mehr ein Teil der bei TAUBER et al. (1959) angeführten Arteser frei überlief: „Sehr charakteristisch für die eingetretenen Veränderungen ist die bei den durchgeföhrten Felduntersuchungen festgestellte Tatsache, daß von den durch Tauber (1958), dokumentierten 99 frei ausfließenden artesischen Wasseraustritten 1985 bei 51 Brunnen der artesische Druck so weit abgesunken ist, daß nunmehr ein freier Überlauf fehlt“ (BOROVICZÉNY et al., 1992: 97). Des Weiteren ist anzumerken, dass in BOROVICZÉNY et al. (1992) keine hydrochemischen Analysen enthalten sind. Bezuglich der gegenständlichen Tiefengrundwässer sind in dieser Arbeit nur auf S. 77 Angaben zur Leitfähigkeit zu finden. Demnach ist das Wasser von BL P3 geringer mineralisiert (Juni/Juli 1981 485 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und Dezember 1981 572 $\mu\text{S}/\text{cm}$) während BL I3 einen deutlich höheren Lösungsinhalt aufweist (2.820 $\mu\text{S}/\text{cm}$ bzw. 3.210 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Das heißt, dass die von BOROVICZÉNY et al. (1992) untersuchten Tiefengrundwässer (Tab. 21) nicht alle trinkbar sein müssen.

Initiiert durch WALTER H. KOLLMANN (Geologische Bundesanstalt) wurden im Rahmen einer Diplomarbeit die unterschiedlichen Grundwassertypen des Neusiedlerseegebiets einer neuerlichen hydrochemischen Untersuchung unterzogen (WURM, 2000). Dabei wurden im Seewinkel zwölf Tiefengrundwasseraustritte (artesisch frei überlauflende Bohrungen und Quellen) beprobt. Tabelle 22 enthält eine Auswahl der neuen Analysen. WURM (2000: 81) führt an, dass diese Tiefengrundwässer größtenteils eine sehr ähnliche Beschaffenheit aufweisen. Typisch sind u.a. eine etwas erhöhte Temperatur und ein geringer Nitratgehalt. Nur die Lokalitäten Sandeck und Neudegg wichen aufgrund der höheren Temperatur sowie des höheren Gehalts an Natrium, Strontium und Hydrogenkarbonat von den anderen etwas ab. Auffällig waren auch der erhöhte Ammonium-, Lithium- und Arsengehalt in Sandeck.



Abb. 21.

Geologie des Seewinkels, Quartär abgedeckt (vgl. Beilage 1), ergänzt um ausgewählte tektonische Elemente aus TAUBER et al. (1959) und Erschließungen von tiefen Grundwässern nach TAUBER et al. (1959), BOROVICZÉNY et al. (1992), WURM (2000), SCHUBERT et al. (2003) und KOLLMANN et al. (2010). Grün hinterlegt und beschriftet sind die Probenahmestellen zu den Isotopenanalysen in Tabelle 21.

Brunnen	Datum der Probennahme	Wasser-temperatur (°C)	Ergiebigkeit (l/s)	Tiefe (m)	pH	elektrische Leitfähigkeit (µS/cm, bezogen auf 18 °C)	Gesamt-härte (°dH)	Karbonat-härte (°dH)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	
Neusiedl am See, Hauptplatz 30	25.11.1957	10,1	0,004	138	6,40	3.696 (10.11.1959)	102,5	383	212	7,4	3.517	30	15	< 2	8	
Neusiedl, Klostergarten	20.10.1953	12,5	15	56	7,5	486	16,8	14,7	72	29	0,74	321	51	6	< 2	< 0,125
Weiden am See, Bundesforstgarten	17.02.1954	15,9	1,25	125	7,2	433	14,1	13,9	67	20	0,98	303 (24.05.1954)	58	8	< 2	< 0,1
Weiden am See, Milchgenossenschaft	21.05.1958	17,4	0,7	162	7,3	403	12,3	53	21	0,70	281	33	1	< 2	< 0,1	
Gols, Bahnhof	11.12.1957	12,1	0,1	27	7,32	567	18,0	17,1	84	27	0,51	372	50	11	< 2	< 0,1
Gols, Bahngasse 7	11.12.1957	11,8	0,04	22	7,21	550	18,1	16,7	78	31	0,45	364	50	10	< 2	< 0,1
Gols, Bahngasse 9	11.12.1957	11,8	0,02	22	7,30	552	18,8	16,7	80	33	0,54	364	40	9	< 2	< 0,1
Gols, Bahngasse 12	11.12.1957	11,8	0,09	22	7,24	554	18,7	16,7	82	32	0,46	364	40	10	< 2	< 0,1
Gols, Bahngasse 21	05.02.1958	11,8	0,07	—	7,41	575	17,8	17,1	76	31	0,43	373	45	9	< 2	< 0,1
Gols, Bahngasse 11	12.02.1958	11,7	0,08	23	7,27	548	18,5	16,6	77	34	0,59	362	50	9	< 2	< 0,1
Gols, Bahngasse 17	12.02.1958	12,1	0,05	23	7,30	558	18,0	17,0	76	32	0,87	371	45	10	< 2	< 0,1
Gols, Triftgasse 7	12.02.1958	12,2	0,15	22	7,30	622	18,7	17,7	77	34	0,43	386	50	9	< 2	< 0,1
Gols, Triftgasse 30	12.02.1958	12,2	0,1	24,5	7,30	566	18,6	17,0	78	33	0,46	371	55	9	< 2	< 0,1
Gols, Triftgasse 34	12.02.1958	12,1	0,08	18	7,34	575	18,5	17,1	76	35	0,39	372	50	10	< 2	< 0,1
Gols, Triftgasse 38	12.02.1958	12,1	0,1	24	7,32	560	17,6	17,0	74	32	0,59	371	55	10	< 2	< 0,1
Gols, Untere Hauptstraße 101	09.01.1958	11,5	0,1	23	7,64	579	18,3	17,1	81	30	0,43	373	60	10	< 2	< 0,1

Tab. 20.

Teil 1: Hydrochemie zu ausgewählten artesischen Brunnen im Seewinkel aus TAUBER et al. (1959). Der Chemismus des Brunnens Neusiedl am See auf Hauptplatz 30 (Bezirkshauptmannschaft) weicht aufgrund des hohen Gehalts an freier Kohlensäure stark von den anderen Brunnen ab. TAUBER et al. (1959: 233–234) führen diesen Umstand auf den Aufstieg von Kohlensäurereichem Wasser im Bereich des Neusiedler Bruches (Abb. 21) zurück.

Brunnen	Datum der Probe-nahme	Wasser-temperatur (°C)	Ergie-bigkeit (l/s)	Tiefe (m)	pH	elektrische Leitfähig-keit (µS/cm, bezogen auf 18°C)	Karbonat-härt (°dH)	Gesamt-härt (°dH)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Fe ³⁺ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	
Gols, Untere Hauptstraße 95	12.02.1958	12,3	0,2	23	7,31	583	18,3	17,2	77	33	0,43	376	60	8	< 2	< 0,1
Gols, Untere Hauptstraße 126	12.02.1958	11,5	0,1	23	7,45	514	17,1	14,8	63	36	—	322	35	9	42,5	< 0,1
Gols, Untere Hauptstraße 132	12.02.1958	11,5	0,09	22	7,43	495	16,4	14,6	60	35	—	318	35	9	31,5	< 0,1
Gols, Marktgasse 23	09.01.1958	12,4	0,1	—	7,65	530	18,2	16,0	77	32	0,43	349	60	11	< 2	< 0,1
Gols, Marktgasse 19	12.02.1958	12,5	0,1	17	7,35	538	18,1	16,0	76	33	0,49	349	50	10	< 2	< 0,1
Gols, Schwemmgasse 45	12.02.1958	12,4	0,1	23	7,41	541	18,4	16,3	78	32	0,43	355	50	8	< 2	< 0,1
Gols, Schwemmgasse 57	12.02.1958	12,5	0,1	27	7,36	546	18,6	16,5	78	33	0,62	359	50	7	< 2	< 0,1
Gols, Wassergasse 1	09.01.1958	11,5	0,05	28	7,71	488	16,4	14,6	95	35	< 0,05	317	40	8	52	< 0,1
Gols, Feldgasse 4	05.02.1958	11,3	0,02	18	7,46	515	16,9	16,0	71	30	0,55	348	40	7	< 2	< 0,1
Mönchhof, Neubaugasse 2	12.02.1958	13,0	0,25	26,3	7,35	427	14,9	14,9	55	31	0,14	333	25	3	< 0,3	< 0,1
Mönchhof, Stiftgasse 73	12.02.1958	12,8	0,40	32	7,40	439	15,1	15,1	52	34	0,08	346	25	4	1,6	< 0,1
Mönchhof, Quergasse	12.02.1958	13,0	0,36	32	7,21	444	15,3	15,3	52	35	0,06	346	25	5	2,2	< 0,1
Illmitz, St. Bartholomäusquelle	01.08.1957	15,6	0,5	188	6,83	3.346	18,5	18,5	72	36	1,04	2.406	140	280	< 2	< 0,1
Sandeck bei Illmitz	05.02.1958	15,5	0,13	68	7,13	776	19,9	19,9	70	44	0,90	614	40	9	< 2	< 0,1
Neudegg bei Apetlon	05.02.1958	16,3	0,3	85	7,50	514	15,1	15,1	51	34	0,18	389	30	5	< 2	< 0,1
Lagerhaus Apetlon	05.02.1959	—	—	—	7,41	585	11,3	11,3	42	23	0,46	440	30	4	—	0,15

Tab. 20.
Teil 2: Hydrochemie zu ausgewählten artesischen Brünnchen im Seewinkel aus TAUBER et al. (1959). Bei der Bartholomäusquelle in Illmitz und dem Brunnen des Lagerhauses Apetlon lag der Druckspiegel des gespannten Wassers unter dem Geländeniveau. Der Chemismus der Bartholomäusquelle weicht aufgrund seines hohen Gehalts an freier Kohlensäure von jenem der anderen Wässer deutlich ab.

