

Tiefe Erschließungen für die Balneologie in Niederösterreich

Johann GOLDBRUNNER

Übersicht

Im Bundesland Niederösterreich wurden zwischen 1992 und 2005 sechs Bohrungen an fünf Standorten im Wiener Becken und in der Niederösterreichischen Molasse für die balneologische Nutzung niedergebracht (Tab. 1), wobei unter dem Begriff „balneologische Nutzung“ die Gesamtheit der stofflichen Nutzung von Thermalwasser für Kur- und Erlebnisbäder im Gegensatz zur rein energetischen Nutzung verstanden werden soll.

Tabelle 1: Daten der zwischen 1992 und 2005 in Niederösterreich für balneologische Zwecke niedergebrachten Tiefbohrungen. Datenquelle: Elster et al. (2016). TDS: Summe der gelösten festen Stoffe

Standort	Jahr	Bohrloch	Endteufe [m MD]	Wassertyp	TDS [mg/l]	Nutzung
Payerbach	1995	Payerbach Th 1	2.700	Ca-Mg-Na-SO ₄	4.600	-
Laa a d.Thaya	1992	Laa Th Süd 1	2.640	Na-Cl-J	45.500	verfüllt
	1995	Laa Th Nord 1	1.448	Na-Cl-J	10.316	Thermalbad
Bad Pirawarth	1996	Pirawarth Th 1	997	Na-Cl-J	15.600	Kurbad
Linsberg	2004	Linsberg 1/1a	892	Ca-Mg-SO ₄ -Schwefel	2.200	Thermalbad
Engelhartstetten	2004/2005	Engelhartstetten Th 1	1.122	Na-Cl-Schwefel-J	5.657	-

Im Rahmen dieses Beitrages wird über die Bohrungen in Engelhartstetten und Laa an der Thaya, an denen der Autor beteiligt war, berichtet.

Engelhartstetten Thermal 1

Die Tiefbohrung Engelhartstetten wurde an der Jahreswende 2004/2005 auf eine Endteufe von 1.122 m (Messteufe = MD) niedergebracht. Die Bohrstelle liegt ca. 800 m NE der Kirche von Stopfenreuth knapp nördlich des Natura 2000-Gebietes Donau Auen. Ziel des Aufschlusses waren Karbonatgesteine des Tatriiden Mesozoikums, die in der ca. 2,85 SW km SW vom Ansatzpunkt der Engelhartstetten gelegenen Bohrung Stopfenreuth U1 der OMV AG unter 480 m Neogenbedeckung in Form von örtlich klüftig ausgebildeten Dolomiten der Mitteltrias erschlossen wurden und in Bad Deutsch-Altenburg, unter anderem am Pfaffenberg und am Hexenberg, anstehen und auch den Aquifer der Mineralthermen von Bad Deutsch-Altenburg bilden. Die in der Bohrung Stopfenreuth U1 bei der Teufe 466 m bei einem Test gemessene Temperatur von 50 °C entspricht einem Temperaturgradienten in der Größenordnung von 8,4 K/100 m, also deutlich über dem Durchschnitt des Wiener Beckens von 3K/100 m (Abb. 1). Für die bei der Endteufe 639 m der Stopfenreuth angegebene Temperatur von 59 °C ergibt sich ein Gradient von 7,6 K/100 m.

