

bis zu 100 mW/m² (CERMAK, 1979; DÖVENY & HORVATH, 1988). Dies ist vermutlich auf die geophysikalisch nachgewiesene Hochlage des Erdmantels im Pannonischen Becken und seinen Randbereichen zurückzuführen. SCHMÖLLER (zit. nach ZÖTL & GOLDBRUNNER, 1993) ermittelte durch Tiefenseismik die Lage der Mohorovičić-Diskontinuität westlich von Fürstenfeld mit 19 km. Bei einigen Bohrungen ist der Einfluss des konvektiven Wärmeflusses in strukturhoher Position evident. Dieser führt zu Gradienten von über 5 K/100 m. Die Erschließungsteufen der Bohrungen mit deutlich positiven thermischen Anomalien liegen zwischen 200 und 500 m.

5.2 Einzelne Thermalwasservorkommen im Steirischen Becken

(D. ELSTER)

5.2.1 St. Martin in der Wart (B)

Aktuelle Nutzung und Entwicklungsgeschichte

Die Bohrung (Abb. 49) wurde vom Wasserverband Südliches Burgenland abgeteuft, um Trinkwasser zu erschließen. Derzeit findet ausschließlich eine Pegelüberwachung statt. Der Konsens beträgt 2 l/s.

Auf Grundlage von seismischen Untersuchungen wurde im Jahr 2005 St. Martin in der Wart 1 zum Zweck der Trinkwassergewinnung abgeteuft. Aufgrund der relativ hohen Gesamtmineralisation und dem erhöhten Gehalt an Ammonium ist die Bohrung für Trinkwasserzwecke nur eingeschränkt geeignet (GRATZER, 2006).

Hydrogeologie

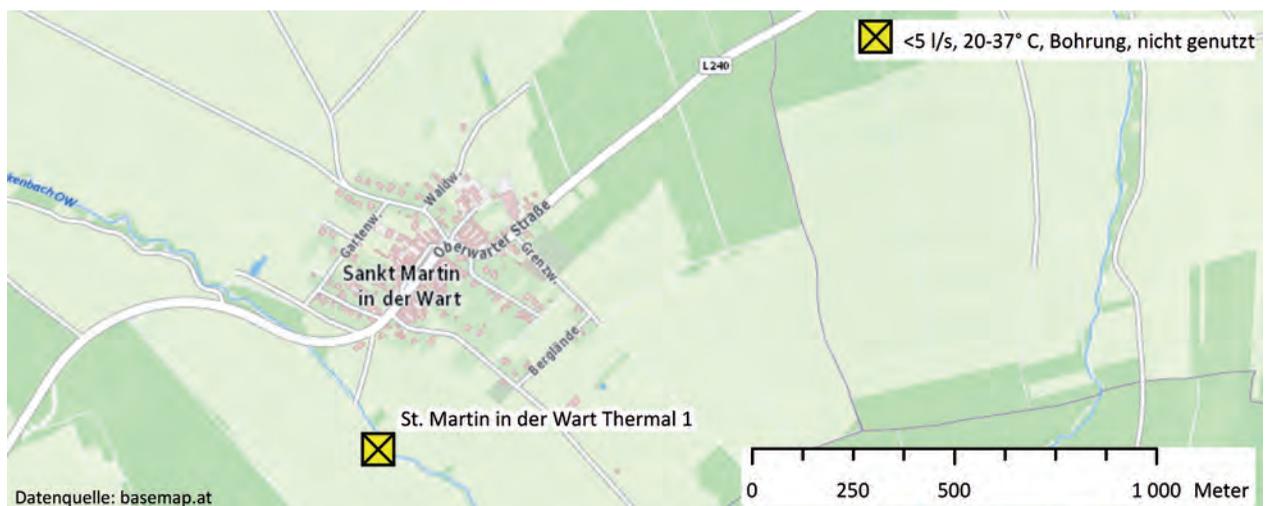
St. Martin in der Wart befindet sich am Ostrand des Steirischen Beckens bzw. am Südwestrand des Rechnitzer Fensters (Penninikum). Der Bohrbrunnen St. Martin in der Wart wurde bis auf eine Tiefe von 343,0 m unter GOK niedergebracht (WINKLER et al., 2005a). Die Filterstecke befindet sich von 291,0 bis 336,0 m un-

ter GOK und erfasst eine kiesige bis sandige Entwicklung mit Zwischenlagerungen von Ton und Schluff. Eine stratigrafische Zuordnung wurde nicht durchgeführt. Der Hauptzufluss erfolgt aus dem Abschnitt 303,0 bis 307,0 m unter GOK und zu einem weiteren Zufluss kommt es im Bereich von 315,0 bis 317,0 m. Im Zuge eines vom 14.06.2005 bis zum 20.06.2005 durchgeführten Pumpversuches wurde laut wasserrechtlich relevanten Unterlagen bei einer Förderrate von 2 l/s eine Absenkung von ca. 120 m unter GOK erzielt. Der Ruhespiegel befindet sich bei ca. 5 m unter GOK. Bei einer Förderate von 1,5 l/s beträgt die Austrittstemperatur rund 26,7 °C. Bislang wurden keine Langzeitpumpversuche durchgeführt, deshalb ist davon auszugehen, dass eine Kopftemperatur von deutlich über 27 °C erreicht werden kann. Zudem scheint eine maximale Fördermenge von 350 m³/Tag (ca. 4 l/s) möglich. GRATZER (2006) geht von einem Tiefenwasser aus, das über ein Kluftsystem aufsteigt und den Porengrundwasserleiter alimentiert. Auffallend ist der hohe Temperaturgradient von 5,9 °C/100 m. Somit ist ein hohes Thermalwasserpotenzial in größerer Tiefe anzunehmen.

Hydrochemie

Bei dem geförderten Thermalwasser handelt es sich um einen Natrium-Hydrogencarbonat-Typ mit einer Gesamtmineralisation von rund 2.000 mg/l (Tab. 69). Besonders auffallend ist der hohe Gehalt an Ammonium (15,8 mg/l), der auf anaerobe Bedingungen bei einer Komponente des Thermalwassers hinweist. Analysen zu Isotopen- und frei aufsteigenden Gasen liegen bis jetzt nicht vor.

Abb. 49. Lage der Erschließung südlich von St. Martin in der Wart.



5.2.2 Bad Tatzmannsdorf (B)

Aktuelle Nutzung und Entwicklungsgeschichte

Für die Tiefbohrung Thermal 1 ist die wasserrechtlich bewilligte Entnahmemenge auf 15 l/s festgelegt. Das Thermalwasser wird vorwiegend für den Kurbetrieb genutzt. Es ist geplant, das Thermalwasser von Thermal 3 einer Nutzung im Rahmen des bestehenden Kur- und Thermenbetriebes zuzuführen. Derzeit wird bei dieser Bohrung allerdings kein Thermalwasser gefördert, es besteht jedoch eine wasserrechtliche Bewilligung im Ausmaß von 2,5 l/s (bzw. 216 m³/Tag; 78.840 m³/Jahr). Die wasserrechtliche Entnahmemenge für die Therme 72 ist auf 3,75 l/s festgelegt. Es bestehen Schutzgebiete für Thermal 1 und die Therme 72.

Die Quellen von Bad Tatzmannsdorf (Abb. 50) werden seit vielen Jahrhunderten genutzt (DIEM, 1928). Während des Zweiten Weltkrieges wurden die Kureinrichtungen zerstört und ein Neuaufbau erfolgte in den 1960er und 1970er Jahren (MARKTL et al., 1999). In dieser Zeit wurden die Mineralwässer auch mit immer tiefer reichenden Brunnen gefasst. Dabei wurde man auf die erhöhte Wassertemperatur aufmerksam. Zur Erschließung von Thermalwasser wurde 1988 die Tiefbohrung Bad Tatzmannsdorf 1 erfolgreich abgeteuft. Im Jahr 2002 sollte mit Thermal 2 die Thermalwasserversorgung verbessert werden, doch die Bohrung stellte sich als nicht fündig heraus. Obwohl im Jahr 2006 eine weitere Bohrung, Thermal 3, erfolgreich niedergebracht wurde, wird diese erst in naher Zukunft in Betrieb genommen werden

können. Eine Übersicht über die erschlossenen Vorkommen von Bad Tatzmannsdorf befindet sich in Tabelle 50.

Hydrogeologie

Bad Tatzmannsdorf befindet sich direkt am westlichen Rand des Günser Berglandes (Kristallin des Rechnitzer Fensters, Penninikum) im Übergangsbereich zum Steirischen Becken (GOLDBRUNNER et al., 2005b). Die sedimentäre Beckenfüllung der Litzelsdorfer Mulde (nördliche Fortsetzung des Fürstenfelder Beckens) umfasst einen stratigrafischen Umfang von Karpatium bis Pannonium, wobei die Mächtigkeit der Sedimente gegen Westen, bzw. mit größerer Entfernung zum Grundgebirge, zunimmt. Die im Karpatium verstärkt einsetzende, syn-sedimentäre Extensionstektonik führte zur Ausbildung von Brüchen und einer zunehmenden Vertiefung des Beckens (Abb. 51). Westlich von Bad Tatzmannsdorf befindet sich ein N-S verlaufendes Hauptbruchsystem (Oberwarter Verwurf), das wiederum aus einer Vielzahl von Brüchen mit vertikalen Versätzen von bis zu 700 m besteht. Hierbei ist auch die horizontale Komponente beachtlich. Aufgrund der tektonischen Ereignisse bildeten sich im Zuge der gleichzeitig stattfindenden Sedimentation tektonische Schollen mit unterschiedlicher sedimentärer Mächtigkeit aus. Außerdem steht das tiefreichende Störungssystem mit der jüngeren Phase des Vulkanismus im Steirischen Becken genetisch in Verbindung (GOLDBRUNNER, 1993a). Dazu gehört auch eine markante NE-SW verlaufende Störung, die über Grodnau

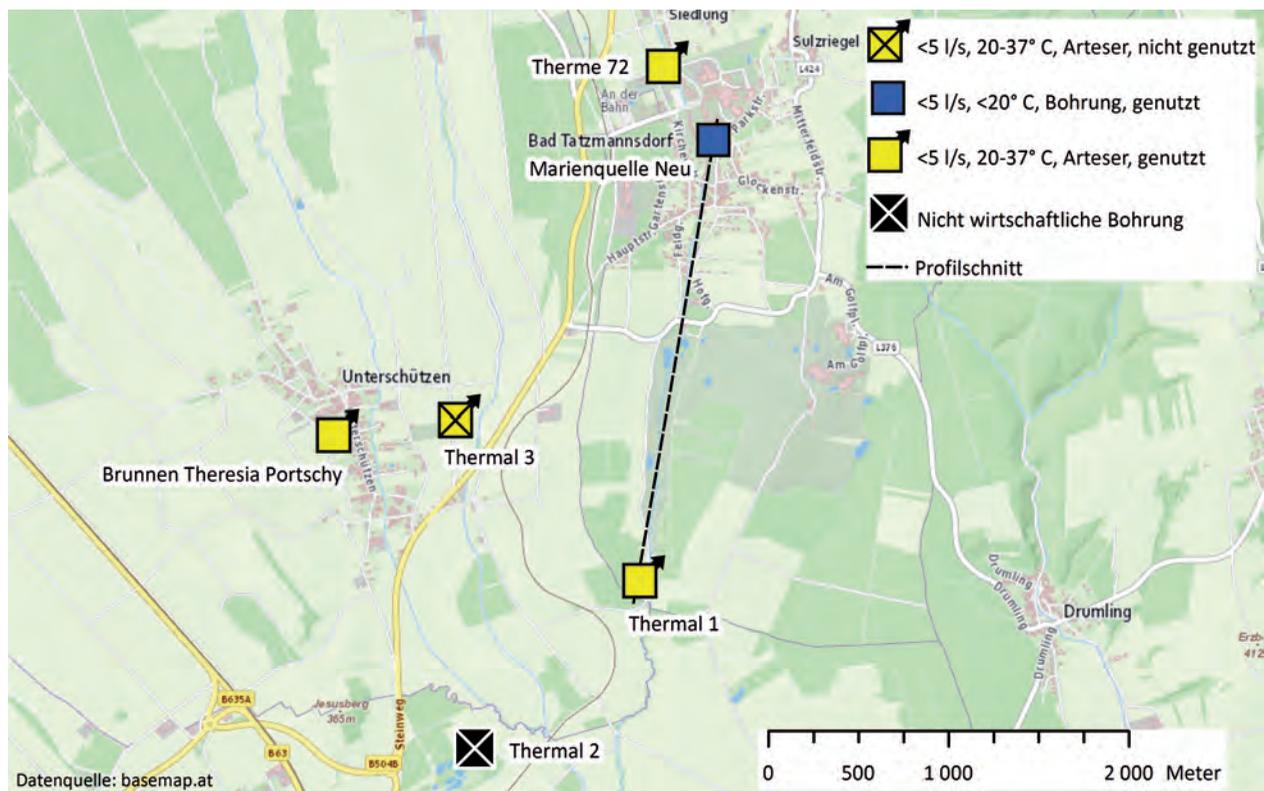


Abb. 50. Lage der Erschließungen bei Bad Tatzmannsdorf.

Vorkommen	Jahr der Erschließung	Bemerkung
Thermal 1	1988	
Thermal 2	2002	Nicht fündige Tiefbohrung.
Thermal 3	2006	Inbetriebnahme 2015.
Therme 72 B3	1972	
Marienquelle Neu B1	1993	Die alte Marienquelle (1964–1993) wurde liquidiert.
Martinsquelle B4	1973/1974	
Wetschquelle	1951	Sanierung bzw. Vertiefung von 18 m unter GOK auf 21,6 m im Jahr 1979.
Franzquelle Neu	1964	Nachkömmling der kurzentralen Heilquellen.
Jormannsdorf B7	1993	Ersatzbohrung in unmittelbarer Nähe zu B5a.
Jormannsdorf B5a	unbekannt	Seit 1992 nicht mehr in Verwendung.
Karlsquelle	unbekannt	

Tab. 50.
Erschließung der Vorkommen von Bad Tatzmannsdorf (MARKTL et al., 1999, ergänzt).

bis Oberpullendorf (z.B. Basalt von Oberpullendorf) reicht und das Rechnitzer Fenster vom Bernsteiner Fenster trennt. Da die klastischen Sedimente der Beckenfüllung Wasser führende Horizonte besitzen, kommt es aufgrund der Verengung des Querschnittes gegen Osten (Wasser stauendes Grundgebirge) zu einem Aufsteigen und Austreten der Thermalwässer (GOLDBRUNNER, 1993a). Es handelt es sich somit um eine Tiefengrundwasser-Entlastungszone. Trotzdem können auch die metamorphen Gesteine des Penninikums, vorwiegend Grünschiefer, Kalkphyllite, Quarzphyllite, Quarzitschiefer und Quarzite, aufgrund der bruchtektonischen Beanspruchung relativ gute Gebirgsdurchlässigkeiten besitzen (GOLDBRUNNER et al., 2005b). Zusätzlich mischt sich postvulkanisches Kohlenstoffdioxid in Bereichen von tiefen Störungen mit großer Sprunghöhe bei. Deshalb kommt es zusätzlich zu einem Gaslift Effekt. In Tabelle 51 befinden sich geologische Schichtprofile der Bohrungen von Bad Tatzmannsdorf.

An einer NW–SE verlaufenden Störung mit einer Sprunghöhe von bis zu 400 m wurde die Bohrung Thermal 1 in einer Entfernung von ca. 2,5 km zum Grundgebirge abgeteufelt (GOLDBRUNNER et al., 2005b). Die aufgrund tektonischer Beanspruchung zerbrochenen Konglomerate und Brekzien der Sandschaler-Zone (Badenium) erwiesen sich als Thermalwasser führend (Kluftgrundwasserleiter). Deshalb wurden die Filterstecken von 696,7 bis 884,3 m unter GOK (133,7 m Nettofilterstrecke) gesetzt. Es sei jedoch angemerkt, dass das penninische Grundgebirge sowie eine mögliche karpatische Abfolge nicht erreicht wurden. Ursprünglich betrug der artesischer Überlauf ca. 1,9 l/s. Weiteres bieten Temperaturmessungen einen eindeutigen Hinweis, dass es sich um ein konvektiv beeinflusstes System mit aufsteigenden Tiefenwässern handelt (GOLDBRUNNER et al., 2005b). So beträgt die geothermische Tiefenstufe bei der Endteufe ca. 30 m/°C, jedoch liegt sie in den höher gelegenen Abschnitten nur bei 20 m/°C. Die geringe Temperatur-

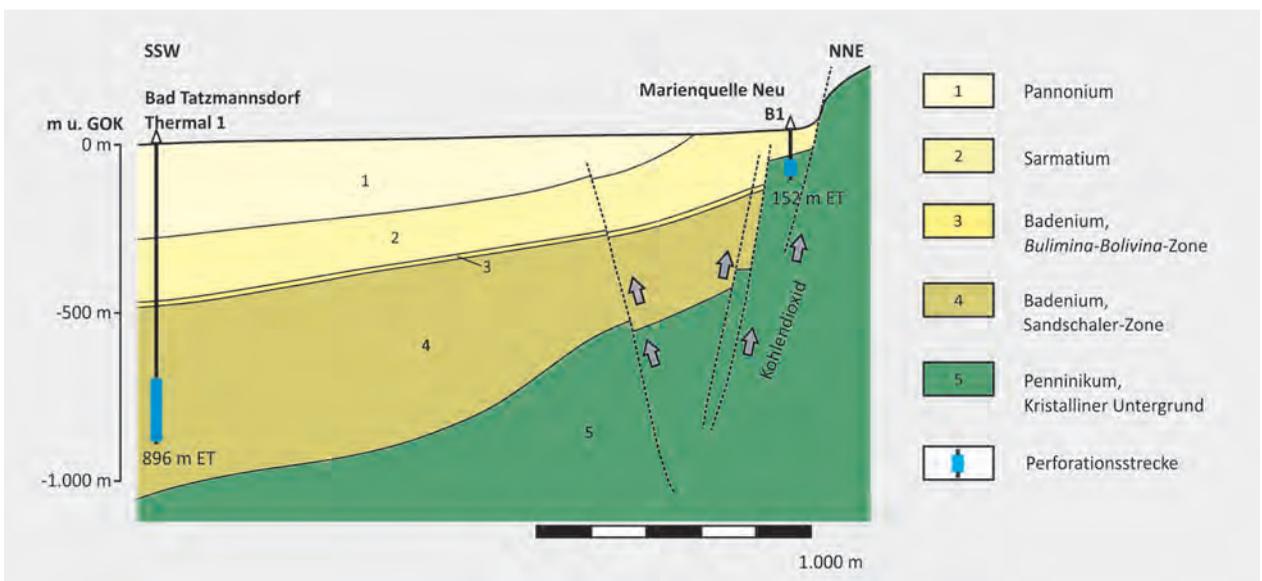


Abb. 51.
Profilschnitt von Bad Tatzmannsdorf (verändert nach GOLDBRUNNER, 1993a).

Teufen (m u. GOK)	Thermal 1	Teufen (m u. GOK)	Thermal 2	Teufen (m u. GOK)	Thermal 3	Teufen (m u. GOK)	Therme 72 B3
		-6,7	Quartär	-8,9	Quartär	-11,0	Quartär
-255,2	Pannonium	-317,3	Pannonium	-182,0	Pannonium	-91,0	Pannonium
-441,5	Sarmatium	-958,6	Sarmatium	-382,0	Sarmatium	-111,0	Sarmatium
-896,0 (ET)	Badenium -457,4: <i>Bulimina-Bolivina</i> -Zone -468,6: Verarmung-Zone -896,0: Sandschaler-Zone	-1.620,0 (ET)	Badenium -1.044,9: <i>Bulimina-Bolivina</i> -Zone -1.620,0: Sandschaler-Zone	-766,0	Badenium -460,0: <i>Bulimina-Bolivina</i> -Zone -616,0: Sandschaler-Zone -766,0: Lageniden-Zone		
				-812,5	Karpatium		
				-1.024,0 (ET)	Penninikum	-222,0 (ET)	Penninikum

Tab. 51.
Bohrprofile von Bad Tatzmannsdorf Thermal 1, Thermal 2 und Thermal 3 (GOLDBRUNNER et al., 2005b; EISNER & GOLDBRUNNER, 2008b).

zunahme in der Thermalwasser führenden Sandschaler-Zone deutet auf ein gut durchmischtes Reservoir ohne Zuströmung von Wässern aus strukturell tiefer gelegenen Abschnitten.

Bei der bis 1.620,0 m unter GOK abgeteufte Tiefbohrung Thermal 2 wurde ebenfalls versucht, Thermalwasser aus der Sandschaler-Zone zu erschließen (GOLDBRUNNER et al., 2005b). Die Bohrung erwies sich jedoch als nicht fruchtig, da die Porositäten dieser Schichten deutlich schlechter entwickelt waren als bei der Bohrung Thermal 1. Es ist darauf hinzuweisen, dass im Zuge von geophysikalischen Bohrlochuntersuchungen bei der Messstrecke 1.049,0 bis 1.621,0 m eine Maximaltemperatur von 68 °C gemessen wurde. Das entspricht einer geothermischen Tiefenstufe von ca. 27 m/°C.

Die Tiefbohrung Thermal 3 wurde bis auf eine Endteufe von 1.024,0 m abgeteufte und erreichte das Grundgebirge (EISNER & GOLDBRUNNER, 2008b). Zunächst wurden hydraulische Tests bei der offenen Bohrlochstrecke von 735,5 bis 1024,0 m unter GOK (Lageniden-Zone, Karpatium und Grundgebirge) durchgeführt. Die Ergebnisse waren jedoch nicht zufriedenstellend. Deshalb wurden höher liegenden Horizonte mit Filterstecken von

408,0 bis 465,0 m unter GOK (36 m Nettofilterstrecke) erschlossen. Hier handelte es sich fast zur Gänze um die sandig-kiesige Entwicklung der *Bulimina-Bolivina* Zone (Badenium). Zudem wurde das Bohrloch ab 626,0 m unter GOK verfüllt. Im Zuge eines Langzeitauslaufversuches von 15.11.2007 bis zum 11.01.2008 stellten sich folgende quasistationäre Bedingungen ein: Der artesische Überlauf betrug bei einem Fließdruck von 1,47 bar 2,7 l/s und bei einer Förderrate von 4,5 l/s wurde ein Fließdruck von 0,85 bar gemessen. Der Schließdruck betrug zudem rund 1,9 bar und die Auslauftemperatur maximal 31,6 °C. Für den sondenfernen Bereich wurde eine Transmissivität von $2,36 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ bzw. ein Durchlässigkeitsbeiwert von $8,16 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ ermittelt. Eine hydraulische Beeinflussung von Thermal 1 und der Therme 72 durch Bad Tatzmannsdorf Thermal 3 konnte nicht nachgewiesen werden (EISNER & GOLDBRUNNER, 2008a).

Bei den weiteren artesischen Heil- und Mineralwässern von Bad Tatzmannsdorf handelt es sich lediglich bei der Therme 72 um Thermalwasser. Diese sowie die Franzquelle Neu und Marienquelle Neu wurden im tektonisch beanspruchten penninischen Grundgebirge fruchtig (GOLDBRUNNER et al., 2005b). Aus der 222,4 m tiefen Therme 72 mit einer Filterstrecke von 202,4 bis

Vorkommen	Schüttung (l/s) / Datum	Auslauftemperatur / Datum	Endteufe (m)	Perforationsstrecken von-bis (m)
Therme 72 B3	1,3 / 14.05.1992	24,0 / 14.05.1992	222,4	202,4–222,4
Marienquelle Neu B1	ca. 4,5 / 14.09.1994	16,2 / 14.09.1994	152,0	88,1–137,7
Martinsquelle B4	0,3 / 06.10.1994	15,5 / 06.10.1994	330,0 (Verrohrung bis 205,0)	140,0–195,0
Wetschquelle	0,1 / 26.05.1997		21,6	13,5–18,5
Franzquelle Neu	0,1 / 03.03.1988	14,4 / 10.01.1967	217,7	90,0–104,0; 144,0–160,0
Jormannsdorf B7	1,2 / 05.11.1993	14,1 / 05.11.1993	174,0	80,0–88,0; 126,0–138,0; 168,0–174,0
Jormannsdorf B5a	1,6 / 23.05.1992	13,1 / 23.05.1992	188,0	62,0–72,0
Karlsquelle 4	0,3 / 07.11.1990	11,4 / 07.11.1990	65,0	42,2–53,2

Tab. 52.
Sonstige Heil- und Mineralwässer von Bad Tatzmannsdorf (MARKTL et al., 1999).

222,4 m läuft rund 24 °C warmes Thermalwasser mit ca. 3,75 l/s artesisch über. In Tabelle 52 befindet sich eine Übersicht zu den sonstigen Heil- und Mineralwässern von Bad Tatzmannsdorf.

Von den artesischen Brunnen der Gemeinde Oberschützen ist der 275 m tiefe Brunnen Theresia Portschy (Unterschützen Nr. 64) in einer Entfernung von 660 m SW zu Thermal 3 zu erwähnen (GOLDBRUNNER et al., 2005b). Aus Sanden und Kiesen an der Basis des Pannoniums läuft 25 °C warmes Thermalwasser mit 0,33 bis 0,45 l/s artesisch über.

Hydrochemie

Bezüglich der Zusammensetzung und Größenordnung der hydrochemischen Inhaltsstoffe unterscheiden sich die Brunnen bzw. Bohrungen enorm (Tab. 69). Das trifft auch auf die frei aufsteigenden Quellgase zu. So weist insbesondere bei der subthermalen (16,2 °C) Marienquelle Neu (Natrium-Calcium-Hydrogencarbonat-Typ) der hohe Gehalt an freier Kohlensäure (1.874 mg/l), die auftretende Kohlenstoffdioxid-Gasphase (97,8 % Kohlenstoffdioxid in 11 l/s Gasschüttung bei 4,5 l/s Wasserschüttung), die Borsäure (60 mg/l) sowie der hohe Gehalt an Chlorid (225,3 mg/l) auf den Einflussbereich einer produktiven Störungszone bzw. eine vulkanische Genese hin. Die Therme 72 (Calcium-Hydrogencarbonat-Typ) hat hingegen niedrigere Gehalte an Borsäure (2,11 mg/l) und Chlorid (2,11 mg/l). Trotzdem tritt auch hier eine Gasphase auf, die zu 85,5 % aus Kohlenstoffdioxid besteht (5,2 l/s Gasschüttung bei 1,3 l/s Wasserförderstärke) (Tab. 75). GOLDBRUNNER (1993a) führt die hydrochemischen Unterschiede der eng benachbarten Vorkommen auf die unterschiedliche Zumischung des gasförmigen Kohlenstoffdioxids zu der Wasserphase in der Tiefe zurück.

Die Temperatur und Kohlensäureanomalie von Bad Tatzmannsdorf ist räumlich begrenzt; dies geht aus der nur etwa 2,5 km entfernten Bohrung Thermal 1 hervor, in der andere thermische und auch hydrochemische

Verhältnisse angetroffen wurden (GOLDBRUNNER, 1993a; vgl. oben). So ist die geothermische Tiefenstufe von Thermal 1 mit 28 m/°C deutlich größer als jene bei der Marienquelle Neu (15,5 m/°C). Das Wasser von Thermal 1 gehört dem Natrium-Hydrogencarbonat-Chlorid-Typ an, wobei die Gesamtmineralisation ca. 2.300 mg/l beträgt. Die Auslauftemperatur liegt bei ca. 34 °C.

Bei der Bohrung Thermal 3 handelt es sich um ein Thermalwasser vom Typ Natrium-Calcium-Magnesium-Hydrogencarbonat (EISNER & GOLDBRUNNER, 2008a). Die Gesamtmineralisation beträgt ca. 4.500 mg/l. Die Sauerstoff-18- (-10,36 ‰) und Deuterium-Werte (-74,80 ‰) belegen einen meteorischen Charakter des Thermalwassers bzw. eine Regenerierbarkeit des Vorkommens (Tab. 74). Das Fehlen von Tritium deutet darauf hin, dass kein Einfluss durch oberflächennahe Wässer besteht. Das Kohlenstoff-14-Modellalter des Tiefengrundwassers beträgt unter der Annahme von einer Kohlenstoff-14-Ausgangskonzentration von 85 % modern rund 35.000 Jahre.

5.2.3 Bad Schönau (NÖ)

Aktuelle Nutzung und Entwicklungsgeschichte

Die wasserrechtlich bewilligte Entnahmemenge der Bohrung Bad Schönau IV (Abb. 52) beträgt 0,3 l/s bzw. 26 m³/Tag und 9.490 m³/Jahr. Dies entspricht der maximal möglichen Dauerentnahme für das artesisch gespannte Vorkommen. Neben dem Wasser werden rund 2,5 l/s Kohlenstoffdioxid gefördert. Für die Bohrung Bad Schönau III (Abb. 52) besteht weiterhin eine wasserrechtliche Bewilligung aus dem Jahr 1976. Demnach dürfen 1,16 l/s (70 l/min) für die Heilbäder und Trinkkuren entnommen werden. Derzeit ist eine weitere Bohrung geplant, wobei im Falle einer erfolgreichen Niederbringung Bad Schönau III nicht mehr genutzt werden soll. Im Jahr 1979 wurde ein Schongebiet zum Schutz der Heilquellen von Bad Schönau festgelegt.

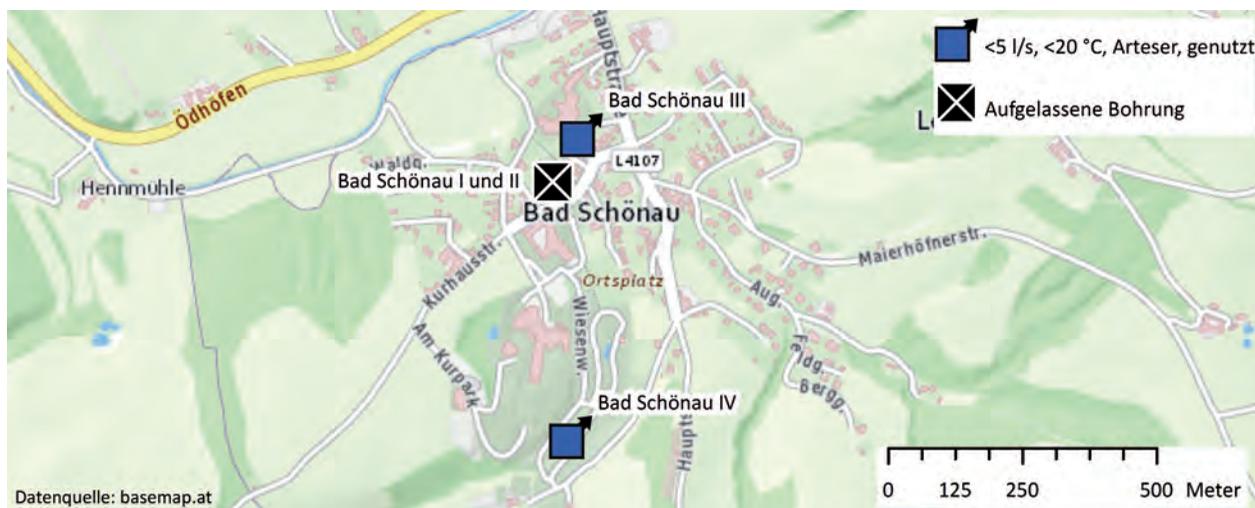


Abb. 52. Lage der Erschließungen in Bad Schönau.