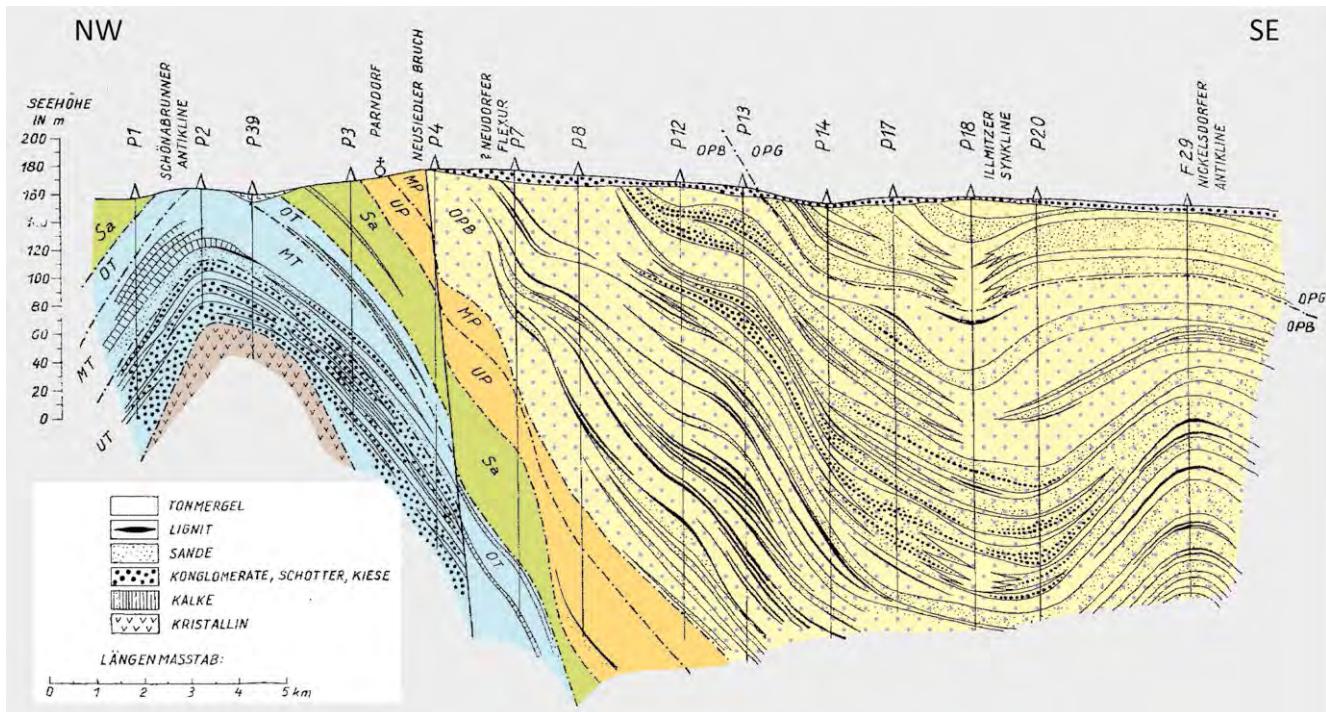


Abb. 22.

Geologischer Schnitt durch die Parndorfer Platte in NW–SE-Richtung, verändert nach TAUBER et al. (1959), Lage und Legende siehe Abbildung 21, OPG = oberes Pannonium, „gelbe Serie“ (Zone H), OPB = oberes Pannonium, „blaue Serie“ (Zone F und G), MP = mittleres Pannonium (Zone E), UP = unteres Pannonium (Zone A bis D), Sa = Sarmatium, OT = oberes Badenium, MT = mittleres Badenium, UT = unteres Badenium.

Messstelle	Tiefe, Entnahmetiefe (m)	Datum der Probenahme	^3H (TE)	^{14}C (% modern)	^{14}C -Modellalter, Anfangskonzentration 85 % modern	^{14}C -Modellalter, Anfangskonzentration 60 % modern	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{18}\text{O}$
Arteser bei BL I9	—	16.10.1981	0	$9,8 \pm 0,5$	17.900	15.000	-11,6	-10,7
Arteser Jagdhäus	—	16.10.1981	0	$2,5 \pm 0,5$	29.300	26.400	-10,6	-11,1
Arteser Sandeck	—	14.11.1986	—	$1,7 \pm 0,4$	32.400	29.500	-8,0	—
Arteser Neusiedl BH	—	14.11.1986	—	$1,2 \pm 0,4$	35.600	32.700	-1,2	—
Arteser Neusiedl Seestraße	—	14.11.1986	—	$64,8 \pm 1,9$	2.240	—	-10,6	—
ILLMITZ BL I2	0–8	13.10.1981	0	$10,5 \pm 0,6$	17.350	14.450	-7,1	-11,0
ILLMITZ BL I3	0–12	18.11.1980	0	$15,4 \pm 0,6$	14.100	11.250	-7,4	-10,4
ILLMITZ BL I1	0–2	13.11.1981	0	$44,7 \pm 1,3$	5.300	2.400	-9,9	-9,8
ILLMITZ BL E	0–13	13.10.1981	0	$22,6 \pm 0,8$	10.950	8.100	-8,1	-10,8
PARNDORF BL 37	18	17.11.1981	0	$9,5 \pm 0,5$	18.100	15.200	-8,3	-11,6
PODERSDORF BL P2	2–11	13.10.1981	0	$11,3 \pm 0,7$	16.650	13.800	-8,8	-11,5
PODERSDORF BL P3	0–13	13.10.1981	0	$33,0 \pm 1,3$	7.800	4.950	-10,9	-10,2

Tab. 21.
Isotopenanalysen von Tiefengrundwässern des Seewinkels aus BOROVICZÉNY et al. (1992: 80). Die Lage der Probenahmestellen ist in Abbildung 21 wiedergegeben.

2009 wurde der im Rahmen des EU-Projektes „Aqua Burgenland – Sopron“ abgeteuft Versuchsbrunnen Gols durch die Geologische Bundesanstalt hydrochemisch und isotopenhydrologisch beprobt und das Bohrgut sedimentologisch und stratigrafisch untersucht (KOLLMANN et al., 2010). Dieser Brunnen ist 130 m tief und erschließt mehrere Horizonte des Pannoniums. Das Ergebnis der hydrochemischen und isotopenhydrologischen Analysen ist ebenfalls in Tabelle 22 wiedergegeben. Aufgrund des geringen Tritiumgehalts (< 0,5 TU) ist das Wasser als Tiefengrund-

wasser anzusprechen, wobei aufgrund des hohen Sauerstoff-18-Gehalts (10,03 ‰) kein eiszeitlicher Anteil zu erwarten ist. Die Grundwasserneubildung fand hier also noch vor den Atombombenversuchen, aber nach der Eiszeit statt (vgl. oben).

	Illmitz, San-deck	Apetlon, Neuegg	Neusiedl, Untere Haupt- straße 66	Neusiedl, See- straße 60	Weiden, Yachtclub	Gols, Brunnen- straße 26	Mönchhof, Quer- gasse 47	Bohrung Gols
Datum der Probenahme	28.04.2000	28.04.2000	07.05.2000	07.05.2000	07.05.2000	07.05.2000	07.05.2000	25.11.2009
Endteufe (m)	—	—	—	35	80	40	30	130
Wassertemperatur (°C)	17,4	16,0	13,8	12,9	12,8	13,4	13,3	14,3
Elektrische Leitfähigkeit ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	915	579	720	520	475	526	540	625
Gesamthärte (°dH)	—	—	—	—	—	—	—	16,4
Karbonathärte (°dH)	—	—	—	—	—	—	—	16
pH	7	7,3	7,2	7,6	7,6	7,5	7,5	7,26
$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	—	—	—	—	—	—	—	-10,03
${}^3\text{H}$ (TU)	—	—	—	—	—	—	—	< 0,5
Na^+ (mg/l)	81,6	31,0	20,2	6,4	7,7	7,5	11,6	13,65
Ca^{2+} (mg/l)	65,0	51,4	89,7	68,1	63,5	61,1	51,8	76,83
Mg^{2+} (mg/l)	43,0	33,1	33,0	23,3	20,0	28,9	34,3	24,36
K^+ (mg/l)	3,1	1,3	1,0	1,0	1,3	1,0	1,3	1,57
Sr^{2+} (mg/l)	0,39	0,33	0,13	0,11	0,10	0,12	0,17	0,27
Li^+ (mg/l)	0,05	0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	0,017
NH_4^+ (mg/l)	1,36	0,12	0,06	0,08	0,10	0,08	< 0,06	0,07
Fe^{2+} (mg/l)	< 0,04	0,11	1,26	0,46	0,17	< 0,04	< 0,04	0,256
Mn^{2+} (mg/l)	0,06	0,29	0,11	0,05	0,10	0,10	< 0,04	0,162
Al^{3+} (mg/l)	—	—	—	—	—	—	—	0,012
Cu^{2+} (µg/l)	0,50	2,10	3,01	0,17	0,10	0,80	0,30	< 1
Cr^{3+} (mg/l)	—	—	—	—	—	—	—	< 0,001
Cd^{2+} (mg/l)	—	—	—	—	—	—	—	< 0,001
Pb^{2+} (mg/l)	—	—	—	—	—	—	—	0,003
Zn^{2+} (mg/l)	—	—	—	—	—	—	—	0,058
Ba^{2+} (mg/l)	—	—	—	—	—	—	—	0,032
Se (µg/l)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,58	< 0,02	< 0,02	0,49	—
As (µg/l)	16,00	3,40	0,50	0,10	0,70	2,00	1,60	—
Zn (mg/l)	0,01	0,002	0,005	0,003	0,015	0,002	< 0,002	—
Cl^- (mg/l)	< 0,5	< 0,5	7,7	2,2	0,6	2,2	2,4	6,19
I^- (mg/l)	< 0,1	< 0,1	3,73	0,98	2,65	2,70	0,62	—
Br^- (mg/l)	< 0,01	< 0,01	0,05	0,02	0,01	0,02	0,05	—
SO_4^{2-} (mg/l)	0,9	< 0,5	129,5	48,9	14,8	16,9	8,0	48,04
HCO_3^- (mg/l)	589,7	388,1	316,8	274,4	299,7	328,5	349,0	348,06
NO_3^- (mg/l)	5,8	4,5	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	6,4	< 0,50
NO_2^- (mg/l)	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	0,014
PO_4^{3-} (mg/l)	0,02	< 0,01	0,12	0,15	0,13	0,16	0,16	0,08
F^- (mg/l)	0,03	0,01	< 0,01	0,01	0,01	< 0,01	0,01	0,17