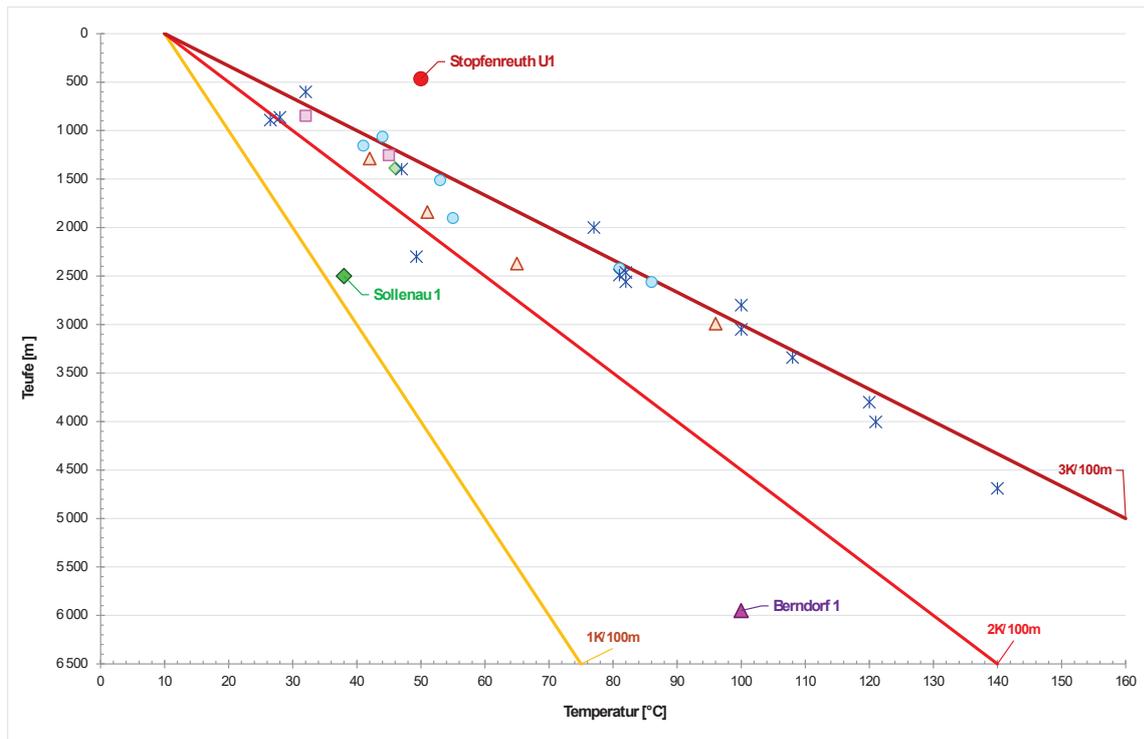


Abbildung 1: Tiefen-Temperatur-Plot von ausgewählten Tiefbohrungen des Wiener Becken und der Niederösterreichischen Molasse. Datenquellen: Elster et al. (2016); Goldbrunner & Kolb (1997); Wessely (1983).

Die Bohrung Engelhartstetten Th 1 durchfuhr bis zum Top der neogenen Schichtfolge bei 15,4 m quartäre, seichtliegendes Grundwasser führende Sand-Kiese. Die bis zur Teufe 216 m erbohrten Sedimente wurden dem Oberen Badenium zugeordnet. Sie waren überwiegend schluffig-tonig entwickelt; sandig-kiesige Abschnitte mit Häufung von Makrofossilien traten zwischen 42 und 58 m auf; der darunter folgende, bis 216 m reichende Abschnitt, war durchgehend feinklastisch. Das zwischen 216 und 400 m auftretende Mittlere Badenium war ebenfalls überwiegend tonmergelig entwickelt, zwischengeschaltete Sandsteinlagen waren geringmächtig und dicht ausgebildet. Der Abschnitt zwischen 400 und 462 m mit einer Folge von grauen, stark siltig-feinsandigen, hellglimmereichen Mergeln wurde aufgrund der freundlicherweise von G. WESSELY durchgeführten Mikrofossilbestimmungen dem Unteren Badenium zugeordnet.

Bei 462 m wurde der Top einer grobklastischen Entwicklung angefahren und daraufhin der Rohrschuh der zementierten Verrohrung des Bohrlochs (Liner 7“) bei 466,5 m abgesetzt. Die aus Konglomeraten und Brekzien aufgebaute Schichtfolge wurde bis 615 m durchfahren. Sie wird als Äquivalent des Aderklaaer Konglomerats aufgefasst und daher in das Untere Badenium gestellt. Im Topbereich des Konglomerats fanden sich reichlich Gerölle von Karbonaten, weniger häufig jene von Quarz und Quarzit (z.T. Alpiner Verrucano), daneben kalkig gebundener Sandstein. Ab Teufe 466 m bis 540 m dominierten Granitgerölle vom Typus Wolfsthaler Granit, die anschließend von kalkigen und dolomitischen Geröllkomponenten abgelöst wurden. Mit dem Lithologiewechsel hängt wahrscheinlich der ab 575 m feststellbare Rückgang der Gammastrahlung zusammen.

