

8 Einzelne Thermalwasservorkommen im ostalpinen Kristallin und seiner mesozoischen Bedeckung

(D. ELSTER)

8.1 Payerbach (NÖ)

Aktuelle Nutzung und Entwicklungsgeschichte

Die Tiefbohrung Payerbach Thermal 1 (Abb. 111) wurde 1995 von der damaligen ÖMV abgeteuft (WESSELY & SAUER, 2001). Nach den Autoren handelte es sich zu diesem Zeitpunkt um die längste Bohrstrecke im Grauwackenzone-Deckensystem und dem Semmering-Wechsel-Deckensystem. Obwohl Thermalwasser angetroffen wurde, konnte ein in den 1990er Jahren geplantes Thermenprojekt nicht realisiert werden. Gegenwärtig ist die Bohrung verschlossen, theoretisch jedoch nutzbar.

Hydrogeologie

Die mit einem Neigungswinkel von rund $17,1^\circ$ niedergebrachte Tiefbohrung Payerbach Thermal 1 wurde am Südostrand der Nördlichen Kalkalpen bis auf eine Endteufe von 2.700 m MD abgeteuft. Nach WESSELY & SAUER (2001) boten sich für die Thermalwassererschließung permomesozoische Sedimente des Semmering-Wechsel-Deckensystems an. Diese werden vom Grauwackenzone-Deckensystem überlagert. So wurden Thermalwasser führende mesozoische Speichergesteine, geklüftete Dolomite und Quarzite ab ca. 2.200 m vermutet. Außerdem wurde eine Mineralisierung durch Anhydrite sowie das Auftreten von meteorischem Wasser angenommen.

Bei der Bohrung wurde der Grenzbereich von Grauwackenzone-Deckensystem und Semmering-Wechsel-Deckensystem bei 2.053 m MD angetroffen (Abb. 112). Ein Bohrprofil befindet sich in Tabelle 106. Von 2.250,0 bis 2.325,0 m MD konnte innerhalb von Tonschiefern des „Keupers“ (permomesozoische Bedeckung) geringmächtige Dolomit- und Quarziteinlagerungen nach-

gewiesen werden, die sich als Bereiche mit höheren Kluftporositäten herausstellten. Bei einem ersten Kurzzeitpumpversuch wurden 1,07 l/s Formationswasser bei einer Spiegelabsenkung von 430 m gefördert. Ein Mammutpumpversuch im Jahr 1996 ergab ein ähnliches Ergebnis. Nachdem eine Säurestimulation zu keinem besseren Ergebnis führte, wurden weitere Bereiche perforiert. Die Zusatzperforationen im Semmeringquarzit, dem Anhydrit-Karbonat-Komplex und dem Überschiebungsbereich zum Grauwackenzone-Deckensystem brachten jedoch ebenfalls keine deutlich höhere Förderleistung. Zusammenfassend wurden folgende Perforationen durchgeführt: Perforation 1 mit den Intervallen 2.110,0 bis 2.187,0 m, 2.130,0 bis 2.135,0 m, 2.125,0 bis 2.160,0 m und 2.178,0 bis 2.184,0 m (Gesamtmächtigkeit 33,0 m) und Perforation 2 mit den Intervallen 2.045,0 bis 2.060,0 m und 2.073,0 bis 2.080,0 m (Gesamtmächtigkeit 22,0 m). EISNER & GOLDBRUNNER (1997) geben eine freie Überlaufmenge von 0,27 l/s (im Jahr 1996) mit einer Temperatur von $12,7^\circ\text{C}$ an, wobei sich die niedrige Temperatur aufgrund des langsamen Aufstiegs ergibt. Zudem wurde 1997 im Zuge von Flow-Meter- und Temperaturmessungen bei laufendem Pumpbetrieb festgestellt, dass der Hauptzufluss im unteren Perforationshorizont von 2.110,0 bis 2.135,0 m stattfindet. Bei der großen Heilwasseranalyse vom 15.01.1998 wurde bei einer Förderleistung von 0,95 l/s eine Absenkung von 315 m nachgewiesen (FOISNER, 1998b). Auch ist zu erwähnen, dass die Temperatur bei der Sohle rund 57°C und bei ca. 2.300 m $49,3^\circ\text{C}$ betrug. WESSELY & SCHMID (2001) schließen aufgrund dieser etwas unter der normalen geothermischen Tiefenstufe liegenden Werte auf eine Beeinflussung durch in die Tiefe sinkende kalte Wässer.