Tab. 22.

Hydrochemie zu ausgewählten artesisch auslaufenden Wässern im Seewinkel nach WURM (2000) und Hydrochemie und Isotope zur Erkundungsbohrung Gols des Wasserleitungsverbandes Nördliches Burgenland nach KOLLMANN et al. (2010). Zu den Erläuterungen, siehe Text.

2.4 Wiener Becken

Auch im Wiener Raum werden bereits seit langem gespannte bis artesisch gespannte Grundwässer für Versorgungszwecke genutzt (JACQUIN & PARTSCH, 1831; SUESS, 1862). Zur Hydrogeologie der Tiefengrundwässer im Wiener Stadtgebiet inklusive der chemischen Beschaffenheit und Quantität der Wässer wurden von NOWY et al. (1993) ein umfangreicher Bericht verfasst. In einer weiteren Tiefengrundwasserstudie zum nördlichen Wiener Becken (ERHARD-SCHIPPEK & NIEDERBACHER, 1995; NIEDERBACHER et al., 1995) – diese legte den Schwerpunkt auf die Sedimentologie und auf darauf basierende hydraulische Überlegungen – werden zudem Isotopenanalysen wiedergegeben, die im Marchfeld das Vorhandensein von trinkbaren Tiefengrundwässern belegen. Das Kapitel 2.4.1 beruht auf den Ergebnissen der genannten Studien. Aber auch in anderen Bereichen des Wiener Beckens sind vor allem aufgrund des geologischen Baus und der großen Tiefe mancher Brunnen trinkbare Tiefengrundwässer zu erwarten, auch wenn hier zusammenfassende Arbeiten noch ausstehen (siehe Kapitel 2.4.2).

2.4.1 Wien und Marchfeld

ERHARD-SCHIPPEK & NIEDERBACHER (1995) und NIEDERBACHER et al. (1995) entwickelten aufgrund des geologischen Baus und grundwasserhydraulischen Überlegungen für den österreichischen Anteil des nördlichen Wiener

Beckens eine Modellvorstellung zum Tiefengrundwasserstrom in den oberen 300 Metern der neogenen Beckenfüllung. In diesem Teufenabschnitt handelt es sich vorwiegend um Sedimente des oberen Pannoniums. Die Autoren schätzen das Ausmaß des gesamten, hin zur Donau gerichteten Tiefengrundwasserstroms innerhalb der oberen 300 Meter des Neogens auf 100 bis 200 l/s, das rechnerisch ermittelte Reservoirvolumen beträgt in diesem Raum hingegen 9,7 Mrd. m³ (ERHARD-SCHIPPEK & NIEDERBACHER, 1995: 39).

Ein Nachweis für trinkbares Tiefengrundwasser wird von NIEDERBACHER et al. (1995: 55) nur im Bereich des Marchfeldes, nämlich in Seyring, Obersiebenbrunn, Wolkersdorf und Raasdorf, erbracht, indem entsprechende Isotopenanalysen und Kohlenstoff-14-Alter zu Sonden der NÖSIWAG wiedergegeben werden (Tab. 23). Daher wurde in Beilage 1 auch nur dieser Bereich als Gebiet mit nachgewiesenen Vorkommen von trinkbarem Tiefengrundwasser gekennzeichnet.

Hinsichtlich der Grundwasserhydraulik in den Sedimenten des oberen Pannoniums im nördlichen Wiener Becken führen NIEDERBACHER et al. (1995: 48–53) folgende Details an, wobei sie sich auf den Raum zwischen den westlichen Beckenrandbrüchen (Bisambergbruch, Steinbergbruch) und der March beziehen: k_f-Werte aus Pumpversuchen liegen zu zehn tiefen Brunnen vor, die Tiefen bis 166 m erreichen. Die hier bestimmten k_f-Werte beziehen sich auf die er-

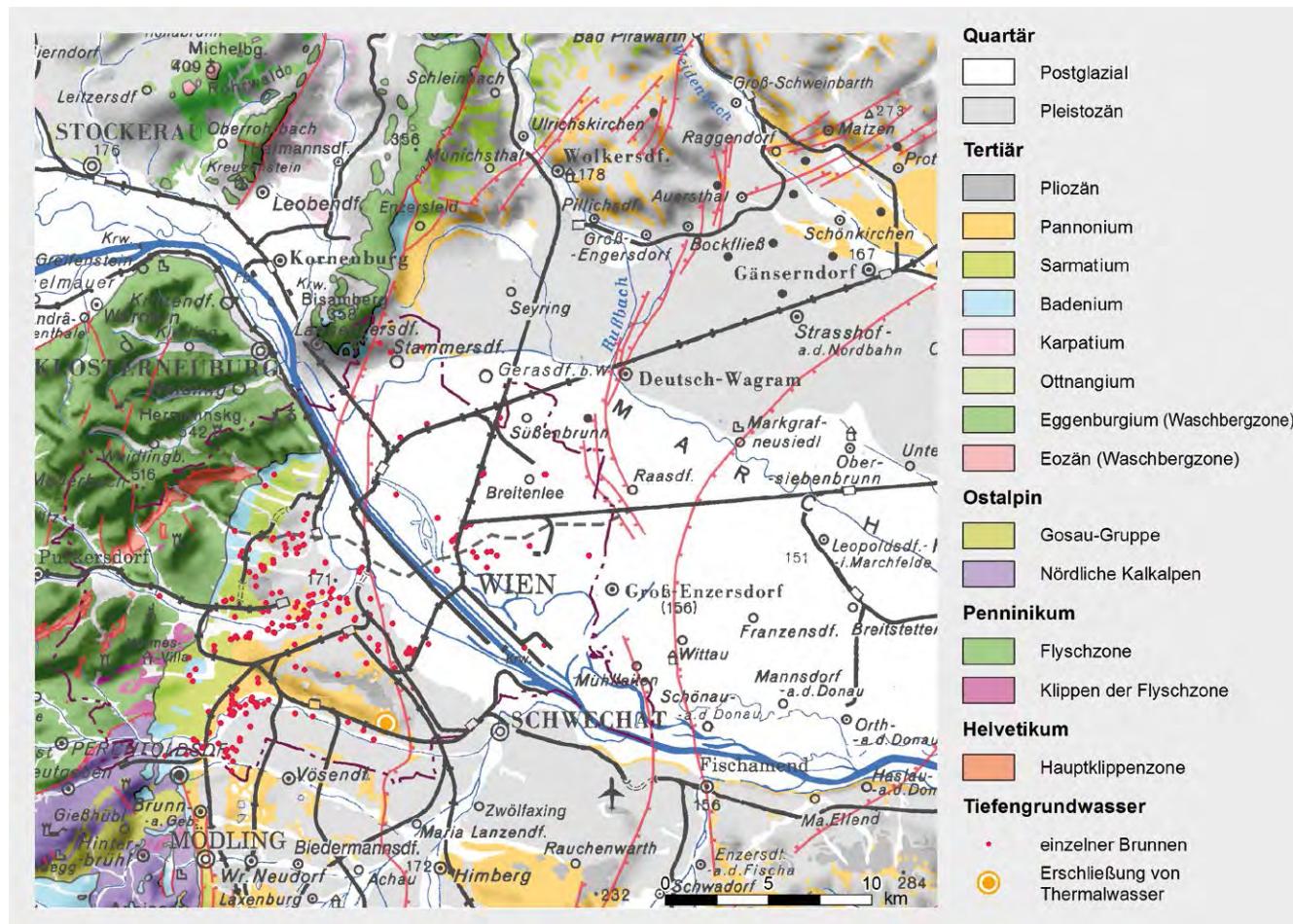


Abb. 23.

Geologische Übersichtskarte von Wien und Umgebung mit Tiefengrundwasser-Brunnen nach Nowy et al. (1993). Die Geologie basiert auf SCHNABEL et al. (2002a).