Bei 598 m wurde im Konglomerat eine Kluftzone von einem Meter durchfahren, in der kurzzeitig Spülungsverluste auftraten. Die geometrisch scharf abgrenzte Zone ist u.a. durch die Kalibererweiterung deutlich zu erkennen. Der Top des Präneogen wurde nach Spülproben und Logbefunden bei 608 m (-466 m ü.A.) und somit um 170 m tiefer als in Stopfenreuth U1 erreicht. Die brekzienreiche Folge, die bis 649 m (41 m) erbohrt wurde, wird als tektonische Brekzie aufgefasst. Derartige Brekzien werden von Plasienka et al. (1991) als Begrenzung des jurassischen Borinka

Halbgrabens beschrieben. Lithologisch handelt es sich bei den Grobklastika um mittel- bis dunkelgraue Dolomite, teilweise hellgraubraune Kalke; die Komponenten zeigen keine Rundung. Gamma-Ray Spitzen im Geophysikalischen Log, die mit Bereichen geringen Elektrischen Widerstandes korrelieren, wurden tonreichen Lagen zugeordnet.

Bei 649 m kam die Bohrung in die Mariataler Schiefer des Tatrikums, die in den Lias gestellt werden. Die Mariataler Schiefer erwiesen sich als dunkelgraue bis schwarze Kalk- bis Mergelschiefer, teilweise mit quer zur Schieferung bzw. Schichtung verlaufenden weißen karbonatischen bzw. quarzitischen Kluffüllungen. Ein zwischen 802 und 810 m durchfahrener, durch geringe Elektrische Widerstände und eine Anomalie im Eigenpotentiallog gekennzeichnete Abschnitt wird als Störungszone interpretiert; ab dieser Zone änderte sich auch die Neigung des Bohrloches.

Generell gaben die Neigungs- und Richtungsmessungen im Bohrloch gute Hinweise auf die strukturellen Verhältnisse: die Bohrung konnte bis zur Teufe 560 m praktisch senkrecht niedergebracht werden. Ab der Kluffzone bei 598 m setzte Neigungsaufbau ein, der sich in den Mariataler Schiefen aufgrund des stärkeren Einfallens verstärkte. So hatte sich bis Teufe 738 m eine Bohrlochneigung von 7,8° bei einem Azimut von 155° aufgebaut. Daraufhin wurde zum Abbau der Neigung eine Richtbohrgarnitur eingesetzt, mit der es gelang, die Neigung bis 820 m auf unter 2° abzubauen.

Ab dieser Teufe baute sich die Neigung neuerlich trotz Einsatz der Richtbohrgarnitur auf ca. 7,5° bei 855 m auf. Dies ist wahrscheinlich auf die Störungszone zwischen 820 und 810 m zurückzuführen, mit der eine Änderung des Einfallens verbunden ist. In der Teufe 855 m wurde die Richtbohrgarnitur ausgebaut und mit einem Strang ohne Stabilisatoren weitergebohrt. Mit diesem Strang baute sich die Neigung bis 955 m auf max. 12,5° auf; sie erhöhte sich jedoch bis zum letzten Messpunkt bei 1.120 m nicht mehr, sondern wurde leicht auf 11° abgebaut. Der Azimut betrug hier 140°. In der Gesamtheit ergab sich eine horizontale Abweichung vom Aufschlagpunkt von 66 m bei einem Azimut von 144°. Der Teufenverlust bei 1.120 m betrug 5,77 m.

Vom Mariataler Schiefer liegt eine Auswertung des Streichens und Einfallens der Schieferungsflächen ("Dips") vor. Demnach ist das generelle Einfallen Richtung N bis NW bis W, selten (Abschnitt 851-853 m) gegen SE. Die Fallwinkel liegen zwischen 10 und 30°.

Zur Abschätzung der Mächtigkeit der Mariataler Schiefer wurde bei der Teufe 997 m ein Vertical Seismic Profile (VSP; Look Ahead Seismik) durchgeführt. Als Anregungspunkt (Stickstoffkanone) fungierte ein 43 m vom Ansatzpunkt der Tiefbohrung situiertes fünf Meter tiefes Bohrloch, in dem das Grundwasser ausspiegelte. Es wurden 59 Messungen im Bohrloch vorgenommen.

Die Auswertung der Messung ergab, dass eine Änderung der lithologischen Verhältnisse erst im Teufenbereich von über 1.300 m zu erwarten war. Aus diesem Grund wurden die Bohrarbeiten bei einer erreichten Teufe von 1.122 m im Mariataler Schiefer eingestellt.

Festzuhalten ist, dass durch die Bohrung Engelhartstetten eine tiefere tatratische Einheit erbohrt wurde. Die tektonisch höhere Einheit mit den Mitteltrias-Karbonaten von Stopfenreuth und Deutsch-Altenburg fehlt hier.