Im Zuge einer auf Kohle abgeteuften Untersuchungsbohrung, Bad Schönau I, traf man in den Jahren 1913 bis 1914 unbeabsichtigt auf das subthermale Mineralwasser- und Kohlenstoffdioxidvorkommen von Bad Schönau (KRIEGL et al., 2000a). Bis 1950 wurde dieses Wasser ausschließlich für ein privates Schwimmbad genutzt, ab 1951 wurden zusätzlich Kohlensäurebäder angeboten. 1953 wurde das Vorkommen als Heilquelle anerkannt. Da die Bohrung zu diesem Zeitpunkt bereits Schäden aufwies und der Kurbetrieb expandierte, wurde Anfang der 1950er Jahre eine Neuerschließung in Erwägung gezogen. In der Folge konnte Bad Schönau II in unmittelbarer Nähe (10 m) im Jahr 1961 erfolgreich niedergebracht werden. Aufgrund der geringen Schüttung von Bad Schönau II und den im Jahr 1962/1963 missglückten Arbeiten zur Steigerung der Schüttung bei Bad Schönau I, wurde eine weitere Erschließung angedacht. So erfolgte 1968 die Abteufung von Bad Schönau III. Zur weiteren Sicherstellung der Gas- und Mineralwasserversorgung erfolgte 2001 die Niederbringung von Bad Schönau IV. Seit 2004 werden die Kurbetriebe mit dem Mineralwasser von Bohrung III und IV versorgt (KRIEGL & GOLDBRUNNER, 2012).

Hydrogeologie

In der Umgebung von Bad Schönau in der „Buckligen Welt“ liegt ein komplizierter Decken- und Fensterbau vor. Vereinfacht bildet die Rechnitzer Fenstergruppe (Penninikum), vorwiegend bestehend aus Grünschiefer, Kalkphyllit, Quarzphyllit, Serizitkalkschiefer und Serpentin, die Basis. Darüber folgen Einheiten, die dem Unterostalpin und dem Oberostalpin zuzuordnen sind. Für die nähere Umgebung von Bad Schönau sind lithologisch Grobgneis, Hüllschiefer (Glimmerschiefer mit Lagen von Gneis und Amphibolit) und Meta-Gesteine (Metaarkose, Metakonglomerat und Metapelite) zu erwähnen. Die tektonisch am höchsten gelegene Siegrabener Einheit gehört dem Koralpe-Wölz-Deckensystem (Oberostalpin) an und besteht aus Biotitgneis, Amphibolit und Serpentin.

Bad Schönau und somit auch das subthermale Vorkommen befinden sich in einer östlichen Fortsetzung des Krumbacher Neogenbeckens (KRIEGL & GOLDBRUNNER, 2001). Es handelt sich um ein Einbruchsbecken im kristallinen Grundgebirge. Dieses und weitere neogene Vorkommen (Kirchberg am Wechsel, Ungerbach und Leberbrunn) sind an eine NW–SE streichende Hauptstörungszone gebunden. Die generell SW einfallenden Schichtglieder der neogenen Beckenfüllung bestehen aus miozänen Sedimenten. Sie treten auf einer Breite von 2 km und einer Länge von 4,5 km auf. Die ältesten Ablagerungen sind als Sinnersdorf-Formation dem Karpatium zuzuordnen. Diese führt hauptsächlich fluviatile fein bis grobklastische Ablagerungen.

Nach GOLDBRUNNER (1993b) ist das auftretende Kohlenstoffdioxid hauptsächlich auf die beschriebene tiefreichende NW–SE streichende Störungszone zurückzuführen. Über diese steigt Kohlenstoffdioxid aus größeren Tiefen der Erdkruste auf.

Bei der bis auf 425,0 m abgeteuften Bohrung Bad Schönau I wurde im Teufenbereich 240 bis 260 m ein Sauerling angetroffen (WINKLER-HERMADEN, 1928). KNETT (1941) gibt jedoch an, dass die Bohrung lediglich auf 350 m niedergebracht wurde, die nach der Durchörterung von neogenen Sand- und Sandsteinen, Tegel und Tonstein im gneisartigen „Urgestein“ verblieb. KRIEGL et al. (2000a) gehen davon aus, dass die Wasserführung an eine Störungs- und Aufarbeitungszone im Topbereich des Grundgebirges gebunden war. Die Schüttung betrug 0,15 bis 0,40 l/s und die Auslauftemperatur lag bei 15 bis 17 °C.

Bad Schönau II wurde in unmittelbarer Nähe (ca. 10 m) zu Bad Schönau I auf eine Tiefe von 285,0 m unter GOK abgeteuft. KRIEGL et al. (2000a) nehmen eine Neogenunterkante bei ca. 267 m unter GOK an. Zudem dürfte es bei dem von LATZEL & KUTSCHA (1961) bezeichneten „sehr groben Quarzschotter“ im Abschnitt 266,9 bis 285,0 m um permische Metapelite (Unterostalpin) oder penninische Phyllite handeln. Weiters bleibt unklar, ob eine Störungszone durchfahren wurde. Der artesischer Überlauf betrug nach Angaben von LATZEL & KUTSCHA (1961) 0,06 l/s und die Kohlenstoffdioxid-Produktion wurde von SCHEMINZKY (1967) mit 1,2 l/s angegeben. Von diesem Autor wurden die Wässer der Bohrungen I und II zudem als hydrochemisch ident beschrieben.

Die letzten durchgeführten Schüttungsmessungen vor der Liquidierung der Bohrungen I und II stammen aus dem Jahr 1971. STEHLIK & PESENDORFER (1972) geben für Bad Schönau I eine maximale Schüttung von 0,13 l/s und für Bad Schönau II einen freien Überlauf von 0,02 bis 0,03 l/s an.

Bad Schönau III wurde bis auf eine Endteufe von 435 m niedergebracht (ETSCHEL & MEYER, 1968). Nach wenigen Metern von Quartär folgen bis 250,0 m unter GOK neogene Sedimente (Tone, Schluffe, Konglomerate und Brekzien) (KRIEGL & GOLDBRUNNER, 2012). Diese Sedimente werden von den Autoren als nicht Wasser führend eingestuft. Im Liegenden folgen Grünschiefer, Quarzphyllite und Quarzite, die höchstwahrscheinlich mit dem Penninikum zu assoziieren sind. Die Filterstrecken befinden sich zur Gänze im Grundgebirge von 300,5 bis 330,5 m bzw. von 375,0 bis 415,5 m (ETSCHEL & MEYER, 1968). Außerdem konnten von 304,3 bis 435,0 m fünf Wasser führende Störungszone identifiziert werden. Vermutlich sind von diesen die tiefer gelegenen Störungszone produktiver (KRIEGL & GOLDBRUNNER, 2001). Nach GOLDBRUNNER (1991) betrug die artesischer Wasserführung im Jahr 1991 noch ca. 1 l/s. KRIEGL & GOLDBRUNNER (2012) erwähnen allerdings einen Rückgang des artesischen Überlaufes von 1,3 l/s (1978) auf 0,72 l/s im Jahr 2011 (auch Rückgang der Gasschüttung). Die Ursache könnte technisch bedingt sein, allerdings ist auch ein schwindendes Mineralwasservorkommen nicht auszuschließen. Eine Beeinflussung durch die neue Bohrung IV wird von den Autoren jedoch ausgeschlossen, da die Entnahmerate bei dieser Bohrung im Vergleich zu III deutlich geringer ist. Diesbezüglich ist auf ein Beweissicherungsprogramm,

durchgeführt vom 28.04.2000 bis zum 27.09.2001, zu verweisen. Bei diesem konnte in Bad Schönau III keine hydraulische Beeinflussung durch Bad Schönau IV beobachtet werden (KRIEGL & GOLDBRUNNER, 2001). Abschließend ist hinzuzufügen, dass die Wassertemperatur im Beobachtungszeitraum 1972 bis 2011 konstant 17 bis 18 °C betrug (STEHLIK & PESENDORFER, 1972; KRIEGL & GOLDBRUNNER, 2012).

Bei Bad Schönau IV wurden bis zur Endteufe von 594 m unter GOK sowohl Sedimente des Quartärs und Neogens, als auch metamorphe Gesteine des penninischen Grundgebirges erbohrt (KRIEGL & GOLDBRUNNER, 2001) (Tab. 53). Die bis auf 184 m unter GOK ange-troffene neogene Beckenfüllung umfasst vorwiegend siltige Feinsande und feinsandige Silte. Zudem treten Einschaltungen von bis zu 10 m mächtigen Konglomeraten, eventuell auch Brekzien und Grobsandsteine auf. Die angetroffenen Karbonate, Quarzite und Grünschiefer des Penninikums variieren stark in ihrer Zusammensetzung und es treten lithologische Übergänge auf. In Bereich von Störungszonen sind die Gesteine Wasser- und Gas führend.

Von 200,5 bis 510,0 m unter GOK wurden 13 potenzielle Wasser- bzw. Gas führende Abschnitte festgestellt, die eine Nettomächtigkeit von 18,5 m aufweisen (KRIEGL & GOLDBRUNNER, 2001). Die als Gas führend eingestufte Nettomächtigkeit beträgt alleine 11,5 m. Die Förderung erfolgt aus der offenen Bohrlochstrecke ab 388 m bis zur Endteufe, außerdem befinden sich zwischen 198 und 306 m unter GOK einzelne perforierte Abschnitte mit einer Wasser-/Gasführung von ca. 3,5 m. Bei den mächtigsten Wasser führenden Abschnitten handelt es sich um Serizitschiefer in Wechsellagerung mit weißen Kalken und milchigen Quarziten (von 398,5 bis 405,0 m) bzw. um dunkelgraue, geklüftete Kalkschiefer und graue serizitreiche Quarzitschiefer mit grauen kalkigen Zwischenlagen (von 496,0 bis 500,0 m). Bei einem Pumpversuch vom 01.03.2001 bis 26.03.2001 wurde eine theoretische Gebirgsdurchlässigkeit unter Einbeziehung aller potenziell Wasser führenden Schichten von $1,4 \times 10^{-8}$ m/s bestimmt. Die Sonde lief vor Beginn des Versuchs leicht artesisch (Sondenkopfdruck ca. 1 bar) über. Bei der 604 Stunden andauernden ersten

Phase betrug die maximale Absenkung bei einer Förder-rate von 0,17 l/s (Gasschüttung 1,85 l/s) ca. 220 m. Für eine Dauerförderung von 0,3 l/s Wasser wurde eine Gasschüttung von ca. 2 l/s und eine Absenkung von rund 250 m erwartet. Die höchste im Bohrloch gemessene Temperatur betrug ca. 22 °C in einer Teufe von 504,0 m, allerdings bestand wahrscheinlich eine Beeinflussung durch die Bohrtätigkeit.

KRIEGL & GOLDBRUNNER (2012) vermuten, dass das Einzugsgebiet außerhalb der neogenen Ablagerungen des Beckens im Süden des Bad Schönauer Beckens liegen muss. Dort befinden sich anstehende Gesteine des Penninikums.

Hydrochemie

Bei dem subthermalen Wasser von Bad Schönau IV handelt es sich um einen Calcium-Magnesium-Hydrogencarbonat-Sulfat-Eisen-Säuerling mit einer Gesamt-mineralisation von ca. 7.750 mg/l (Tab. 69). Auch bei den weiteren drei Bohrungen handelt es sich um denselben hydrochemischen Typ mit einer Gesamtmineralisation von ca. 4.700 bis 5.300 mg/l. Im Vergleich zu Bad Schönau III ist ein deutlich höherer Magnesiumgehalt (527,9 mg/l), ein doppelt so hoher Gehalt an Eisen (22 mg/l) und die höhere Mineralisation auffällig (Tab. 69). Die Tritiumgehalte weisen bei Bad Schönau III und IV auf ein Tiefengrundwasser mit Verweilzeiten von deutlich über 50 Jahren hin (Tab. 74). Bei Bad Schönau IV wird der hohe Gehalt an Deuterium (-63,3 ‰) im Vergleich zu Sauerstoff-18 (-11,56 ‰) von KRIEGL & GOLDBRUNNER (2001) auf den sehr starken Einfluss von Kohlenstoffdioxid zurückgeführt. Die frei aufsteigenden Gase bestehen vorwiegend aus Kohlenstoffdioxid. Bei Bad Schönau III liegt ein konstantes Gas/Wasser-Verhältnis von ca. 1 : 1 vor, bei Bad Schönau IV beträgt das Verhältnis ca. 7 : 1 (Tab. 75). So wird von HOLLENSTEINER & HAHN (2001) für Bad Schönau III eine maximale Dauerentnahme von 2,5 l/s Kohlenstoffdioxidgas angegeben (Wasserförder-rate von 0,3 l/s).

5.2.4 Stegersbach und Litzelsdorf (B)

Aktuelle Nutzung und Entwicklungsgeschichte

Die wasserrechtlich bewilligte Entnahmemenge für die Tiefbohrung Stegersbach Thermal 2 ist auf 3 l/s festgelegt, jene für Stegersbach Thermal 1 auf 7 l/s.

Stegersbach Thermal 1 (Abb. 53) wurde bereits im Jahr 1989 abgeteuft (GOLDBRUNNER, 1989), doch die Eröffnung der Therme fand erst 1998 statt. Zur Absicherung der Thermalwasserproduktion wurde im Jahr 2000 Stegersbach Thermal 2 (Abb. 53) niedergebracht. Bei Litzelsdorf (Abb. 53) handelt es sich um eine im Jahr 1974 niedergebrachte Aufschlussbohrung der damaligen ÖMV, die allerdings nicht genutzt wird.

Hydrogeologie

Stegersbach befindet sich im Fürstenfelder Teilbecken des Steirischen Beckens. Die Tiefbohrung Stegersbach

Teufen (m u. GOK)	Bad Schönau IV
-6,0	Quartär
-184,0	Neogen
-594,0 (ET)	Rechnitzer Einheit (Penninikum) -195,0: Grünschiefer -195,0: Störungszone -203,0: Karbonatgesteine -269,0: Grünschiefer -375,0: Quarzite und Serizitkalkschiefer -375,0: Störungszone -532,0: Quarzite und Serizitkalkschiefer -532,0: Störungszone -594,0: Quarzite und Serizitkalkschiefer

Tab. 53.
Bohrprofil von Bad Schönau IV (nach KRIEGL & GOLDBRUNNER, 2001).

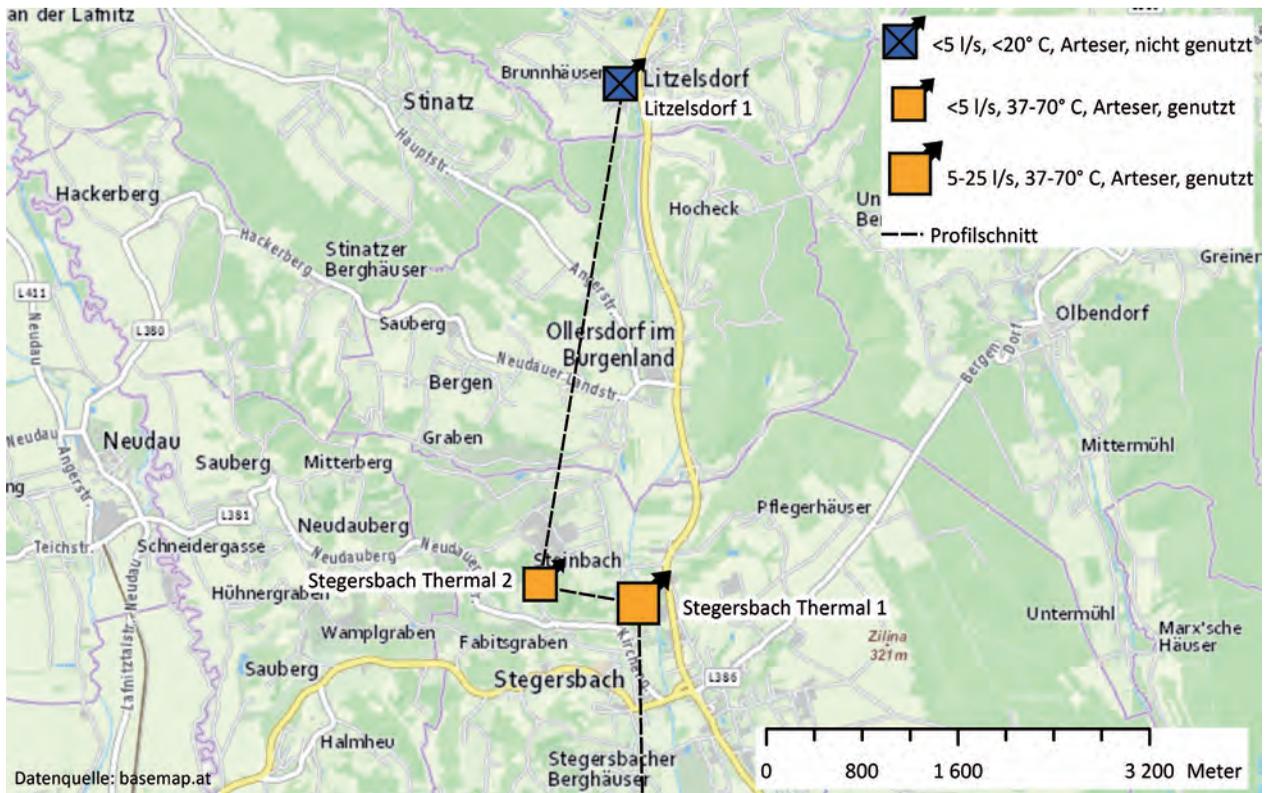


Abb. 53.
Lage der Erschließungen in Stegersbach und Litzelsdorf.

Thermal 1 wurde auf eine Endteufe von 3.200,0 m abgeteuft und durchörterte eine 3.077,0 m mächtige neogene Beckenfüllung mit einer stratigrafischen Abfolge vom Pannonium bis zum Karpatium (Tab. 54) (GOLDBRUNNER, 1993c). Im Liegenden folgen muskovitreiche paläozoische Phyllite. Somit wurde das ursprüngliche Hauptziel für die Thermalwassererschließung, Karbonate des Grazer Paläozoikums, nicht erreicht (Abb. 54). Bei der nördlich gelegenen KW Explorationsbohrung Litzelsdorf 1 wurde zuvor eine ähnliche stratigrafische Abfolge erbohrt, das paläozoische Grundgebirge in Form von Tonschiefern wurde jedoch, bruchtektonisch bedingt, um 834 m strukturiert höher erschlossen (BÖCHZELT & GOLDBRUNNER, 2000a).

Die artesisch gespannten Wässer der tonig-schluffig bis sandig-kiesigen Abfolge des ca. 500 m mächtigen Pannoniums sind für die Wasserversorgung relevant. Allerdings ist die Temperatur für eine Thermalwassernutzung zu gering. Für die Thermalwassererschließung ist hingegen das ca. 750 m mächtige Sarmatium mit einer tonig-schluffig-sandigen Wechsellagerung von Bedeutung. So befindet sich bei Stegersbach Thermal 1 die erste Perforationsstrecke von 832,0 bis 1.030,0 m. Im Abschnitt des Badeniums (ca. 1.250 bis ca. 1.970 m) erwiesen sich die Porositäten der Gesteine für eine Thermalwasserförderung als weitgehend unwirtschaftlich. Lediglich Thermalwasserzutritte von Sandsteinen der *Bulimina-Rotalia*-Zone (oberes Badenium) wurden

Teufen (m u. GOK)	Stegersbach Thermal 1	Teufen (m u. GOK)	Stegersbach Thermal 2
-490,5	Pannonium	- 483,0	Pannonium
-1.246,2	Sarmatium	- 1.201,0 (ET)	Sarmatium
-1.968,3	Badenium -1.650,0: <i>Bulimina-Rotalia</i> -Zone -1.968,3: Sandschaler-Zone		
-3.077,0	Karpatium -2.361,4: Sandstein-Entwicklung -2.516,6: Kohleton Serie -3.077,0: Konglomeratgruppe		
-3.200,0 (ET)	Paläozoikum		

Tab. 54.
Bohrprofile von Stegersbach Thermal 1 und Thermal 2 (Th1: GOLDBRUNNER, 1989; Th2: BÖCHZELT & GOLDBRUNNER, 2000a).

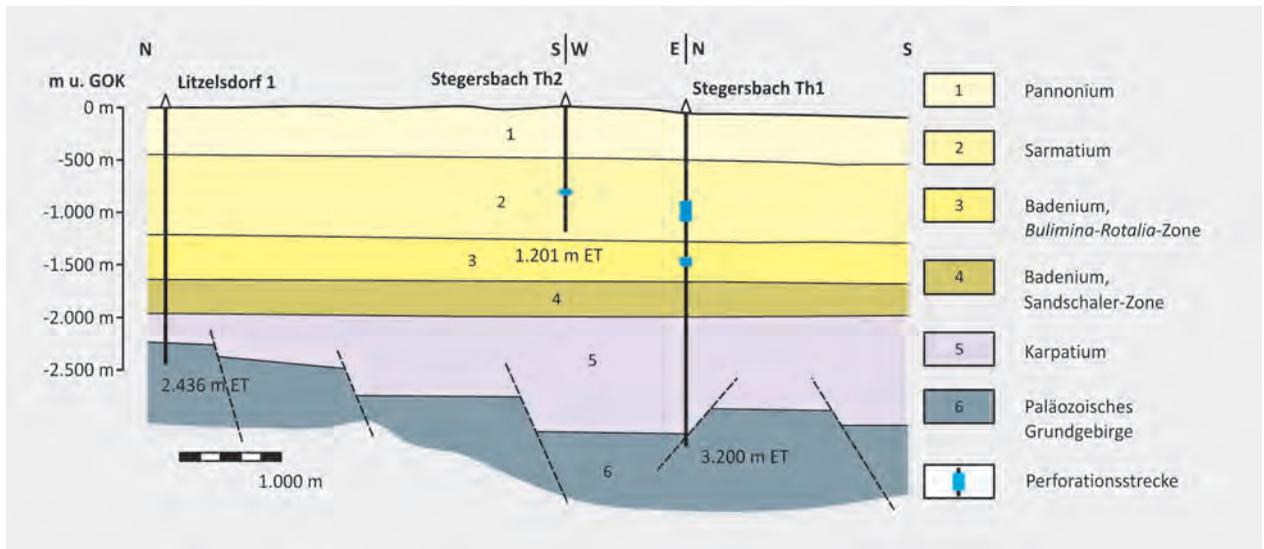


Abb. 54. Profilschnitt von Stegersbach (verändert nach BÖCHZELT & GOLDBRUNNER, 2000a). Siehe auch Kapitel 12 (Abb. 154).

mit einer weiteren Perforationsstrecke von 1.390,0 bis 1.476,0 m erschlossen. Das artesisch gespannte Vorkommen weist einen Ruhespiegel von ca. 40 m über GOK (Schließdruck von 4 bar) auf. Die Sonde lief anfangs mit 0,8 l/s über und im Zuge eines mehrstufigen Pumpversuches im Jahr 1996 stellten sich bei einer Förderrate von 6,3 l/s quasistationäre Bedingungen bei einer Absenkung auf 149 m unter GOK ein.

In einer Entfernung von 750 m Richtung WNW von Stegersbach Thermal 1 wurde die Tiefbohrung Stegersbach Thermal 2 bis auf eine Endteufe von 1.201,0 m unter GOK niedergebracht (BÖCHZELT & GOLDBRUNNER, 2000a). Das Pannonium wurde bis auf 483 m vollständig durchörtet. Die Bohrung verblieb im darunter folgenden Sarmatium. Das Thermalwasser ist aus vier Perforationsbereichen zwischen 792,0 und 857,0 m unter GOK (30 m Nettoperforation) erschlossen worden. Den Aquifer bilden hierbei sandig bis schluffig ausgebildete Horizonte des Sarmatiums. Ein im Jahr 1999 durchgeführter erster Mammutpumpversuch bestätigte ein artesisch gespanntes Vorkommen mit einem Schließdruck von 1,2 bar. Bei einem 91 Tage andauernden Langzeitpumpversuch im Jahr 2000 wurde bei einer maximalen Förderrate von 3,2 l/s ein quasistationärer Zustand bei einer Absenkung von 143,8 m unter GOK erreicht. Die maximale Sondenkopftemperatur betrug 42 °C. Im Zuge der Aufspiegelung wurde für den sondenfernen Abschnitt eine Transmissivität von $3,41 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ und ein kfWert von $1,14 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ berechnet.

Die Tiefbohrungen Stegersbach Thermal 1 und 2 weisen vergleichbare geologische Profile auf und erschließen denselben Aquifer (BÖCHZELT & GOLDBRUNNER, 2000a). Dementsprechend ist eine gegenseitige hydraulische Beeinflussung gegeben. Bei Thermal 2 wurde vom 26.01.2000 bis zum 17.04.2000 ein Langzeitpumpversuch durchgeführt (durchschnittliche Förderrate von 1,68 l/s und quasistationäre Bedingungen). Gleichzeitig

wurden bei Thermal 1 durchschnittlich 2,3 l/s, ebenfalls bei quasistationären Bedingungen, entnommen. Bei Thermal 1 wurde eine Absenkung des Druckspiegels auf -73,5 m unter dem Sondenkopf beobachtet.

Hydrochemie

Bei den Tiefbohrungen Stegersbach Thermal 1 und Thermal 2 wurde Thermalwasser vom Typ Natrium-Hydrogencarbonat erschlossen. Obwohl ein hydraulischer Zusammenhang zwischen den Bohrungen besteht, gibt es hydrochemische Unterschiede (Tab. 69, 70). So beträgt die Gesamtmineralisation von Thermal 1 ca. 2.440 mg/l und jene von Thermal 2 mit 1.000 mg/l deutlich weniger. Der Gehalt an zweiwertigem Schwefel unterscheidet sich ebenfalls beachtlich: 3,13 bei Thermal 1 bzw. 0,4 mg/l bei Thermal 2.

Zudem ist zu erwähnen, dass in den vergangenen Jahren bei Thermal 1 ein Rückgang des titrierbaren Schwefelgehaltes (1990: 7,15 mg/l; 2006: 3,13 mg/l) registriert wurde (BÖCHZELT, 2010). Im Zuge von aktuellen Untersuchungen (2010) wurden jedoch deutlich höhere Gehalte (zwischen 26,7 und 37,3 mg/l bestimmt (HAHN, 2010)). Aufgrund der Isotopenanalysen von Sauerstoff-18 und Deuterium kann bei beiden Bohrungen auf einen vadosen Ursprung geschlossen werden (BÖCHZELT & GOLDBRUNNER, 2000a). Allerdings ist die Abreicherung bei Thermal 2 höher (Tab. 74). Das Fehlen von Tritium schließt zudem eine Beeinflussung durch jüngere bzw. oberflächennahe Wässer aus. Des Weiteren unterscheiden sich die Thermalwässer beider Tiefbohrungen hinsichtlich der frei aufsteigenden Gase (Tab. 75). Während bei Thermal 1 Methan mit ca. 70 % überwiegt, ist bei Thermal 2 mit ca. 80 % überwiegend Stickstoff vorhanden.

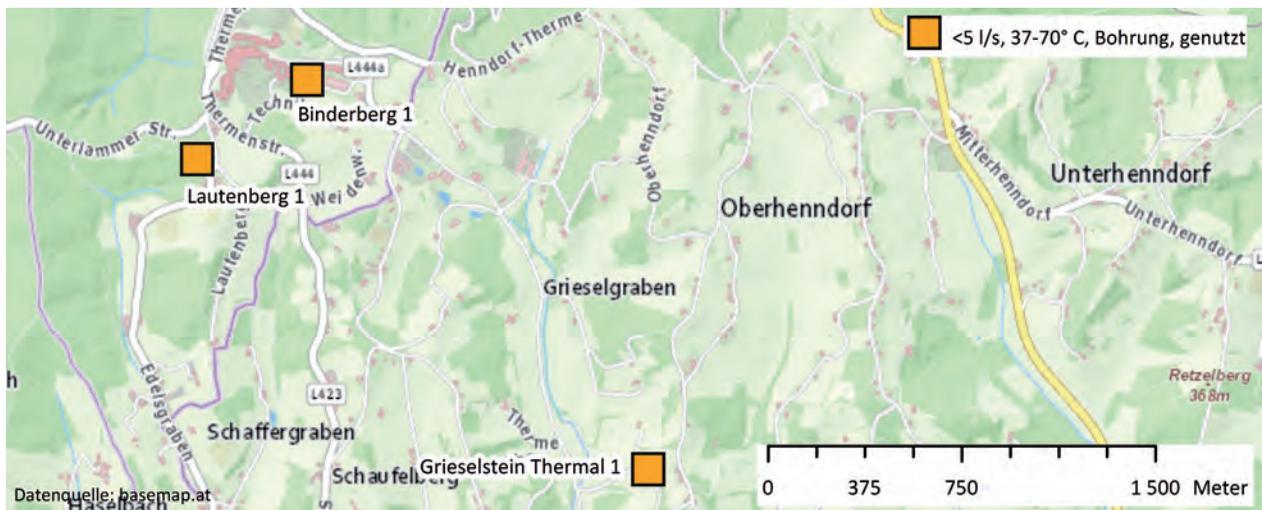


Abb. 55.
Lage der Erschließungen von Loipersdorf bei Fürstenfeld.

5.2.5 Loipersdorf bei Fürstenfeld (STMK/B)

Aktuelle Nutzung und Entwicklungsgeschichte

Der Gesamtkonsens für die Tiefbohrungen Binderberg 1, Lautenberg 1 und Grieselstein Thermal 1 (Barbaraquelle) beträgt 10 l/s. Grieselstein Thermal 1 darf maximal 3,25 l/s entnommen werden. Bei Binderberg 1 und Lautenberg 1 ist der Konsens auf jeweils 5 l/s festgelegt.

Die Gasaufschlussbohrung Binderberg 1 wurde 1972 von der RAG niedergebracht. Anstatt Erdgas traf man jedoch Thermalwasser an. In der Folge wurde 1975 von der Steiermärkischen Landesregierung und neun Gemeinden eine Gesellschaft zur Errichtung eines Heilbades gegründet. Wegen der geringen Fördermenge konnte jedoch zunächst keine Therme errichtet werden. Erst als im Jahr 1977 Lautenberg 1 abgeteuft wurde, stand dem Kurbetrieb nichts mehr im Wege. Bereits im folgenden Jahr wurde ein Teilbetrieb der Anlage aufgenommen. Außerdem erfolgte 1977 die Anerkennung als Heilvorkommen. Die Eröffnung der Therme fand 1981 statt. Nach einem schweren Brand im Jahr 1983 wurde 1985 eine neu gebaute Anlage eröffnet. Im Jahr 2004 wurde zusätzlich die dritte Thermalwasserbohrung, Grieselstein Thermal 1, abgeteuft. Seit 2006 ist auch dieses Thermalwasser als Heilvorkommen anerkannt.

Hydrogeologie

Die Tiefbohrungen von Loipersdorf (Abb. 55) liegen über der Senke von Weichselbaum. Diese unterbricht die Südburgenländische Schwelle, eine kristalline Hochzone, die das Oststeirische Becken vom Pannonischen Becken im Osten trennt (ZETINIGG, 1993). Binderberg 1 wurde bis auf eine Endteufe von 1.728,7 m niedergebracht (Tab. 55). In Sandsteinlagen (Karpatum) traf man hochmineralisierte Thermalwässer mit einer Gesamtmineralisation von ca. 60.000 mg/l und einer Temperatur von rund 72 °C an. Außerdem wurde aus dem Perforationsabschnitt 1.379,0 bis 1.544,0 m (Badenium) im Zuge eines 24 Stunden andauernden Fördertests ca. 50.000 bis 70.000 m³ Gas, hauptsächlich bestehend aus CO₂, und rund 85 m³ Thermalwasser gefördert. Dieses Thermalwasser war aufgrund der geringen Fördermenge nicht verwendbar, außerdem kam es durch die Expansion des Gases zu einer extremen Abkühlung mit Vereisung. Ein weiterer Versuch zur Förderung von Thermalwasser aus dem Perforationsabschnitt 1.564,0 bis 1.617,5 m (Badenium) verlief ebenfalls negativ, da Thermalwasser mit einer Temperatur von nur 38 °C und einer Förderrate von weniger als 0,3 l/s angetroffen wurde. Generell zeigte sich der Abschnitt des Badeniums aufgrund der hauptsächlich tonmergeligen Ausbildung für eine Thermalwasserförderung als ungeeignet. In den sandig-schluffigen Se-

Teufen (m u. GOK)	Loipersdorf Binderberg 1
- 358,4	unteres Pannonium (limnisch-brackisch)
- 1.092,3	Sarmatium (oberes- und mittleres Sarmatium, Schichtlücke an der Basis)
- 1.225,0	Badenium (marin, stark reduziert)
- 1.632,3	Karpatum (konglomeratreiche Gruppe)
- 1.645,4	Karpatum (Rotlehmgruppe)
- 1.728,7 (ET)	Paläozoikum (Phyllite)

Tab. 55.
Bohrprofil von Binderberg 1 (nach ZETINIGG, 1993). Siehe auch Kapitel 12 (Abb. 154).

dimenten des mittleren Sarmatiums wurde man allerdings fündig. So wurde von 1.047,0 bis 1.117,0 m eine Filterstrecke gesetzt. Die Ergiebigkeit lag zunächst bei ca. 250 m³/Tag (ca. 2,9 l/s) und die Auslauftemperatur betrug ca. 50 °C. Zudem wurde ein kf-Wert von 3×10^{-7} m/s bestimmt. Zusammenfassend beschreibt GOLDBRUNNER (1988), dass die geothermische Tiefenstufe von 18 m/°C auf den Aufstieg von Wässern und Kohlenstoffdioxid aus dem tieferen Bereich des Fürstenfelder Beckens zurückzuführen ist. Das Kohlenstoffdioxid ist hierbei mit einem jungpliozänen Vulkanismus zu assoziieren. Auch ist erwähnenswert, dass in der Umgebung der Bohrung Basaltschlote vorzufinden sind.