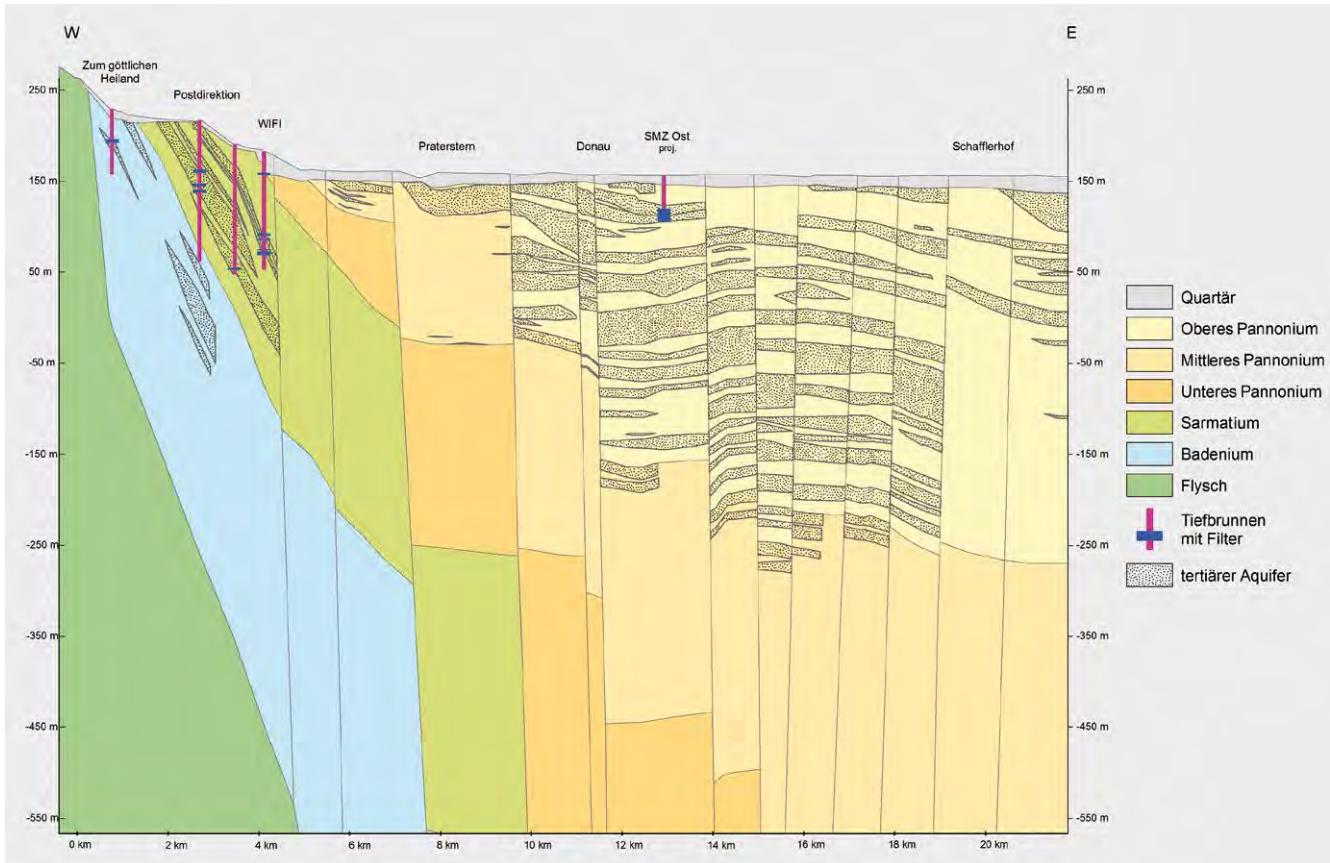


Abb. 24.
Geologischer WE-Schnitt durch die neogenen Sedimente in Wien mit ausgewählten Tiefengrundwasser-Brunnen, verändert nach Nowy et al. (1993).

schlossenen Sand- und Kieshorizonte des oberen Pannoniums und liegen zwischen $4 \cdot 10^{-4}$ m/s und $4 \cdot 10^{-5}$ m/s, ihr Mittel beträgt $1,9 \cdot 10^{-4}$ m/s.

Basierend auf diesen Pumpversuchsergebnissen und der Auswertung der zahlreichen, zum Projektgebiet vorliegenden lithologischen Bohrprofile erwarten die Autoren in den oberen 70 m der gegenständlichen Sedimente im Durchschnitt eine kumulative Aquifermächtigkeit von 23 m mit einem k_f -Wert von $1 \cdot 10^{-4}$ m/s, in 70–150 m Tiefe eine ebensolche Mächtigkeit von 25 m mit einem k_f -Wert von $8 \cdot 10^{-5}$ m/s, für den Abschnitt 150–190 m unter GOK eine kumulative Aquifermächtigkeit von 10 m mit einem k_f -Wert von $1 \cdot 10^{-5}$ m/s und darunter bis 300 m unter GOK eine kumulative Aquifermächtigkeit von 21 m mit einem k_f -Wert von $8 \cdot 10^{-6}$ m/s. Bereichsweise weichen die tatsächlichen Werte von diesen Mittelwerten ab.

Wie die wasserwirtschaftliche Studie von Nowy et al. (1993) aufzeigt, erschließen vor allem im Stadtgebiet von Wien zahlreiche Brunnen tiefe Grundwässer, nämlich sowohl für betriebliche Zwecke als auch für den privaten Gebrauch. Derartige Wässer werden in den durchlässigen Schichtgliedern des Badeniums, Sarmatiens und Pannoniums, insbesondere im oberen Pannonium, angetroffen (Abb. 23, 24). In der Studie von Nowy et al. (1993) sind zwar keine Isotopendaten enthalten, die Hydrochemie und die Temperatur dieser Wässer lässt jedoch darauf schließen, dass es sich zumindest zum Teil um trinkbare Tiefengrundwässer im Sinne der Begriffsdefinition handelt (siehe unten).

Zur Quantität der Tiefengrundwässer in Wien machen Nowy et al. (1993: 26) zusammenfassend folgende Feststellung: Der Gesamtkonsens der wasserrechtlich bewilligten

Ort der Probenahme	Horizont (m unter GOK)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	^{14}C (% modern)	^3H (TE)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	^{14}C -Alter (Jahre)
Seyring	143–149 m	$-12,96 \pm 0,1$	$69,4 \pm 1,2$	—	-9,8	305 ± 130
Seyring	98–118 m	$-13,11 \pm 0,1$	$68,5 \pm 1,0$	—	-9,4	410 ± 120
Seyring	gesamt	$-12,94 \pm 0,1$	$69,7 \pm 1,1$	$0,4 \pm 0,4$	-9,8	270 ± 130
Obersiebenbrunn	unterer Horizont	$-13,07 \pm 0,1$	$2,6 \pm 0,3$	$0,5 \pm 0,3$	-13,61	27.455 ± 960
Obersiebenbrunn	oberer Horizont	$-13,15 \pm 0,1$	$4,4 \pm 0,4$	0 ± 0	-13,72	23.105 ± 750
Wolkersdorf	gesamt	—	—	$0 \pm 0,3$	-10,59	—
Raasdorf	59–65 m	—	—	0	-11,14	—

Tab. 23.
Isotopenanalysen und Kohlenstoff-14-Alter aus NIEDERBACHER et al. (1995: 55). Bei den Probenahmestellen handelt es sich um Sonden der NÖSIWAG im Marchfeld.

EDV-Nr.	Filterstrecken (m u. GOK) in Bezirk	Datum der Probe-nahme	Quantität	Wasser- temperatur (°C)	spez. elek. Leit- fähigkeit (µS/cm)	Karbonathärte (dH°)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	Geruch							
12914001	I	290,5-329,5	15.06.1961	10 l/s	21,3	703	7,15	0,08	5,3	—	25,7	7,4	131,5	< 0,1	0,2	—	2,3	364	16,3	49,4	1,1	geruchlos	
13310001	XXII	103,2-108	20.09.1989	400 m ³ /m Entnahme	10	381**	7,73	—	12,6	12,6	—	—	—	< 0,05	< 0,01	< 0,1	274*	1,2	4,3	5,6	geruchlos		
13823001	XXIII	52-86,5	15.09.1971	8,5 l/s	12,5	824**	7,05	—	26,3	19,5	129,1	36,0	—	—	0,12	—	0,4	424,6	148,9	24,1	n.n.	geruchlos	
15651001	XIII	75,0-243,5	27.08.1993	8 l/s	14	1200***	8,58	—	7,1	28,4	24	16	280	—	0,15	—	2,4	618*	26	81	—	nach H ₂ S	
16084001	XXIII	64,0-96,0	16.06.1986	5 l/s	Konsens	13,4	710**	7,53	—	21,3	17,5	92	36	34	8,2	0,3	0,2	3	381*	120	17	< 4	geruchlos
16200002	XVI	—	07.12.1994	77 l/s bzw. 6,600 m ³ /d	12,2	1.005***	7,1	—	29,5	19,4	160	31	21	4	1,0	0,13	< 0,05	422	183	37	< 1	geruchlos	
16639001	XV	94,0-238,0	31.07.1991	6 l/s bzw. 500 m ³ /d	13,3	1.050***	6,95	0,2	28,4	—	156	27,9	21,3	5,3	0,217	0,219	1,1	568,5	221	29,5	< 1	geruchlos	
16777004	XI	45,7-94,8	30.05.1994	10 l/s	Konsens	13,3	690***	7,50	—	19,0	16,3	89	28	16	2,0	0,060	0,15	1,0	355*	71	5,6	—	nach H ₂ S
16777005	XI	34,0-99,0	30.05.1994	12 l/s	Konsens	13,3	700***	7,45	—	18,9	17,7	95	24	14	2,0	0,040	0,10	0,15	385*	72	7,9	—	nach H ₂ S
16909001	XI	17,0-70	30.05.1994	2 l/s Ent- nahme	12,6	700***	7,43	—	19,3	16,3	96	25	15	2,0	0,12	0,10	0,15	355*	81	6,5	—	nach H ₂ S	
17116001	X	190,0-205,0	06.04.1984	2 l/s bzw. 40 m ³ /d	—	1.740	8,43	—	0,9	—	3,9	127	455,2	5,6	0,20	0	5,20	—	45,0	254	0	nach H ₂ S	
				7,692 m ³ /s	Konsens																		
*	HCO ₃ ⁻ errechnet aus Karbonathärte.																						
**	spezifische elektrische Leitfähigkeit bezogen auf 20 °C.																						
***	spezifische elektrische Leitfähigkeit bezogen auf 25 °C.																						