Wasserwirtschaftliche Versuche

Nach Erreichen der Endteufe wurden mehrere wasserwirtschaftliche Versuche am Bohrloch Engelhartstetten durchgeführt (Tab. 2). Der erste Mammutpump-Versuch erfolgte aus dem von 466,5 bis zur Endteufe offenen Bohrloch. Aufgrund des detektierten sehr hohen H₂S Gehaltes von 250 ppm

wurde im offenen Bohrloch 6.1/4“ von 730 m bis 631 m eine Zementbrücke von rd. 100 m gesetzt und damit die Mariataler Schiefer und ein Teil der tektonischen Brekzie abgesperrt. Daraufhin reduzierte sich der H₂S-Gehalt auf 18 ppm beim Mammutpump-Versuch 2.

Tabelle 2: Daten der Wasserwirtschaftlichen Versuche am Bohrloch Engelhartstetten Thermal 1.

Versuch	MPV1	MPV2	LZPV
Datum	02./03.03.05	19./20.03.05	23.03. - 23.06.05
Offene Strecke [m]	466,5 - 1.122	570 - 631	570 - 631
Stat. Wasserpiegel [m]	-4,7	1,6	1,6
Volumenstrom [l/s]	3,5	3	2,2
Absenkung auf [m]	-105	-170	-168
Temperatur Wellhead [°C]	26,0	26,6	31,7
Elektr. Leitfähigkeit [mS/cm]	11	9	9,1
H ₂ S [ppm]	250	18	105

Für den mit Tauchkreiselpumpe ausgeführten Langzeitpumpversuch wurde eine Schwarzstahl-Schutzverrohrung 2.7/8“ x 7“ eingebaut, um die Korrosion der zementierten Bohrlochverrohrung zu verhindern. Der Pumpversuch lief über eine Dauer von 2 Monaten bei einer maximalen Fördermenge von 13,2 m³/h bzw. 317 m³/d. Die Aufspiegelung im Horner-Plot lässt eine deutliche Zweiteilung erkennen: der bohrlochferne Bereich hat mit einem Wert von $7,9 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ eine ca. 30-fach höhere Transmissivität als der bohrlochnahe. Eine mögliche Erklärung hierfür ist neben einer nicht auszuschließenden Bohrlochschädigung die Tatsache, dass bei 598 m nur eine wasserführende Kluftzone geringer Mächtigkeit erschlossen wurde.

Der Vergleich der hydrochemischen Daten des Bohrlochs Stopfenreuth U1 und der Brunnen Engelhartstetten Th 1 (NUA-Umweltanalytik GmbH, 2005) und Direktionsbrunnen Bad Deutsch-Altenburg (Bundesanstalt für chemische und pharmazeutische Untersuchungen, 1996) zeigt, dass Stopfenreuth U1 und Engelhartstetten Natrium-Chlorid -Wassertypen mit einer Elektrolytsumme von 5,6 g/l sind, während der Direktionsbrunnen einen Natrium-Calcium-Chlorid-Hydrogencarbonat-Typus darstellt und mit 3,4 g/l Gesamtelektrolyten deutlich geringer mineralisiert ist. Hier macht sich der verdünnende Einfluss seichtliegender Grundwässer im Quartär bemerkbar.

Nach dem NÖ. Heilvorkommen- und Kurortegesetz ist das Wasser von Engelhartstetten Thermal 1 als Natrium-Chlorid-Schwefel-Jod-Therme einzustufen.

Mit einem Wert für den titrierbaren Schwefel (berechnet als S^{II}) von 189 mg/l liegt Engelhartstetten weit über allen europäischen Schwefelwässern. So hat das in Michel (1997) mit dem höchsten Wert an Gesamtschwefel ausgewiesene Bohrloch in Bad Wiessee in der bayerischen Faltenmolasse einen Gehalt an Schwefel, der um fast 80 mg/l unter jenem von Engelhartstetten liegt.

Das Wasser von Engelhartstetten ist mit einem Deuterium-Wert von -88 d‰ und einem Sauerstoff-18-Wert von -11,69 d‰ ein meteorisches, d.h., aus atmosphärischen Niederschlägen stammendes, Tiefengrundwasser; wie aus dem an der Nachweisgrenze liegenden Tritiumgehalt erkennbar, ohne Zumischung von Komponenten jünger als circa 50 Jahre. Die abgereicherten Deuterium- und ¹⁸O-Werte sprechen für ein pleistozänes Alter (> 12.000 a). Die Analyse des freien Gases ergab einen Anteil von CO₂ von 15,75 Vol% und von Methan CH₄ von 24,73 Vol %, der Rest von über 50 Vol% war Stickstoff N₂. Das Gas/Wasserverhältnis war 1 : 74.