Lautenberg 1 wurde 516 m SW von Binderberg 1 abgeteuft (ZETINIGG, 1993). Bei der bis auf 1.177,5 m niedergebrachten Bohrung wurde derselbe Zielhorizont wie zuvor bei Binderberg 1 mit einer Filterstrecke von 1.097,5 bis 1.172,5 m erschlossen. Aufgrund der geringen Entfernung beeinflussen sich beide Bohrungen und bei einer Förderrate von 5 l/s beträgt der dynamische Spiegel ca. 530 m unter GOK.

Grieselstein Thermal 1 wurde 2.000 m SE von Binderberg 1 bis auf eine Endteufe von 1.730 m niedergebracht. Der Anschlagpunkt befindet sich bereits im südlichen Burgenland. Aufgrund der geografischen Nähe und der Tatsache, dass in dem dazwischenliegenden Bereich keine großen Störungssysteme bekannt sind, wurde eine ähnliche stratigrafische Entwicklung wie bei Binderberg 1 und Lautenberg 1 erwartet (WINKLER et al., 2005). Trotzdem wurde im Zuge von seismischen Untersuchungen eine Bruchlinie zwischen Grieselstein Thermal 1 und den beschriebenen Tiefbohrungen festgestellt. Somit scheint keine Förderung aus demselben Reservoir zu erfolgen. In Tabelle 56 befindet sich ein geologisches Bohrprofil basierend auf einer Bohrkleinansprache und geophysikalischen Untersuchungen, allerdings wurde keine Analyse der vorhandenen Mikrofossilien durchgeführt. Der Hauptzutritt des Thermalwassers erfolgt innerhalb des Abschnittes von 1.020,0 bis 1.060,0 m unter GOK aus grobklastischen Einschaltungen (Kiesen) des Sarmatiums. Bei 1.045 m unter GOK wurde eine Formationstemperatur von 63,8 °C gemessen und im Zuge eines Pumpversuchs im Jahr 2004 wurde eine Transmissivität von $9,62 \times 10^{-6}$ m²/s bestimmt (HAMEDINGER, 2004). Zudem beträgt die Absenkung bei einer Förderrate von 3,25 l/s rund 460,8 m unter GOK.

Teufen (m u. GOK)	Grieselstein Thermal 1
-11,0	? Quartär
-394,0	Pannonium
-1.078,0	Sarmatium
-1.255,0	Badenium
-1.714,0	Karpatium
-1.730,0 (ET)	Obergrenze des Paläozoikums

Tab. 56.
Bohrprofil von Grieselstein Thermal 1 (WINKLER et al., 2005).

Hydrochemie

Binderberg 1 und Lautenberg 1 werden aus demselben Aquifer gefördert, somit ist die hydrochemische Charakterisierung sehr ähnlich. Es handelt es sich um einen Natrium-Hydrogencarbonat-Chlorid-Typ mit einer Gesamtmineralisation von ca. 7.000 mg/l (Tab. 70). Die Wassertemperatur liegt bei beiden Bohrungen um 60 °C. Die geringfügigen Konzentrationsänderungen der Inhaltsstoffe sind einerseits durch natürliche Schwankungsbreiten bedingt oder können auf analytische Messungenauigkeiten zurückgeführt werden. Die hohen Gehalte an Bor (ca. 10 mg/l) und Kohlenstoffdioxid (bis 570 mg/l) sind auf den miozänen Vulkanismus zurückzuführen. Isotopenanalysen von Sauerstoff-18 (-9,23 ‰) und Deuterium belegen eine meteorische Herkunft, jedoch sind die Gebiete der Grundwasserneubildung nicht bekannt (GOLDBRUNNER, 1993d) (Tab. 74). Bei Binderberg 1 wurde 1976 bei einer Wasserförderung von 250 m³/d eine geringe Gasschüttung von 820 ml/min festgestellt. Das Gas besteht zu 39,4 % aus Kohlenstoffdioxid, zu 38,7 % aus Methan und zu 21,9 % aus Stickstoff und Edelgasen (Tab. 75). Das ca. 58 °C heiße Thermalwasser von Grieselstein Thermal 1 weist einen Natrium-Hydrogencarbonat-Typ mit einer Gesamtmineralisation von ca. 2.480 mg/l auf. Besonders auffallend ist der hohe Fluoridgehalt (11,9 bis 13,3 mg/l). Die Werte der stabilen Umweltisotope Sauerstoff-18 (-10,2 ‰) und Deuterium (-70,5 ‰) deuten auf eine meteorische Herkunft hin. Aufgrund der abgereicherten Werte sind kaltzeitliche Infiltrationsbedingungen anzunehmen. Außerdem wurden Kohlenwasserstoffe nachgewiesen, die auf einen Kontakt des Grundwassers mit KW-Lagerstätten hinweisen (LORENZ & WECHNER, 2005).

5.2.6 Fürstenfeld (STMK)

Aktuelle Nutzung und Entwicklungsgeschichte

Die Dublette Fürstenfeld (Abb. 56) wird gegenwärtig nicht genutzt, da eine Thermalwasserförderung im möglichen Ausmaß nicht wirtschaftlich ist. Für die Tiefbohrungen Fürstenfeld FF1 und FF2 besteht jedoch eine wasserrechtliche Bewilligung für einen Dublettenbetrieb im Ausmaß von maximal 8 l/s bzw. 2.419 m³/Woche und 94.608 m³/Jahr. Demnach könnte aus beiden Sonden im 14-tägigen Rhythmus abwechselnd Thermalwasser entnommen werden, wobei die jeweils andere Sonde als Reinjektionssonde agieren müsste.

Das hochmineralisierte Thermalwasser der Tiefbohrung Fürstenfeld Thermal 1 (Abb. 56) wird im geringen Ausmaß für eine Bade- und Heilsalzgewinnungsanlage verwendet. Die wasserrechtlich bewilligte Entnahmemenge beträgt 0,7 l/s.

Die Tiefbohrung Fürstenfeld Thermal 1 sollte 1985 als erste Geothermiebohrung Österreichs niedergebracht werden (GOLDBRUNNER, 1993c). Das Ziel war die Fernwärmeversorgung von Fürstenfeld. Bei einem Erfolg der Tiefbohrung wäre auch eine zusätzliche Reinjektionsbohrung geplant gewesen. Es konnte jedoch keine wirtschaftlich verwertbare Thermalwasserführung im Ziel-

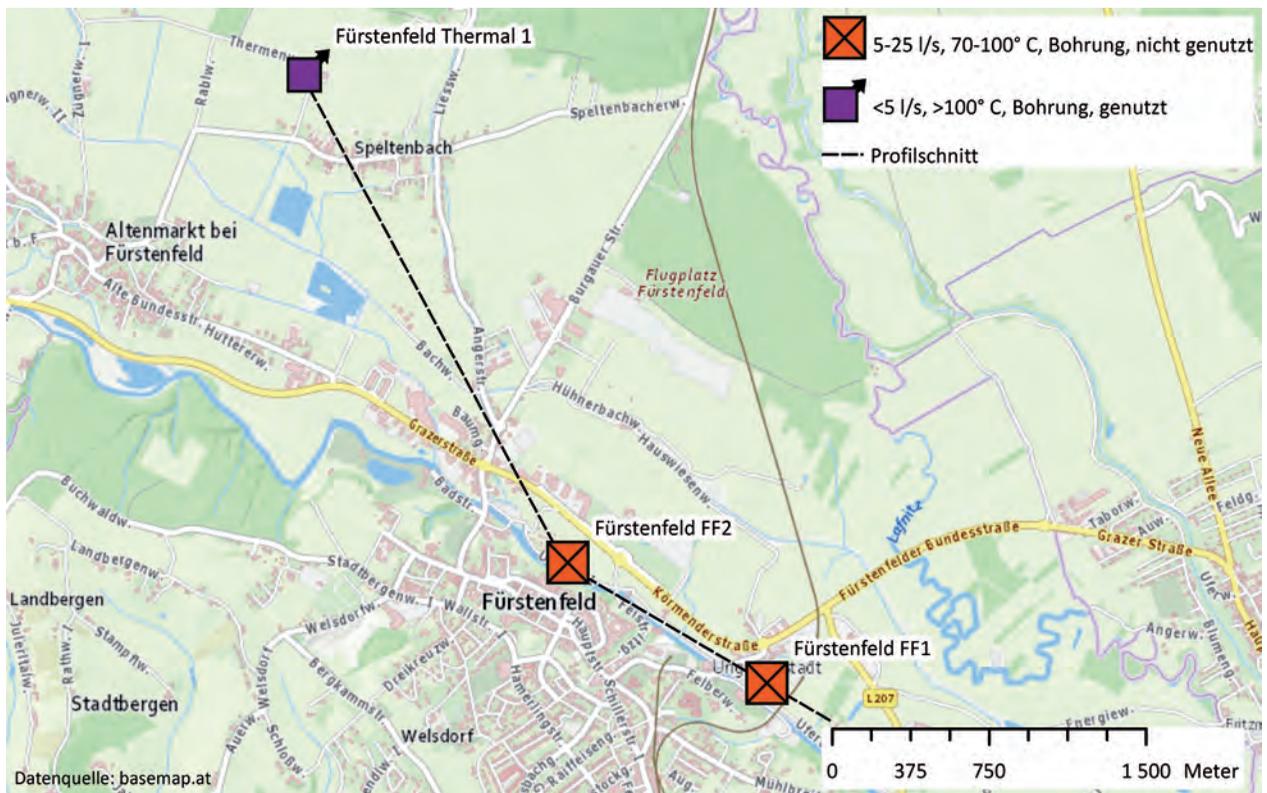


Abb. 56.
Lage der Erschließungen in bzw. nordwestlich von Fürstenfeld.

horizont, den Karbonaten des Grazer Paläozoikums, angetroffen werden. Seit 1997 wird allerdings hochmineralisiertes Thermalwasser im geringen Ausmaß gefördert, um Heil- und Badesalz zu produzieren.

Das Geothermieprojekt Fürstenfeld mit den Tiefbohrungen FF1 und FF2 wurde 1999 realisiert (GOLDBRUNNER, 2004, 2008). Aufgrund der schlechten Förderbarkeit bzw. Reinjektivität der Reinjektionssonde wurde das Thermalwasser für geothermische Zwecke genutzt und in den Vorfluter Feistritz abgeleitet. Im Rahmen des Aktionsprogrammes zum Schutz der Raab wurde im Jahr 2008 die Einleitung von salzhaltigem Thermalwasser in die Feistritz (ein Zubringerfluss der Raab) aus der Geothermieanlage von Fürstenfeld eingestellt.

Hydrogeologie

Die Tiefbohrungen Fürstenfeld Thermal 1, FF1 und FF2 befinden sich im zentralen Bereich des Fürstenfelder Beckens, dem tiefsten Senkungsbereich des Steirischen Beckens.

Bei Fürstenfeld Thermal 1 wurde das Top des karbonatischen Paläozoikums bei 2.747,7 m angetroffen (GOLDBRUNNER & ZÖTL, 1985) (Tab. 57). Bis zur Endteufe von 3.145,0 m wurde eine Folge von Dolomiten, Sandsteinen und Kalken mit Einschaltungen geringmächtiger Lagen von Tuffiten durchfahren. Für die ungestörte Gebirgstemperatur wurde bei der Endteufe 140 °C angegeben. Ursprünglich sollte aus der Dolomit-Sand-

steinfolge Thermalwasser gefördert werden, doch aufgrund von fehlenden Kluftporositäten wurde bei einem Förderversuch nur ein minimaler Zufluss von hochmineralisiertem Formationswasser (109 °C und 0,32 l/s) festgestellt. So musste die Bohrung im karbonatischen Paläozoikum als nicht fündig klassifiziert werden (KABAS, 1985). Allerdings erwiesen sich Sande und Sandsteine der Sandschaler-Zone (Badenium) als Thermalwasser führend und es wurden im Abschnitt 1.524,7 bis 1.631,0 m sechs Perforationstrecken (80,5 m Nettostrecke) gesetzt (GOLDBRUNNER, 1987). Nach GOLDBRUNNER & ZÖTL (1985) besteht die Sandschaler-Zone aus minder kompaktierten Sanden (Porosität ca. 25 %) mit guten Aquifereigenschaften. So wurde bei einem Förderversuch vom 10.01.1987 bis zum 13.01.1987 ein freier Überlauf von 3 l/s, ein Schließdruck von 2 bar und eine Auslauftemperatur von 61 °C gemessen (BERGMANN, zit. nach ZETINIGG, 1993). Außerdem wurde bei einer maximalen Förderrate von 16 l/s eine Absenkung des Wasserspiegels auf 87 m unter GOK gemessen.

Die Tiefbohrungen FF1 und FF2, der Abstand zwischen beiden beträgt etwa 1.100 m, wurden in einer Entfernung von rund 3,5 km zu Fürstenfeld Thermal 1 abgeteuft. Aufgrund der geografischen Nähe ist eine dementsprechend ähnliche Ausbildung der Bohrprofile gegeben. Die Tiefbohrungen befinden sich auch hier nahe dem Muldenzentrum der für die Thermalwassererschließung relevanten Sandschaler-Zone. FF1 und FF2 erreichten mit den Endteufen (Abb. 57, Tab. 57) von

Teufen TVD (m u. GOK)	Fürstenfeld Thermal 1	Teufen TVD (m u. GOK)	Fürstenfeld FF1	Teufen TVD (m u. GOK)	Fürstenfeld FF2
-8,0	Quartär	-5,0	Quartär	-10,0	Quartär
-194,5	Pannonium -194,5: unteres Pannonium	-230,5	Pannonium -230,5: unteres Pannonium	-194,0	Pannonium -194,0: unteres Pannonium
-1.092,6	Sarmatium -566,9: oberes Sarmatium -1.092,6: mittleres bis unteres Sarmatium	-1.087,0	Sarmatium -649,5: oberes Sarmatium -1.087: mittleres bis unteres Sarmatium	-1.037,0	Sarmatium -606,0: oberes Sarmatium -1.037,0: mittleres bis unteres Sarmatium
-2.243,9	Badenium -1.325,1: <i>Bulimina-Bolivina</i> -Zone -1.640,0: Sandschaler-Zone -2.243,9: Lageniden-Zone	-1.950,0 (ET)	Badenium -1.351,3: <i>Bulimina-Bolivina</i> und <i>Rotalia-Cibicides</i> -Zone -1.865,0 : Sandschaler-Zone -1.950,0: Lageniden-Zone	-1.790,0 (ET)	Badenium -1.295,6: <i>Bulimina-Bolivina</i> -Zone -1.790,0: Sandschaler-Zone ab 1.790,0: Lageniden-Zone
-2.747,7	Karpatium				
-3.145,0 (ET)	Paläozoikum -3.085,5: Dolomit, Dolomitsandstein, Kalke und kalkiger Dolomit -3.145,0: Serizitschiefer, Tonschiefer und Kalkschiefer				

Tab. 57. Bohrprofile von Fürstenfeld Thermal 1 (GOLDBRUNNER, 1988) sowie Fürstenfeld FF 1 und FF 2 (GOLDBRUNNER, 2004).

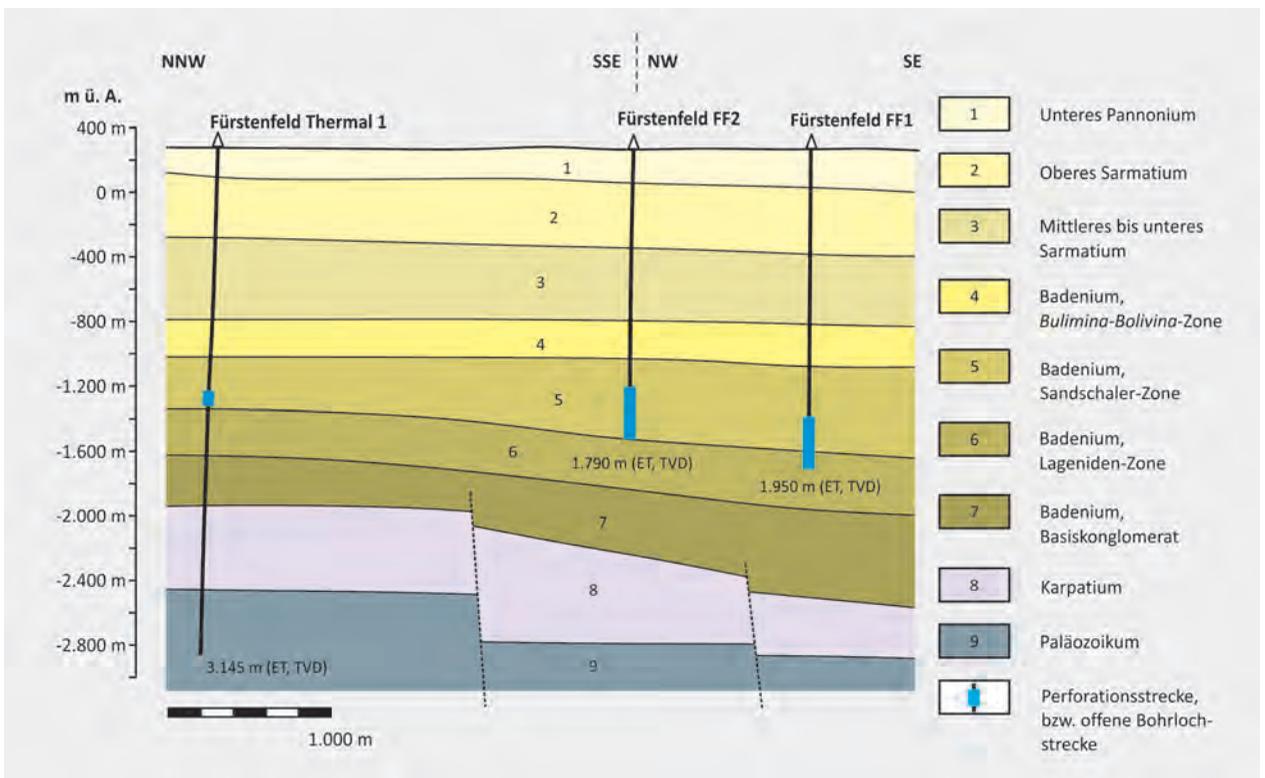


Abb. 57. Profilschnitt von Fürstenfeld (verändert nach GOLDBRUNNER, 2004). Siehe auch Kapitel 12 (Abb. 154).

1.950,0 m unter GOK und 1.790 m unter GOK allerdings nicht das karbonatische Paläozoikum, das erst bei 3.200 bzw. 3.000 m unter GOK erwartet wurde (GOLDBRUNNER, 2004). Die Sandschaler-Zone wurde bei FF1

und FF2 von 1.352,0 bis 1.865,0 m unter GOK bzw. von 1.296 bis 1.790 m unter GOK angetroffen und die Filterstrecken befinden sich bei FF1 zwischen 1.657,8 und 1.909,6 m (63,2 m Nettostrecke) und bei FF2 zwischen

1.464,2 und 1.787,0 m (100,2 m Nettostrecke). Im Zuge eines vom 21.05.1999 bis 23.05.1999 durchgeführten Pumpversuchs (durchschnittliche Förderung von 21,8 l/s) wurde für FF1 ein kf-Wert von $7,0 \times 10^{-6}$ m/s und eine Transmissivität von $1,9 \times 10^{-4}$ m²/s bestimmt (BÖCHZELT & GOLDBRUNNER, 2000b). Bei einem an FF2 durchgeführten Pumpversuch (14.06.1999 bis 16.06.1999) wurde bei einer Förderrate von 13,8 bis 14,5 l/s ein kf-Wert von $1,4 \times 10^{-6}$ m/s und eine Transmissivität von 2×10^{-4} m²/s ermittelt. Die Absenkungen betragen bei diesen Förderraten 99 m unter GOK (FF1) bzw. 58,5 m unter GOK (FF2). Die Formationstemperatur beträgt bei den Tiefbohrungen 84 bis 85 °C. Zudem lief die Sonde FF1 ursprünglich artesisch über (Schließdruck: 1,2 bar), doch aufgrund von durchgeführten Tests und Pumpversuchen sank der Druckspiegel innerhalb von drei Jahren auf ca. 20 m unter GOK. Deshalb erwartete GOLDBRUNNER (2004) einen Druckabbau von 1 bar/Jahr. Des Weiteren wurde im Rahmen eines Beweissicherungsprogrammes festgestellt, dass durch die Thermalwasserentnahme bei FF1 und FF2 der Druckspiegel der leicht artesisch überlaufenden Bohrung Fürstenfeld Thermal 1 (Schließdruck von 0,08 bar) auf 10,2 m unter GOK sank (GOLDBRUNNER, 2004). Zusammenfassend ist deshalb von einer schlechten Regeneration der Thermalwasser führenden Sandschaler-Zone auszugehen.

Die Tiefbohrungen wurden für einen Dublettenbetrieb mit einer Förder- und einer Reinjektionsbohrung konzipiert. Als Problem stellte sich jedoch eine schlechte Reinjektion heraus. Zuletzt wurde versucht, FF1 als Entnahmebohrung und FF2 als Reinjektionsbohrung zu nutzen (GOLDBRUNNER, 2008). Bei einem Rückgang der Reinjektion sollte der Kreislauf umgedreht werden bzw. wurde ein 14-tägiger Rhythmus von Entnahme und Reinjektion vorgeschlagen.

Hydrochemie

Bei allen Tiefbohrungen wird Thermalwasser aus der Sandschaler-Zone gefördert. Bei diesen hochmineralisierten Wässern handelt es sich um einen Natrium-Chlorid-Typ mit einer Gesamtmineralisation von bis zu 57.000 mg/l (FF1) (Tab. 70). Aufgrund des Lösungsinhalts handelt es sich um Formationswässer. Das geht aus dem hohen, deutlich über einem durchschnittlichen Meerwasser liegenden Gehalt an Natrium und Chlorid, den hohen Konzentrationen an Bromid (bis 224 mg/l bei FF1) und Iodid (bis 8 mg/l bei Thermal 1) sowie dem Gehalt an Azetat (bis 431 mg/l bei FF1) und Propionat (bis 63 mg/l bei FF1) hervor.

Eine Aufstellung von Umweltisotopen zum Aquifer Sandschaler-Zone im zentralen Bereich des Fürstenfelder Beckens ist Tabelle 74 zu entnehmen. Die Werte der stabilen Umweltisotope Sauerstoff-18 (FF1: -4,57 ‰) und Deuterium (FF1: -42,1 ‰) weisen auf einen höheren Anteil an ehemals marinem Wasser hin. GOLDBRUNNER (1988) interpretiert die Werte von Fürstenfeld Thermal 1 als eine ca. 50-zu-50-Mischung von einem Formationswasser und einem meteorischen Wasser. Für FF2 und FF1 nehmen BÖCHZELT & GOLDBRUNNER

(2000b) aufgrund des dem Standard etwas näherliegenden Wertes einen noch höheren Anteil an marinem Wasser an. Der Tritiumgehalt (13,7 TU) von FF2 ist nach den Autoren angesichts der hydraulischen Verhältnisse und der anderen Isotopenergebnisse nicht plausibel. Bei FF1 ist aufgrund des nicht nachweisbaren Tritiums anzunehmen, dass kein Wasser mit einer Verweilzeit von weniger als 50 Jahren beigemischt ist. Die frei aufsteigenden Gase dürften bei den Bohrungen zum Großteil aus Methan bestehen. So wird für Fürstenfeld Thermal 1 ein Methananteil von 88 % angegeben (Tab. 75).

5.2.7 Bad Blumau (STMK)

Aktuelle Nutzung und Entwicklungsgeschichte

Für Bad Blumau 2 (Abb. 58) ist die Entnahmemenge auf 30 l/s (2.592 m³/Tag) festgelegt. Das abgenutzte Thermalwasser muss bei Bad Blumau 1/1a (Abb. 58) reinjiziert werden.

Nach EISNER & GOLDBRUNNER (2009) wird das Thermalwasser sowohl für die Stromerzeugung, die energetische Verwendung (Beheizung des Thermenkomplexes), als auch für spezielle balneomedizinische Behandlungen verwendet und anschließend, mit Ausnahme des Badewassers, in die Reinjektionssonde rückgeführt (Tab. 14 in Kap. 1.5). Die Austrittstemperatur beträgt seit der Inbetriebnahme gleichbleibend ca. 107 °C. Im ersten Schritt der Kaskade erfolgt die Stromerzeugung durch eine Organic Rankine Cycle (ORC)-Anlage. Zuvor wird das Kohlenstoffdioxidgas vom Wasser separiert. Das thermisch abgearbeitete Wasser wird über eine isolierte Leitung zur Energiezentrale weitergeleitet und über Wärmetauscher wird ein weiteres Mal Wärme entzogen. Im Anschluss erfolgt die Weiterführung über eine nicht isolierte Pipeline zur Reinjektionssonde. Der Wärmeentzug nach der Stromerzeugung wird für die Beheizung der Therme verwendet. Zudem besteht seit 2003 mit der Beheizung eines Thermalwasserbadesees eine weitere kaskadische Nutzung der Wärme.

Für die Tiefbohrung Bad Blumau 3 (Abb. 58) besteht eine wasserrechtliche Bewilligung im Ausmaß von 8 l/s. Das Thermalwasser, angeführt unter dem Namen Melchior Quelle, dient zur Versorgung des Thermenbetriebes.

Die Tiefbohrung Bad Blumau 1/1a wurde im Jahr 1979 von der RAG als abgelenkte Kohlenwasserstoff-Explorationsbohrung niedergebracht (ZETINIGG, 1993). Es wurden keine Kohlenwasserstoffe angetroffen, jedoch Thermalwasser mit über 100 °C. Für die geothermische Nutzung musste allerdings eine zweite Tiefbohrung abgeteuft werden. Zunächst wurde im Jahr 1995 die Bohrung Bad Blumau 3 für die balneologische Nutzung niedergebracht (GOLDBRUNNER & EISNER, 1997a). Ein Jahr später erfolgte die Abteufung der Produktionssonde Bad Blumau 2 und bereits 1997 konnte die Therme eröffnet werden (KRIEGL et al., 1997). Mit dem Dublettenbetrieb wurde im Jahr 2000 begonnen.

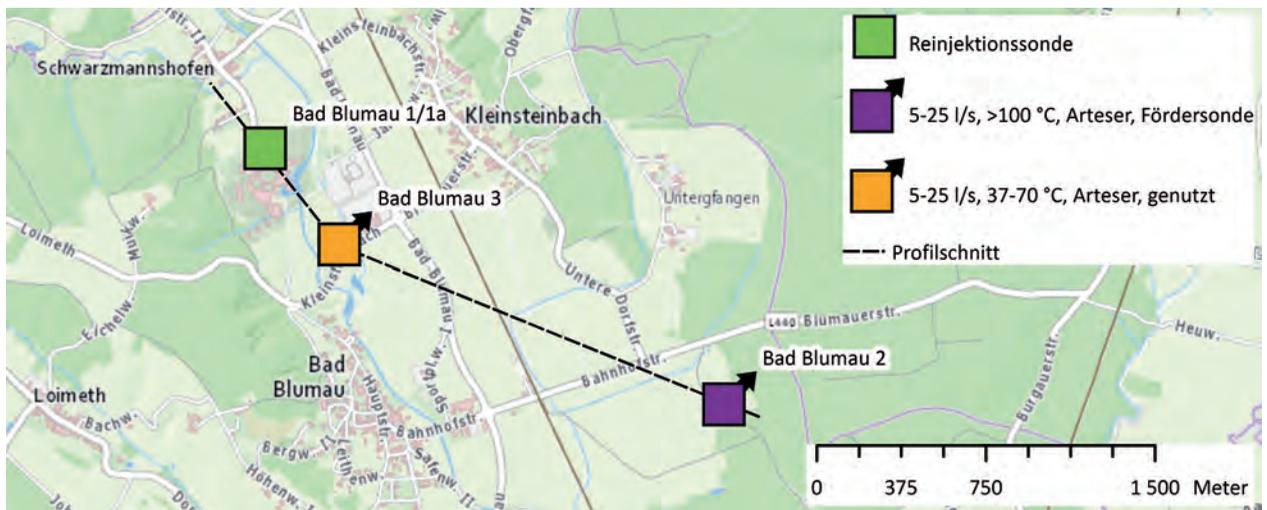


Abb. 58.
Lage der Erschließungen nördlich bzw. östlich von Bad Blumau.

Derzeit finden die Arbeiten zu den geplanten Tiefbohrungen Frutura GT1 und GT2 statt (Stand 09/2014). Prinzipiell soll Thermalwasser für geothermische Zwecke gewonnen werden.

Hydrogeologie

Die Tiefbohrung Bad Blumau 1 wurde am südöstlichsten Ende der Scholle von Waltersdorf angesetzt (Abb. 59) (GOLDBRUNNER, 1993c). Der im Liegenden der neogenen Beckenfüllung angetroffene Untergrund erwies sich als phyllitisch und somit für die Gewinnung von Erdöl nicht nutzbar. Nach Neuinterpretationen von reflexionsseismischen Profilen wurde die randnahe Position zum tieferen Fürstenfelder Becken (Tiefscholle der Blumauer Störung) erkannt. Infolge wurde die Bohrung als Bohrung Bad Blumau 1a ab einer Teufe von 1.000 m mit einer Gesamtabweichung von 646 m und einem Azimuth von 146° beckenwärts abgelenkt. Die Endteufe dieser heute als Reinjektionssonde genutzten Bohrung beträgt 3.045,0 m MD (2.948 m TVD) und weist gegenüber Bad Blumau 1 ein weitaus mächtigeres neogenes Profil auf, das auch das Karpatium umfasst. Im Liegenden des Neogens wurden ab 2.664,0 m MD (2.583,0 m TVD) geklüftete und Thermalwasser führende Dolomite des Grazer Paläozoikums aufgeschlossen. Bei einem einmonatigen Auslaufversuch im Jahr 1989 wurde ein maximaler Überlauf von 19 l/s mit einer Auslauftemperatur von 100,5 °C festgestellt. Der Schließdruck betrug 12 bar. Heute wird dieser Horizont für die Reinjektion des Dublettenbetriebs genutzt.