Tab. 24.
Teil 1: Ausgewählte hydrochemische Analysen aus Nowy et al. (1993). Die EDV-Nummer ist die Identifikationsnummer des beprobenen Brunnens im Bericht von Nowy et al. (1993).

EDV-Nr.	in Bezirk	Filterstrecken (m unter GOK)	Datum der Probenahme	Quantität	pH	O ₂ (mg/l)	Gesamthärte (dH°)	Karbonathärte (dH°)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mn	Fe	nicht nach- weis- bar	NO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	Geruch	
17359001	XVII	17,0–92,0	27.10.1988	11,57 l/s bzw. 1.500 m ³ /m	14	1.900**	7,6	—	34,2	38,0	170	46	120	80	1,0	0,06	40	827*	110	160	2,0	geruchlos
17962001	XIII	96,5–144,5	04.12.1980	11 l/s und 18 l/s bei Pump- versuch	11	921	7,23	—	28,1	22,0	149,3	31,3	—	—	nicht nach- weis- bar	—	1,5	479*	185,6	27,9	0,1	nach H ₂ S
20227001	XIII	89,0–99,0	30.01.1989	5 l/s bzw. 2.000 m ³ /m	13	770**	7,6	—	13,2	21,4	71	14	100	< 4	0,04	< 0,03	0,20	466*	47	13	< 1	geruchlos
38232501	XI	64,0–84,0	30.05.1994	10 l/s Konsens	13,0	610***	7,58	—	16,5	15,6	82	22	15	2,0	0,020	0,12	0,80	340*	45	4,6	—	nach H ₂ S
38232502	XI	63,6–70,6	30.05.1994	6,66 l/s bei Pump- versuch	13,5	530***	7,54	—	15,2	13,7	75	21	10	2,0	0,040	0,10	0,10	298*	35	3,1	—	geruchlos
38232503	XI	48,5–78,5	30.05.1994	9 l/s Konsens	13,1	670***	7,5	—	17,8	16,5	89	23	15	2,0	0,010	0,060	0,30	359*	56	7,4	—	nach H ₂ S
38264501	XXII	38,5–58,5	26.07.1988	11,2 l/s bei Pump- versuch	12,2	350**	7,68	—	11,4	9,7	55,3	16,1	< 4	< 4	0,3	0,15	0,10	211*	15	2	< 2	schwach nach H ₂ S

* HCO₃⁻ errechnet aus Karbonathärte.

** spezifische elektrische Leitfähigkeit bezogen auf 20 °C.

*** spezifische elektrische Leitfähigkeit bezogen auf 25 °C.

Tab. 24.
Teil 2: Ausgewählte hydrochemische Analysen aus Nowy et al. (1993). Die EDV-Nummer ist die Identifikationsnummer des beprobenen Brunnens im Bericht von Brunnens im Bericht von Nowy et al. (1993).

ligen Wiener Tiefbrunnen mit Endteufen zwischen 40 und 100 m beträgt insgesamt etwa 9 Mio. m³ pro Jahr und für die über 100 m tiefen Brunnen ca. 7 Mio. m³ pro Jahr. In Summe beträgt der Konsens der Wiener Tiefbrunnen damit etwa 16 Mio. m³ pro Jahr. Dem stellen die Autoren ein in Wien vorhandenes Tiefengrundwasservolumen von etwa 2,5 Mrd. m³ gegenüber – diese Abschätzung basiert auf einer Berechnung, in welche die im Projekt erstellten hydrogeologischen Schnitte und das räumliche geologische Modell eingingen.

In der Studie von NOWY et al. (1993) wurden zu den genutzten tiefen Grundwässern Wiens auch zahlreiche hydrochemische Befunde erhoben und in einer Datenbank erfasst. In Tabelle 24 ist eine Auswahl dieser Analysen wiedergegeben. Die gegenständlichen Wässer weisen zumeist eine spezifische elektrische Leitfähigkeit von etwa 400 bis 1.000 µS/cm auf. Bei den Kationen herrscht zumeist Kalzium, vereinzelt aber auch Natrium vor, bei den Anionen dominiert das Hydrogenkarbonat, teilweise sind auch erhöhte Chloridwerte zu verzeichnen. Die Temperatur der gegenständlichen Wässer ist gegenüber der mittleren Oberflächentemperatur oft erhöht, was – wie auch die nachfolgenden chemischen Eigenschaften – ein Hinweis auf Tiefengrundwasser ist. Weiters gehen mit dem geringen Sauerstoffgehalt erhöhte Konzentrationen an Eisen, Mangan, Ammonium und teilweise auch Schwefelwasserstoff einher. Zum Teil ist sogar aufgrund des in den Tiefengrundwässern erfolgten Ionenaustausches die Natrium-Konzentration gegenüber dem Kalzium- und Chloridgehalt stark erhöht (siehe z.B. Analysen zur EDV-Nr. 15651001 und 17116001 in Tabelle 24).

2.4.2 Hinweise auf weitere Vorkommen von trinkbaren Tiefengrundwässern im Wiener Becken

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, basiert die vorliegende Arbeit auf publizierten Übersichtsdarstellungen und unveröffentlichten Regionalstudien. Eigene Detailerhebungen wurden nicht durchgeführt. Im Wiener Becken konnten auf diese Weise nur im Stadtgebiet von Wien und im Marchfeld nachgewiesene trinkbare Tiefengrundwässer ermittelt werden (siehe vorhergehendes Kapitel). In anderen Teilen des Wiener Beckens gibt es jedoch ebenfalls Hinweise auf derartige Wässer. So beziehen auch in anderen Bereichen des Beckens einige zentrale Wasserversorger Wasser aus Tiefbrunnen im Neogen. Tabelle 25 enthält eine Aufstel-

Wasserversorgungsanlage	Anzahl der Tiefbrunnen mit Endteufen > 50 m	Endteufen (m unter GOK, gerundet)
Angern an der March	1	123
Auerthal	2	66; 130
Bad-Fischau-Brunn	3	53–61
Deutsch-Wagram	2	150; 161
Enzesfeld	2	69; 209
Felixdorf-Sollenau	6	64–148
Matzen-Raggendorf	2	50; 172
Matzendorf-Hölles	2	75; 125
Rauchenwarth	1	92
Schwechat	3	106–133
Wöllersdorf, Steinabrückl	7	102–158

Tab. 25.

Tiefbrunnen der zentralen Wasserversorgung im Wiener Becken mit einer Endteufe über 50 m nach schriftlicher Mitteilung von S. RAKASEDER, Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, Abteilung Wasserwirtschaft.

lung von solchen Tiefbrunnen mit einer Endteufe von mehr als 50 m. Diese konzentrieren sich im Raum nordwestlich Wiener Neustadt und im Bereich Schwechat–Deutsch-Wagram–Gänserndorf.

WESSELY (2006: 301–302) erwartet vor allem im Tiefschollenbereich des Wiener Beckens, d.h. östlich der Linie Steinbergbruch–Leopoldsdorfer Bruch, neogene Sandkörper mit Trinkwasser, da „*östlich der großen Brüche [...] Oberpannonium bis gegen die östlichen Beckenränder die gesamte Fläche [einnimmt]*“. Es ist hier „*in hohem Maße sandig-schotrig entwickelt und erreicht Mächtigkeiten bis über 600 m, abhängig von der Subsidenz in den jeweiligen Teilgebieten*.“ Im vorhergehenden Kapitel wurde bereits erwähnt, dass ERHARD–SCHIPPEK & NIEDERBACHER (1995) bzw. NIEDERBACHER et al. (1995) im nördlichen Wiener Becken in den oberen 300 Metern einen zur Donau hin gerichteten Tiefengrundwasserstrom im Ausmaß von 100 bis 200 l/s erwarten, wobei das Reservoir-Volumen 9,7 Mrd. m³ beträgt.

Um den Nachweis zu erbringen, dass es sich in den genannten Bereichen tatsächlich um Tiefengrundwässer handelt, müssten die bei den betroffenen Wasserwerksbetreibern vorhandenen Einzeluntersuchungen einer Bewertung unterzogen werden und im Bedarfsfall auch ergänzende Beprobungen durchgeführt werden.

Schlussfolgerungen

In den vorliegenden Beitrag wurden nur Informationen aus bereits publizierten Übersichtsdarstellungen sowie aus unveröffentlichten Regionalstudien aufgenommen. Systematische Detailerhebungen bei Wasserversorgern etc. waren hingegen im Rahmen dieses Projektes nicht möglich. Derartige Übersichtsarbeiten liegen nur zu den größeren „tertiären“ Becken vor. Am besten untersucht und auch zusammenfassend dargestellt sind die Tiefengrundwasservorkommen der oberösterreichischen Molassezone im Inn- und Hausruckviertel, des Oststeirischen Beckens sowie des Seewinkels. In diesen Regionen sind bislang auch die bedeutendsten Vorkommen und Nutzungen bekannt („Arteserprovinzen“). In anderen Gebieten, wie beispiels-

weise der niederösterreichischen Molassezone, sind nur in einzelnen Teilbereichen Tiefengrundwässer nachgewiesen und in der Literatur dokumentiert worden. Das gleiche gilt auch für das Wiener Becken, wenngleich zum Wiener Stadtgebiet selbst eine umfassende flächendeckende Studie vorliegt.