Die thermischen Verhältnisse der Bohrung Stopfenreuth U1 und der Brunnen von Deutsch-Altenburg einerseits und der Bohrung Engelhartstetten Th 1 andererseits, welche keine Karbonatgesteine der Mitteltrias der Tatriden erschlossen hat, sind Ausdruck unterschiedlicher hydrodynamischer Bedingungen. Stopfenreuth U 1 und die Brunnen in Deutsch-Altenburg sind Teil eines advektiven

Systems, dessen Auswirkungen besonders in Deutsch- Altenburg erkennbar sind; der thermische Gradient von Engelhartstetten liegt mit einem Wert von 3,5 K/100 m jedoch im Durchschnitt des Wiener Beckens (Abb. 2; vgl. auch Abb. 1).

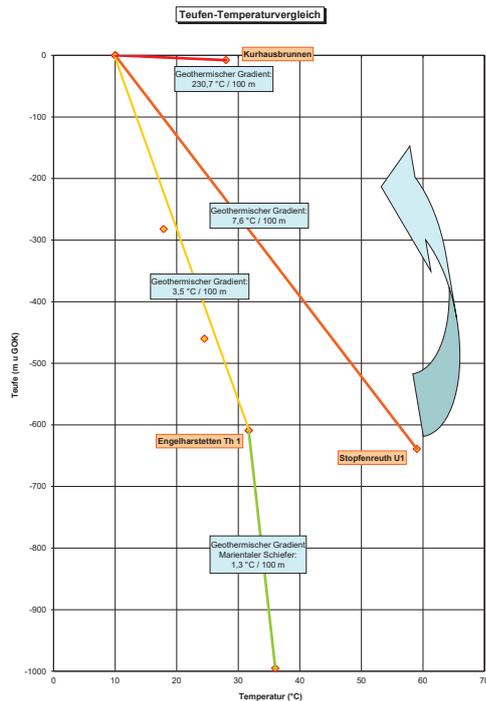


Abbildung 2: Tiefen-Temperatur Relation der Bohrungen Stopfenreuth U1, Engelhartstetten Th 1 und des Kurhausbrunnen in Bad-Deutsch-Altenburg. Der Pfeil symbolisiert den advektiven Wärmetransport.

Der Aufstiegsweg der Thermalwässer von Stopfenreuth und Bad Deutsch-Altenburg im Bereich der Ostrandscholle im südlichen Wiener Becken wurde durch Wessely (1993) anschaulich beschrieben. Das Ergebnis von Engelhartstetten zeigt, dass dieser Aufstiegsbereich gegen Osten hin aufgrund der tektonischen und lithologischen Bedingungen eine Begrenzung erfährt. Der sehr hohe Schwefelwasserstoffgehalt von Engelhartstetten Th 1 ist auf den Einfluss der teilweise unter anoxischen Bedingungen sedimentierten Mariataler Schiefer zurückzuführen; es besteht die Möglichkeit, dass sich dieser Einfluss auch auf das System von Bad Deutsch-Altenburg erstreckt.

Laa an der Taya

Die erste Bohrung mit der Bezeichnung Laa Thermal Süd 1 wurde im Herbst 1992 im Bereich des damaligen Hallenbades Laa niedergebracht. Bohrziel war die Altenmarkt-Formation des Oberjura des präneogenen Beckenuntergrundes in tiefer Position im Bereich des Mailberger Bruches. Die Bohrung durchfuhr nach Wessely (1997) bis 1.850 m unter mächtigem Karpatium und Ottnangium, Eggenburgium und darunter 20 m Sandsteine des Egerium. Im mesozoischen Beckenuntergrund wurde im Oberjura unter 36 m Kalkarenitserie und 46 m Mergelsteinserie die 660 m mächtige Karbonatgesteinserie, dessen hangender, 589 m mächtiger Abschnitt durch Kalke dominiert wird, erbohrt; darunter folgten 71 m Dolomite; ab Teufe 2.592 m wurden noch 48 m der Dolomitischen Quarzarenitserie des Mittleren Jura aufgeschlossen (Abb. 3).