Die Produktionssonde Bad Blumau 2 liegt 2,3 km entfernt von Bad Blumau 1. Die Lozierung erfolgte aufgrund einer seismischen Vorerkundung (KRIEGL et al., 1997). Demnach sollte Bad Blumau 2 das Top des Paläozoikums der Tiefscholle in rund 2.700 m unter GOK erreichen. Tatsächlich wurde jedoch der Rand der Hochzone in einer Teufe von 2.362,5 m (MD) angetroffen. Im hangenden Teil des Grazer Paläozoikums wurde eine dolomitische Entwicklung mit bis 15 m mächtigen

quarzitischen Sandsteineinschaltungen angetroffen. Im Tiefenbereich von 2.610 bis 2.630 m folgte eine Übergangszone zu hellen bis dunkelgrauen, homogenen Kalken. Was die permeablen Bereiche im gesamten karbonatischen Paläozoikum betrifft, so ist eine erhöhte Wasserwegigkeit stets auf gute Kluftporositäten zurückzuführen. Im Gegensatz zu Bad Blumau 1/1a wurden bei Bad Blumau 2 keine Phyllite erbohrt. Bei Bad Blumau 2 wird über die offene Bohrlochstrecke von 2.362,5 m (MD) bis zur Endteufe (Mächtigkeit: 480,5 m) gefördert. Das Vorkommen ist gespannt und weist einen ca. 10 m unter GOK liegenden Ruhewasserspiegel auf. Aufgrund des Gas-Lift-Effektes findet ein freier Überlauf statt, somit ist für die Förderung kein Pumpbetrieb notwendig (EISNER & GOLDBRUNNER, 2009). Der Betrieb der Dublette Bad Blumau wurde von 2000 bis 2008 mit einer Fördertemperatur von ca. 107 °C, einer Förderrate von 22 bis 27 l/s, einem Fließdruck von 3,1 bis 3,4 bar und einer gemessenen Wasserspiegellage von 94 bis 84 m unter GOK bei quasistationären Verhältnissen gefahren. In diesem Zeitraum fand kein Potenzialabbau statt. Im Zeitraum 26.01.1996 bis 20.05.1996 wurden an den Sonden Bad Blumau 1a und 2 hydraulische Tests durchgeführt (KRIEGL et al., 1997). Zusammenfassend kann bei der Sonde Bad Blumau 2 von einer durchschnittlichen regionalen Transmissivität von $6 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ ausgegangen werden. Für hydraulische Berechnungen, die den Aquiferabschnitt zwischen den Sonden 2 und 1a berücksichtigen, ist aufgrund des hydraulischen Einflusses der schollenrandnahen Position bei Bad Blumau 1a von einer regional wirksamen Transmissivität von $3 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ auszugehen. Die im Zuge der Pumpversuche bestimmten Durchlässigkeitswerte lagen bei ca. $5 \times 10^{-7} \text{ m/s}$. Bei einer Aquiferenmächtigkeit von 16 m ist von regionalen Durchlässigkeitswerten zwischen $1,9 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ und $3,8 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ auszugehen.

Im Gegensatz zu den Tiefbohrungen der Dublette verblieb die artesische Tiefbohrung Bad Blumau 3 mit einer

Endteufe von 1.201,2 m MD (1.150 m TVD) in den neogenen Sedimenten der Tiefscholle (GOLDBRUNNER & EISNER, 1997a). Es wäre eine Maximalteufe von 1.770,0 m geplant gewesen, doch die interpretierten geophysikalischen Bohrlochmessungen im Bereich des mittleren bis unteren Sarmatiums wiesen auf günstigere Verhältnisse in geringerer Tiefe hin. Es wurden sechs Perforationen im Teufenabschnitt 643,6 bis 1.134,2 m durchgeführt. Hierbei beträgt die Nettomächtigkeit 115,4 m. Anschließend folgten mehrstufige Pumpversuche mit Förderraten von 5 bis 8 l/s, bei denen sich quasistationäre Bedingungen einstellten. So wurde z.B. bei dem ersten Pumpversuch vom 05.07.1996 bis zum 21.07.1996 bei einer durchschnittlichen Fördermenge von 7,5 l/s eine maximale Absenkung von 137,1 m unter GOK gemessen. Für den freien Überlauf wird von den Autoren rund 1,2 l/s (26.11.1996) angegeben. Die Auswertung der Pumpversuche ergab Durchlässigkeitswerte in der Größenordnung von 5×10^{-7} m/s. Abschließend ist zu erwähnen, dass keine nennenswerte Gasführung angetroffen wurde.

Geologische Profile der Tiefbohrungen von Bad Blumau befinden sich in Tabelle 58 und Abbildung 59. Der neogene Aufbau im Bereich der Tiefscholle kann mit Bad Blumau 2 als Referenz wie folgt zusammengefasst werden: Das untere Pannonium ist vorwiegend schluffig-tonig ausgebildet, es treten jedoch Sand- und Kieslagen auf, die artesisch gespanntes Wasser führen und für die Trinkwasserversorgung der Gemeinde Bad Blumau von Bedeutung sind (KRIEGL et al., 1997). Das obere Sarmatium lässt sich lithologisch in zwei Abschnitte unterteilen. Eine Wechsellagerung von fein- bis grobklastischen Sedimenten ist für den hangenden Abschnitt charakteristisch. Auch treten Wasser führende oolithische Kalksandsteine und Kiese auf. Im liegenden Abschnitt überwiegen hauptsächlich Tonmergel, die selten von fein- bis mittelsandigen Lagen unterbrochen werden. Das mittlere und untere Sarmatium

wird durch einen hohen Anteil an Sanden charakterisiert. Diese fein- bis grobsandige Entwicklung wird von Tonmergeln unterbrochen. Ab ca. 1.050,0 m unter GOK sind die Sedimente überwiegend diagenetisch verfestigt. Das obere Badanium umfasst die *Cibicides-Rotalia*-Zone sowie die *Bulimina-Bolivina*-Zone und setzt sich aus fein- bis mittelsandigen Ton- und Siltsteinen zusammen, die zum Teil in Tonmergelsteine übergehen. Selten treten Einschaltungen von geringmächtigen grobklastischen Sedimenten auf. Die Ablagerungen des mittleren Badeniums entsprechen der Sandschaler-Zone. Bis ca. 1.600 m tritt eine Wechsellagerung von karbonatisch zementierten siltigen Sandsteinen mit Ton- und Siltsteinen auf. Darunter folgen vorwiegend Tonsteine und Tonmergelsteine. Im unteren Badanium bzw. der Lageniden-Zone dominiert eine feinklastische Entwicklung. Von 1.757,0 bis 1.773,0 m treten Einschaltungen von karbonatisch dominierten Sedimenten auf, bei denen es sich wahrscheinlich um Nulliporenkalke handelt. Ab 2.160,0 m treten vermehrt grobklastische Horizonte bzw. Konglomerate und Brekzien auf, die karbonatische Komponenten des karbonatischen Untergrunds beinhalten. Anschließend folgt ab 2.225,0 m eine grob bis feinklastische Wechselfolge (Basiskonglomerat des Badeniums). Das Karpatium zeichnet sich durch eine Rotfärbung des feinklastischen Anteiles der Sedimente aus. Im Hangendbereich überwiegen feinklastische Anteile und ab 2.160,0 m treten vermehrt Konglomerate und Brekzien auf.

In einer Entfernung von ca. 5 km Richtung SE soll zukünftig Thermalwasser für geothermische Zwecke aus dem karbonatischen Paläozoikum gewonnen werden. Für die Tiefbohrungen Frutura GT1 und GT2 ist eine Planteufe von 3.650 bzw. 3.500 m vorgesehen (GOLDBRUNNER & EISNER, 2012). Das Aufschließungsziel, die geklüfteten Kalke und Dolomite des Grazer Paläozoikums, werden bei ca. 3.460 m TVD (GT1) bzw. 3.300 m TVD (GT2) erwartet. Es wird ein Volumenstrom von maxi-

Teufen TVD (m u. GOK)	Bad Blumau 1a	Teufen TVD (m u. GOK)	Bad Blumau 2	Teufen TVD (m u. GOK)	Bad Blumau 3
-9,0	Quartär	-17,0	Quartär	-13,0	Quartär
-95,4	Pannonium -95,4: unteres Pannonium	-165,0	Pannonium -165,0: unteres Pannonium	-120,0	Pannonium -120,0: unteres Pannonium
-1.008,0	Sarmatium -309,7: oberes Sarmatium -1.008,0: unteres bis mittleres Sarmatium	-1.146,0	Sarmatium -470,0: oberes Sarmatium -1.146,0: unteres bis mittleres Sarmatium	-1.068,0	Sarmatium -347,0: oberes Sarmatium -1.017,0: unteres bis mittleres Sarmatium
-1.955,0	Badanium -1.192,0: oberes Badanium -1.543,0: mittleres Badanium -1.955,0: unteres Badanium	-2.115,0	Badanium -1.340,0: oberes Badanium -1.710,0: mittleres Badanium -2.115,0: unteres Badanium	-1.150,0 (ET)	Badanium -1.150,0: oberes Badanium
-2.583,0	Karpatium	-2.361,5	Karpatium		
-2.948,0 (ET)	Paläozoisches Grundgebirge	-2.840,0 (ET)	Paläozoisches Grundgebirge		

Tab. 58. Bohrprofile von Bad Blumau 1a, Bad Blumau 2 und Bad Blumau 3 (nach KRIEGL et al., 1997). Siehe auch Kapitel 12 (Abb. 154).

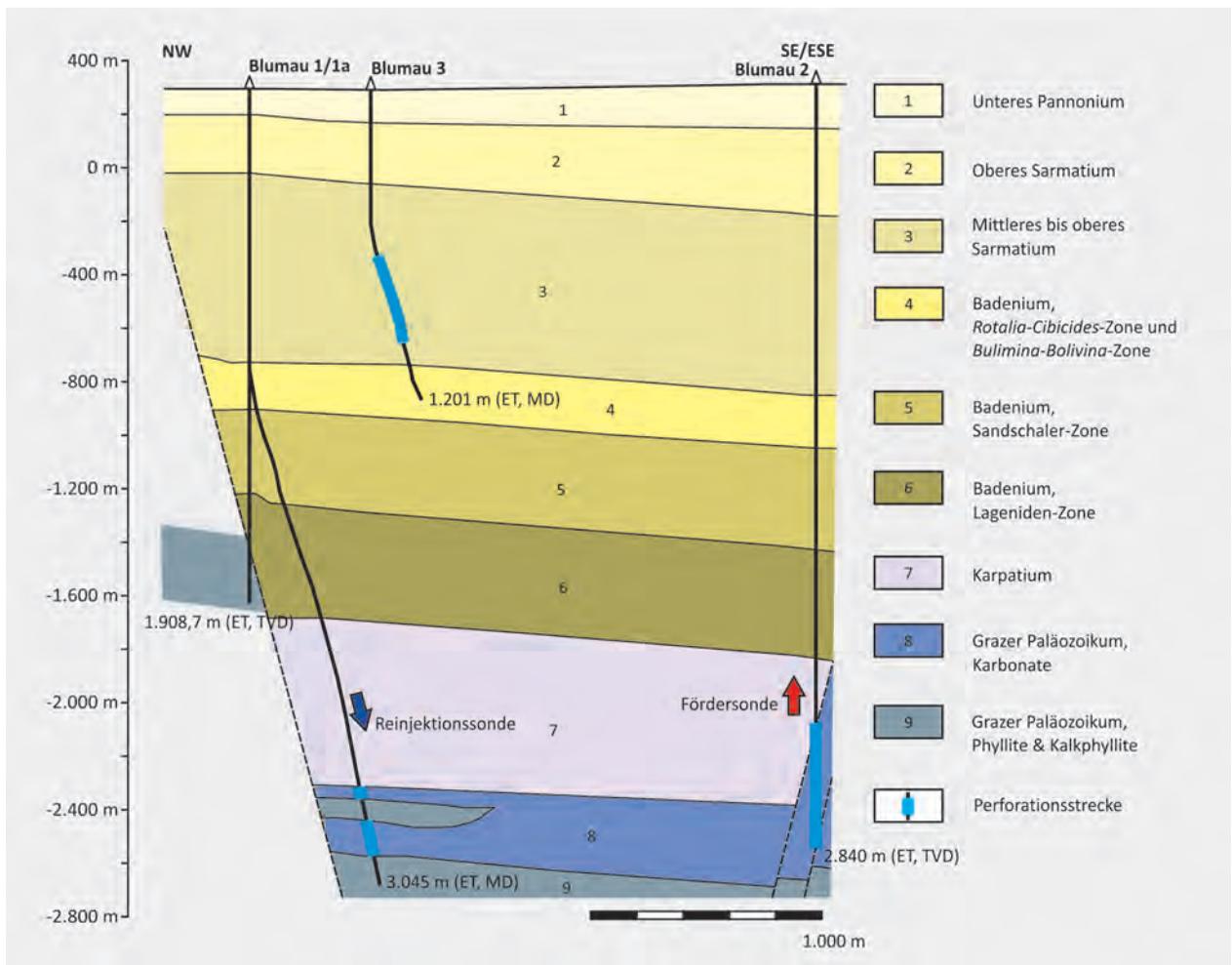


Abb. 59. Profilschnitt von Bad Blumau (verändert nach GOLDBRUNNER & EISNER, 1997a).

mal 60 l/s und eine Temperatur von maximal 130 °C erwartet. Mit ca. 80 °C soll das genutzte Thermalwasser rückgeführt werden.

Hydrochemie

Bei dem ca. 107 °C heißen Thermalwasser der Tiefbohrung Bad Blumau 2 handelt es sich um einen Natrium-Hydrogencarbonat-Chlorid-Typ mit einer Gesamtmineralisation von rund 18.000 mg/l (Tab. 71). Im Produktionszeitraum von 2000 bis 2008 wurde keine Abnahme der Auslaufemperatur festgestellt (EISNER & GOLDBRUNNER, 2009). Allerdings hat sich die hydrochemische Zusammensetzung in diesem Zeitraum verändert. So ist die Summe der gelösten Stoffe von 27.300 mg/l (1997) auf rund 18.000 mg/l (2007) zurückgegangen. Obwohl es sich weiterhin um einen Natrium-Hydrogencarbonat-Chlorid-Typ handelt, sind die geringeren Konzentrationen an Chlorid (Rückgang von rund 4.600 auf ca. 3.600 mg/l) und Natrium (Rückgang von rund 6.200 auf ca. 5.600 mg/l) auffallend. Diese Veränderungen treten seit der Inbetriebnahme der Dublette im Jahr 2001 verstärkt auf. EISNER & GOLDBRUNNER (2009) führen den Rückgang auf die Abnahme der

Formationswasserkomponente zurück. Auch das über diesen Zeitraum stattgefunden Monitoring der stabilen Umweltisotope Sauerstoff-18 und Deuterium weist auf einen stärkeren Einfluss der meteorischen Komponente bzw. einen Rückgang der Formationskomponente (Tab. 74) hin. Hinsichtlich der frei aufsteigenden Gase herrschen weitgehend konstante Verhältnisse vor (Tab. 75). Diese bestehen zu 96 % aus Kohlenstoffdioxid und die geförderte Menge entspricht ca. 1 t/Stunde bei einer Thermalwasserförderrate von 22 l/s (das sind 13 g CO₂/1 l H₂O).

Bei dem rund 45 °C warmen Thermalwasser von Bad Blumau 3 handelt es sich um einen Natrium-Hydrogencarbonat-Typ mit einer Gesamtmineralisation von ca. 1.300 mg/l. Analysen von Deuterium (-72,4 bis -70,9 ‰) und Sauerstoff-18 (-10,27 bis -9,75 ‰) belegen eine meteorische Herkunft der Wässer. Nach GOLDBRUNNER & EISNER (1997a) ist von einem kaltzeitlichen Wasseralter in der Größenordnung von 10.000 bis 18.000 Jahren auszugehen.

5.2.8 Bad Waltersdorf (STMK)

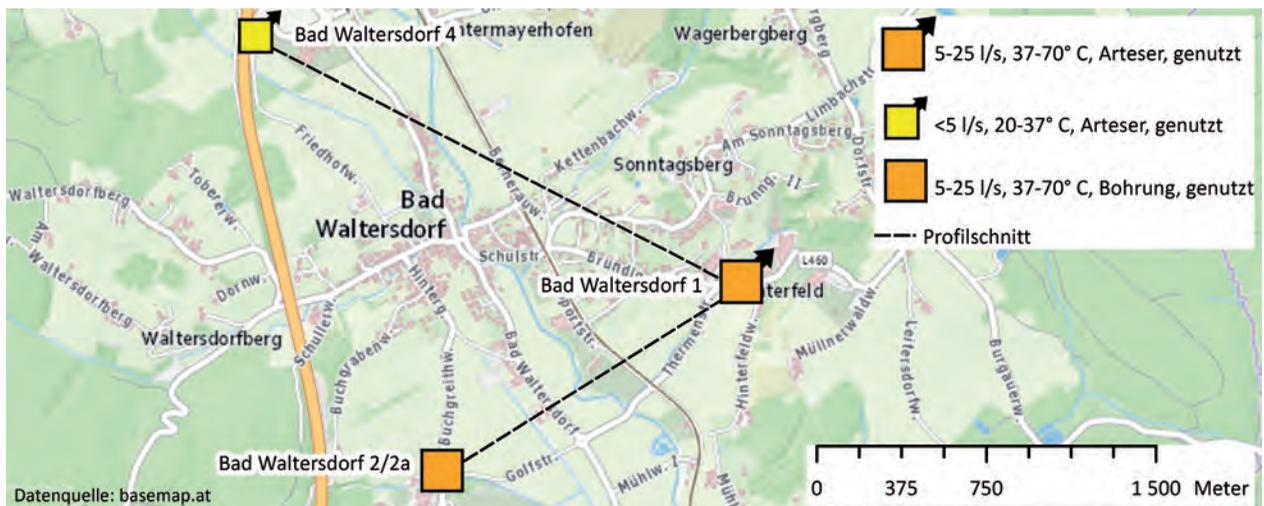
Aktuelle Nutzung und Entwicklungsgeschichte

Für die Bohrungen Bad Waltersdorf 1 und 2a (Abb. 60) besteht eine gemeinsame wasserrechtliche Bewilligung. Die bewilligte Entnahmemenge beträgt für beide Bohrungen 22 l/s, wobei von 2a maximal 20 l/s und von Bad Waltersdorf 1 maximal 17 l/s gefördert werden dürfen. Die jährliche Gesamtentnahme darf zudem 536.000 m³ nicht überschreiten. Die Auslauftemperatur weist ca. 68 °C auf. Neben der Fernwärme besteht in geringerem Ausmaß auch eine balneologische Nutzung für die Thermenanlage (Tab. 14 in Kap. 1.5).

Bei Bad Waltersdorf 4 (Abb. 60) ist die wasserrechtlich bewilligte Fördermenge auf 2,75 l/s festgelegt. Das Thermalwasser wird ebenfalls für eine Thermenanlage genutzt.

Im Jahr 1975 wurde die nichtfündige Kohlenwasserstoff-Explorationsbohrung Bad Waltersdorf 1 von der RAG niedergebracht (ZETINIGG, 1993). Diese traf jedoch Thermalwasser an, in der Folge überließ man die Bohrung der Gemeinde Waltersdorf. Der Ausbau als Thermalwasserbohrung erfolgte in den Jahren 1978/1979, im Jahr 1981 wurde mit dem Aufbau der geothermischen Fernwärmeversorgung Waltersdorf begonnen. Somit handelt es sich in Bad Waltersdorf um die älteste geothermische Anlage Österreichs. Im Jahr 1982 wurde das Thermalwasser von Bad Waltersdorf 1 schließlich als Heilwasser anerkannt. Zudem ging im Jahr 1984 die Thermenanlage in Betrieb. Da aus der ersten Tiefbohrung nicht genügend Thermalwasser gefördert werden konnte, wurde 1990 Bad Waltersdorf 2 abgeteuft. Aufgrund von technischen Problemen musste diese Bohrung aufgegeben werden, doch noch im selben Jahr konnte Bad Waltersdorf 2a niedergebracht werden (SCHMID, 2002a). Bad Waltersdorf 4 wurde 2002 abgeteuft (EISNER & GOLDBRUNNER, 2003a).

Abb. 60.
Lage der Erschließungen bei Bad Waltersdorf.



Hydrogeologie

Bad Waltersdorf befindet sich im Osten des Steirischen Beckens. Die Tiefbohrungen wurden im Bereich der Hochscholle von Waltersdorf abgeteuft. Die Großstörung von Blumau bewirkt eine hydraulische Barriere, welche die Hochscholle von der Tiefscholle von Blumau trennt.

Die Gas-Aufschlussbohrung Bad Waltersdorf 1 durchörterte die neogenen Beckensedimente sowie das karbonatische Grazer Paläozoikum und verblieb bei einer Endteufe von 1.553,0 m unter GOK im Kristallin der Raabalpen (GOLDBRUNNER & EISNER, 1997b) (Tab. 59, Abb. 61). Im Vergleich zum Fürstenfelder Becken fehlt bei der stratigrafischen Abfolge des Neogens das Karpatium und das Badenium ist geringmächtiger ausgebildet. Die Dolomite des Grazer Paläozoikums erwiesen sich von 1.094,0 bis 1.239,0 m als Thermalwasserführend und im Zuge der Komplettierung wurde von 1.067,5 bis 1.258,3 m perforiert. GOLDBRUNNER & ZETINIGG (1993) weisen auf eine Störung am Top der karbonatischen Schichtfolge hin, die zu guten Klüftporositäten führt. Vom 19.12.1978 bis 26.09.1979 sowie vom 04.12.1979 bis 12.05.1980 wurden Langzeitpumpversuche durchgeführt, bei denen mit einer Förderleistung von 10 bis 15 l/s gefahren wurde. Gegen Ende des letzten Pumpversuchs wurde bei einem Volumenstrom von 10 l/s eine Absenkung von ca. 38 m erzielt. Zudem wird ein kf-Wert von ca. 3×10^{-6} m/s angegeben, wobei anzumerken ist, dass eine am Top des Aquifers befindliche Störung eine bessere Permeabilität bewirkt (BERGMANN, 1981, zit. nach GOLDBRUNNER & ZETINIGG, 1993). Der Autor führt zudem eine Entfernung vom Regenerationsgebiet im Ausmaß von 35 bis 40 km und eine Lagerstättentemperatur von 62 °C an.

In 1.650 m Entfernung zu der ersten Tiefbohrung fördert Bad Waltersdorf 2/2a ebenfalls aus den Dolomiten des Paläozoikums ab 1.125,8 m unter GOK (158 m Gesamtmächtigkeit). In einer Teufe von 1.164 m unter GOK führt das Bohrgestänge aufgrund eines totalen Spülverlustes zunächst jedoch fest und konnte nicht mehr gelöst werden. Deshalb musste Bad Waltersdorf 2 zunächst

Teufen TVD (m u. GOK)	Bad Waltersdorf 1	Teufen TVD (m u. GOK)	Bad Waltersdorf 2/2a	Teufen TVD (m u. GOK)	Bad Waltersdorf 4
-0,4	Quartär	-5,3	Quartär	-0	Quartär
-57,5	Pannonium -57,5: unteres Pannonium	-50,8	Pannonium -50,8: unteres Pannonium	-48,0	Pannonium -48,0: unteres Pannonium
-706,5	Sarmatium	-707,6	Sarmatium -289,7: oberes Sarmatium -707,6: mittleres bis unteres Sarmatium	-712,0	Sarmatium -317,0: oberes Sarmatium -712,0: mittleres bis unteres Sarmatium
-1.094,0	Badenium	-1.152,2	Badenium -831,4: <i>Rotalia-Cibicides</i> -Zone -870,8: <i>Bulimina-Bolivina</i> -Zone -901,2: Sandschaler-Zone -1.125,0: Obere Lageniden-Zone -1.125,2: Basiskonglomerat/Brekzie	-1.063,0 (ET)	Badenium -820,0: <i>Rotalia-Cibicides</i> -Zone -844,0: <i>Bulimina-Bolivina</i> -Zone -897,0: Sandschaler-Zone -1.063,0: Obere Lageniden-Zone
-1.514,5	Grazer Paläozoikum -1.239,0: karbonatische Hangendfolge -1.514,5: tonig-vulkanogene Liegendfolge, Phyllite	-1.420,0 (ET)	Grazer Paläozoikum -1.310,2: karbonatische Hangendfolge -1.420,0: tonig-vulkanogene Liegendfolge, Phyllite		
-1.553,0 (ET)	Kristallin der Raabalpen				

Tab. 59.
Bohrprofile von Bad Waltersdorf 1, Bad Waltersdorf 2/2a und Bad Waltersdorf 4 (nach EISNER & GOLDBRUNNER, 2003a).

aufgegeben werden. Allerdings konnte die Bohrung bis 830 m rückzementiert werden und wurde ab 850 m bis zu der Endteufe von 1.420 m unter GOK eine Ablenkungsbohrung (ZETINIGG, 1993). Im Zuge von mehrtägigen Pumpversuchen (maximal eine Woche) wurden bei Förderraten von 15 bis 40 l/s Absenkungen zwischen 18,95 und 40,7 m unter GOK erreicht. Allerdings stellten sich keine quasistationären Bedingungen ein. Die Auswertung der Aufspiegelung ergab einen Durchlässigkeitswert von $1,0 \times 10^{-5}$ m/s. Dies entspricht einem

besser durchlässigen Aquiferbereich als bei Bad Waltersdorf 1. Zudem ist zu erwähnen, dass eine Beeinflussung der ersten Tiefbohrung gegeben ist (SCHMID, 2002a).

Die Tiefbohrung Bad Waltersdorf 4 wurde bis zu einer Endteufe von 1.063,0 m unter GOK niedergebracht und verblieb im Gegensatz zu Bad Waltersdorf 1 und 2/2a in der neogenen Beckenfüllung (EISNER & GOLDBRUNNER, 2003a). Das Ziel war, Thermalwasser aus der sandig-

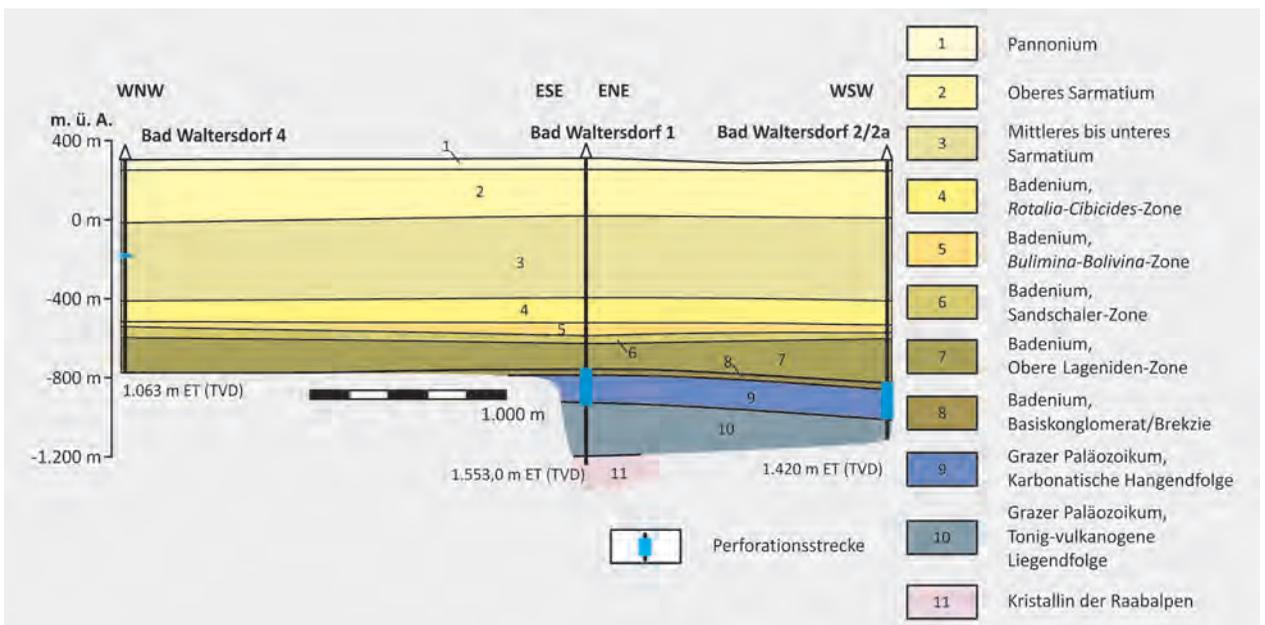


Abb. 61.
Profilschnitt von Bad Waltersdorf (verändert nach GOLDBRUNNER, 2012b). Siehe auch Kapitel 12 (Abb. 154).

kiesig entwickelten Oberen Lageniden-Zone (Badenium) zu erschließen. Zunächst wurde Thermalwasser der Oberen Lageniden-Zone von 971,1 m bis 1.047,8 m unter GOK (64,9 m Nettofilterstrecke) erschlossen und gefördert. Im Zuge eines Langzeitpumpversuchs vom 11.12.2002 bis zum 31.01.2003 betrug die Absenkung bei einer durchschnittlichen Förderrate von 1,48 l/s 86,9 m unter GOK. Dabei konnten keine stationären Verhältnisse erreicht werden. Der Ausgangswasserspiegel lag zuvor bei ca. 45,9 m unter GOK und die Auswertung der Aufspiegelung brachte eine Transmissivität von $3,5 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$. Mit einer angenommenen Aquifer-Nettomächtigkeit von 38,5 m wurde zudem ein Durchlässigkeitswert von $9,6 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ bestimmt. Zur Erlangung der angestrebten Dauerentnahmemenge von 3 l/s wurde in der Folge eine Thermalwassererschließung aus dem mittleren bis unteren Sarmatium (474,0 bis 498,0 m) angestrebt. Zuvor wurde jedoch der in der Lageniden-Zone ausgebaute Perforationshorizont liquidiert. Der Thermalwasser führende sandig-kiesige Horizont des Sarmatiums wurde in Folge von 474,6 m bis 498,0 m unter GOK (23,4 m Nettofilterstrecke) mit vier Filterstrecken erschlossen. Hierbei betrug der artesische Überlauf 0,65 l/s. Bei einem Langzeitpumpversuch vom 13.05.2003 bis zum 25.07.2003 wurde zunächst mit einer Förderrate von 1,5 l/s für 31,5 Tage und später mit 2,75 l/s für 41 Tage gefahren. Dabei wurden quasistationäre Bedingungen bei Absenkungen von 73,5 m (1,5 l/s) bzw. 195 m (2,75 l/s) erreicht. Zudem ergab die Auswertung der Aufspiegelung für den sondenerfernen Bereich eine Transmissivität von $3,09 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ bzw. einen Durchlässigkeitswert von $1,3 \times 10^{-5} \text{ m/s}$. Im Zuge eines Beweissicherungsprogramms wurden keine hydraulischen Zusammenhänge zwischen Waltersdorf 4 und Waltersdorf 1 bzw. 2/2a festgestellt.

Hydrochemie

Bei Bad Waltersdorf Thermal 1 handelt es sich um einen Natrium-Hydrogencarbonat-Chlorid-Typ mit einer Gesamtmineralisation von ca. 1.500 mg/l und einer Auslauftemperatur von 61 °C (Tab. 71). Der geringe Gehalt von gelöstem Kohlenstoffdioxid (116,20 mg/l), der hohe pH-Wert (7,35) und der geringe Borgehalt (0,18 mg/l) deuten auf einen geringen vulkanischen Einfluss hin (GOLDBRUNNER & ZETINIGG, 1993). Isotopenanalysen (Sauerstoff-18: -10,24 ‰; Deuterium: -72,5 ‰) belegen einen meteorischen Ursprung bzw. Verweilzeiten von weniger als 10.000 Jahren (ZETINIGG, 1993) (Tab. 74). Im Zuge eines Beweissicherungsverfahrens für Bad Blumau konnte bei Bad Waltersdorf 1 eine Abnahme an gelöstem freiem Kohlenstoffdioxid bei größerer Fördermenge festgestellt werden (GOLDBRUNNER & EISNER, 1997b). Zudem zeigt auch der Gehalt an Hydrogencarbonat bei zunehmenden Förderraten im Ausmaß von 200 mg/l einen leichten Anstieg. Die frei aufsteigenden Gase bestehen überwiegend aus Stickstoff (> 90 Vol.%) (Tab. 75).