Abb. 111.
Lage der Erschließung südöstlich von Payerbach.

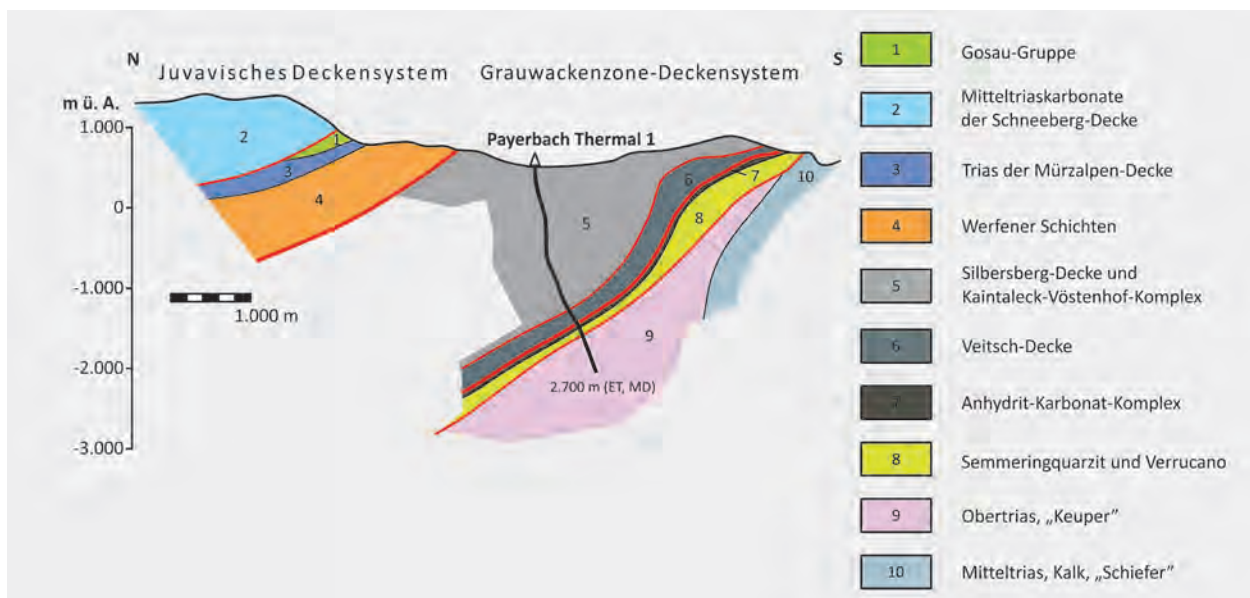


Abb. 112.
Profilschnitt von Payerbach Thermal 1 (verändert nach GRATZER et al., 2001: Abb. 2).

Teufen MD (m)	Payerbach Thermal 1
-4,0	Quartär
-2.053,0	Grauwackenzone-Deckensystem -17,0: Kaintaleck-Vöstenhof-Komplex -1.855,0: Silbersberg-Decke -2.053,0: Veitsch-Decke
-2.700,0 (ET)	Semmering-Wechsel-Deckensystem -2.112,0: Karbonat-Anhydrit-Komplex (Mitteltrias) -2.185,0: Semmeringquarzit und Alpinen Verrucano (Untertrias bis Oberperm) -2.700,0: Obertrias („Keuper“) mit gestörtem Quarzit und Serizitquarzit von 2.250,0 bis 2.325,0 und Tonschiefern mit Dolomit sowie Quarzitlagen von 2.685,0 bis 2.695,0

Tab. 106.
Bohrprofil von Payerbach Thermal 1 (verändert nach GRATZER et al., 2001: Tab. 1).