Nach den geophysikalischen Bohrlochmessungen waren in den ab Teufe 2.071 m als Open-Hole vorliegenden Oberjurakarbonaten nur einzelne, klüftige Abschnitte geringer Mächtigkeit vorhanden. Die Dolomite des Oberjura und die Dolomitische Quarzarenitserie waren aufgrund der Geophysik als nur gering durchlässig anzusprechen.

Ein Langzeit-Pumpversuch mit Tauchkreislumpumpe in den Oberjurakarbonaten ergab bei einer Spiegel-Absenkung von 1.170 m eine Förderrate von 3,4 l/s, entsprechend einer Transmissivität von $3 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$. Die Fördertemperatur betrug 65 °C. Nach dem unbefriedigenden Ergebnis in der Altenmarkt-Formation wurde in der Bohrlochverrohrung bei 1,899 m ein Packer gesetzt und so die darunterliegende offene Bohrlochstrecke abgesperrt. Zur Erschließung der mit einer Netto-Mächtigkeit von 13 m vorliegenden Sandsteine des Egerium wurde eine Schussperforation der 9.5/8“ Verrohrung vorgenommen und ein Leistungstest mit Tauchkreislumpumpe durchgeführt, der jedoch bei einer Entnahmerate von 2,33 l/s mit 1.100 m ähnliche Absenkungswerte wie in der Altenmarkt-Formation bei einer Transmissivität von $2,1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ erbrachte.

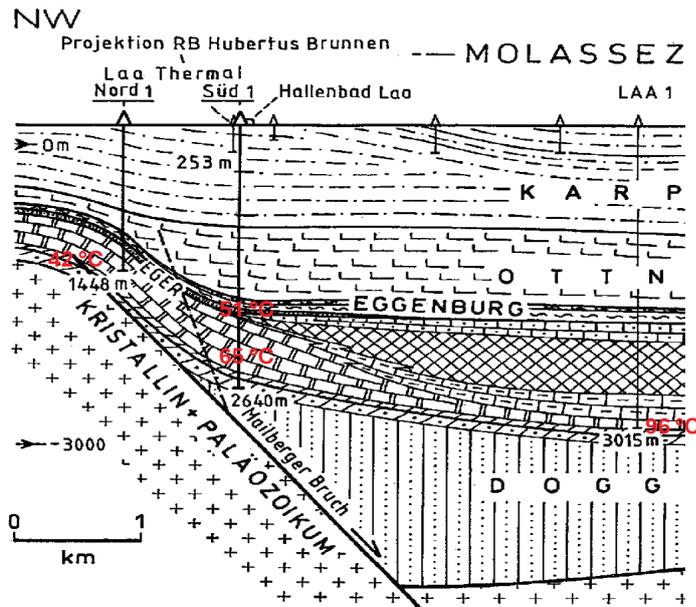


Abbildung 3: Die geologisch-strukturelle Situation der Tiefbohrungen von Laa a.d. Thaya (Ausschnitt aus dem Profil von Wessely (1997), ergänzt).

Die Bohrung Laa Thermal Nord 1, deren Thermalwasser heute im Thermenressort und Hotel genutzt wird, wurde im Sommer 1995 1,1 km nördlich der Laa Th Süd 1 unweit der tschechischen Grenze niedergebracht. Grundlage für den Ansatz der Bohrung war ein fünf Kilometer langes reflexionsseismisches Nord-Süd-Profil, das im Norden auf tschechisches Staatsgebiet ausgedehnt werden konnte. Der geologische Schnitt in Abbildung 10 zeigt die strukturhohe Position der Bohrung mit der mit dem Mailberger Bruch zusammenhängenden Flexur ohne Durchriss der Altenmarkt-Formation. Die Mächtigkeit der känozoischen Schichten war aufgrund der Position der Bohrung mit 1.125 m gegenüber 1.850 m in der Süd 1 deutlich verkürzt. Bis zu der Endteufe bei 1.448 m wurden 323 m Karbonate der Altenmarkt-Formation erschlossen. Mit Hilfe des Neutron-Logs wurden 19 kluftwasserführende Abschnitte mit einer kumulativen Mächtigkeit von 33 m ausgeschieden. Beim Dauerpumpversuch wurde ein Volumenstrom von 10 l/s bei einer Absenkung von 90 m und einer Auslauftemperatur von 42 °C erzielt. Bemerkenswert gegenüber Süd 1 war auch der überhydrostatische Druck und eine freie Überlaufrate von ca. 4 l/s. Das Gas-Wasser Verhältnis lag zwischen 1,3 : 1 (Pumpbetrieb) und 1,4 : 1 im freien Überlauf. Das Gas enthielt 95 % Methan.