Vor allem aber im Wiener Becken gibt es über weite Bereiche Hinweise auf Vorkommen von trinkbaren Tiefengrundwässern, bei denen es sich lohnen würde, ihnen im Rahmen einer Regionalstudie nachzugehen. Ähnlich verhält es sich auch mit der niederösterreichischen Molassezone, innerhalb der im Weinviertel noch einige Informationslücken

zu schließen wären. Ebenso fehlt im Weststeirischen Becken eine systematische Erhebung von hydrochemischen und isotopenhydrologischen Daten.

Zudem fanden nach dem Dafürhalten des Autors in den vorliegenden Regionalarbeiten zwei Aspekte vielfach zu wenig Beachtung, nämlich die Zuordnung der Tiefengrundwasserbrunnen zur erschlossenen geologischen Formationen und die Analytik der Spurenelemente im Wasser.

In der vorliegenden Arbeit blieben aufgrund fehlender Regionalstudien die kalkalpinen Bereiche sowie die kleineren inneralpinen „tertiären“ Becken und die glazial übertieften, inneralpinen Täler unberücksichtigt. Auch hier können in größeren Tiefen durchaus ergiebigere Trinkwassergrundwässer erwartet werden, wie aus vereinzelten Tiefenbohrungen geschlossen werden kann (siehe z.B. SCHMID et al., 1990 und DOMBERGER et al., 2003). Diese in Zukunft näher zu untersuchen, kann nur empfohlen werden.

Literatur

- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT MÜNCHEN (Hrsg.) (1999): Das Thermalwasservorkommen im Niederbayerisch-Oberösterreichischen Molassebecken. Hydrogeologisches Modell und Thermalwasser-Strömungsmodell im Auftrag des Freistaates Bayern und der Republik Österreich. Kurzbericht. – Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, 20 S., 20 Anl., München.
- BERGER, E. (1980): Das Horner Becken als GW-Speicher. – Unveröff. Bericht, 22 S., Amt der N.Ö. Landesregierung, Abt. R/1, Wien.
- BIEBER, G., HOBIGER, G., KOLLMANN, W., SHADLAU, S., SUPPER, R. & ZORN, I. (1999): BA 9/98. Nachsorgende Untersuchungen zur Beurteilung und Sicherung der erschrockten Tiefengrundwasser-Ressourcen im Modelleinzugsgebiet Mattersburger Becken: Endbericht für den Zeitraum Jänner 1998 bis Dezember 1998 – Unveröffentlichter Bericht, 60 S., 5 Anh., Geol. B.-A., Wien.
- BOROVICZÉNY, F., DEÁK, J., LIEBE, P., MAHLER, H., NEPPEL, F., PAPESCH, W., PINCZÉS, J., RAJNER, V., RANK, D., REITINGER, J., SCHMALFUSS, R. & TAKÁTS, T. (1992): Wasserhaushaltstudie für den Neusiedlersee mit Hilfe der Geophysik und Geochemie 1980–1990. Forschungsprojekt im Rahmen des Abkommens über die wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit zwischen Österreich und Ungarn. – TU Wien, Institut für Hydraulik, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft, Forschungsbericht, **16**, 214 S., Wien.
- BOWMAN, S. (1990): Radiocarbon Dating. – 65 S., University of California Press, Berkeley and Los Angeles.
- BÜRO KAUDERER (Hrsg.) (1986): Siedlungswasserwirtschaftliche Erhebungen 1984/85, Steiermark. – Unveröff. Manuskriptkarten, Graz.
- DOMBERGER, G., POLTNIG, W. & STROBL, E. (2003): Erschließungspotential von Tiefengrundwasser in Kärnten. – Hydrogeologische Bewertung, Institut für Wasserressourcen-Management, Hydrogeologie und Geophysik, Joanneum, 1–25, zahlr. Beil., Graz.
- EBNER, F. & SACHSENHOFER, R.F. (1991): Die Entwicklungsgeschichte des Steirischen Tertiärbeckens. – Mitteilungen der Abteilung für Geologie, Paläontologie und Bergbau am Landesmuseum Joanneum, **49**, 96 S., Graz.
- ERHARD-SCHIPPEK, W. & NIEDERBACHER, P. (1995): Tiefengrundwasservorkommen in Niederösterreich. Schwerpunkt Nördliches Innenalpinum Wiener Becken. – Bericht, 39 S., Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, Abt. B/9 Wasser- und Abfallwirtschaft, Wien.
- FAUPL, P. & ROETZEL, R. (1990): Die Phosphoritsande und fossilreichen Grobsande: Gezeitenbeeinflußte Ablagerungen der Innviertler Gruppe (Ottnangien) in der oberösterreichischen Molassezone. – Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, **133/2**, 157–180, Wien.
- GATTINGER, T.E. & ZÖTL, J. (1993): 2.4.1. Bad Weinberg. – In: ZÖTL, J. & GOLDBRUNNER, J.E. (Eds.): Die Mineral- und Heilwässer Österreichs. Geologische Grundlagen und Spurenelemente, 42–44, Wien–New York.
- GEYH, M.A. (1980): Kohlenstoff 14. – In: MOSER, H., RAUERT, W., BEHRENS, H., DROST, W., GEYH, M.A., KLOTZ, D., LORCH, S., PAHLKE, H., SEILER, K.-P. & STICHLER, W. (1980): Isotopenmethoden in der Hydrologie. – Lehrbuch der Hydrogeologie, **8**, 43–44, Berlin–Stuttgart.
- GLATZEL, I. (1995): Grundlagen für das Schongebiet Klamer Becken. – Unveröff. Bericht, 10 S., Antiesenhofen.
- GOLDBRUNNER, J.E. (1984): Zur Hydrogeologie des Oberösterreichischen Molassebeckens. – Steirische Beiträge zur Hydrogeologie, **36**, 83–102, Graz.
- GOLDBRUNNER, J.E. (1987): Endbericht „Hydrogeologische Untersuchungen artesischer Wässer im Alpenvorland“ (Detailprogramm 1985, Teil V). HÖ 17. – Unveröff. Bericht, 12 S., Forschungsgesellschaft Joanneum, Graz.
- GOLDBRUNNER, J.E. (1988): Tiefengrundwässer im Oberösterreichischen Molassebecken und im Steirischen Becken. – Steirische Beiträge zur Hydrogeologie, **39**, 5–94, Graz.
- GOLDBRUNNER, J.E. (1989): Hydrogeologische Untersuchungen artesischer Wässer im Oberösterreichischen Alpenvorland. Teil 6. – Unveröff. Bericht, 30 S., Forschungsgesellschaft Joanneum, Graz.
- GOLDBRUNNER, J.E. & SCHUBERT, A. (1993): Endbericht zu Projekt (O-A-8-1/91) Tiefengrundwasseruntersuchungen im seichten NE-Teil des Oberösterreichischen Molassebeckens westlich von Linz. – Unveröff. Bericht, 99 S., Joanneum Research, Graz.
- GOLDBRUNNER, J.E. & ZÖTL, J.G. (1982): Endbericht „Hydrogeologische Untersuchungen artesischer Wässer im oberösterreichischen Alpenvorland, Phase I“. – Unveröff. Bericht, 42 S., Forschungsgesellschaft Joanneum, Graz.
- GOLDBRUNNER, J.E., MOSER, E. & ZÖTL, J.G. (1984): Endbericht zum Projekt HÖ 17. Hydrogeologische Untersuchung artesischer Wässer im oberösterreichischen Alpenvorland (Detailprogramm 1983). – Unveröff. Bericht, Forschungsgesellschaft Joanneum, Graz.
- GRÄF, W., SUETTE, G., UNTERSSEG, T., EISENHUT, M., FLACK, J. & ORNIG, F. (1981): Erfassung und Darstellung des Naturraumpotentials komplexer Landschaftstypen. Erstellung von Naturraumpotentialkarten für den Verwaltungsbezirk Radkersburg. – Bericht zu Projekt St C8a/80, 120 S., Graz.
- GRÖNING, M., TAYLOR, C.B., WINCKLER, G., AUER, R. & TATZBER, H. (2001): Sixth IAEA Intercomparison of Low-Level Tritium Measurements in Water (TRIC2000). – 57 S., Isotope Hydrology Laboratory Agency's Laboratories Seibersdorf and Vienna International Atomic Energy Agency, Vienna.
- GROSS, M. (2000): Das Pannonium des Oststeirischen Beckens. – Berichte des Instituts für Geologie und Paläontologie, **2**, 47–84, Graz.