Hydrochemie

Bei dem 28,4 °C (Förderstrom von 0,95 l/s) warmen Thermalwasser handelt es sich um einen Calcium-Magnesium-Natrium-Sulfat-Typ mit einer Gesamtmineralisation von ca. 4.600 mg/l (Tab. 115). FOISNER (1998b) weist auf einen Radiumgehalt (^{226}Ra) von 3,36 Bq/l (Tab. 119), 1,3 mg/l Mineralölkohlenwasserstoffe und einen auffällig hohen Gehalt an Arsen (0,2 mg/l) hin. Tritium konnte nicht nachgewiesen werden, somit ist ein Einfluss durch oberflächennahe Wässer auszuschließen. Untersuchungen zu den stabilen Umweltisotopen Deuterium und Sauerstoff-18, sowie zu frei aufsteigenden Gasen, liegen nicht vor.

8.2 Mürztal (STMK)

Aktuelle Nutzung und Entwicklungsgeschichte

Das Thermalwasser der erfolgreichen Tiefbohrung Mürztal Thermal 1 (12 l/s; 46 °C Auslauftemperatur) wird gegenwärtig nicht genutzt und die vorliegende wasserrechtliche Bewilligung ist ausschließlich auf die Durchführung von Pumpversuchen beschränkt. Die Tiefbohrung (Abb. 113) selbst wurde 2003 niedergebracht. Ziel war die Erschließung von balneologisch nutzbarem Thermalwasser.

Hydrogeologie

Die Tiefbohrung Mürztal Thermal 1 wurde nach EISNER & GOLDBRUNNER (2003c) am Südrand des miozänen Pull-Apart-Beckens von Kapfenberg-Kindberg bis auf eine Endteufe von 1.620,0 m unter GOK niedergebracht. Die Beckenbasis besteht vorwiegend aus Dolomiten, Kalcken, Rohwacken in Wechsellagerung mit Serizitschiefern, quarzitischen Phylliten und Quarziten des Permomesozoikums und des oberostalpinen Paläozoikums (Tab. 107). GOLDBRUNNER et al. (2006) untergliedern das Becken auf Basis von Seismikmessungen in ein tieferes nördliches Hauptbecken und ein seichtereres südlich gelegenes Teilbecken (Abb. 114). In Letzterem wurde die Tiefbohrung abgeteuft. Der Beckenuntergrund befindet sich beim Hauptbecken bei ca. 1.000 m unter GOK und beim Teilbecken bei ca. 700 m unter GOK, dazwischen befindet sich eine Hochzone mit einer Breite von ca. 400 bis 500 m, die von steilstehenden Störungen begrenzt ist. Bis zu einer Tiefe von 104 m unter GOK wurden neogene Beckensedimente („Mürztaler Tertiär“) angetroffen (GOLDBRUNNER et al., 2006). Zwischen 104 und 214 m unter GOK folgte im Neogen eine Abfolge von vorwiegend Karbonaten und Quarziten, die als Grundgebirgsscholle interpretiert wurde. Diese ist auf tektoni-

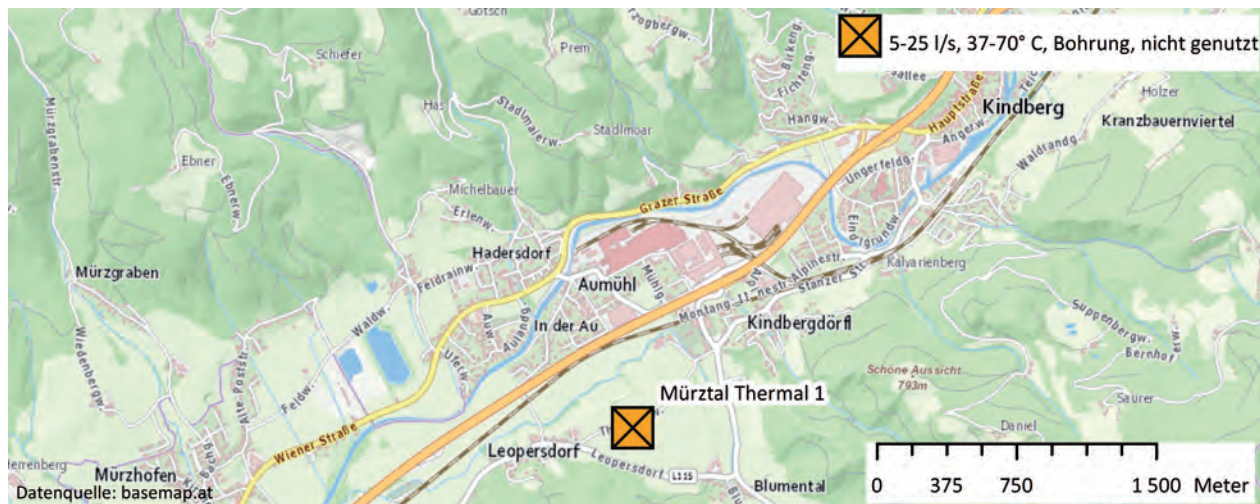


Abb. 113.
Lage der Erschließung südwestlich von Kindberg im Mürztal.