Von Interesse ist der geochemischen Vergleich zwischen Laa Süd und Nord, besonders wenn man das in Tschechien gelegene Bohrloch Musov-3, das ebenfalls in der Altenmarkt-Formation steht, einbezieht (Tab. 3). Bei den in Laa Thermal Süd erschlossenen Wässern handelt es sich um Natrium Chlorid Jod Solen mit Gesamtmineralisierungen von 22,7 (Egerium) bzw. 45,4 g/l (Altenmarkt-

Formation), während das Wasser der Nord eine Natrium Chlorid Jod Therme mit rd. 10,3 g/l an gelösten festen Stoffen darstellt.

Tabelle 3: Vergleich der Hydrochemie der Bohrungen Musov-3 und Laa Thermal Nord 1 und Süd 1.

Bohrloch	Musov-3	Nord 1	Süd 1	
Formation	Altenmarkt Fm	Altenmarkt Fm	Eger, Sdst.	Altenmarkt Fm
Datum		20.03.1996	13.10.1993	30.01.1996
Konzentration [mg/l]				
Ammonium	3,8	25,2	86,8	42,08
Lithium		0,97	2,3	5,13
Natrium	731	3476	7541	13500
Kalium	18,8	79	76	470
Magnesium	17,3	91	240	504
Calcium	48	191	561	2612
Strontium		10,2	36,1	137
Barium		2,74	5,36	14,0
Eisen II		8,43	7,8	15,2
Mangan II		0,12	0,09	0,26
Fluorid		6,95	1,01	4,5
Chlorid	1088	5718	13331	27496
Bromid	4,7	23,5	101	117
Jodid	1,3	9,05	66	18,6
Sulfat	24,3	5,45		33,75
Hydrogencarbonat	293	580	318	266
Kieselsäure-meta		22,6	58,7	42,1
Borsäure-ortho		66,77	297	120
Summe gelöste feste Stoffe	2230	10317	22729	45398
Wassertypus	Na Cl HCO₃ (J)	Na Cl J	Na Cl J	Na Cl J
	Mineraltherme	Mineraltherme	Sole	Sole
Deuterium [‰]	-84,4	-46,5	-19,1	-16,1
Sauerstoff-18 [‰]	-11,8	-5,45	0,71	-0,38

Das Wasser von Musov-3 aus der Altenmarkt-Formation ist ein Natrium Chlorid Hydrogencarbonat Typ mit 2,2 g/l Lösungsinhalt. Der Einfluss durch meteorische Wässer wird durch den Vergleich der Natrium-Chlorid Gehalte der vier Wässer deutlich, dieser ist auch aus der Gegenüberstellung der Deuterium- und Sauerstoff-18 Werte zu erkennen (Abb. 4 und Tab. 3); Musov-3 liegt im Gegensatz zu den Laaer Wässern auf der Meteorischen Linie.