Bei Bad Waltersdorf 2/2a handelt es sich ebenfalls um einen Natrium-Hydrogencarbonat-Chlorid-Typ mit einer Gesamtmineralisation von rund 1.500 mg/l. Die Aus-

lauftemperatur liegt bei rund 65 °C. Somit ähnelt das Thermalwasser jenem von Bad Waltersdorf Thermal 1. Allerdings wies die Tiefbohrung anfangs einen höheren Natrium- und Chloridgehalt als Bad Waltersdorf Thermal 1 auf. Dies wurde auf einen Zustrom von Wässern aus dem tieferen Fürstenfelder Becken zurückgeführt (ZETINIGG, 1993).

Bei Bad Waltersdorf Thermal 4 ist zwischen dem Thermalwasser der Oberen Lageniden-Zone (Badenium), dieser Abschnitt wurde liquidiert, und jenem des Sarmatiums zu differenzieren. Das Thermalwasser des Sarmatiums weist eine Temperatur von ca. 33,9 °C auf und es handelt sich um einen Natrium-Hydrogencarbonat-Typ. Zudem liegt eine akrotische Gesamtmineralisation von ca. 780 mg/l vor. Die frei aufsteigenden Gase mit einer Schüttung von rund 0,4 ml Gas pro 1 l Thermalwasser bestehen vorwiegend aus Stickstoff (92,3 Vol.%). Bei dem Thermalwasser der Oberen Lageniden-Zone handelt es sich ebenfalls um einen Natrium-Hydrogencarbonat-Typ. Die Auslauftemperatur beträgt 39,5 °C und die Gesamtmineralisation liegt mit 1.900 mg/l deutlich höher. Die Werte der stabilen Umweltisotope Deuterium (-71,10 ‰) und Sauerstoff-18 (-10,36 ‰) lassen auf eine meteorische Herkunft schließen. Zudem tritt keine Beimischung von jüngeren Wässern auf (Tritiumgehalt < 0,2 TU (Tab. 74).

5.2.9 Ottendorf (STMK)

Aktuelle Nutzung und Entwicklungsgeschichte

Die Tiefbohrung Ottendorf Thermal I (Abb. 62) wird derzeit nicht genutzt. Das Projekt zur Niederbringung von Ottendorf Thermal 1 für eine mögliche balneologische Nutzung wurde 1995 begonnen, die Bohrarbeiten erfolgten jedoch erst im Jahr 2002 (EISNER & GOLDBRUNNER, 2003b).

Hydrogeologie

Die Tiefbohrung Ottendorf Thermal 1 wurde im Westen des Fürstenfelder Beckens in nur 90 m Entfernung zu der ehemaligen Kohlenwasserstoffbohrung Walkersdorf 1 der RAG bis auf 970,0 m unter GOK abgeteuft und verblieb in der neogenen Beckenfüllung (EISNER & GOLDBRUNNER, 2003b). Die Bestimmung der lithostratigraphischen Grenzen erfolgte durch die Korrelation mit der Tiefbohrung Walkersdorf 1 und der Tiefbohrung Ilz Thermal 1 (ca. 4,5 km entfernt) (Tab. 60).

Teufen TVD (m u. GOK)	Ottendorf Thermal 1
-65,0	Pannonium -65,0: unteres Pannonium
-716,0	Sarmatium -314,0: oberes Sarmatium -716,0: mittleres bis unteres Sarmatium
-970,0 (ET)	Badenium -956,0: ? oberes bis mittleres Badenium -970,0: unteres Badenium

Tab. 60. Bohrprofil von Ottendorf Thermal 1 (nach EISNER & GOLDBRUNNER, 2003b).



Abb. 62.
Lage der Erschließung östlich von Ottendorf.

Zunächst wurde Thermalwasser der Sandschaler-Zone (siltige-sandige Abschnitte, unterbrochen von geringmächtigen Tonmergellagen) von 881,3 bis 905,3 m und von 923,3 bis 929,3 m erschlossen (EISNER & GOLDBRUNNER, 2003b). Im Zuge eines 16-stündigen Mammutpumpversuchs wurde im Oktober 2002 bei einer Förderrate von 0,65 l/s eine Absenkung von 142 m unter GOK festgestellt. Die Auslauftemperatur betrug hierbei 24 °C. Bei der nachfolgenden Aufspiegelung zeigten sich artesische Verhältnisse und der Schließdruck lag nach fünf Tagen Aufspiegelung bei 1,5 bar. Die hydraulische Auswertung der Aufspiegelung ergab eine durchschnittliche Transmissivität von $3,4 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ bzw. einen kf-Wert von $1,2 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ (bei 27,9 m Nettomächtigkeit des Aquifers). Ein nachfolgend durchgeführter Pumpversuch ergab mögliche Förderraten von weniger als 0,5 l/s. Aufgrund des geringen Zuflusses wurde die Strecke liquidiert und man beschloss die sandig-kiesigen Horizonte des mittleren bis unteren Sarmatiums von 628,0 bis 662,0 m unter GOK zu erschließen. Die Filterstrecken wurden von 627,7 bis 639,4 m sowie von 656,9 bis 663,0 m gesetzt. Bei einem mehrstufigen Langzeitpumpversuch vom 03.06.2003 bis zum 28.08.2003 stellten sich quasistationäre Verhältnisse bei einer Förderrate von 1,3 l/s bei 230 m unter GOK und bei einer Förderrate von 1,8 l/s bei 470 m unter GOK ein. Der Schließdruck des artesischen Vorkommens lag zuvor bei 0,95 bar. Allerdings stellte sich schon bei einer Förderrate von 1,5 l/s eine überraschend hohe Auslauftemperatur von 43 °C ein. Es konnte sogar eine maximale Auslauftemperatur von 46,2 °C gemessen werden. Diese Verhältnisse entsprechen einem Temperaturgradienten von rund 5,3 °C/100 m. Die Auswertung der Aufspiegelungsphasen brachte eine Transmissivität von $1,51 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ für den sondenfernen Bereich bzw. einen kf-Wert von $1,16 \times 10^{-6} \text{ m/s}$. Im Rahmen des Langzeitpumpversuchs fand außerdem kein Potenzialabbau statt, somit handelt es sich bei dem Thermalwasser um ein regenerier-

bares Vorkommen. Abschließend ist zu erwähnen, dass kein hydraulischer Zusammenhang mit der Tiefbohrung Ilz Thermal 1 nachgewiesen wurde.

Hydrochemie

Bei dem ca. 43 °C warmen Thermalwasser von Ottendorf Thermal 1 handelt es sich um einen Natrium-Hydrogencarbonat-Typ mit einer Gesamtmineralisation von ca. 2.300 mg/l (Tab. 72). Die Werte der stabilen Isotope Sauerstoff-18 (-10,74 ‰) und Deuterium (-73,60 ‰) belegen eine meteorische Herkunft (Tab. 74). Außerdem deutet der Tritiumgehalt von $< 0,4 \text{ TU}$ auf ein Fehlen von oberflächennahen Wasserkomponenten hin. Die Gasschüttung beträgt ca. 10 ml pro Liter Thermalwasser und setzt sich hauptsächlich aus Stickstoff (64,3 Vol.%) und Methan (34 Vol.%) zusammen (Tab. 75).

5.2.10 Bad Gleichenberg (STMK)

Aktuelle Nutzung und Entwicklungsgeschichte

Von den zahlreichen Erschließungen werden heute ausschließlich die Tiefbohrungen Thermal 1 und Mariannenquelle (Abb. 63) genutzt. Die Quellfassungen Emmaquelle, Karlsbrunnen, Konstantinquelle, Sophienquelle, Römerquelle, Werléquelle und Maria-Theresienquelle (Abb. 63) wurden aufgrund der Beeinflussung durch oberflächennahe Wässer (Rückgang der Mineralisation sowie bakterielle Kontamination) verschlossen. Außerdem existiert die Bohrung Bad Gleichenberg Thermalquelle nicht mehr, da sie sich in einem für die Verbauung (Thermenerweiterung) vorgesehenen Bereich befand.

Die wasserrechtlich bewilligte Entnahmemenge für Thermal 1 (Maxquelle) ist auf 5 l/s (259,2 m³/Tag) festgelegt. Der Konsens für die Mariannenquelle beträgt 3 l/s (144 m³/Tag).

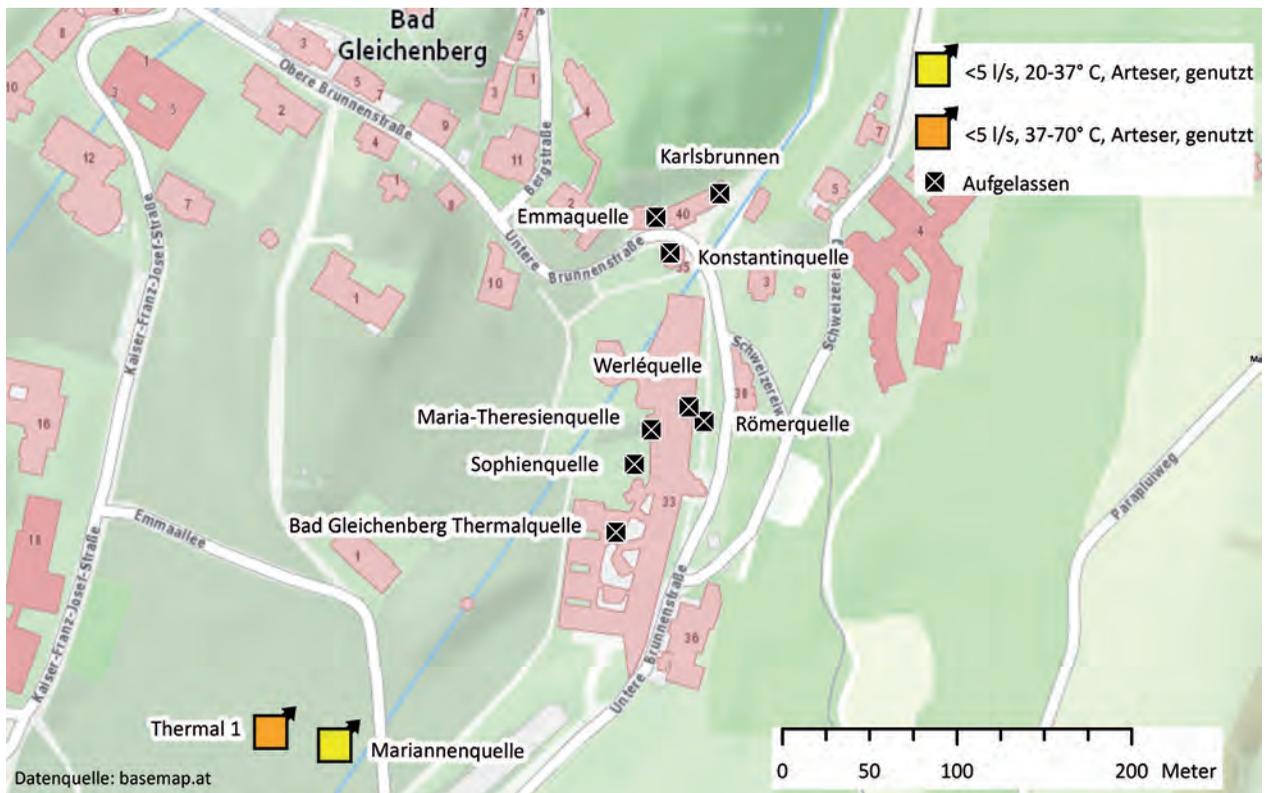


Abb. 63.
Lage der Erschließungen in Bad Gleichenberg.

Das geförderte Thermalwasser wird für den Kurbetrieb genutzt. Über einen Verteilschacht werden die Wässer gemischt und zu den Aufbereitungsanlagen im Kurgebäude geleitet.

Die Heilquellen des seit 1834 bestehenden Kurortes und somit ältesten Kurortes der Steiermark wurden teilweise schon von den Römern genutzt (DIEM, 1928) (Tab. 61). Die Sophienquelle stammt hingegen aus der Mitte des 20. Jahrhunderts. Bei diesen Vorkommen handelte es sich ursprünglich um natürliche Quellaustritte, die im Laufe der Zeit neu gefasst und mit Brunnen bzw. Bohrungen vertieft wurden. FUKSAS (2000) un-

terteilte die Entwicklung der Heilquellennutzung in vier Phasen. Von 1837 bis 1880 wurden die Heilquellen in bescheidenem Umfang genutzt. Von 1880 bis 1925 folgte eine Vergrößerung des Kurortes, z.B. wurden Inhalationssäle und Hotels errichtet. Diese Bautätigkeit setzte sich auch nach dem Ersten Weltkrieg fort. Im Zweiten Weltkrieg wurde der Kurort stark in Mitleidenschaft gezogen, doch bereits 1949 wurde mit einer Erneuerung der Kuranstalt begonnen. Zum Zweck einer ersten Thermalwasser-Erschließung wurde 1972/1973 die Bohrung Bad Gleichenberg Thermalquelle niedergebracht. Durch die Bad Gleichenberger Thermalquelle

Seichte Brunnen	Erschließung	Bemerkung
Emmaquelle	1835	
Karlsbrunnen	1835	Von 1938 bis 1988 in Vergessenheit geraten.
Konstantinquelle	1605	Bis 1864 bestand ein 7 m tiefer Schachtbrunnen. Vertiefung im Jahr 1989 durch eine Bohrung.
Maria-Theresienquelle	1855	Neuerliche Fassung um 1876. Sanierung des Schachtes von 1968 bis 1970. Abteufung von zwei Bohrungen in unmittelbarer Nähe zum Schacht in den Jahren 1965/1966.
Sophienquelle	1949	Ursprünglich als Erkundungsbohrung niedergebracht. Im Jahr 1950 durch eine Neubohrung mit einem größeren Bohrdurchmesser ersetzt oder überbohrt. Endgültiger Ausbau im Jahr 1952.
Römerquelle	1837	Im Jahr 1845 ausgebaut.
Werléquelle	1835	

Tab. 61.
Historische Übersicht über die mittlerweile verschlossenen Heilquellen von Bad Gleichenberg (KRIEGL et al., 2000b).

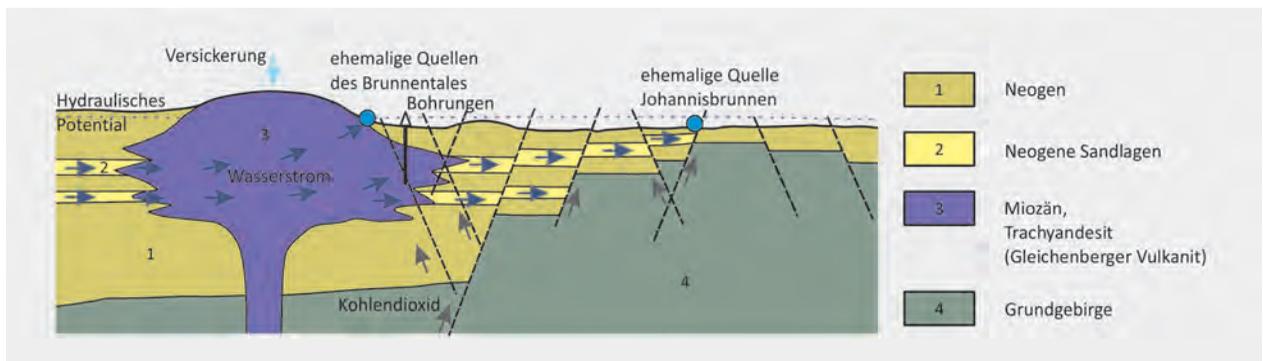


Abb. 64. Schematischer Profilschnitt von Bad Gleichenberg (verändert nach KRIEGL et al., 2000c). Siehe auch Kapitel 12 (Abb. 155).

konnte jedoch der Bedarf an Thermalwasser nicht gedeckt werden, weshalb in den Wintermonaten von 1979 bis 1983 auch die Mariannenquelle (Bohrung Sternwiese II) abgeteuft wurde. Bei hydrogeologischen und technischen Untersuchungen im Zeitraum von 1999 bis 2000 wurde festgestellt, dass die meisten Brunnen von oberflächennahen Wässern beeinflusst waren bzw. eine Kontamination nicht ausgeschlossen werden konnte (KRIEGL et al., 2000b). Außerdem entsprachen manche Fassungen nicht mehr dem Stand der Technik. Deshalb wurde eine umfassende Verschließung der seichten Brunnen durchgeführt. In der Folge wurde 2001 Thermal 1 (Maxquelle) für die Thermalwasserversorgung abgeteuft. Seither werden die Thermalwässer von Thermal 1 und der Mariannenquelle für die Versorgung der Heilwassereinrichtungen genutzt. Abschließend sei erwähnt, dass fast alle Vorkommen im Laufe der Zeit als Heilvorkommen anerkannt wurden (z.B. Mariannenquelle: 1984; Thermal 1: 2003).

Hydrogeologie

Die hydrogeologischen Verhältnisse werden von KRIEGL et al. (2000b, c) detailliert beschrieben. Demnach befindet sich Bad Gleichenberg am Südostrand des Gnaser Beckens (Teilbecken des Oststeirischen Beckens), wobei der „prätertiäre“ Untergrund lokal bei einer Teufe von 1.600 bis 1.800 m zu erwarten ist. Im Brunnen-tal von Bad Gleichenberg kommt es zu einem Aufstieg und Austreten von temperierten Tiefengrundwässern. Bei dieser Entlastungszone agieren geklüftete miozäne, trachyandesitische Vulkanite (Gleichenberger Vulkanmassiv, Badenium/Karpatium) als Thermalwasseraquifer (Abb. 64). Dieser beißt im Bereich des Brunntales an jenem Punkt aus, wo das hydraulische Potenzial des Aquifers höher als die topografische Höhe ist (artesische Bedingungen). Die Alimentation erfolgt lateral über fazielle Verzahnungen mit durchlässigen klastischen Sedimenten des Neogens. Auch eine Alimentation über das Grundgebirge ist nicht auszuschließen. Eine Grundwasserneubildung über die an der Oberfläche anstehenden Vulkanite (Gleichenberger Kogeln) dürfte ebenfalls stattfinden, ist jedoch aufgrund der geringen Verbreitungsfläche und der Nähe zu der Entlastungszone von geringer Bedeutung. Aufgrund einer primären

Porosität (Matrixporosität) von bis zu 28 % und einer oftmals gut ausgeprägten sekundären Porosität (Kluftporosität), bedingt durch sprödektonische Störungszonen, weist der Vulkanit gute Aquifereigenschaften auf. Bei den Thermalwässern handelt es sich zudem um Sauerlinge. Entlang tiefliegender Störungssysteme steigen aus dem Erdmantel oder ehemaligen Magmenkammern Kohlenstoffdioxidgase auf und kommen mit dem Aquifer in Kontakt. So ist insbesondere eine südöstlich von Bad Gleichenberg auftretende Störung mit Abschiebungsbeträgen von bis zu 600 m zu erwähnen, die die Ausläufer der Südburgenländischen Schwelle vom Oststeirischen Becken trennt. Das aus der Tiefe aufsteigende Thermalwasser wird im Brunnen-tal von Bad Gleichenberg durch schlecht durchlässige, als Deckschichten agierende neogene Tone, Schluffe und Mergel gestaut. Im Bereich des Talrandes dünne diese Schichten jedoch aus. Zudem sind in den Deckschichten auch geringmächtige Sandlagen vorhanden. Diese werden von dem beschriebenen Aquifer alimentiert und sind gespannt. Außerdem treten im Hangenden der neogenen Deckschichten zum Teil feinklastische quartäre Ablagerungen mit Einschaltungen von Wasser führenden Sanden und Kiesen auf.

Von den mittlerweile verschlossenen seichten Brunnen mit Teufen bis maximal 56 m wiesen nur wenige Wassertemperaturen unter 15 °C auf (Tab. 62). Die meisten Brunnen durchörterten jedoch die neogene Bedeckung und erreichten somit das Thermalwasser. Auch sei nochmals angemerkt, dass es sich ursprünglich um natürliche Quellaustritte handelte, die erst im Laufe der Zeit durch Schächte oder Bohrungen gefasst wurden. Da ab 1974 die Thermalwasserentnahme bis auf das Zehnfache gesteigert wurde, kam es zu einer Druckentlastung im Aquifersystem bzw. zu einem zunehmenden Einfluss durch oberflächennahe Wässer (KRIEGL et al., 2000c). Insbesondere bei den seichten Brunnen im Brunnen-tal führte dies zu einer Abnahme der Gesamt-mineralisation und der Temperatur.

Die ehemalige Bad Gleichenberger Thermalquelle wurde bis auf eine Endteufe von 223,0 m abgeteuft. Sie durchörterte zunächst 44,6 m mächtige neogene Tone sowie eine Kieslage, bevor vulkanische Gesteine folgten. Die klüftigen Abschnitte von 145,8 bis 149,8 m

Verschlossene seichte Brunnen	Endteufe (m)	Wassertemperatur (°C) (Zeitpunkt)	Beschreibung
Emmabrunnen	2,6	11,9 (01.07.1991)	Wahrscheinlich verrohrte Bohrung, die im vulkanischen Gestein abgeteuft wurde.
Karlsbrunnen	3,8	14,0 (28.01.2000)	
Konstantinquelle	34,0	17,8 (14.04.1997)	Bohrbrunnen, bei dem ab 6,6 m vulkanisches Gestein angetroffen wurde.
Maria-Theresienquelle	Schacht 11,9; Bohrung A und B 56,0 bzw. 14,3	17,8 (19.06.1997)	Es erfolgten zwei Bohrungen in unmittelbarer Nähe zu einem Schacht. Das vulkanische Gestein wurde bereits bei der Schachtsohle angetroffen.
Sophienquelle	24,4	13,1 (28.01.2000)	Neogene Sedimente mit Ausnahme eines Kalkblocks (22,1 bis 22,6 m). Darunter Gesteine mit vulkanischem Ursprung. Filterstrecken von 20,3 bis 23,8 m.
Römerquelle	10,0	16,7 (28.01.2000)	Gemauerter Schachtbrunnen, dessen Brunnensohle sich bereits in vulkanischem Gestein befand.
Werléquelle	10,8	20,0 (09.12.1999)	Unklar, ob Gestein mit vulkanischem Ursprung erreicht wurde.

Tab. 62.

Die seichten, mittlerweile verschlossenen Brunnen von Bad Gleichenberg (KRIEGL et al., 2000b).

(24 °C), 178,8 bis 185,0 m (25,2 °C) und 203,0 bis 206,6 m (25,5 °C) erwiesen sich als Thermalwasser führend (ETSCHHEL & MEYER, 1974, 1975). Infolge wurden Filterstrecken von 142,0 bis 212,0 m gesetzt. Bei dem erschlossenen Wasser handelte sich laut wasserrechtlich relevanten Unterlagen um artesisch gespanntes Thermalwasser mit einem ursprünglichen Ruhespiegel bei 4,2 m über GOK. Im Jahr 1975 betrug der freie Überlauf 0,83 l/s. Außerdem ist zu erwähnen, dass die Bohrung 1989 durch einen an der Konstantinquelle durchgeführten Pumpversuch hydraulisch beeinflusst worden ist.

Die Mariannenquelle (Bohrung Sternwiese II) wurde bis auf eine Endteufe von 1.043,0 m abgeteuft. Aufgrund von technischen Schwierigkeiten (abgebrochenes bzw. verkipptes Bohrohr) erfolgte der Ausbau jedoch nur bis in eine Tiefe von 432,0 m (ZETINIGG, 1993). Bis 113,8 m unter GOK wurden neogene Tone, Sande und Kiese angetroffen. Im Liegenden folgten die Vulkanite. Von 234,0 bis 420,0 m befinden sich sechs Filterrohrstrecken, welche die Thermalwasser führenden Abschnitte erfassen. Aus diesen erfolgt heute die Förderung. Zudem wurde ein kommunizierendes Drucksystem mit einigen der damals im Betrieb befindlichen seichten Brunnen festgestellt. So wurde z.B. ein Auslaufversuch mit einem Volumenstrom von zunächst 3 l/s durchgeführt, dieser wurde aber auf 0,86 l/s gedrosselt, um negative hydraulische Beeinflussungen bei den anderen Brunnen zu verhindern.

Bad Gleichenberg Thermal 1 durchörterte zunächst quartäre Sedimente, darunter folgten von 13,0 bis 117,0 m unter GOK Sedimente aus dem oberes Sarmatium (Sande, Tone und Kiese) (KRIEGL & GOLDBRUNNER, 2002). Bis zur Endteufe von 1.503,0 m unter GOK verblieb die Tiefbohrung in der trachyandesitischen Entwicklung mit unterschiedlichen Alterierungsgraden. Diese bestehen hauptsächlich aus Laven, untergeordnet treten jedoch auch Tuffe und Eruptivbrekzien auf. Durch geophysikalische Bohrlochmessungen konnten Matrixporositäten von stellenweise über 30 % nachgewiesen werden. Zudem wurde eine stellenweise stark

sprödektzonische Beanspruchung festgestellt, die mit Kluffporositäten zu assoziieren ist. So wurde der Abschnitt von 544,0 m bis zur Endteufe als matrix- und kluffporös und somit potenziell Wasser führend eingestuft und es wurden Wasser führende Schichten mit einer Mächtigkeit von 180 m (60 m Nettomächtigkeit) erwartet. Die Filterstrecken wurden deshalb im Bereich von 620,0 bis 1.490,0 m gesetzt. Von 2001 bis 2002 fanden zahlreiche Ergiebigkeitstests statt. So konnte durch die Aufspiegelungen der Pumpversuche eine Regenerierbarkeit des Aquifersystems nachgewiesen werden. Außerdem dürfte das Aquifersystem von jenem der Mariannenquelle entkoppelt sein, da im Zuge des Monitorings der Produktionsdaten bei der Mariannenquelle keine Beeinflussung nachgewiesen werden konnte. Der Schließdruck beträgt ca. 1 bar. Bei der höchsten Förderstufe von 3,2 l/s wurde außerdem eine Absenkung von 434,0 m unter GOK und eine Temperatur von 48,9 °C festgestellt. Bei der Endteufe betrug die Temperatur sogar 85 °C (Abb. 155). Für die durchschnittliche Transmissivität und hydraulische Leitfähigkeit des trachyandesitischen Gebirges wurden bei Thermal 1 Werte von $8 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ bzw. $3 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ bestimmt. Bei der Mariannenquelle hingegen liegt die von KRIEGL et al. (2000c) bestimmte Transmissivität mit $5 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ etwas höher. Durch Temperaturmessungen bei der Mariannenquelle und Thermal 1 konnte der Charakter eines entlastenden Tiefengrundwassersystems belegt werden. Die Tiefenstufe beträgt ca. 20 m pro 1 °C.

Hydrochemie

Bei den verschlossenen subthermalen seichten Brunnen von Bad Gleichenberg handelte es sich allesamt um Natrium-Hydrogencarbonat-Chlorid-Säuerlinge (Tab. 72). Angesichts der niedrigen Sauerstoff-18- und Deuterium-Isotopendaten ist bei dem unbeeinflussten Thermalwasser von Verweilzeiten von über 10.000 Jahren auszugehen (Tab. 74). Insbesondere die Emmaquelle, der Karlsbrunnen, die Römerquelle und die Werléquelle wurden jedoch von oberflächennahen Wässern

beeinflusst. Das belegen Tritiumwerte zwischen 8 und 12 TU. Die tieferen Brunnen, die Maria-Theresienquelle und die Sophienquelle, wurden hingegen in geringerem Ausmaß beeinflusst (1,1 bis 3 TU). Die deutlich tiefer niedergebrachte Bad Gleichenberger Thermalquelle hatte eine Auslauftemperatur von rund 20,8 °C und wies eine Gesamtmineralisation von ca. 5.400 mg/l auf. Bei der heute genutzten Mariannenquelle beträgt die Gesamtmineralisation ca. 7.000 mg/l und die Wassertemperatur liegt bei etwa 27 °C. Bad Gleichenberg Thermal 1 weist eine Auslauftemperatur von 46 °C und eine Gesamtmineralisation von ca. 10.000 mg/l auf (Tab. 72). Trotz der hydraulischen Entkopplung sind die Thermalwässer der Mariannenquelle und Thermal 1 sehr ähnlich (KRIEGL & GOLDBRUNNER, 2002). Die Gesamtmineralisierung von Thermal 1 ist jedoch um ca. 30 % höher, außerdem ist gegenüber der Mariannenquelle der Anteil an Natrium gegenüber Calcium und Magnesium angereichert. Deuterium und Sauerstoff-18 plotten über der Niederschlagsgeraden, dieser Effekt könnte nach KRIEGL & GOLDBRUNNER (2002) auf eine Imprägnierung des Thermalwassers durch Kohlenstoffdioxid zurückzuführen sein. Das Gas/Wasser-Verhältnis betrug bei der höchsten Förderstufe (3,2 l/s) der Pumpversuche 3:1, wobei das Gas zu 95,8 % aus Kohlenstoffdioxid bestand (Tab. 75).

5.2.11 Ilz (STMK)

Aktuelle Nutzung und Entwicklungsgeschichte

Die wasserrechtlich bewilligte Entnahmemenge wurde bei Ilz Thermal 1 (Abb. 65) auf 5,2 l/s (130 m³/Tag) festgelegt. Gegenwärtig wird das Thermalwasser jedoch nicht genutzt, bzw. wurde die Bohrung verschlossen.

Die Tiefbohrung Ilz Thermal 1 wurde 1998 ursprünglich zum Zweck einer geothermischen und balneologischen Nutzung des Thermalwassers im Grazer Paläozoikum abgeteuft. Obwohl die Problematik der Förderung von Thermalwasser aus paläozoischen Karbonaten des

Teufen (m u. GOK)	Ilz Thermal 1
-2,5	Quartär
-75,0	Pannonium
-573,0	Sarmatium -316,8: oberes Sarmatium -573,0: mittleres bis unteres Sarmatium
-1.240,0	Badenium -633,0: <i>Bulimina-Bolivina</i> -Zone und <i>Rotalia-Cibicides</i> -Zone -807,0: Sandschaler-Zone -1.240,0: Lageniden-Zone
-1.465,0	Karpatium
-1.906,0 (ET)	Grazer Paläozoikum (Karbonate)

Tab. 63.
Bohrprofil von Ilz Thermal 1 (nach GOLDBRUNNER & EISNER, 1999).

Steirischen Beckens (Ausfällungen und hoher Gehalt an Radium-226) durch die Erschließung von Thermalwasser aus dem Neogen umgangen werden konnte, wurde bis heute kein Thermenprojekt realisiert. Das Vorkommen wurde jedoch 2001 als Heilvorkommen anerkannt.

Hydrogeologie

Die Tiefbohrung Ilz Thermal 1 wurde im westlichen Fürstenfelder Becken bis auf 1.906,0 m unter GOK abgeteuft (GOLDBRUNNER & EISNER, 1999). Im Liegenden der neogenen Beckenfüllung wurde das Grazer Paläozoikum bei 1.465 m unter GOK angetroffen (Tab. 63, Abb. 66).

Im Zielhorizont, dem karbonatischen Grazer Paläozoikum, konnte Thermalwasser in geklüfteten Dolomiten von 1.474 m bis 1.703 m (Gesamtmächtigkeit: 116 m) erschlossen werden. Zunächst lief die Sonde mit ca. 7 l/s artesisch über, doch nach dem ersten Mammutpump- und Auslaufversuch vom 23.07.1998 bis zum 29.07.1998 blieb das Überlaufen bereits aus. Bei einem weiteren Langzeitpumpversuch vom 13.11.1998 bis zum 11.12.1998 wurde bei einer maximalen Förderrate



Abb. 65.
Lage der Erschließung bei Ilz.