- GROSS, M., FRITZ, I., PILLER, W.E., SOLIMAN, A., HARZHAUSER, M., HUBMANN, B., MOSER, B., SCHOLGER, R., SUTTNER, T.J. & BOJAR, H.-P. (2007): The Neogene of the Styrian Basin – Guide to Excursions. Das Neogen des Steirischen Beckens – Exkursionsführer. – Joannea – Geologie und Paläontologie, **9**, 117–193, Graz.
- HEISS, G., JUNG, M., METZ, A. & SPENDLINGWIMMER, R. (2003): Wasserwirtschaftliche Vorrangflächen gegenüber Sandabbau (WWVF Sande). – Unveröff. Bericht ARC Seibersdorf, 95 S., Seibersdorf.
- HEISS, G., JUNG, M., METZ, A. & SPENDLINGWIMMER, R. (2005): Die Grundwasservorkommen innerhalb der tertiären Sande der oberösterreichischen Molassezone. Technischer Endbericht. – 53 S., Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, Grund- und Trinkwasserwirtschaft, Linz.
- HERNDLER, E. (1979): Zur Geologie und Hydrogeologie des Horner Beckens. – Unveröff. Dissertation Univ. Wien, 168 S., Wien.
- HITZENBERGER, M. & LAHODYNSKY, R. (1996): Geologische und hydrogeologische Verhältnisse im Klamer Becken Bezirk Perg. – Unveröff. Bericht, 31 S., Thomasroith-Wien.
- JACQUIN, J. & PARTSCH, P. (1831): Die Artesischen Brunnen in und um Wien. – 48 S., Wien (Carl Gerold).
- KOLLMANN, K. (1964): Jungtertiär im Steirischen Becken. – Mitteilungen der Österreichischen Geologischen Gesellschaft, **57/2**, 479–632, Wien.
- KOLLMANN, W. (1986): Abschlussbericht. Geohydrologische Untersuchungen zur Beurteilung der Wasserhöufigkeit im südlichen Burgenland. 1976–1978. – Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland, **76**, 55 S., Eisenstadt.
- KOLLMANN, W., BIEBER, G., ČORIĆ, S., HADFI, J., HOBIGER, G., MOSHAMMER, B., RABEDER, J. & RÖMER, A. (2010): Geologische Auswertung von hydrogeologischen Erkundungsbohrungen als Grundlage für eine erfolgreiche Tiefengrundwassererschließung im Neogen des nördlichen Burgenlandes. – Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, **150**, 351–387, Wien.
- KRENMayR, H.G., SCHNABEL, W., REITNER, J., VAN HUSEN, D., FINGER, F., LINNERT, M., ROETZEL, R., RUPP, C., EGGER, H., BRYDA, G., MANDL, G.W., NOWOTNY, A., PESTAL, G. & SCHUSTER, R. (2006): Geologische Karte von Oberösterreich 1:200.000. – Geol. B.-A., Wien.
- KÜHTREIBER, F. (1997): Die Geschichte der VITUS-Quelle. – Exkursionsführer der Österreichischen Geologischen Gesellschaft, **17**, 25–26, Wien.
- LEOPOLD, P. (1998): Hydrogeologie der Molassezone im Bereich St. Florian-Steyr-Sierning (Oberösterreich). – Diplomarbeit Univ. Wien, 112 S., Wien.
- MATTHESS, G. (1994): Die Beschaffenheit des Grundwassers. – Lehrbuch der Hydrogeologie, **2**, 499 S., Berlin-Stuttgart.
- MOSER, H., RAUERT, W., BEHRENS, H., DROST, W., GEYH, M.A., KLOTZ, D., LORCH, S., PAHLKE, H., SEILER, K.-P. & STICHLER, W. (1980): Isotopenmethoden in der Hydrologie. – Lehrbuch der Hydrogeologie, **8**, 400 S., Berlin-Stuttgart.
- NIEDERBACHER, P., ERHARD-SCHIPPEK, W., WESSELY, G. & GOLD-BRUNNER, J. (1995): Tiefengrundwasservorkommen in Niederösterreich. Schwerpunkt Nördliches Inneralpines Wiener Becken. – Unveröff. Bericht, 74 S., Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, Abt. B/9 Wasser- und Abfallwirtschaft, Wien.
- NOWY, W., TASCHKE, R., SCHIMANA, R. & STEPAN, C. (1993): Schutz von Tiefengrundwässern in Wien. Grundlage für eine Wasserwirtschaftliche Rahmenverfügung. Endbericht. – Unveröff. Bericht, 52 S., Magistrat d. Stadt Wien, MA 45 Wasserbau, Wien.
- ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT (1986): ÖNORM, B 2400: Hydrologie. Hydrographische Fachausdrucke und Zeichen. – 35 S., Wien.
- PAPESCH, W., RANK, D., SCHUBERT, G. & TESCH, R. (1999): Isotopenhydrologie des Obermarkersdorfer Beckens. Vorläufige Ergebnisse. – In: ROETZEL, R. (Ed.): Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 1999. Geologische Karten ÖK 9 Retz und ÖK 20 Hollabrunn. Geogenes Naturraumpotential der Bezirke Horn und Hollabrunn, 179–182, Geol. B.-A., Wien.
- PASCHER, G.A., HERRMANN, P., MANDL, G.W., Matura, A., NOVOTNY, A., PAHR, A. & SCHNABEL, W. (1999): Geologische Karte des Burgenlandes 1:200.000. – Geol. B.-A., Wien.
- PILLER, W.E., EGGER, J., ERHART, C.W., GROSS, M., HARZHAUSER, M., HUBMANN, B., VAN HUSEN, D., KRENMayR, H.G., KRYSY, L., LEIN, R., LUKENEDER, A., MANDL, G.W., RÖGL, F., ROETZEL, R., RUPP, C., SCHNABEL, W., SCHÖNLAUB, H.P., SUMMESBERGER, H., WAGREICH, M. & WESSELY, G. (2004): Die stratigraphische Tabelle von Österreich 2004 (sedimentäre Schichtfolgen). – Kommission für die paläontologische und stratigraphische Erforschung Österreichs der Österreichischen Akademie der Wissenschaften und Österreichische Stratigraphische Kommission, Wien.
- REPUBLIK ÖSTERREICH (Hrsg.) (2001): Verordnung des Bundesministers für soziale Sicherheit und Generationen über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung – TWV). – BGBI. II Nr. 304/2001, 21. August 2001, Wien. <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20001483> (abgerufen am 23.10.2015).
- ROETZEL, R. (Ed.) (2009): Geologische Karte der Republik Österreich 1:50 000. Erläuterungen zu Blatt 23 Hadres. – 150 S., 1 Tafel, Geol. B.-A., Wien.
- RUPP, C. (2011): 4.5.2. Vorlandmolasse (Autochthon und Allochthon). – In: RUPP, C., LINNERT, M. & MANDL, G.W. (Ed.): Geologische Karte von Oberösterreich 1:200.000, Erläuterungen, 101–121, Geol. B.-A., Wien.
- RUPP, C. & VAN HUSEN, D. (2008): 3. Erläuterungen zur Kartenlegende. – In: RUPP, C. (Ed.): Erläuterungen zu Blatt 47 Ried im Innkreis, 9–52, Geol. B.-A., Wien.
- RUPP, C. & WAGNER, L. (2008): 4. Geologischer Bau. – In: RUPP, C. (Ed.): Erläuterungen zu Blatt 47 Ried im Innkreis, 52–56, Geol. B.-A., Wien.
- RUPP, C., HOFMANN, T., JOCHUM, B., PFLEIDERER, S., SCHEDL, A., SCHINDLBauer, G., SCHUBERT, G., SLAPANSKY, P., TILCH, N., VAN HUSEN, D., WAGNER, L. & WIMMER-FREY, I. (2008): Erläuterungen zu Blatt 47 Ried im Innkreis. – 100 S., Geol. B.-A., Wien.
- SCHMID, C., AIGNER, H., NIESNER, E., FRANK, J., POLTNIG, W., SUTTERLÜTTI, R., VINZENZ, M., BERNHARD, M. & WEBER, F. (1990): Tiefenwässer im unteren Inntal. Endbericht. Geophysikalische Ergebnisse, hydrogeologische Ergebnisse, geologische und sediment-petrographische Beschreibung der Bohrungen Wattens I, Wörgl I und Reutte I. – Unveröff. Bericht, 50 S., Forschungsgesellschaft Joanneum, Institut für Angewandte Geophysik, Leoben.
- SCHMID, C., BURGSCHWAIGER, E., SCHREILECHNER, M. & RIEGER, R. (2001): Visualisierung der Atzbacher Sande in der Oberösterreichischen Molassezone, Projektphase I. – Unveröff. Bericht, 43 S., Joanneum Research, Leoben.
- SCHNABEL, W., FUCHS, G., Matura, A., ROETZEL, R., SCHARBERT, S., KRENMayR, H.G., EGGER, H., BRYDA, G., MANDL, G.W., NOWOTNY, A. & WESSELY, G. (2002a): Geologische Karte von Niederösterreich 1:200.000. – Geol. B.-A., Wien.
- SCHNABEL, W., KRENMayR, H.G., MANDL, G.W., NOWOTNY, A., ROETZEL, R. & SCHARBERT, S. (2002b): Geologische Karte von Niederösterreich. Legende und Kurzerläuterung. – 47 S., Geol. B.-A., Wien.
- SCHROFFENEGGER, V., RAKASEDER, S. & KURZWEIL, H. (1999): Grundwasserhöufigkeit im mittleren Burgenland. Endbericht. – 333 S., Amt der Burgenländischen Landesregierung, Eisenstadt.