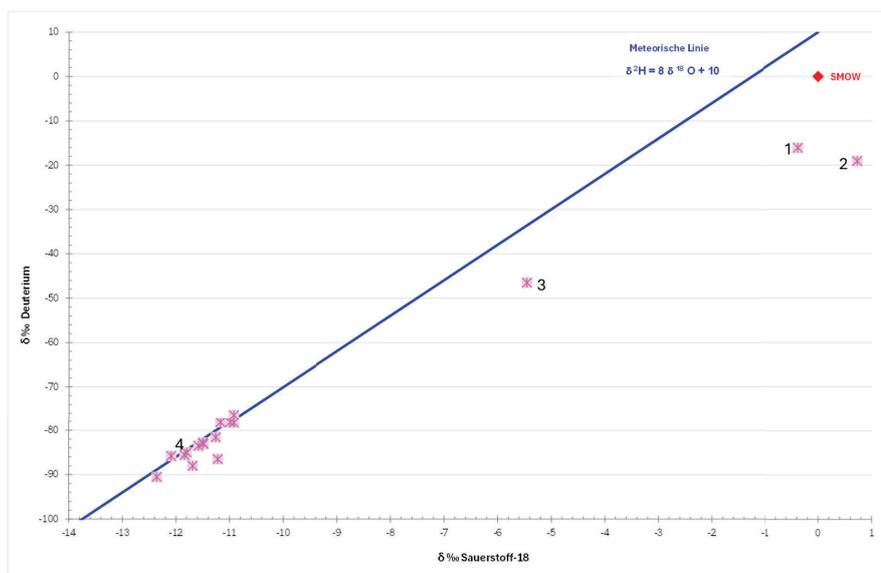


Abbildung 4: Deuterium- und Sauerstoff-18 Plot von thermalen Tiefengrundwässern des Wiener Beckens und seines Randbereiches. Datenquellen: Elster et al. (2016); Goldbrunner & Kolb (1997). 1 = Laa Thermal Süd, Altenmarkter Schichten; 2 = Süd 1, Egersandstein, 3 = Laa Thermal Nord 1; 4 = Musov-3.

Beide Wässer der Süd 1 sind als Formationswässer ohne Regeneration durch atmosphärische Niederschläge anzusprechen, während Laa Thermal Nord 1 von der chemischen Zusammensetzung und den stabilen Isotopen als eine Mischung zwischen Formationswasser und meteorischem Wasser, wie er durch das Wasser von Musov-3 repräsentiert wird, aufgefasst werden kann. Nach der Position im Diagramm ist eine 1:1 Mischung für die Nord 1 grob abzuschätzen. Die Herkunft der einzelnen Komponenten, insbesondere der hochmineralisierten, muss offenbleiben; aufgrund der ähnlichen Temperaturgradienten von Laa Thermal Süd 1 und Nord 1 ist ein advektiver Wärmetransport durch aufsteigende Wässer aus dem tieferen Becken nicht wahrscheinlich. Musov-3 ist hinsichtlich der Summe der gelösten Stoffe und der stabilen Isotope Deuterium und Sauerstoff-18 mit den mobilen Tiefengrundwässern des Oberjura des Oberösterreichischen Molassebeckens vergleichbar.

Literatur

- Bundesanstalt für chemische und pharmazeutische Untersuchungen (1996). Große Heilwasseranalyse des „Direktionsbrunnens“ in A-2405 Deutsch-Altenburg (NÖ). L.Nr. 6677-V/95.- Unveröffentlichter Bericht, 11 S., Wien, 05.11.1996.
- Elster, D., Goldbrunner, J., Wessely, G., Niederbacher, P., Schubert, G., Berka, R., Philippitsch, R. & Hörhan, T. (2016). Erläuterungen zur geologischen Themenkarte Thermalwässer in Österreich 1 : 500.000.-296 S., 161 Abb., 134 Tab., 4 Taf., Wien (Geologische Bundesanstalt).
- Goldbrunner, J. & Kolb, A. (1997). Die Tiefbohrungen in Laa an der Thaya.- ÖGG-Exkursionsführer Nr. 17, 61-70.
- Michel, G. (1997). Mineral- und Thermalwässer – allgemeine Balneologie.- 398 S., 104 Abb., 72 Tab., Berlin – Stuttgart (Gebrüder Borntraeger). Bd. 7 d. Reihe „Lehrbuch der Hydrogeologie“, Hgb. G. MATTHESS).
- NUA-Umweltanalytik GmbH (2005). Untersuchungsbericht Große Heilwasseranalyse der neu erschlossenen Bohrquelle mit der Bezeichnung „Engelhartstetten Thermal 1“ Zl W-11416-1/2-05.- Unveröffentlichter Bericht, 16 S., 3 Beil., Maria Enzersdorf, 30.08.2005.
- Plasienka, D., Michalik, J., Kovac M., Gross, P. & Putis, M. (1991). Paleotectonic Evolution of the Malé Karpaty Mts. – An Overview.- *Geologica Carpathica*, 42, 195-208.
- Wessely, G. (1983). Zur Geologie und Hydrodynamik im südlichen Wiener Becken und seiner Randzone.- *Mitt.Geol.Ges.Wien*, 76, 27-68.
- Wessely, G. (1993). Bad Deutsch-Altenburg. In: ZÖTL, J. & GOLDBRUNNER, J.E.: Die Mineral- und Heilwässer Österreichs. Geologische Grundlagen und Spurenelemente.- 268-272, Wien – New York (Springer Verlag).
- Wessely, G. (1997). Das autochthone Mesozoikum im weiteren und engeren Raum von Laa an der Thaya – Staatz.- ÖGG-Exkursionsführer Nr. 17, 53-56.