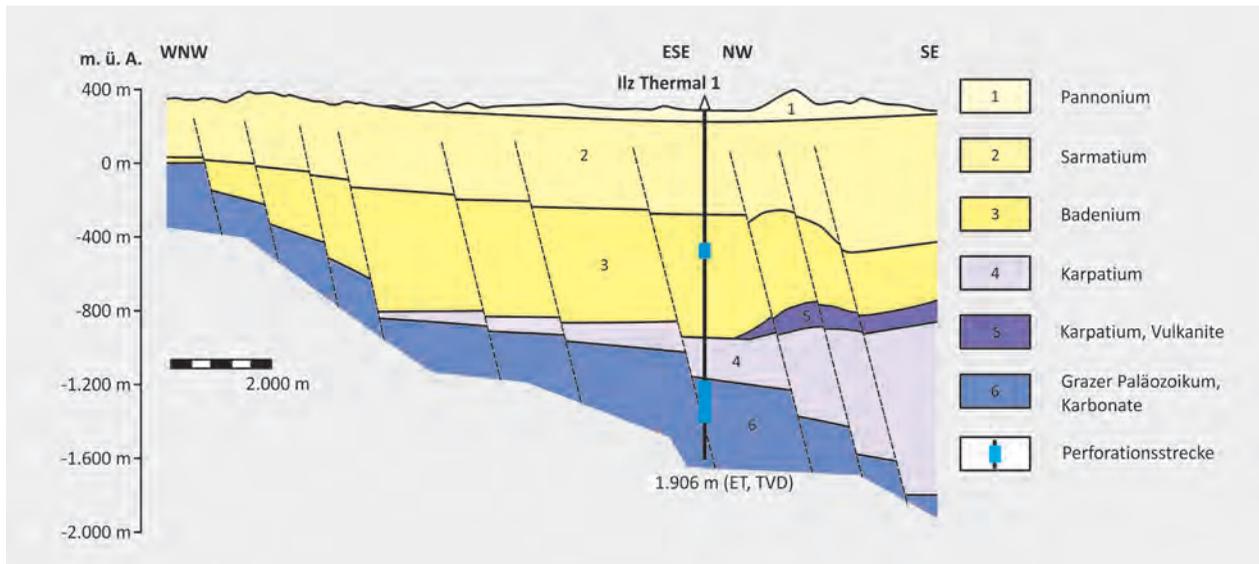


Abb. 66. Profilschnitt von Ilz Thermal 1 (nach GOLDBRUNNER, 2012b). Siehe auch Kapitel 12 (Abb. 155).

eine Absenkung von 154,3 m unter GOK erzielt. Dieser Pumpversuch wurde zunächst mit einer Förderrate von 12,5 l/s begonnen. Aufgrund von Karbonatausfällungen, bedingt durch die Druckentlastung (Entgasungseffekt) und das Einblasen von Luft (Mammutpumpversuch), ging die Förderrate gegen Ende des Versuches auf 5 l/s zurück. Die starken Ausfällungen sind somit auf den hohen Kohlenstoffdioxidgehalt des Thermalwassers zurückzuführen. Die Auswertung der Daten des Langzeitpumpversuchs sowie der zwei vorangegangenen Mammutpumpversuche erbrachte eine regionale Transmissivität von $3,5 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ und eine regionale Durchlässigkeit von $3,0 \times 10^{-6} \text{ m/s}$. Abgesehen von den Ausfällungen lag der Gehalt an Radium-226 um das ca. Zwanzigfache über dem Grenzwert für Trinkwasser. Aufgrund dieser Problematik, die zu einer technisch aufwendigen und teuren Förderung geführt hätte, wurde eine Thermalwasserentnahme aus der neogenen Beckenfüllung angestrebt.

In der sandig-kiesigen Entwicklung der Sandschaler-Zone (Badenium) wurde man fündig. So installierte man fünf Filterstrecken zwischen 720,5 m und 808,0 m unter GOK mit einer Nettomächtigkeit von 63 m (EISNER & GOLDBRUNNER, 2000). Bei einem Langzeitpumpversuch vom 07.09.2000 bis zum 25.10.2000 wurde bei einer maximalen Förderrate von 1,2 l/s eine maximale Absenkung von 494,2 m unter GOK erzielt. Der Ausgangswasserspiegel lag vor Beginn des Versuchs bei 25,1 m unter GOK. Die Auswertung der Daten brachte für den sondenfernen Bereich eine durchschnittliche Transmissivität von $3,31 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

Hydrochemie

Bei dem ca. 45 °C heißen Thermalwasser aus der Sandschaler-Zone (Badenium) handelt es sich um einen Natrium-Hydrogencarbonat-Typ mit einer Gesamtmineralisation von ca. 5.000 mg/l (Tab. 72) (EISNER & GOLD-

BRUNNER, 2000). Die Gehalte von Deuterium (-69,5 ‰) und Sauerstoff-18 (-10,19 ‰) lassen auf einen meteorischen Ursprung und somit auf eine Regenerierbarkeit des Vorkommens schließen (Tab. 74). Zudem ist ein Einfluss durch oberflächennahe Wässer aufgrund des Tritiumgehaltes von 1,2 TU gegeben. Das Gas/Wasser-Verhältnis beträgt 1:2, wobei die aufsteigenden Gase zu 43,9 % aus Stickstoff, zu 36,3 % aus Methan und zu 19,4 % aus Kohlenstoffdioxid bestehen (Tab. 75).

Bei dem bis zu 74 °C heißen Thermalwasser aus den Dolomiten des Grazer Paläozoikums, die Förderrate betrug bis zu 14 l/s, handelte es sich um einen Natrium-Hydrogencarbonat-Chlorid-Typ mit einer Gesamtmineralisation von ca. 17.000 mg/l (GOLDBRUNNER & EISNER, 1999). Der Radium-226-Gehalt betrug 2,6 Bq/l. Erwähnenswert ist auch, dass bei der ersten von drei hydrochemischen Analysen (29.07.1998) Kohlenwasserstoffe nachgewiesen werden konnten (1,95 mg/l).

5.2.12 Mettersdorf am Saßbach (STMK)

Aktuelle Nutzung und Entwicklungsgeschichte

Die wasserrechtlich bewilligte Entnahmemenge ist bei der Ursulaquelle auf 0,1 l/s festgelegt. Das Vorkommen wird als frei zugängliche Heilquelle (Trinkkurbetrieb) genutzt.

Im Jahr 1991 wurde von der Marktgemeinde Mettersdorf die Versuchsbohrung zur Erschließung von artesischem Wasser niedergebracht (ZETINIGG, 1993). Ursprünglich waren eine Versorgung des Freibades und eine Verwendung als Trink- und Nutzwasser geplant. Aufgrund der Inhaltsstoffe zeigte sich das Vorkommen hierfür jedoch als ungeeignet. Zwei Jahre später erfolgte die Anerkennung als Heilquelle. In der Folge wurde ein öffentlich zugänglicher Trinkpavillon für Trinkkuren errichtet.

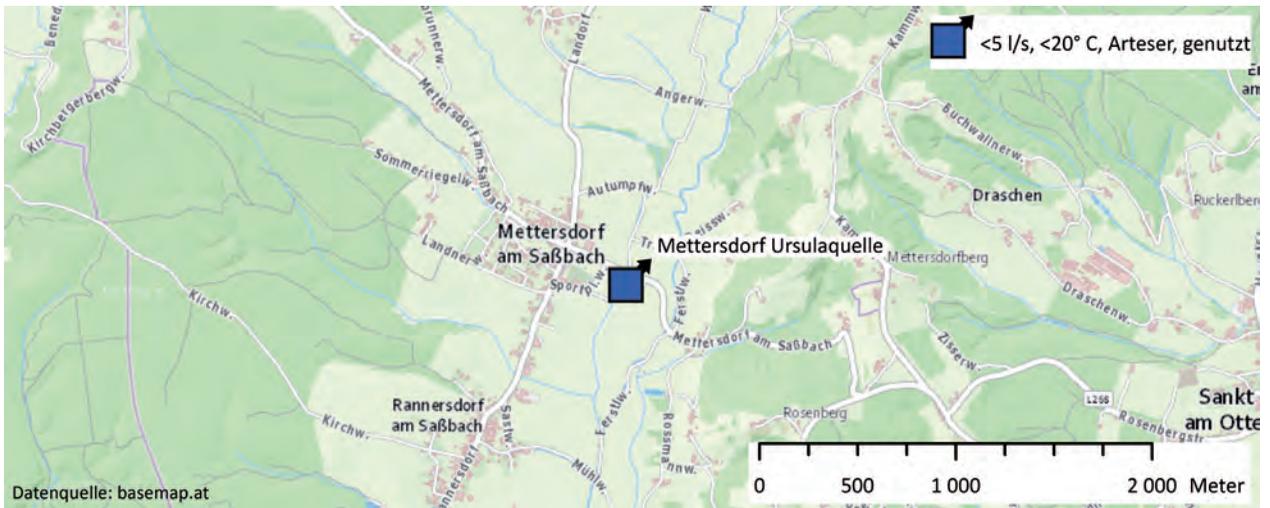


Abb. 67.
Lage der Erschließung bei Mettersdorf am Saßbach.

Hydrogeologie

Die Versuchsbohrung Ursulaquelle (Abb. 67) befindet sich im Süden des Oststeirischen Beckens im Talverlauf des Saßbaches. Sie wurde bis auf eine Endteufe von 207,0 m unter GOK abgeteuft (ZETINIGG, 1993). Das Saßbachtal schneidet bei Mettersdorf in die Sedimente des Sarmatiums und des Badeniums ein. Die Schichten des Badeniums fallen mit einer Neigung von 1 bis 2° nach NE und Norden in Richtung des Zentrums des Gnaser Beckens ein (NIEDERBACHER, 1991). Bei der Bohrung wurden die Sedimente des oberen Badeniums (*Bulimina-Rotalia*-Zone bis oberste Sandschaler-Zone) durchörtert. Die *Bulimina-Rotalia*-Zone weist Wechsellagerungen von sandigen Tonsteinen, Tonmergeln und Sandsteinen auf und auch die Sandschaler-Zone ist ähnlich entwickelt. Hinsichtlich des Einfallens der Schichten müsste sich das Regenerationsgebiet im Westen bis Nordwesten befinden. Im Liegenden der Sedimente des Badeniums befinden sich karpatische Vulkanite. Die Filterstrecken befinden sich in locker gelagertem, grobsandig schluffigem Fein- bis Mittelsand von 126,0 bis 150,0 m und von 156,0 bis 160,0 m unter GOK (ZETINIGG, 1993). Bei einem Überlaufversuch von 27.03.1992 bis zum 07.05.1992 wurde anfangs eine artesische Schüttung von 40 l/min gemessen, die sich im Laufe des Versuchs auf 18 l/min verringerte. Im Zuge eines Überlaufversuches wurde eine Transmissivität von $5,6 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ und ein kf-Wert von $3,7 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ bestimmt. Zudem erscheint eine mögliche Dauerentnahme von 1,45 l/s bei einer Absenkung von 21,2 m unter GOK realistisch.

Hydrochemie

Bei der ca. 16,5 °C warmen subthermalen Ursulaquelle handelt es sich um einen Natrium-Calcium-Hydrogencarbonat-Chlorid-Typ mit einer Gesamtmineralisation von ca. 2.000 mg/l (Tab. 72). Auffallend ist der hohe Gehalt an freier Kohlensäure, dieser beträgt 1.240 mg/l. Die frei austretenden Quellgase bestehen zudem hauptsächlich (99 Vol.%) aus Kohlenstoffdioxid (Tab. 75).

5.2.13 Gleisdorf (STMK)

Aktuelle Nutzung und Entwicklungsgeschichte

Die Bohrung Gleisdorf Thermal 1 (Abb. 68) wurde im Jahr 1990 zur Nutzung von Thermalwasser für Heizzwecke abgeteuft (ZETINIGG, 1993). Aufgrund der niedrigen Temperatur und der geringen Fördermenge war das Projekt nicht wirtschaftlich. Heute befindet sich in unmittelbarer Nähe der Mühlhausbrunnen. Dieser wurde 1993 niedergebracht und versorgt das Netz der Feistritzwerke mit ca. 2 l/s.

Hydrogeologie

Gleisdorf Thermal 1 wurde am nordöstlichen Rand des Gnaser Beckens bzw. südlich der Stadt Gleisdorf im Raabtal abgeteuft. Das Aufschließungsziel waren Wasser führende Leithakalke (Badenium), die man wenige Jahre zuvor in der ca. 1.200 m NW gelegenen Gas-Aufschlussbohrung Ludersdorf 2 strukturböher angetroffen hatte (ZETINIGG, 1993). Die geologische Betreuung und Lozierung der Bohrung wurde von MARSCH (1991) durchgeführt. Ein geologisches Profil zu der bis auf 700 m unter GOK abgeteuften Bohrung befindet sich nachfolgend in Tabelle 64.

Bei einem ersten hydraulischen Test (Stütz-Anker-Test bzw. Open Hole Test) im Intervall 634,1 bis zur Endteufe konnten in 83 min nur 170 l Thermalwasser mit einer Temperatur von 44 °C gefördert werden. Auch bei ei-

Teufen (m u. GOK)	Gleisdorf Thermal 1
-10,0	Quartär
-103,0	Pannonium
-498,0	Sarmatium
-700,0 (ET)	Badenium -636 bis -657: Leithakalke -657 bis -700: Brekzien

Tab. 64.
Bohrprofil von Gleisdorf Thermal 1 (nach ZETINIGG, 1993).



Abb. 68.
Lage der Erschließung bei Gleisdorf.

nem weiteren Versuch, der Öffnung des Intervalls 513 bis 527 m (sandig-kiesige Schichten des Badeniums) mit 200 Perforationsschüssen, wurden keine zufriedenstellenden Ergebnisse erzielt. Dieser Bereich wurde anschließend als „begrenzttes Reservoir“ mit kf-Werten von ca. 10^{-8} charakterisiert. Somit war eine wirtschaftliche Thermalwasserförderung aus dem Badenium nicht möglich. In Folge strebte man die Erschließung von Thermalwasser führenden Horizonten im Sarmatium an. Zunächst wurden sandig-kiesige Abschnitte zwischen 335,5 und 340,5 m sowie zwischen 342,5 und 344,5 m mit insgesamt 315 Perforationsschüssen geöffnet. Bei anschließenden Pumpversuchen wurde eine Förderrate von ca. 2 l/s mit einer Wassertemperatur von 29 °C erreicht. Auch dieses Ergebnis war unbefriedigend. Deshalb entschloss man sich, die Perforation um 15 Laufmeter im Abschnitt 204,0 bis 262,0 m zu erweitern. Bei dem nachfolgenden Pumpversuch vom 08.08.1991 bis 06.09.1991 wurde eine maximale Förderleistung von 5 l/s mit einer Temperatur von 23 °C ohne Stationärzustand erreicht.

GOLDBRUNNER (1993c) führt eine Temperatur von 46 °C bei der Endteufe von 700 m an. Dies entspricht einer geothermischen Tiefenstufe von 19,4 m/1 °C. Weitere Messungen ergaben z.B. bei 201,0 m eine Temperatur von 26,4 °C. Somit ist von einer Verbesserung der geothermischen Tiefenstufe (ca. 15 m/1 °C) im Produktionsbereich um 240 m auszugehen. Dieses Ergebnis interpretiert GOLDBRUNNER dahingehend, dass relativ gering mineralisierte Wässer aus der Tiefe des Fürstenfelder Beckens aufsteigen. Somit ist anzunehmen, dass es sich um eine geothermische Anomaliezone handelt, die mit einem Tiefengrundwasser-Entlastungsgebiet im Bereich des Raabtales zusammenhängt.

Hydrochemie

Die geförderten Thermalwässer aus dem Badenium und Sarmatium sind bei Gleisdorf Thermal 1 hydrochemisch zu differenzieren (Tab. 72). Bei dem Wasser aus dem Badenium handelt es sich um einen Natrium-Hydrogen-

carbonat-Chlorid-Thermalsäuerling mit einer Summe an gelösten Inhaltsstoffen von fast 15.000 mg/l. Angesichts dieser Mineralisierung ist von einer Formationswasser-Komponente auszugehen. Auffallend ist auch der sehr hohe Gehalt an Borsäure (97,24 mg/l). Bei dem Thermalwasser aus dem Sarmatium handelt es sich um einen Natrium-Calcium-Hydrogencarbonat-Säuerling mit einer deutlich geringeren Gesamtmineralisation (ca. 2.100 mg/l). Der niedrige Gehalt von Chlorid (36 mg/l) und Werte von Sauerstoff-18 und Deuterium lassen einen meteorischen Ursprung vermuten (GOLDBRUNNER, 1993c). Angesichts der aus der Tiefe aufsteigenden meteorischen Wässer ist von einem kaltzeitlichen Grundwasseralter auszugehen. Das Tiefengrundwasser-Entlastungsgebiet ist hydrochemisch auch mit dem hohen Kieselsäuregehalt (59,2 mg/l) zu erklären (Tab. 72).

5.2.14 Sulzegg (STMK)

Aktuelle Nutzung und Entwicklungsgeschichte

Das Mineralwasservorkommen von Sulzegg (Abb. 69) wird gegenwärtig nicht genutzt. Den Tiefbrunnen dürfen jedoch folgende wasserrechtlich bewilligte Fördermengen entnommen werden: der Silverquelle und der Marienquelle zusammen 3 l/s (250.000 l/Tag), dem Süßwasserbrunnen Neu 2 l/s bzw. 160.000 l/Tag, der Styrianquelle 1,5 l/s, der Neuen Christophorusquelle 1 l/s und der Elisabethquelle 0,9 l/s. Für die Brunnen Styrianquelle, Neue Christophorusquelle, Silverquelle, Marienquelle, Elisabethquelle und dem Süßwasserbrunnen Neu bestehen zudem engere Schutzgebiete sowie ein gemeinsames Schutzgebiet.

Erste Aufzeichnungen über die subthermalen Mineralwasserquellen bei Sulzegg stammen aus dem 17. Jahrhundert (ZETINIGG, 1993). Die Gründung der Sulzegger Heil- und Mineralwasser GmbH erfolgte 1974, wobei zunächst die drei alten Brunnen (Franzensquelle, Sophienquelle und Helenenquelle) übernommen bzw. genutzt wurden. Aufgrund der niedrigen Ergiebigkeit

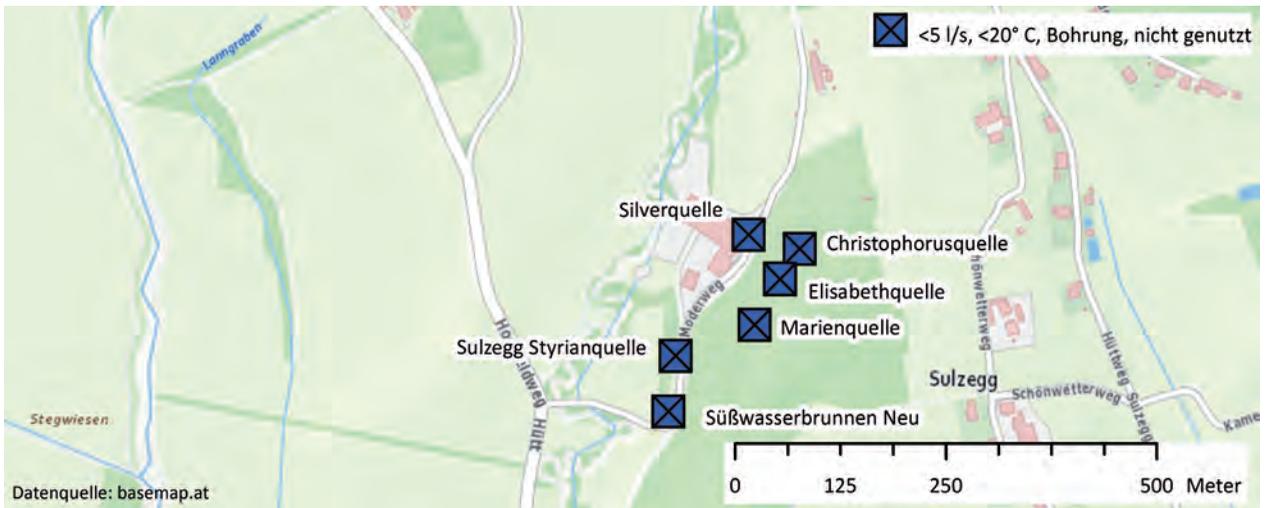


Abb. 69.
Lage der Erschließungen bei Sulzegg.

wurden von 1975 bis 1979 weitere Filterrohrbrunnen abgeteuft. Da die Quellsfassungen bei mehreren Brunnen verändert wurden (z.B. Christophorusquelle, Sophienquelle, Kapellenquelle und Jellerquelle), folgten die Aberkennungen als Heilquellen. So besteht seit 1983 ausschließlich für die Marienquelle eine Anerkennung als solche. Auch ist zu erwähnen, dass das Wasser der Styrianquelle für lange Zeit zur Abfüllung von Tafelwasser genutzt wurde.

Insgesamt gab es auf dem Gelände 13 Brunnen, von denen sieben verschlossen wurden (GAMERITH & WOLF, 2000). So existieren die Franzensquelle (Erschließung 1895/1896), die Sophienquelle (Erschließung 1895/1896), die Alte Christophorusquelle (Erschließung 1963), die Jellerquelle I (Erschließung 1963), die Alte Elisabethquelle, die Alte Kapellenquelle und der Alte Süßwasserbrunnen nicht mehr. Eine Beschreibung der bestehenden, jedoch nicht genutzten Brunnen befindet sich in Tabelle 65.

Hydrogeologie

Die subthermalen Vorkommen von Sulzegg befinden sich im südöstlichen Bereich des Steirischen Beckens

(ZETINIGG, 1993). Bei den Erschließungen handelt es sich allerdings um keine Quellen, sondern um Brunnen bzw. Tiefbrunnen. Die nahe gelegenen Tiefbohrungen Perbersdorf 1 (ET 1.477 m unter GOK) und St. Nikolai 1 (ET 1.275 m unter GOK), beide für die Kohlenwasserstoffexploration abgeteuft, zeigen folgenden geologischen Aufbau: Im Bereich Sulzegg überlagern Sedimente des Quartärs und neogene Ablagerungen des Sarmatiums und des Badeniums das Paläozoikum, welches in einer Tiefe von ca. 700 m erwartet wird (GOLDBRUNNER & KRIEGL, 1995). Nahe der Brunnen von Sulzegg befinden sich Sedimente des Badeniums, die eine Mächtigkeit von rund 200 m aufweisen. Im Liegenden folgt mit einer ca. 500 m mächtigen vulkanoklastischen Entwicklung das Karpatium. Der erhöhte Kohlenstoffdioxidgehalt und die Mineralisierung der Wasser ist außerdem auf postvulkanische Phänomene des karpatischen Vulkanismus zurückzuführen.

GOLDBRUNNER & KRIEGL (1995) ordnen die Sedimente, in denen das Mineralwasser erschlossen wird, stratigrafisch dem Badenium (Lageniden-Zone und eventuell Sandschaler-Zone) und dem Karpatium zu, da in den

Tiefbrunnen	Erschließungsjahr	Beschreibung
Styrianquelle	1978	Aufgrund von technischen Problemen wurde die Bohrung 1989 als Filterrohrbrunnen ausgebaut.
Neue Christophorusquelle	1979	
Jellerquelle II (Silverquelle)	1963	Die Erschließung der Jellerquelle I erfolgte 1963 und 1979 wurde sie als Jellerquelle II neu gefasst.
Marienquelle (Kapellenquelle)	1975	Die Kapellenquelle wurde 1975 erschlossen. Eine Vertiefung der Bohrung erfolgte 1979. Heute wird sie als Marienquelle angeführt.
Süßwasserbrunnen (Alt und Neu)	1976	Aufgrund von technischen Problemen musste der alte Brunnen aufgegeben werden und 1998 wurde in unmittelbarer Nähe der Neue Süßwasserbrunnen abgeteuft.
Elisabethquelle	1978	

Tab. 65.
Übersicht zu den bestehenden Mineralwasserbrunnen von Sulzegg (nach GAMERITH & WOLF, 2000).

Bohrprotokollen der Silver- und Marienquelle erst ab einer Teufe von ca. 190 m „harte Schiefer“ beschrieben werden. Diese interpretieren die Autoren als Vulkanite des Karpatiums. GAMERITH & WOLF (2000) machten hingegen aufgrund der fehlenden geologischen Aufzeichnungen bei den tieferen Brunnen (Marienquelle und Silverquelle) keine stratigrafische Zuordnung. Nach ihren Angaben treten die „harten Schiefer“ bereits bei 150 m auf. GOLDBRUNNER & KRIEGL (1995) differenzieren bei den Brunnen drei Aquiferbereiche:

- Seichtliegender Bereich bis ca. 15 m unter GOK: Die Brunnen, die aus diesem Horizont förderten, existieren heute nicht mehr.
- Bereich von 90 bis 160 m: Für diesen Bereich ist eine Wechsellagerung von Feinsanden und Schluffen typisch, wobei eine Abgrenzung nicht möglich ist.
- 175 bis 195 m unter GOK. Hier weist eine Grob-sandschicht deutlich höhere Mineralisationen auf, die vermutlich dem Karpatium zugeordnet werden können.

Nach GAMERITH & WOLF (2000) erschließen die Tiefbrunnen unterschiedliche Aquiferhorizonte der neogenen Schichtfolge in einer Tiefenlage von 60 bis 200 m. Details zu den existierenden Bohrbrunnen sind hierbei Tabelle 66 zu entnehmen. Das Einzugsgebiet lässt sich schwer eingrenzen. ZETINIGG & ZOJER (1987) nehmen an, dass die Regeneration an den Ausbissflächen des Grundwasserleiters entlang des Grundgebirgsrandes bzw. an Verwerfungen erfolgt.

Hydrochemie

Aus hydrochemischer Sicht ist zwischen den tieferen Brunnen (Marienquelle und Silverquelle) und den seich-

teren Brunnen zu differenzieren. Alle Brunnen weisen allerdings subthermale Fördertemperaturen auf, einzig bei der Silverquelle wurde am 02.03.1984 eine Temperatur von knapp über 20 °C gemessen.

Bei den tieferen Brunnen handelt es sich um Natrium-Hydrogencarbonat-Chlorid-Säuerlinge mit einer Gesamtmineralisation von ca. 6.500 bis 7.000 mg/l (Tab. 73). Der hohe Gehalt an freiem Kohlenstoffdioxid (1.477 mg/l) und Bor (13,63 mg/l) belegen einen Zusammenhang mit dem miozänen Vulkanismus. GOLDBRUNNER et al. (1993) weisen zudem auf eine geothermische Tiefenstufe von 18 m/°C hin. Die frei aufsteigenden Gase bestehen überwiegend (91,1 Vol.%) aus Kohlenstoffdioxid (Tab. 74).

Die seichteren Brunnen, Styrianquelle und Christophorusquelle, weisen einen Natrium-Hydrogencarbonat-Typ mit einer Gesamtmineralisation von ca. 900 bis 1.300 mg/l auf. GOLDBRUNNER & KRIEGL (1995) schließen aufgrund von Sauerstoff-18- und Deuterium-Messungen auf ein kaltzeitliches Grundwasseralter (> 10.000 Jahre). Außerdem wurde bei der Styrianquelle im Jahr 1980 Tritium nachgewiesen (5,7 TU). Dies würde für eine Beimengung von jüngeren oberflächennahen Wässern sprechen, doch bei der Christophorusquelle konnte 1984 kein Tritium festgestellt werden.

5.2.15 Graz-Puntigam (STMK)

Aktuelle Nutzung und Entwicklungsgeschichte

Die Tiefbrunnen Puntigam I (auch unter Filterrohrbrunnen I und Herrgottwiesquelle angeführt), Puntigam II (Filterrohrbrunnen II) und Puntigam III (Tiefbrunnen III) wurden für eine Brauwasserversorgung abgeteuft.

Bezeichnung	Typ	Endteufe (m)	Filterstrecken (m u. GOK)	Ruhewasserspiegel m u. GOK	kf- Wert (m/s)	Pumpversuch (Absenkung m u. GOK)	Auslauftemperatur (°C)	Fördermenge (l/s)
Styrianquelle	b	149,5	5 Strecken; 60,5–146,5; 31 m Nettostrecke	28,8 (1998)			16,4 (1997)	1,4 (1997)
Neue Christophorusquelle	b	162,0	132,0–150,0	18,0 (1982)	1 x 10 ⁻⁶	70 m; 1 l/s; 24 Stunden; (1982)	16,7 (1998)	1 (1986)
Jellerquelle (Silverquelle)	c	202,4	181,4–196,4	31,5 (1979)	1,1 x 10 ⁻⁶	85–89 m; 1 l/s; (18.07.1979 bis 21.09.1979)	18,4 (1992)	1 (1979)
Marienquelle (Kapellenquelle)	c	202,5	174–195				18,3 (1995)	1 (1995)
Süßwasserbrunnen Neu	b	100,0	80–97; 7 m Nettostrecke					1 (1999)
Elisabethquelle	b	102,0		17,0 (1978)	5 x 10 ⁻⁷	70 m; 0,84 l/s; 24 Stunden; (1978)		0,84 (1978)

Tab. 66. Hydrogeologische Übersicht zu den existierenden Mineralwasserbrunnen von Sulzegg (GAMERITH & WOLF, 2000).

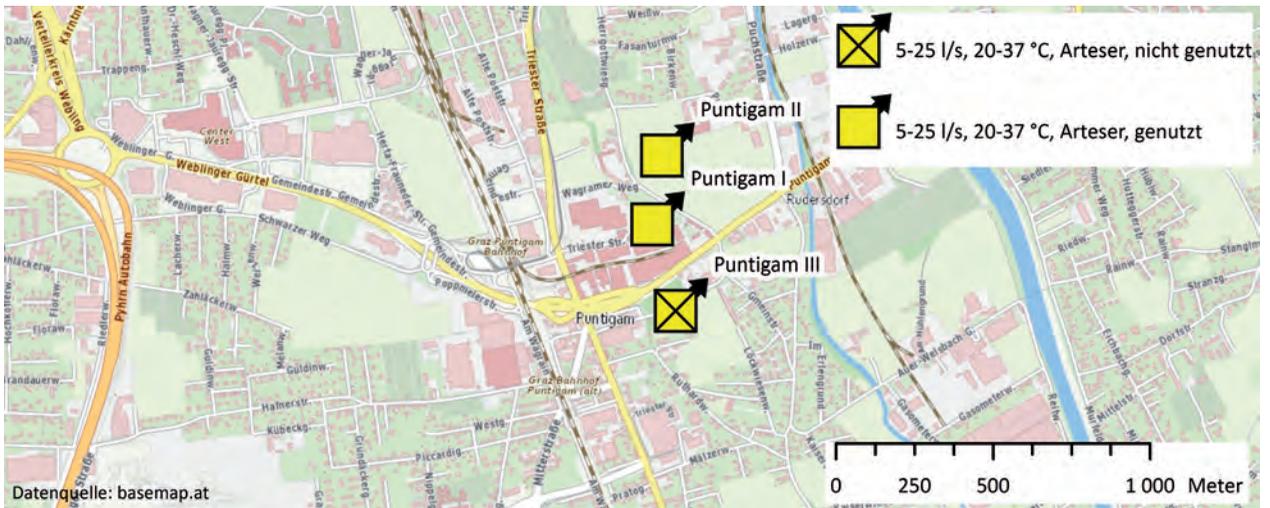


Abb. 70.
Lage der Erschließungen in Graz-Puntigam.

Die wasserrechtlichen Bewilligungen sind für Puntigam I, II und III jeweils auf 10 l/s, 15 l/s und 20 l/s festgelegt. Derzeit sind allerdings nur Puntigam I und II in Betrieb. Für Puntigam I besteht ein engeres und weiteres Schutzgebiet.

Da die Besorgnis wuchs, dass das oberflächennahe Grundwasser aufgrund der Lage (Grundwasserstromabwärts von Graz und beeinflusst durch die Mur) kontaminiert werden könnte, strebte man die Nutzung von tieferliegenden Grundwässern des Grazer Feldes an (ZETINIGG, 1993). So wurde 1968 Puntigam I abgeteuft. Aufgrund des Erfolgs dieser Bohrung folgte 1972 die Niederbringung von Puntigam II. Zudem wurde der derzeit nicht genutzte Tiefbrunnen Puntigam III 1997 erbohrt. Für Puntigam I besteht außerdem seit 1970 eine Anerkennung als Heilquelle (Herrgottwiesquelle).