- SCHUBERT, A. (1996): Tiefengrundwasseruntersuchungen im Molassebecken westlich von Linz. – Dissertation TU Berlin, 126 S., Berlin.
- SCHUBERT, G. (1998): Die Grundwasserverhältnisse in den tertiären Sedimenten der Bezirke Horn und Hollabrunn aus hydrogeologischer Sicht. – In: ATZENHOFER, B., HELLERSCHMIDT-ALBER, J., KLEIN, P., LIPIARSKI, P., PERVESLER, P., PIRKL, H., ROETZEL, R., SCHUBERT, G., SHADLAU, S., SMOLIKOVA, L., SUPPER, R., THINSCHMIDT, A., TRÄXLER, B., WIMMER-FREY, I., WIMMER, G. & HEINRICH, M. (1998): Ergänzende Erhebung und zusammenfassende Darstellung des geogenen Naturraumpotentials im Raum Geras-Retz-Horn-Hollabrunn (Bezirke Horn und Hollabrunn), Anhang 10 (60 S., 2 Beil.), Geol. B.-A., Wien.
- SCHUBERT, G. (1999): Zu den Hydrogeologischen Verhältnissen im Obermarkersdorfer Becken. – In: ROETZEL, R. (Ed.): Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 1999. Geologische Karten ÖK 9 Retz und ÖK 20 Hollabrunn. Geogenes Naturraumpotential der Bezirke Horn und Hollabrunn, 171–178, Geol. B.-A., Wien.
- SCHUBERT, G. (2000): Zu den Hydrogeologischen Verhältnissen im Obermarkersdorfer Becken. – In: HEINRICH, M. (Ed.): Projekt N-C-036/F/1998-99. Ergänzende Erhebungen und zusammenfassende Darstellung des geogenen Naturraumpotentials im Raum Geras-Retz-Horn-Hollabrunn (Bezirke Horn und Hollabrunn). Geogenes Naturraumpotential Horn-Hollabrunn. Bericht über die Arbeiten im 5. Projektjahr, Anh. 8, 33 S., Geol. B.-A., Wien.
- SCHUBERT, G. (2009): 10. Hydrogeologie. – In: ROETZEL, R. (Ed.) (2009): Erläuterungen zu Blatt 23 Hadres, 86–92, Geol. B.-A., Wien.
- SCHUBERT, G. & BERKA, R. (2007): Hydrogeologische Karte von Oberösterreich 1:200.000. – Geol. B.-A., Wien.
- SCHUBERT, G., SAFOSCHNIK, T., SUPPER, R., BERNHARD, M., FELFER, W. & ROETZEL, R. (1999): B1 Das Becken von Obermarkersdorf. – In: ROETZEL, R. (Ed.): Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 1999. Geologische Karten ÖK 9 Retz und ÖK 20 Hollabrunn. Geogenes Naturraumpotential der Bezirke Horn und Hollabrunn, 279–286, Geol. B.-A., Wien.
- SCHUBERT, G., LAMPL, H., SHADLAU, S., WURM, M., PAVLIK, W., PESTAL, G., BAYER, I., FREILER, M., SCHILD, A. & STÖCKL, W. (2003): Hydrogeologische Karte von Österreich 1:500.000. – Geol. B.-A., Wien.
- SCHUSTER, R., DAURER, A., KRENMAYR, H.G., LINNER, M., MANDL, G.W., PESTAL, G. & REITNER, J.M. (2015): Rocky Austria. Geologie von Österreich – kurz und bunt. – 4. Auflage, 80 S., Geol. B.-A., Wien.
- SEIBERL, W. & SUPPER, R. (1998): Geophysikalische Untersuchungen im Bereich der Bezirke Horn und Hollabrunn. – In: ATZENHOFER, B., HELLERSCHMIDT-ALBER, J., KLEIN, P., LIPIARSKI, P., PERVESLER, P., PIRKL, H., ROETZEL, R., SCHUBERT, G., SHADLAU, S., SMOLIKOVA, L., SUPPER, R., THINSCHMIDT, A., TRÄXLER, B., WIMMER-FREY, I., WIMMER, G. & HEINRICH, M. (1998): Ergänzende Erhebung und zusammenfassende Darstellung des geogenen Naturraumpotentials im Raum Geras-Retz-Horn-Hollabrunn (Bezirke Horn und Hollabrunn), Anhang 11 (59 S., 5 Beil.), Geol. B.-A., Wien.
- SORDIAN, H. (1992): Endbericht Nr. 2 zu Projekt „Hydrogeologische Untersuchungen des artesischen Grundwasservorkommens von Scharten-Leppersdorf (Gemeinde Scharten), 2. Teil“ (OA8i/F-91). – Unveröff. Bericht GZ. 30.373/2-23/91, 17 S., Technisches Büro für angewandte und theoretische Geologie, Ing. Dr. Hans Sordian, Wels.
- SPENDLINGWIMMER, R. (1997): Trinkwasserprospektion und Grundwasserschutz im Gallneukirchner Becken. – Arsenal Aktuell, 14/2/97, 9–14, Wien.
- SPENDLINGWIMMER, R. (2002): Erkundung und Erschließung von Tiefengrundwasser im Raum Lungitz. – Unveröff. Bericht, 27 S., Seibersdorf Research, Seibersdorf.
- SUESS, E. (1862): Der Boden der Stadt Wien nach seiner Bildungsweise, Beschaffenheit und seinen Beziehungen zum bürgerlichen Leben. – 326 S., Wien (Braumüller).
- TAUBER, A.F. (1963): Neusiedler See – Mineralwässer und Mineralwasserlagerstätte. – Allgemeine Landestopographie des Burgenlandes, Band 2: Der Verwaltungsbezirk Eisenstadt und die Freistädte Eisenstadt und Rust, 786–809, Amt der Burgenländischen Landesregierung, Eisenstadt.
- TAUBER, A.F., KNIE, K., GAMS, H. & PESCHEK, E. (1959): Die artesischen Brunnen des Seewinkels im Burgenland. – Wiener Mitteilungen Wasser-Abwasser-Gewässer, 3, 226–279, Wien.
- VOHRYZKA, K. (1973): Hydrogeologie von Oberösterreich. – 80 S., Linz.
- WESSELY, G. (2006): Wasser. – In: WESSELY, G., DRAXLER, I., GANGL, G., GOTTSCHLING, P., HEINRICH, M., HOFMANN, T., LENHARDT, W., MATERA, A., PAVUZA, R., PERESSON, H. & SAUER, R.: Geologie der Österreichischen Bundesländer. Niederösterreich, 299–310, Geol. B.-A., Wien.
- WURM, M. (2000): Hydrogeologische Methoden zur Klärung von Interaktionsprozessen von Formations- Mineral-, Tiefengrund- und oberflächennahen Grundwässern im Einzugsgebiet des Neusiedlersees. – Diplomarbeit Montanuniversität Leoben, 125 S., Leoben.
- ZETINIGG, H. (1973): Die artesischen Brunnen der Südweststeiermark. – Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, 26, 127 S., Graz.
- ZETINIGG, H. (1982): Die artesischen Brunnen im Steirischen Becken. – Mitteilungen der Abteilung für Geologie, Paläontologie und Bergbergbau am Landesmuseum Joanneum, 43, 211 S., Graz.
- ZETINIGG, H., AICHELEDER, W., DUSCHEK, H., EDER-PAIER, M., FIGALA, G., FRISCHHERZ, H., GORTAN, P., HEMMERS, E., HOHENSINN, F., KANATSCHNIG, M., KASPER, W., KRAINER, H., MILOTA, C., PHILIPPITSCH, R., SCHMID, C., SCHURL, P., ÜBERWIMMER, F., VOLLHOFER, O., WEIHS, T., ZODERER, A. & ZOJER, H. (2000): Nutzung artesischer und gespannter Grundwässer. – ÖWAV-Regelblatt, 211, 64 S., Wien.
- ZETINIGG, H., DOMBERGER, G., EYBL, J., FERSTL, M., GOLDBRUNNER, J.E., HACKER, P., HERLICKA, H., KANATSCHNIG, M., KAUFMANN, K., KNEIDINGER, C., KOLLMANN, W., MAURER, A., NACHTMANN, W., NEUMAYER, R.A., PHILIPPITSCH, R., RAKASEDER, S., RAUCH, P., SAMEK, M., SCHMID, C., SPÖRKER, T., SUETTE, G., VOLLHOFER, O., WEBER, L. & GAUL, A. (2010): Nutzung und Schutz von Thermalwasservorkommen. – ÖWAV-Regelblatt, 215, 88 S., Wien.
- ZOJER, H., DOMBERGER, G., SCHREILECHNER, M., NIEDERBACHER, P., KRIEGL, C., MEYER, J., ERHART-SCHIPPEK, W. & VASVARI, V. (2005): Hydrogeologische Grundlagen für eine nachhaltige Nutzung der Tiefengrundwässer im Bereich des Oststeirischen und Pannonschen Beckens. Endbericht. – Unveröff. Bericht, 558 S., Joanneum Research, Graz.
- ZÖTL, J.G. (1978): Tiefenwässer – Nutzung und Beherrschung. – Österreichische Wasserwirtschaft, 30/3/4, 46–52, Wien.
- ZÖTL, J.G. & GOLDBRUNNER, J.E. (1990): Hydrogeologische Untersuchungen artesischer Wässer im Oberösterreichischen Alpenvorland. Teil VI. Ergänzung – Hydraulisches Modell. – Unveröff. Bericht, 12 S., Joanneum Research, Graz.
- ZÖTL, J.G., ALBRECHT, G., BERGMANN, H., BOROVICZÉNY, F., BUCHTEL, K., GOLDBRUNNER, J.E., HACKER, P., KOLLMANN, H., PÖTSCH, F., ULLRICH, J., WEHINGER, K., ZETINIGG, H. & ZOJER, H. (1986): Tiefengrundwässer und Trinkwasserversorgung. – ÖWWV-Regelblatt, 202, 60 S., Wien.

KARTE DER TRINKBAREN TIEFENGROUNDWÄSSER ÖSTERREICHS 1: 500 000

Herausgegeben von der Geologischen Bundesanstalt, Wien 2009
Bearbeitet von R. BERKA¹, R. PHILIPPITSCH² und G. SCHUBERT¹

¹Geologische Bundesanstalt Wien, ²Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft

Geologisch-tektonische Übersicht und Gliederung
der Tiefengrundwasservorkommen

1 : 2 000 000