Teufen TVD (m u. GOK)	Mürztal Thermal 1
-24,0	Quartär
-104,0	Neogen („Mürztaler Tertiär“)
	Störung
-215,0	Unterostalpin Grundgebirge mit Störungszonen; neogene Einschuppungen
	Störung
-595,0	Neogen („Mürztaler Tertiär“) mit metamorphem Sedimenteintrag
	Transgression
-1.150,0	Unterostalpin. Verschuppung von permomesozoischen Karbonaten und Mürztaler Quarzphyllit. Ab -1.050 m Auftreten von Grobgnaisen.
	Störung
-1.285,0	Unterostalpin (Mürztaler Quarzphyllit) / Oberostalpin Paläozoikum (Schöckelkalk)
	Überschiebung
-1.562,5	Oberostalpin Paläozoikum (Schöckelkalk)
-1.620,0	Oberostalpin Paläozoikum (Arzberger Schichten?)

Tab. 107.
Bohrprofil von Mürztal Thermal 1 (nach GOLDBRUNNER, 2012b).

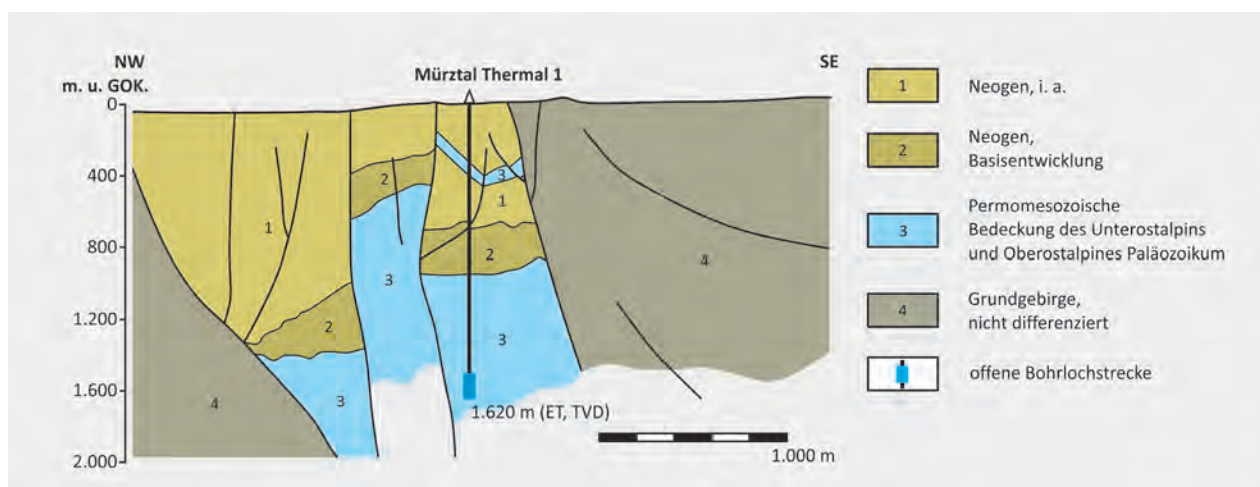


Abb. 114.
Profilschnitt von Mürztal Thermal 1 (verändert nach GOLDBRUNNER et al., 2006).