Hydrogeologie

Die drei Tiefbrunnen (Abb. 70) befinden sich am Rand der westlichen Niederterrasse (Würm) des Grazer Feldes rund 1 km westlich der Mur. Puntigam II befindet

sich ca. 220 m NNE und Puntigam III ca. 280 m SSE von Puntigam I. Bei den Bohrungen Puntigam I und II wurden unterschiedliche Horizonte mit gespannten Grundwässern des Neogens (Sarmatium und Badenium) der Grazer Bucht sowie des karbonatischen Grundgebirges (Grazer Paläozoikum) erschlossen (Tab. 67, Abb. 71) (ZETINIGG, 1993). Nach RÖGL (1975) wurden bei Puntigam I (Endteufe 204 m unter GOK) zunächst neogene Sedimentgesteine in Form von Tonen in Wechsellagerung mit Grundwasser leitenden Sanden und Kiesen durchörtert, bevor die Bohrung im Lithothamnienmergel und -kalk (Leithakalk des Badeniums) verblieb. ZETINIGG (1993) weist darauf hin, dass die Leithakalke nur geringe Mächtigkeiten besitzen und bereichsweise vermergeln, somit bilden sie über große Bereiche keine homogenen Grundwasserkörper aus. Nach FLÜGEL (1975) wurden bei Puntigam II (Endteufe 269 m unter GOK) die Karbonatgesteine des Grazer Paläozoikums bei 251,5 m unter GOK erreicht. Die das Grundgebirge überlagernden Leithakalke wurden jedoch nicht angetroffen. Es ist deshalb zu vermuten, dass bei Puntigam I eine geringmächtige Leithakalkplatte angetroffen wur-

Teufen (m u. GOK)	Puntigam I (Herrgottwiesquelle)	Teufen (m u. GOK)	Puntigam II	Teufen (m u. GOK)	Puntigam III
-21,0	Quartär	-22,0	Quartär	-21,0	Quartär
-149,0	Sarmatium -48,0: mittleres Sarmatium -149,0: unteres Sarmatium	-140,0	Sarmatium -48,0: mittleres Sarmatium -140,0: unteres Sarmatium	?	Grenze Sarmatium/ Badenium unbekannt
-204,0 (ET)	Badenium -202,0: oberes Badenium -204,0: mittleres Badenium, Lithothamnienmergel und -kalke	-251,5	Badenium -251,5: oberes Badenium	-222,0	Badenium -212,0: überwiegend Ton, Schluff und Feinsand mit geringen Einlagerungen von Kiesschichten -222,0: Lithothamnienmergel und -kalke
		-269,0 (ET)	Grazer Paläozoikum	-302,0 (ET)	Grazer Paläozoikum

Tab. 67.
Bohrprofile von Puntigam I und II (RÖGL, 1975) sowie von Puntigam III (wasserrechtlich relevante Unterlagen). Siehe auch Kapitel 12 (Abb. 156).

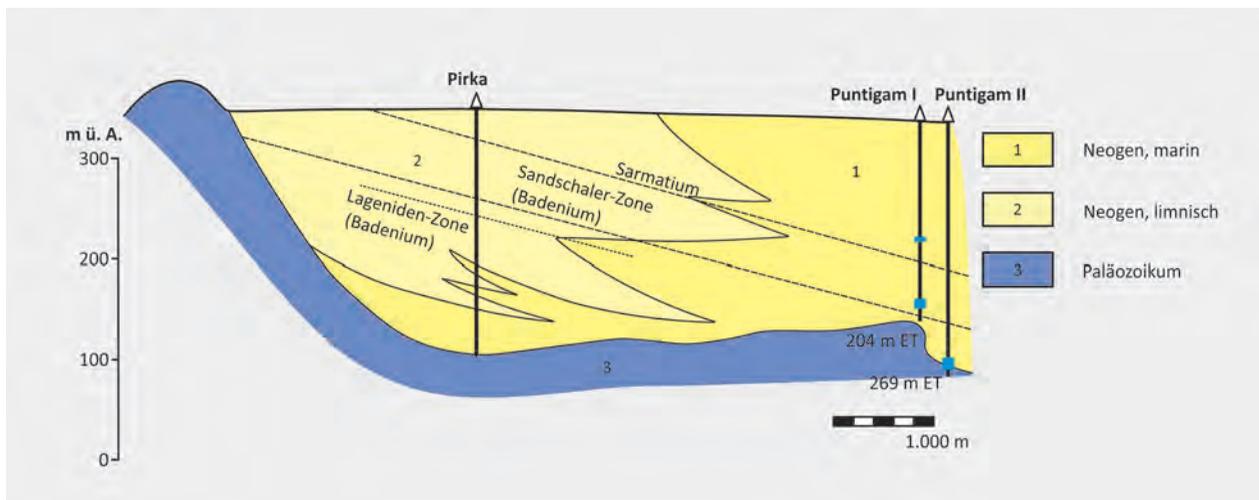


Abb. 71. Profilschnitt von Graz-Puntigam mit biostratigraphischen Erkenntnissen der 1952 abgeteufte Bohrung Pirka (verändert nach FLÜGEL, 1975).

de, die das paläozoische Karbonatreilief überlagert. WEBER (1976, zit. nach ZETINIGG, 1993) weist zudem darauf hin, dass die paläozoischen Karbonatgesteine aufgrund der Verkarstung eine gute Wasserwegigkeit aufweisen. Zudem ist MAURIN (1975) der Ansicht, dass im Untergrund der Grazer Bucht ein vor dem Badenium, aber noch im Miozän entstandenes, teilweise stark verkarstetes Relief ausgebildet wurde.

Das Einzugsgebiet des gespannten Thermalwasservorkommens befindet sich nach ZÖTL (1976a) im karbonatischen Paläozoikum des Plabutsch-Buchkogel-Zuges (Grundgebirge der Grazer Bucht). Zudem müssen die Wässer aufgrund der erhöhten Temperatur größere Tiefen erreichen. THURNER (1969, zit. nach ZETINIGG, 1993) assoziiert diesbezüglich die Temperaturanomalie mit einer Bruchzone im Grundgebirge (Leberbruch).

Ursprünglich wurde bei Puntigam I aus fünf Filterstrecken zwischen 73,2 und 202,5 m unter GOK gefördert (ZETINIGG, 1993). Im Zuge einer Sanierung im Jahr 1992 wurden neue Brunnenfilter- und Aufsatzrohre eingebaut, die heutigen Filterstrecken befinden sich demnach von 121,0 bis 126,0 m (Sarmatium) und von 186,0 bis 196,0 m (Badenium). Bei weiteren Untersuchungen stellte sich heraus, dass nur aus der 4. Filterstrecke (im Bereich 187,2 bis 191,3 m) eine nennenswerte Förderung erfolgt. Die weiteren Filterstrecken dürften heute nicht mehr durchlässig sein. Zudem wurde die tiefste Filterstrecke von 200,3 bis 202,5 m mit Sedimenten aufgefüllt. Ein Kurzpumpversuch nach der Sanierung zeigte, dass bei einer Förderstufe von 4 bis 6 l/s die Absenkung rund 40 m unter der Rohroberkante (ROK) des Sperrrohres beträgt. Außerdem lag der artesische Überlauf bei ca. 1,5 l/s.

Im Gegensatz zu der ersten Bohrung erfolgt bei Puntigam II die Thermalwasserförderung hauptsächlich aus dem paläozoischen Karbonatgestein bzw. aus einer Filterstrecke von 246,0 bis 258,0 m unter GOK (ZÖTL et al., 1993). Bei einem Dauerpumpversuch vom 17.10.1972

bis zum 27.10.1972 wurde bei einer Förderrate von 6 l/s eine Absenkung des Brunnenwasserspiegels auf 62 m unter dem Messpunkt (nicht definiert) erzielt (ZETINIGG, 1993). Nach der Sanierung im Jahr 1992 wurde bei einem weiteren Kurzpumpversuch bei einer Dauerentnahme von 1,5 l/s eine Absenkung auf 30 m unter ROK erzielt. Außerdem konnte bei einem weiteren Pumpversuch bei Puntigam I keine Beeinflussung festgestellt werden.

Bei Puntigam III erfolgt die Thermalwasserförderung laut wasserrechtlich relevanten Unterlagen aus der offenen Bohrlochstrecke von 212,0 bis 302,0 m unter GOK. Der artesische Überlauf beträgt zudem rund 3,5 l/s. Bei einem vom 28.08.1997 bis zum 04.09.1997 durchgeführten Pumpversuch betrug bei der höchsten Förderrate von 16,3 l/s die Absenkung ca. 81 m. Binnen fünf Minuten nach Abstellung der Pumpe soll jedoch die Wiederherstellung des unbeeinflussten Zustandes stattgefunden haben. Dies deutet auf eine hohe Grundwasserneubildungsrate bzw. einen großen Grundwasserspeicher hin. Zudem konnte bei Puntigam I und II keine Beeinflussung durch den Pumpversuch festgestellt werden.

Hydrochemie

Bei dem ca. 26 bis 27 °C warmen Wasser von Puntigam I handelt es sich um einen Calcium-Magnesium-Hydrogencarbonat-Sulfat-Typ mit einer Gesamtmineralisation von ca. 600 mg/l (Tab. 73). Puntigam I und II zeigen eine große Ähnlichkeit hinsichtlich der hydrochemischen Inhaltsstoffe. Die Gehalte von Deuterium (-86,4 ‰) und Sauerstoff-18 (-10,19 ‰), analysiert bei Puntigam II, deuten auf einen meteorischen Ursprung und ein kalzeitliches Grundwasseralter hin (Tab. 74). Des Weiteren wurde bei Puntigam II ein unkorrigiertes Kohlenstoff-14-Alter von 20.000 Jahren berechnet und ein Tritiumgehalt von 7 TU bestimmt. Letzterer deutet auf den Einfluss von oberflächennahen Wässern. Auch bei Puntigam III wurde 1997 ein ähnliches Kohlenstoff-

14-Alter von 18.100 Jahren bestimmt. ZÖTL et al. (1993) gehen davon aus, dass es sich um ein Mischwasser handelt, wobei der Großteil des Wassers im Pleistozän (Würm) infiltrierte (Klimaeffekt bei Sauerstoff-18 und Deuterium). Außerdem wurden die aufsteigenden Quellgase bei Puntigam I am 17.03.1995 analysiert. Hierbei wurde festgestellt, dass sich das Gas zu 88 Vol.% aus Inertgasen (Stickstoff und Edelgase) und zu 12 Vol.% aus Kohlenstoffdioxid zusammensetzt.

5.2.16 Tobelbad (STMK)

Aktuelle Nutzung und Entwicklungsgeschichte

Der wasserrechtlich bewilligte Gesamtkonsens beträgt für die Thermalquellen 3 l/s. Das Thermalwasser der Ludwigsquelle (Abb. 72) wird für Therapiezwecke und als Warmwasserversorgung genutzt. Die Ferdinandsquelle (Abb. 72) wird derzeit nicht genutzt. Ein engeres Schutzgebiet besteht für die Ferdinandsquelle, nicht jedoch für die Ludwigsquelle.

Die ersten Aufzeichnungen über das Tobelbad stammen aus dem Jahr 1241 (AUVA, 2016). Bei der Ludwigsquelle handelt es sich um die erste für Heilzwecke genutzte Quelle der Steiermark. Eine kaiserliche Erschließung erfolgte 1492 und Badehäuser wurden bei der Ludwigsquelle erstmals 1578 bzw. bei der Ferdinandsquelle 1613 errichtet. Seitdem wurden die Bäder vielfach umgebaut und wechselten den Besitzer, der Kurbadbetrieb blieb jedoch weitgehend aufrecht. Ab 1949 wurde das Thermalwasser wieder genutzt.

Hydrogeologie

Nach ZÖTL (1974, 1976b) entspringen die Thermalquellen paläozoischen Kalken, die im Bereich von Tobelbad klippenförmig in die überlagernden neogenen Sedimente aufstoßen. Die Freilegung des zerklüfteten Karbonatgesteins, es handelt sich um eine südliche Fortsetzung des Plabutsch-Buchkogel-Zuges un-

ter der neogenen Überdeckung, wurde durch fluviatile Erosion ermöglicht. Das Neogen besteht lokal vorwiegend aus miozänen schluffig-tonigen Sedimenten, die auch Kohle führen. Aufgrund der Zusammensetzung sind sie wasserstauend. ZÖTL (1993b) nimmt ein Einzugsgebiet im Bereich Buchkogel–Bockkogel–Floriansberg–Seiersberg an, schließt jedoch auch ein noch weiter zurückreichendes Einzugsgebiet bis zum Steinberg nicht aus. Die erhöhte Wassertemperatur wird auf die geothermische Tiefenstufe zurückgeführt und es wird ein Absinken der Wässer bis in eine Tiefe von 800 m angenommen. Zudem wird von den genannten Autoren ein Zusammenhang mit tieferliegenden Vulkaniten ausgeschlossen. Beide Quellaustritte sind durch seichte Schächte (Ferdinandsquelle bis 6,4 m Tiefe, Ludwigsquelle bis 3 m Tiefe) gefasst und befinden sich in einem Gebäude der Kuranstalt bzw. im Kurpark. Direkte Schüttungsmessungen sind aufgrund der Verbauung schwierig, nach den Daten der großen Heilwasseranalysen vom 25.07.1975 dürfte die Ferdinandsquelle 2,75 l/s, die Ludwigsquelle 5,13 l/s schütten (Tab. 73). Beide Quellen entspringen zwar einem größeren Kluftwasserkörper, ZÖTL (1976b) weist jedoch auf komplizierte Verhältnisse im Einzugsgebiet hin, die nur durch lange Pumpversuche zu klären wären. Diese Schlussfolgerung beruht z.B. auf den Ergebnissen von Kurzpumpversuchen (Ludwigsquelle: 10.02.1976–14.02.1976; Ferdinandsquelle: 29.03.1976–02.04.1976), bei denen keine Beeinflussung der Ferdinandsquelle durch die Ludwigsquelle, sondern eine umgekehrte Beeinflussung festgestellt wurde.

Hydrochemie

Bei den 24 bis 27 °C warmen Thermalquellen handelt es sich um einen Calcium-Magnesium-Hydrogencarbonat-Sulfat-Typ mit einer akratistischen Gesamtmineralisation von ca. 650 bis 700 mg/l (Tab. 73). Nach ZÖTL (1993b) liegt ein Mischwasser mit wechselnd starken Anteilen von tiefliegendem „alten“ Kluftwasser und



Abb. 72. Lage der Erschließungen in Tobelbad.

Schüben jüngerer Infiltrationswässer vor. Dies belegen Schwankungen des Tritiumgehaltes bei beiden Quellen (Ferdinandsquelle: 23 TU im Jahr 1974; Ludwigsquelle: 2 und 25 TU im Jahr 1972 und 1974). In Tabelle 74 werden weitere Tritiumwerte angeführt, z.B. 7,9 TU bei der Ferdinandsquelle im Jahr 1976. Die Analysen der stabilen Umweltisotope Deuterium und Sauerstoff-18 belegen einen vadosen Ursprung und entsprechen nach ZÖTL (1974, 1976b) der mittleren Höhenlage des Buchkogelgebietes in postglazialer Zeit. Kohlenstoff-14-Analysen belegen zudem Grundwasseralter zwischen ca. 10.000 und 20.000 Jahren (nicht korrigiert) (Tab. 74). Nach ZÖTL (1993b) sind die niedrigen Borwerte (Ludwigsquelle: 17 µg/l; Ferdinandsquelle: 14 µg/l) sowie der niedrige Gehalt an gelösten Gasen ein wichtiger Indikator, dass es keine Beeinflussung durch Vulkanite gibt. Die hohen Konzentrationen an Strontium (Ludwigsquelle: 5,9 mg/l; Ferdinandsquelle: 5,5 mg/l) deuten hingegen auf die große Versickerungstiefe der Wässer hin (Tab. 73). Dies bestätigen auch Helium-Untersuchungen (< 1 % Mantelhelium) die vom GSF-Institut für Hydrologie, München, durchgeführt wurden (ZÖTL, 1993b). Abschließend ist zu erwähnen, dass frei aufsteigende Gase im Zuge der großen Heilwasseranalyse im Jahr 1975 nicht nachgewiesen werden konnten.

5.2.17 Köflach (STMK)

Aktuelle Nutzung und Entwicklungsgeschichte

Der wasserrechtlich bewilligte Gesamtkonsens für die Tiefbohrung Köflach Thermal 1 (Abb. 73) beträgt 3 l/s (260 m³/Tag), allerdings dürfen kurzfristig bis zu 6 l/s entnommen werden. Das Thermalwasser wird für einen Thermenbetrieb genutzt.

Köflach Thermal 1 wurde im Auftrag der Stadtgemeinde Köflach 1999 abgeteuft (EISNER et al., 2000). Zwei Jahre später erfolgte die Anerkennung als Heilvorkommen. Im Jahr 2004 erfolgte die Eröffnung der Thermenanlage.

Hydrogeologie

Die Tiefbohrung Köflach Thermal 1 (Barbaraquelle) wurde an der Nordwestflanke des Köflach-Voitsberger Neogenbeckens (Teilbecken des Weststeirischen Neogenbeckens) im Bereich der Bärnbach-Piber-Mulde bis auf eine Endteufe von 1.039,7 m unter GOK niedergebracht (EISNER et al., 2000) (Tab. 68, Abb. 74). Die neogenen Sedimente wurden bis zu einer Bohrtiefe von 99,3 m angetroffen. Die für das Köflacher Neogenbecken charakteristischen Braunkohlen befanden sich hierbei von 15 bis 93,2 m, wobei neun Kohlehorizonte (max. 3,4 m mächtig) mit einer Gesamtmächtigkeit von 18,5 m durchörtert wurden. Im Liegenden folgte bis 190,2 m die Kainacher Gosau in Form von Ton und Schluffablagerungen mit Einschaltungen von Sand- und Tonsteinlagen. Danach verblieb die Bohrung im Schöckelkalk des Grazer Paläozoikums. Der oberste in einer Entfernung von 850 m Richtung Westen zum Bohranschlagpunkt anstehende Grünschiefer wurde hingegen nicht angetroffen. Die unterschiedlich ausgebildeten Karbonatgesteine des Schöckelkalkes ließen sich in folgende Lithosequenzen untergliedern:

- A:** Wechsellagerung von hellen und dunkelgrauen Kalken (190,2 bis 548,0 m).
- B:** Massig, meist dunkelgrauer Kalk (548,0 bis 862,0 m).
- C:** Massig gebänderter Marmor (862,0 bis 1.039,7 m).

Insbesondere der Abschnitt 794,0 bis 855,0 m erwies sich als besonders Thermalwasser führend. Zudem wurde im Bereich 794,0 bis 862,0 m eine Störungszone in der Lithosequenz **B** beschrieben. Die Nettomächtigkeit der Thermalwasser führenden Horizonte innerhalb der offenen Bohrlochstrecke von 766 bis 1.039,7 m lag je nach geophysikalischer Messmethode zwischen 40,7 und 109,5 m. Die Förderung erfolgt aus der Strecke von 766,0 bis 1.032,4 m. Bei einem vom 10.03.2000 bis 05.06.2000 andauernden Langzeitpumpversuch wurden quasistationäre Verhältnisse bei einer Absenkung von 59 m unter GOK und einer Förderrate von 3 l/s

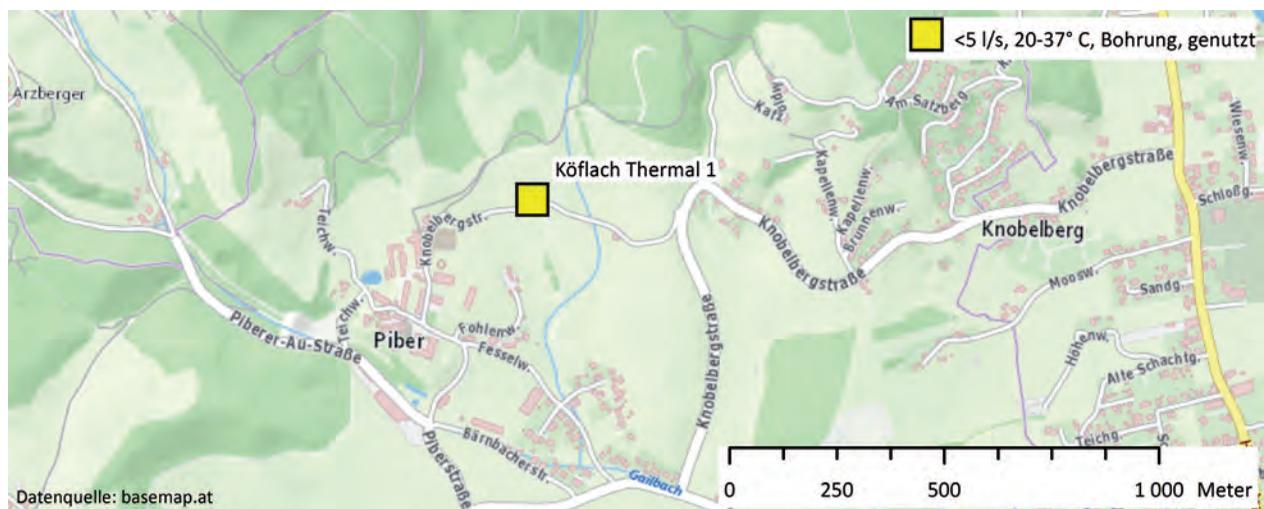


Abb. 73. Lage der Erschließung nördlich von Köflach.

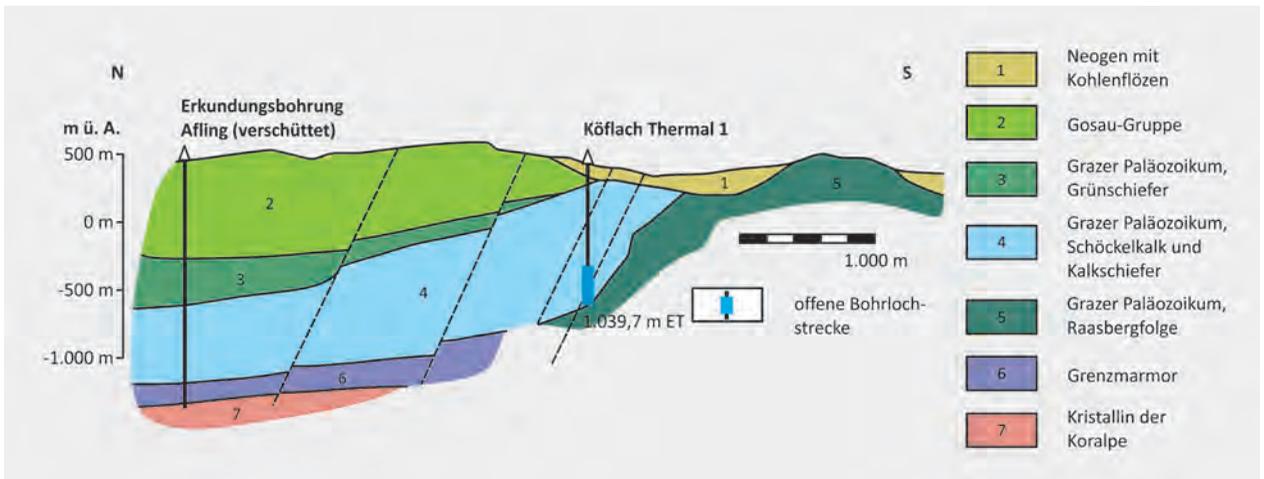


Abb. 74. Profilschnitt von Köflach Thermal 1 (verändert nach EISNER et al., 2000). Siehe auch Kapitel 12 (Abb. 156).

ermittelt. Der Ausgangswasserspiegel befand sich vor Beginn des Pumpversuchs bei 46,7 m unter GOK und die maximale Auslauftemperatur betrug 28,8 °C. Die Lagerstättentemperatur lag bei ca. 31 °C. Zudem ergab die Auswertung der Absenkungs- und Aufspiegelungsdaten für den sondenerfernen Abschnitt eine durchschnittliche Transmissivität von $5,81 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$.

Teufen TVD (m u. GOK)	Köflach Thermal 1
-2,0	Quartär
-99,3	Neogen
-190,3	Kainacher Gosau
-1.039,70 (ET)	Grazer Paläozoikum, Schöckelkalk und Kalkschiefer

Tab. 68. Bohrprofil von Köflach Thermal 1 (verändert nach EISNER et al., 2000).

Hydrochemie

Bei dem ca. 29 °C warmen Thermalwasser handelt es sich um einen Calcium-Magnesium-Hydrogencarbonat-Sulfat-Typ mit einer akkratischen Gesamtmineralisation von ca. 380 mg/l (Tab. 72). Die Werte der stabilen Umweltisotope Sauerstoff-18 (-73,20 ‰) und Deuterium (-10,48 ‰) belegen eine meteorische Herkunft (Tab. 74). Tritium (0,4 bis 0,8 TU) konnte nur geringfügig nachgewiesen werden, somit dürfte kaum eine Beeinflussung durch jüngere oberflächennahe Wässer bestehen. Die Abreicherung von Kohlenstoff-13 (7,62 ‰) zeigt, dass keine intensive Reaktion des Wassers mit dem Schöckelkalk stattgefunden hat (EISNER et al., 2000). Außerdem bestehen die frei aufsteigenden Gase zu 98 % aus Stickstoff, wobei die Gasförderstärke ca. 20,8 ml Gas pro Liter Wasser beträgt (Tab. 75).

5.2.18 Hydrochemische Analysen, Isotopenanalysen und frei aufsteigende Gase von einzelnen Thermalwasservorkommen im Steirischen Becken

Hydrochemische Inhaltsstoffe	St. Martin in der Wart, Thermal 1	Bad Tatzmannsdorf, Thermal 1	Bad Tatzmannsdorf, Thermal 3	Bad Tatzmannsdorf, Therme 72	Bad Tatzmannsdorf, Therme 72	Bad Tatzmannsdorf, Marienquelle Neu	Bad Schönau I	Bad Schönau III	Bad Schönau IV	Bad Schönau IV	Bad Schönau IV	Litzelsdorf 1				
Datum	16.06.2005	30.05.1990	17.12.2007	19.10.2004	14.05.1992	14.09.1994	1956	28.03.2011	1997	04.05.1984	28.05.1970	02.03.2011	26.06.2001	09.07.2013		
Ergiebigkeit (l/s)	3	5,6	4,5	1,3	4,5				1,1	1	1,12		0,6			0,38 (freier Überlauf)
El. Leitfähigkeit (µS/cm)	2.080	2.780 (25 °C)	4.820 (25 °C)	1.913 (20 °C)	3.720 (25 °C)			4.180 (25 °C)	3.870 (20 °C)	4.024 (20 °C)	4.280 (25 °C)		5.730 (20 °C)			333,81
Auslauftemperatur (°C)	26,7	34,2	31,2	24	16,2			18	18,7	18,3	18		18,6			17,5
pH	7,1	7,66	6,4	6,1				6,2	6,1	6,1	6,15		6,46			7,96
Kationen (mg/l)																
Calcium (Ca)	40	15,5	320	447	479,4	298,2	950,8	1.000	877,8	885,8	907,4	880	948,6			41,8
Magnesium (Mg)	20	16,6	190	31	31,3	101,6	206,23	170	166,8	179,1	206,5	480	527,9			6,6
Natrium (Na)	455	629	590	12	14,58	582,4	126,97	72	103,8	124,4	145	140	264			28,4
Kalium (K)	9	8,2	32	2	2,16	27,31	39,33	43	57,59	69	73,5	47	84,33			1,2
Summe	524	669,3	1.132	492	527,44	1.009,51	1.323,33	1.285	1.205,99	1.258,3	1.332,4	1.547	1.824,83			78
Anionen (mg/l)																
Hydrogencarbonat (HCO ₃)	1.401	1.068	2.513	1.520	1.653,6	2.227,1	2.298	1.958	1.875,7	2.016,6	2.282	4.134	3.966			231,47
Chlorid (Cl)	61	285,5	398	55	2,11	225,3	64,21	47	50,88	58,2	76,2	24	44,38			1,3
Sulfat (SO ₄)	1	220,6	313	2	4,3	318	1.545	1.600	1.511,3	1.529,1	1.513	1.600	1.873			14,3
Summe	1.463	1.574,1	3.224	1.577	1.660,01	2.770,4	3.907,21	3.605	3.437,88	3.603,9	3.871,2	5.758	5.883,38			247,07
Spezielle Parameter																
Kationen (µg/l)																
Aluminium (Al)		< 20		6,45	41						1.600		128			2,7
Ammonium (NH ₄)	15.800	4.600	6.500	100	1.850				103		150		50			148,2
Barium (Ba)		22,9	50	3.800	56								10			148,2
Blei (Pb)		< 0,80		< 0,70	< 0,60								< 20			0,8

Hydrochemische Inhaltsstoffe	Datum	17.01.2006	15.04.1998	29.05.1990	17.01.2006	11.04.1999	31.07.2012	06.11.1996	18.06.1976	31.07.2012	06.11.1996	18.03.2008	10.08.2005	29.04.1991	23.05.1999	16.06.1999
Ergiebigkeit (l/s)	0,54 (freier Überlauf)			0,8 (freier Überlauf)	2	0,477 (freier Überlauf)	3,4	3,43		4,8	4,12		2,7	3	Ø 13,9	14,3
El. Leitfähigkeit (µS/cm)	2.590 (20 °C)	2.500 (20 °C)		1.350 (20 °C)	1.373 (20 °C)	1.373 (20 °C)	8.290 (25 °C)	6.930 (20 °C)		9.020 (25 °C)	8.210 (20 °C)	2.935 (20 °C)	2.580 (25 °C)	63.500 (25 °C)		66.900
Auslauftemperatur (°C)	37,1	37		41,3	12	12	60,9	58,3		61,4	62	55,3	58	60,9		74,7
pH	7,97	7,9		8,15	8,68	8,68	6,67	7,11		6,87	7,34	7,27	7,17	6,65		7,76
Kationen (mg/l)																
Calcium (Ca)	1,5	1,82	2,09	1,77	5	5	22,7	11,05	16,2	15	12	9,5	9,1	765,6	735	715
Magnesium (Mg)	1,3	0,71	0,84	1,08	0,84	0,84	5,3	5,93	5,94	3,2	3,58	2,4	2,7	94,5	129	114
Natrium (Na)	650	708	781,6	270	334	334	2.017	2.050	2.518	2.173	2.370	674,3	665	16.450	21.500	16.750
Kalium (K)	4,4	3,72	4,34	3,52	8,5	8,5	48,2	47,5	66,6	46,2	47,6	22,5	24,3	119,5	153	160
Summe	657,2	714,25	788,87	276,37	348,34	348,34	2.093,2	2.114,48	2.606,74	2.237,4	2.433,18	708,7	701,1	17.429,6	22.517	17.739
Anionen (mg/l)																
Hydrogencarbonat (HCO ₃)	1.712	1.836	1.998,3	738	887	887	3.322	3.355	3.414	2.943	3.180	1.603,8	1.580	179	263,61	745,6
Chlorid (Cl)	36,7	30,1	46,2	4,6	5,4	5,4	1.260	1.280	2.002	1.710	1.871	112,1	127	26.300	33.690	26.450
Sulfat (SO ₄)	3,06	1,1	12,3	< 0,1	1,2	1,2	2,7	4,28	4,2	3,2	4,11	0,9	< 0,5	577,5	312	560
Summe	1.751,76	1.867,2	2.056,8	742,6	893,6	893,6	4.584,7	4.639,28	5.420,2	4.656,2	5.055,11	1.716,8	1.707	27.056,5	34.265,61	27.755,6
Spezielle Parameter Kationen (µg/l)																
Aluminium (Al)	65	115	157	8,2	10	10										60
Ammonium (NH ₄)	3.900	4.260	5.120	1.800	3.400	3.400	9.800	11.420	11.200	10.130	13.090	3.400	3.600	10.000	92.000	72.950
Barium (Ba)	100	79		51	69	69	4.700	4.330	720	3.800	2.990	200	200	450		830
Blei (Pb)	0,17	< 20		09												< 1
Chrom (Cr)	9	< 30		4,9	8											< 20
Eisen (Fe)	60 (2+)	100 (2+)	140 (2+)	40 (2+)	2.200	2.200	310	219	1.860 (2+)	150	295	400	370	6.500 (2+)	9.600 (2+)	6.100

Lithium (Li)	3.170		3.700	2.900	<10	500			90	180	60
Mangan (Mn)				16	2	20	<100			<100	5
Selen (Se)											
Strontium (Sr)			2.400		68	500					43
Spezielle Parameter Anionen (µg/l)											
Bromid (Br)	11.950		14.900	18.000	<200					1.130	<200
Fluorid (F)	11.000					100	880	1.070		1.630	880
Hydrogensulfid (HS)											40
Iodid (I)	900			1.700	<100			0,16			<500
Carbonat (CO ₃)											33.800
Undissoziierte Stoffe (mg/l)											
m-Kieselsäure (H ₂ SiO ₃)	122,9			105	6,1				92,3	67,7	22
o-Borsäure (H ₃ BO ₃)	110			226	2,8			11		4,98	
Feststoffsumme (mg/l)	17.694,49	17.959,75	18.245,13	17.620,2	23.914,81	1.335,89	1.546,85	1.372,4	1.458,14	1.530,01	1.931,45
Freies Kohlenstoffdioxid (CO ₂)	107,8			2.770	<5		116,2		121		
Gel. Schwefelwasserstoff (H ₂ S)				0,01							
Lösungsinhalt (mg/l)	17.802,29	17.959,75	18.245,13	17.620,2	26.684,82	1.310,47	1.546,85	1.372,4	1.579,14	1.597,46	1.931,45
Tit. Schwefel (mg/l)					<0,1						
Literaturverweis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
											12
											13
											14
											15

Tab. 71.
 Hydrochemische Analysen von Bad Blumau und Bad Waltersdorf (1: INSTITUT FÜR GEOTHERMIE UND HYDROGEOLOGIE JOHANNEM RESEARCH, 1989, zit. nach GOLDBRUNNER, 1993c; 2, 3: EISNER & GOLDBRUNNER, 2009; 4, 7: GRESCHONIG, 2002; 5: FORSTER & EICHINGER, 1998; 6: RABER, 1996; 8, 12, 14: KALTENEGER, 2003, zit. nach EISNER & GOLDBRUNNER, 2003a; 9: INSTITUT FÜR ANALYTISCHE CHEMIE DER UNIVERSITÄT GRAZ, 1990, zit. nach ZETINIGG, 1993; 10: INSTITUT FÜR ANALYTISCHE CHEMIE DER UNIVERSITÄT GRAZ, 1985, zit. nach GU GmbH, 1999; 11: INSTITUT FÜR ANALYTISCHE CHEMIE DER UNIVERSITÄT GRAZ, 1978, zit. nach GOLDBRUNNER & ZETINIGG, 1993; 13: GOLDBRUNNER & EISNER (1997b); 15: SPACEK, 2003, zit. nach EISNER & GOLDBRUNNER, 2003a).

Hydrochemische Inhaltsstoffe	Datum	Ottendorf Thermal 1	Bad Gleichenberg, Thermal 1	Bad Gleichenberg, Thermal 1	Bad Gleichenberg, Mariannenquelle	Bad Gleichenberg, Thermalquelle	Bad Gleichenberg, Maria-Theresienquelle	Bad Gleichenberg, Konstantinquelle	Iiz Thermal 1, Sandschaler-Zone	Iiz Thermal 1 – Grazer Paläozoikum	Mettersdorf, Ursulaquelle	Mettersdorf, Ursulaquelle	Mettersdorf, Ursulaquelle	Gleisdorf, Thermal 1 Badenium (513–527)	Gleisdorf, Thermal 1 Sarmatium (204–345)	Köflach, Thermal 1
	24.07.2003	26.11.2012	28.01.2002	26.11.2012	06.03.1998	06.03.1998	19.06.1997	19.06.1997	25.09.2000	11.12.1998	12.11.2002	1992	16.10.1991	04.09.1991	26.04.2000	
Ergiebigkeit (l/s)	1,8		2,3						1,2		0,08	0,33 (freier Überlauf)	0,6	3,28	3,4	
El.-Leitfähigkeit (µS/cm)	2.310 (25 °C)	10.140 (25 °C)	10.920 (20 °C)	7.270 (25 °C)	7.354 (25 °C)	5.971 (25 °C)	4.855 (25 °C)	4.630 (20 °C)	4.630 (20 °C)	18.180 (25 °C)	2.650 (25 °C)	2.180	14.750	1.750	416 (20 °C)	
Auslauttemperatur (°C)	42,6	40	45,8	26,3	26,5	20,8	17,8	45,2	45,2	54,2	16,5	17,3	30,5	24,7	28,8	
pH	8,23	6,75	6,97	6,63	6,42	5,46	6,31	6,98	6,98	83	6,1	6,14	7,12	6,52	7,63	
Kationen (mg/l)																
Calcium (Ca)	1,8	107,4	125	147,2	155	217	124	49,7	10	31,5	140	138,7	12,6	131	58,3	
Magnesium (Mg)	0,57	91,4	97	125,4	126	101,8	110	47,5	3	7,5	27,8	26,8	5,74	55	17,7	
Natrium (Na)	630	2.769	2.600	1.556	1.630	1.200	1.630	930	1.400	5.380	415	393,8	4.140	314	9,48	
Kalium (K)	5,4	52,5	56	31,1	44		55	28	36	170	16,4		60,4	30	2,0	
Summe	637,77	3.020,3	2.878	1.859,7	1.955	1.518,8	1.919	1.055,2	1.449	5.589	599,2	559,3	4.218,74	530	87,48	
Anionen (mg/l)																
Hydrogencarbonat (HCO ₃)	1.557	5.753	5.680,6	3.949	3.895	3.148	3.660	2.046	3.243,8	8.786,45	1.045	992	8.805	1.465	195,4	
Chlorid (Cl)	8,2	1.204	1.229	781	904	692	953	464	313,6	3.000	374	331,8	1.430	36	2,5	
Sulfat (SO ₄)	0,31	80,8	74,4	26,9	57	63,6	59	60	0,31	230	23,2	32,7		< 02	74,4	
Summe	1.565,51	7.037,8	6.984	4.756,9	4.856	3.903,6	4.672	2.570	3.557,71	12.016,45	1.442,2	1.356,5	10.235	1.501	272,3	
Spezielle Parameter																
Kationen (µg/l)																
Aluminium (Al)	10		21				< 20	< 2	< 5							< 5
Ammonium (NH ₄)	4.500	5.600	6.100	4.100	4.040	3.380	5.670	4.210	4.600	6.900	2.830	70		5.500		38,0
Barium (Ba)	23		550		640	600	180	90	190				550	530		< 1
Blei (Pb)	< 1		1						< 1							< 1
Chrom (Cr)	< 10		< 5						45							< 5
Eisen (Fe)	410	50	250 (2+)	200	1.260 (2+)	2.000 (2+)	1.910 (2+)		100	400	900	1.350		1.400 (2+)	400,0	
Kupfer (Cu)	< 1		< 1						4							< 1

Lithium (Li)	330	1.800		1.200	860	1.100	550	430										950			7,0
Mangan (Mn)	7	< 10	40	50	150	100	2.110	4	< 50	< 500								190			
Selen (Se)	< 1							4													< 1
Strontium (Sr)	120	5.700		3.940	3.840	3.080		300										630			730,0
Spezielle Parameter Anionen (µg/l)																					
Bromid (Br)	< 200	4.400				1.000	1.000											5.000	190		
Fluorid (F)	4.900	200	90			720	750	9.900	< 500	< 500							7.500	570			250,0
Hydrogensulfid (HS)	80	20						40										< 02			20,0
Iodid (I)	< 500	500				410	70	< 100	13	< 1000							820	20			< 100
Carbonat (CO ₃)	50.400	13.400						4.000													800,0
Undissoziierte Stoffe (mg/l)																					
m-Kieselsäure (H ₂ SiO ₃)	26	122,5	111																		
o-Borsäure (H ₃ BO ₃)	15,7	16,9	16,6																		
Feststoffsumme (mg/l)	2.305,76	10.203,27	10.022,54	6.724,53	6.822,13	5.433,23	6.605,17	3.633,98	5.103,15	17.612,76	2.045,13	1.917,22	14.565,48	2.103,05	382,72						
Freies Kohlenstoffdioxid (CO ₂)		927	663,7	1.144	1.690	450	1.860	1.630	386,7	1.240	599,3	427	605	7,6							
Gel. Schwefelwasserstoff (H ₂ S)																					
Lösungsinhalt (mg/l)	2.305,76	11.130,27	10.686,24	7.868,53	8.512,13	5.883,23	8.465,17	5.263,98	5.489,85	17.612,76	3.285,13	2.516,52	14.992,48	2.708,05	390,32						
Tit. Schwefel (mg/l)									0,76	0,28											0,28
Literaturverweis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15						

Tab. 72.

Hydrochemische Analysen von Ottendorf, Bad Gleichenberg, Ilz, Mettersdorf am Sabbach, Gleisdorf und Köflach (1: SPACEK, 2003; zit. nach EISNER & GOLDBRUNNER, 2003b; 2: SCHWÖLZER, 2012a; 3: BENETKA & SPACEK, 2002a; 4: SCHWÖLZER, 2012b; 5: 6: RABER, 1998, zit. nach KRIEGL et al., 2000b; 7: 8: RABER & IRGOLIC, 1997, zit. nach KRIEGL et al., 2000b; 9: ÖSTERREICHER & SPACEK, 2000; 10: RUMPOLD AG, 1998, zit. nach GOLDBRUNNER & EISNER, 1999; 11: SCHWÖLZER, 2003; 12: INSTITUT FÜR ANALYTISCHE CHEMIE DER UNIVERSITÄT GRAZ, 1992, zit. nach wasserrechtlich relevanten Unterlagen, Archiv der FA Hydrogeologie; 13, 14: GOLDBRUNNER, 1993c; 15: ROTTER & SPACEK, 2000b).

Hydrochemische Inhaltsstoffe	11.11.2008	1997	Sulzegg, Styrianquelle	30.05.1983	1998	Sulzegg, Christophorusquelle	1992	Sulzegg, Silverquelle	02.03.1984	1995	Sulzegg, Marienquelle	06.04.2000	Graz Puntigam I (P2 Herrgottwiesenquelle)	17.03.1995	Graz Puntigam I	Zeitpunkt unklar (vor 1993)	Graz Puntigam II	Zeitpunkt unklar (vor 1993)	Graz Puntigam II	16.06.1999	Tobelbad, Ludwigsquelle	05.07.2012	Tobelbad, Ludwigsquelle	25.07.1975	Tobelbad, Ludwigsquelle	25.07.1975	Tobelbad, Ferdinandsquelle		
Datum																													
Erigbarkeit (l/s)		1,4	1,25		3,7					1,0		9,0	9,5																
El. Leitfähigkeit (µS/cm)	1.209,0	1.076 (20 °C)	1.080 (20 °C)	920 (20 °C)	7.040 (20 °C)	7.450 (20 °C)	640 (20 °C)	6.700 (20 °C)	7.450 (20 °C)	7.450 (20 °C)	18,3	26,3	612 (20 °C)	612 (20 °C)	673 (25 °C)	698,3 (20 °C)	685,2 (20 °C)	673 (25 °C)	698,3 (20 °C)	673 (25 °C)	673 (25 °C)	698,3 (20 °C)	685,2 (20 °C)	698,3 (20 °C)	685,2 (20 °C)	685,2 (20 °C)	685,2 (20 °C)	685,2 (20 °C)	
Auslauftemperatur (°C)		16,3	16,5	16,7	18,4	18,3	26,3	20,1	20,1	18,3	26,3	27,0	27,0	27,0	21,5	27,2	27,2	21,5	27,2	21,5	21,5	26,8	27,2	27,2	27,2	27,2	27,2	24,1	
pH		6,96	6,96	6,7	6,36	6,14	6,78	6,31	6,31	6,14	6,14	6,78	7,11	7,11	7,5	7,3	7,3	7,5	7,3	7,5	7,5	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,08	
Kationen (mg/l)																													
Calcium (Ca)	39,7	37,0	40,8	20,9	157,4	160,92	80,0	149,1	149,1	160,92	160,92	80,0	86,2	86,2	81,7	102,8	102,8	81,7	98,3	81,7	81,7	98,3	102,8	102,8	102,8	102,8	102,8	100,7	
Magnesium (Mg)	7,03		6,4	4,3	68,6	60,52	28,5	52,3	52,3	60,52	60,52	28,5	29,2	29,2	29,1	37,1	36,1	29,1	37,1	29,1	29,1	37,1	36,1	36,1	36,1	36,1	36,1	35,0	
Natrium (Na)	191,0	215,1	243,0	210,0	1.886,0	1.701,0	9,3	1.151,0	1.151,0	1.701,0	1.701,0	9,3	7,1	7,1	9,2	4,4	5,31	9,2	4,4	9,2	9,2	4,4	5,31	5,31	5,31	5,31	5,31	5,47	
Kalium (K)	15,1	15,2	16,8	14,8	55,3	51,1	2,5	55,3	55,3	51,1	51,1	2,5	3,5	3,5	3,2	2,4	2,4	3,2	2,3	3,2	3,2	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,8	
Summe	252,83	267,3	307,0	250,0	2.112,0	1.973,54	120,3	1.407,7	1.407,7	1.973,54	1.973,54	120,3	126,0	126,0	123,2	142,1	146,61	123,2	142,1	123,2	123,2	142,1	146,61	146,61	146,61	146,61	143,97		
Anionen (mg/l)																													
Hydrogencarbonat (HCO ₃)	629,0	691,9	756,6	628,0	3.905,0	3.825,8	241,0	2.318,0	2.318,0	3.825,8	3.825,8	241,0	220,7	220,7		347,3	336,7												
Chlorid (Cl)	30,94	20,7	29,6	12,5	1.032,0	845,2	5,6	834,3	834,3	845,2	845,2	5,6	5,82	5,82	5,4	2,0	4,78	5,4	2,0	5,4	5,4	2,0	3,82	3,82	3,82	3,82	3,82	4,78	
Sulfat (SO ₄)	5,06		7,2	6,0	114,6	97,96	151,0	93,2	93,2	97,96	97,96	151,0	158,7	158,7	160,0	128,4	126,5	160,0	119,0	160,0	160,0	119,0	128,4	128,4	128,4	128,4	126,5		
Summe	665,0	712,6	793,4	646,5	5.051,6	4.768,96	397,6	3.245,5	3.245,5	4.768,96	4.768,96	397,6	385,22	385,22	165,4	479,52	467,98	165,4	121,0	165,4	165,4	121,0	479,52	479,52	479,52	479,52	467,98		
Spezielle Parameter																													
Kationen (µg/l)																													
Aluminium (Al)								450,0	450,0																				
Ammonium (NH ₄)			1.580,0	900,0				80,0	80,0	7.200,0				10,0															
Barium (Ba)								12,0	12,0																				
Blei (Pb)																													
Chrom (Cr)																													
Eisen (Fe)		170,0	330 (2+)	340,0	900,0	1.640,0	0,18	1.020 (2+)	1.020 (2+)	1.640,0	1.640,0	0,18	20 (2+)	20 (2+)	490,0	160,0	926,0	490,0	160,0	490,0	490,0	160,0	160,0	160,0	160,0	160,0	160,0	926,0	

Erschließungen	Literaturverweis	Datum	Kohlenstoff-14 (% modern)	Kohlenstoff-14 (Jahre)	Kohlenstoff-13 (‰)	Tritium (TU)	Sauerstoff-18 (‰)	Deuterium (‰)	Schwefel-34 (‰)	Radium-226 (Bq/l)	Radon-222 (Bq/l)
Bad Tatzmannsdorf, Thermal 3	1	17.12.2007	1,32	35.220	-2,6	< 0,2	-10,36	-74,8			
Bad Tatzmannsdorf, Therme 72	2	14.05.1992				0,9				0,137	
Bad Tatzmannsdorf, Marienquelle Neu	3	14.09.1994								0,22	5,9
Bad Schönau IV	4	08.03.2001				0,8	-11,56	-63,3			
Bad Schönau IV	5	26.06.2001								0,464	0,486
Bad Schönau III	6	10.04.2000				0,3	-10,9	-77,3			
Stegersbach, Thermal 1	7	17.01.2006								0,148	7,2
Stegersbach, Thermal 1	8	11.04.1999				< NWG	-9,72	-66,7			
Stegersbach, Thermal 2	9	11.04.1999					-10,36	-73,5			
Stegersbach, Thermal 2	10	17.01.2006								0,108	4,9
Stegersbach, Thermal 2	11	31.01.2000			-7,11	0,4	-11,94	-85,7		0,0062	6,8
Litzelsdorf 1	12	09.07.2013				< 0,3	-11,37	-63,1			
Loipersdorf, Lautenberg 1	13	10.05.1977 bzw. 11.11.1980	2,28			3	-9,23				
Loipersdorf, Lautenberg 1	14	02.12.1996								0,19	1,84
Loipersdorf, Binderberg 1	15	02.12.1996								0,21	1,95
Loipersdorf, Grieselstein Thermal 1	16	10.08.2005	< 2		-3,6	< 1	-10,2	-70,5			
Fürstenfeld, Thermal 1 (Sandschaler-Zone, Badenium)	17	1988					-5,7	-50			
Fürstenfeld, FF1	18	23.05.1999				0,0	-4,57	-42,1			
Fürstenfeld, FF2	19	16.06.1999				13,7 ?	-5,32	-46,4		3,3	0,9
Bad Blumau 2	20	06.03.1996			-0,91		-7,23	-60,1			
Bad Blumau 2	21	09.03.2001			-0,49		-7,94	-59,6			
Bad Blumau 2	22	15.10.2004			-4,25		-8,20	-63,2			
Bad Blumau 2	23	12.04.2007			-1,12		-8,33	-61,1			
Bad Blumau 3	24	05.07.1996– 21.07.1996		10.000– 18.000			-10,27 bis -9,75	-72,4 bis -70,9			
Bad Waltersdorf 1	25	30.04.1980	0,8				-10,24	-72,5			
Bad Waltersdorf 1	26	14.08.1975								0,0481	2,405
Bad Waltersdorf 4 (Obere Lageniden-Zone)	27	19.02.2003			-6,9	< 0,2	-10,36	-71,1			
Ottendorf Thermal 1	28	24.07.2003				< 0,4	-10,74	-73,6			
Bad Gleichenberg, Thermal 1	29	28.01.2002				0,5	-11,35	-71,6		0,585	11
Bad Gleichenberg, Mariannenquelle	30	09.12.1999				0,0	-11,28	-80,8			
Bad Gleichenberg, Thermalquelle	31	09.12.1999				0,0	-11,45	-82,9			
Bad Gleichenberg, Karlsbrunnen	32	09.12.1999				12,30	-9,46	-66,8			
Bad Gleichenberg, Konstantinquelle	33	09.12.1999				10,9	-8,87	-62,5			
Bad Gleichenberg, Maria-Theresienquelle	34	09.12.1999				3,1	-10,90	-77,8			

Bad Gleichenberg, Sophienquelle	35	09.12.1999				1,1	-11,03	-78,4			
Bad Gleichenberg, Römerquelle	36	09.12.1999				8	-10,37	-74,2			
Bad Gleichenberg, Werléquelle	37	09.12.1999				9,5	-9,98	-71,0			
Ilz, Thermal 1 (Sandschaler-Zone)	38	08.06.1999			-1,72	0,7	-9,45	-67,9			
Ilz, Thermal 1 (Sandschaler-Zone)	39	25.09.2000				1,2	-10,19	-69,5		0,020	5,5
Ilz, Thermal 1, Grazer Paläozoikum	40	1999								2,6	
Graz, Puntigam II	41	1976					-10,19	-86,4			
Graz, Puntigam II	42	1972	8,27	ca. 20.000		7					
Graz, Puntigam III	43	04.09.1997	9,52	18.100	-3,87						
Tobelbad, Ludwigsquelle	44	26.06.1972	16,45	14.500		2		-65,2			
Tobelbad, Ludwigsquelle	45	22.07.1974				25		-68,3			
Tobelbad, Ludwigsquelle	46	25.07.1975								< 1,85	13,32
Tobelbad, Ludwigsquelle	47	02.04.1976	28,3	10.150		5	-10,2	-70,3			
Tobelbad, Ferdinandsquelle	48	22.07.1974				23		-68,9			
Tobelbad, Ferdinandsquelle	49	02.04.1976	7,9	20.400		7	-10,2	-70,7			
Köflach, Thermal 1	50	27.01.1999				0,4	-10,55	-73,9			
Köflach, Thermal 1	51	26.04.2000			-7,62	0,8	-10,48	-73,2		0,105	

Tab. 74.

Isotopenanalysen von Bad Tatzmannsdorf, Bad Schönau, Stegersbach, Loipersdorf, Fürstenfeld, Bad Blumau, Bad Waltersdorf, Ottendorf, Bad Gleichenberg, Ilz, Graz, Tobelbad und Köflach (1: ARC, 2007, zit. nach EISNER & GOLDBRUNNER, 2008a; 2: BUNDESVERSUCHS- UND FORSCHUNGSANSTALT ARSENAL, 1993, zit. nach MARKTL et al., 1999; 3: BUNDESANSTALT FÜR CHEMISCHE, PHARMAZEUTISCHE UND BALNEOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN, 1995, zit. nach MARKTL et al., 1999; 4: PAGESCH, 2001, zit. nach GOLDBRUNNER & GOLD, 2002c; 5: HOLLENSTEINER & KLENNER, 2001, zit. nach KRIEGL & GOLDBRUNNER, 2001; 6: PAGESCH, 2000, zit. nach KRIEGL & GOLDBRUNNER, 2001; 7, 10: PREY et al., 2006; 8, 9: PAGESCH, 1999, zit. nach BÖCHZELT & GOLDBRUNNER, 2000a; 11: ROTTER & SPACEK, 2000a; 12: SÜVEGES, 2014; 13: GOLDBRUNNER & GOLD, 2002d; 14, 15: RABER & Irgolic, 1997; 16: LORENZ & WECHNER, 2005; 17: GOLDBRUNNER, 1988; 18, 19: BÖCHZELT & GOLDBRUNNER, 2000b; 20–23: EISNER & GOLDBRUNNER, 2009; 24: BUNDESFORSCHUNGS- UND PRÜFZENTRUM ARSENAL, 1996, zit. nach GOLDBRUNNER & EISNER, 1997a; 25: IAEA, 1980, zit. nach ZETINIGG, 1993; 26: INSTITUT FÜR RADIUMFORSCHUNG UND KERNPHYSIK DER ÖSTERREICHISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN, 1975, zit. nach ZETINIGG, 1993; 27: TESCH, 2003, zit. nach EISNER & GOLDBRUNNER, 2003a; 28: SPACEK, 2003, zit. nach EISNER & GOLDBRUNNER, 2003b; 29: BENETKA & SPACEK, 2002a; 30–37: PAGESCH, 2000, zit. nach KRIEGL et al., 2000b; 38: GOLDBRUNNER & GOLD, 2002e; 39: ÖSTERREICHER & SPACEK, 2000; 40: ARSENAL RESEARCH, 1999, zit. nach GOLDBRUNNER & EISNER, 1999; 41: ZÖTL et al., 1993; 42: BVFA ARSENAL, 1972, zit. nach ZÖTL et al., 1993; 43: TESCH, 1997; 44: BALNEOLOGISCHES INSTITUT DER UNIVERSITÄT INNSBRUCK, 1972, zit. nach ZÖTL, 1993b; 45, 48: BVFA ARSENAL, 1974, zit. nach ZÖTL, 1993b; 46: INSTITUT FÜR ANORGANISCHE UND ANALYTISCHE CHEMIE DER UNIVERSITÄT GRAZ, 1975, zit. nach ZETINIGG, 1993; 47, 49: BVFA ARSENAL, 1976, zit. nach ZETINIGG, 1993; 50: ARSENAL RESEARCH, 2000, zit. nach wasserrechtlich relevanten Unterlagen, Archiv der FA Hydrogeologie; 51: ROTTER & SPACEK, 2000b).

Erschließungen	Literaturverweis	Datum	Gasschüttung	Kohlenstoffdioxid (Vol.%)	Stickstoff (Vol.%)	Methan (Vol.%)	Sauerstoff (Vol.%)	Ethan (Vol.%)	Propan (Vol.%)	Schwefelwasserstoff (Vol.%)
Bad Tatzmannsdorf, Thermal 1	1	30.05.1990	0,15 l/s bei Wasserförder-rate von 5,6 l/s	2,94	96,86	0,13				2 ppm
Bad Tatzmannsdorf, Therme 72	2	14.05.1992	5,2 l/s bei Wasserförder-rate von 1,3 l/s	85,49	12,68	1,48	< 0,1	0,004		
Bad Tatzmannsdorf, Marienquelle Neu	3	14.09.1994	ca. 11 l/s bei Wasser-förderrate von 4,5 l/s	97,80	1,83	0,23				
Bad Schönau III	4	2011		96,30						
Bad Schönau III	5	07.10.1997	2 l/min bei Wasserförder-rate von 1,96 l/min	74,47	20,73	< 0,01	4,80	< 0,01	< 0,01	
Bad Schönau III	6	04.05.1984		96,56	3,56		0,0020	0,0010	0,0016	
Bad Schönau III	7	29.05.1970	227 l/min	97,27	2,72 Restgas		0,03			
Bad Schönau IV	8	26.06.2001		95,3	1,38	0,045		< 0,0001	< 0,0001	

Erschließungen	Literaturverweis	Datum	Gasschüttung	Kohlenstoffdioxid (Vol.%)	Stickstoff (Vol.%)	Methan (Vol.%)	Sauerstoff (Vol.%)	Ethan (Vol.%)	Propan (Vol.%)	Schwefelwasserstoff (Vol.%)
Stegersbach, Thermal 1	9	17.01.2006	300 l/h bei Wasserförder- rate von 1,94 m³/h	9,6	19,4	70,1				
Stegersbach, Thermal 1	10	15.04.1998		3	25	71				
Stegersbach, Thermal 1	11	29.05.1990	6 l/min bei Wasserförder- rate von 48 l/min	2,21	26,04	71,62		0,08	0,02	0,075
Stegersbach, Thermal 2	12	17.01.2006	< 0,5 l/h bei Wasser- förderrate von 7,2 m³/h	1,35	80,5	17,4				
Stegersbach, Thermal 2	13	30.03.2000	0,15–25,4 ml pro 1 l Wasser	2,41	59,92	36,78	< 0,05			
Loipersdorf, Binderberg 1	14	18.06.1976	820 ml/min bei Wasser- förderrate von 250 m³/Tag	39,4	21,9	38,7				
Loipersdorf, Grieselstein Thermal 1	15	18.03.2008	Gas/Wasser-Verhältnis 1:7,3	30,191	31,822	37,4		0,08	0,048	
Loipersdorf, Grieselstein Thermal 1	16	10.08.2005		7,4	54	38,2		0,043	0,01	
Fürstenfeld, Thermal 1 (Sandschaler-Zone)	17	1991	Gas/Wasser-Verhältnis 1:6,5		10	88	2			
Bad Blumau 1a	18	1989	Gas/Wasser-Verhältnis 60:1	Überwie- gender Anteil						
Bad Blumau 2	19	Durch- schnittswerte: 07.05.2000 bis 05.12.2006	1 t/h bei Wasserförder- rate von 22 l/s	96	2,6	1,7		0,016	0,004	
Bad Waltersdorf 1	20	08.08.1978	2,5 l/min bei Wasser- förderrate von 3,4 l/s		100 Inertgas					
Bad Waltersdorf 4, Sarmatium	21	24.07.2003	0,4 ml pro 1 l Wasser	0,2	92,3	6,4				
Ottendorf, Thermal 1	22	24.07.2003	11 ml Gas pro 1 l Wasser	0,82	64,3	34,0	< 0,05			
Bad Gleichenberg, Thermal 1	23	28.01.2002	Gas/Wasser-Verhältnis 3:1	95,8	1,26	2,77	0,14			
Bad Gleichenberg, Mariannenquelle	24	16.04.1983	335 ml/min Gas bei Wasserförder- rate von 160 l/min	88,6	11,4					
Iiz Thermal 1 (Sandschaler-Zone)	25	25.09.2000	2,3 m³/h; 530 ml Gas pro 1 l Wasser	19,4	43,9	36,3	< 0,05			
Mettersdorf am Saßbach, Ursulaquelle	26	02.06.1992	0,96 l/min	99,1	0,6	0,1	0,2			
Sulzegg, Silverquelle	27	02.03.1984	ca. 6,5 l/min	91,1	7,9 Restgas					
Köflach, Thermal 1	28	26.04.2000	ca. 20,8 ml Gas pro 1 l Wasser	0,49	98,08	0,15				

Tab. 75.

Frei aufsteigende Gase von Bad Tatzmannsdorf, Bad Schönau, Stegersbach, Loipersdorf, Fürstenfeld, Bad Blumau, Bad Waltersdorf, Ottendorf, Bad Gleichenberg, Iiz, Mettersdorf am Saßbach, Sulzegg und Köflach (1: STEHLIK, 1994, zit. nach MARKTL et al., 1999; 2: BUNDESVERSUCHS- UND FORSCHUNGSANSTALT ARSENAL, 1993, zit. nach MARKTL et al., 1999; 3: BUNDESANSTALT FÜR CHEMISCHE, PHARMAZEUTISCHE UND BALNEOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN, 1995, zit. nach MARKTL et al., 1999; 4: KRIEGL & GOLDBRUNNER, 2012; 5: FOISNER, 1998a; 6: ÖMV-AG, 1984, zit. nach GOLDBRUNNER, 1991; 7: ÖMV-AG, 1970, zit. nach GOLDBRUNNER, 1991; 8: HOLLENSTEINER & KLENNER, 2001, zit. nach KRIEGL & GOLDBRUNNER, 2001; 9, 12: PREY et al., 2006; 10: PREY et al., 1998; 11: STEHLIK, 1990, zit. nach GOLDBRUNNER, 1993c; 13: ROTTER & SPACEK, 2000a; 14: GOLDBRUNNER, 1993d; 15: GRESCHONIG, 2008; 16: LORENZ & WECHNER, 2005; 17: RABER, 1991, zit. nach GOLDBRUNNER, 1993c; 18: GOLDBRUNNER, 1993c; 19: EISNER & GOLDBRUNNER, 2009; 20: INSTITUT FÜR ANALYTISCHE CHEMIE DER UNIVERSITÄT GRAZ, 1978, zit. nach ZETINIGG, 1993; 21: SPACEK, 2003, zit. nach EISNER & GOLDBRUNNER, 2003a; 22: SPACEK, 2003, zit. nach EISNER & GOLDBRUNNER, 2003b; 23: BENETKA & SPACEK, 2002a; 24: INSTITUT FÜR PHARMAKODYNAMIK UND TOXIKOLOGIE DER UNIVERSITÄT GRAZ, 1983, zit. nach wasserrechtlich relevanten Unterlagen, Archiv der FA Hydrogeologie; 25: ÖSTERREICHER & SPACEK, 2000; 26: INSTITUT FÜR ANALYTISCHE CHEMIE DER UNIVERSITÄT GRAZ, 1992, zit. nach wasserrechtlich relevanten Unterlagen, Archiv der FA Hydrogeologie; 27: INSTITUT FÜR ANALYTISCHE CHEMIE DER UNIVERSITÄT GRAZ, 1984, zit. nach ZETINIGG, 1993; 28: ROTTER & SPACEK, 2000b).