sche Bewegungen am Südrand des Beckens zurückzuführen, da im Liegenden bis zur Beckenbasis abermals neogene Abfolgen auftraten. Von 1.480,3 m bis zur Endteufe befindet sich die für die Förderung relevante offene Bohrlochstrecke (EISNER & GOLDBRUNNER, 2003c). Aufgrund des Auftretens von totalen Spülungsverlusten zeigte sich der Bereich um 1.524 m als Thermalwasser führende Kluftzone. Bei einem Langzeitpumpversuch vom 24.05.2003 bis zum 25.07.2003 wurden quasi-stationäre Bedingungen bei einem Grundwasserspiegel von 112,6 m unter GOK (4,9 l/s Förderrate und 43 °C Auslauftemperatur) bzw. 208,0 m unter GOK (11,8 l/s Förderrate und 46 °C Auslauftemperatur) erreicht. Zu Beginn des Pumpversuchs lag der Ausgangswasserspiegel bei 85,5 m unter GOK. Die Auswertung der Pumpversuche (zwei Mammutpumpversuche und ein Langzeitpumpversuch) und deren Aufspiegelungsphasen ergab eine Transmissivität von $2,95 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ für den sondenfernen Bereich. Für die scheinbare Mächtigkeit des Zuflussbereichs wurden 5 bis 15 m und somit ein kf-Wert von ca. $4 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ angenommen. Als Einzugsgebiet kommen für GOLDBRUNNER et al. (2006) die umrahmenden Berge südlich des Mürtztales sowie des Stanzertales in Frage. Hierbei gelangen Niederschlagswasser über Klüfte in den tieferen Untergrund.

Hydrochemie

Bei dem ca. 46 °C warmen Thermalwasser von Mürtztal Thermal 1 handelt es sich um einen Calcium-Natrium-(Magnesium)-Sulfat-(Chlorid)-Typ mit einer Gesamtmineralisation von ca. 5.300 mg/l (Tab. 115). Da Sauerstoff-18 (-11,9 ‰) und Deuterium (-86,8 ‰) auf der MWL plotten, ist von einer überwiegend meteorischen Wasserkomponente auszugehen (Tab. 119). Die Abreicherung von Sauerstoff-18 ist auf ein kaltzeitliches Grundwasseralter zurückzuführen. Eine Beeinflussung von jungen Wässern (< 50 Jahre) konnte nicht festgestellt werden (Tritium: < 1 TU). Die hohen Gehalte an Strontium (15,4 mg/l) und Fluorid (3,1 mg/l) deuten auf eine hohe Eindringtiefe des Thermalwas-

sers (Tab. 115). Diese Annahme wird auch durch den hohen Gehalt an Kieselsäure (37,7 mg/l) gestützt. So würde nach der Geothermometerberechnung von VERMA (2000) für Quarz eine Formationstemperatur von ca. 82 °C vorliegen. Die geothermische Tiefenstufe beträgt ca. 2,9 °C/100 m (48 °C bei 1.640 m). Die frei aufsteigenden Gase bestehen vorwiegend aus Stickstoff (92,3 Vol.%) (Tab. 120). GOLDBRUNNER et al. (2006) weisen auf den erstaunlich niedrigen Gehalt an Kohlenstoffdioxid (0,22 Vol.%) hin, obwohl sich im Umkreis (Jasnitztal und Stanzertal) Sauerlinge befinden.

8.3 Wolkersdorf im Lavanttal (K)

Entwicklungsgeschichte

Am 10.07.1967 kam es in der Braunkohlegrube des Lavanttaler Kohlenbergbaus bei einem Vortrieb unterhalb von Großedling zu einem Thermalwassereinbruch (BECK-MANNAGETTA, 1975; KÄHLER, 1978). Zunächst handelte es sich um Tropfwasser, doch vier Tage später flossen bereits 50 l/s aus. Infolge kam es zu einem Überfluten, doch der Einbruch konnte bald wieder unter Kontrolle gebracht werden. Das Vorkommen (Abb. 115) ist heute unzugänglich, da der Bergbau bereits 1968 eingestellt wurde.

Hydrogeologie

Der Thermalwassereinbruch erfolgte nach KÄHLER (1978: 131) aus dem Hangenden des Liegendflözes: „Der Stollen (Streb 25 L), bei dem es zu dem Thermalwassereinbruch kam, wurde 2 km nördlich des Zentralschachtes Wolkersdorf von der zweiten Liegendsohle vorgerichtet und war 96 m lang.“ BECK-MANNAGETTA (1975) vermutete einen Zusammenhang mit der rund 70 m entfernten Tiefbohrung PF 1, die eventuell für das Thermalwasser eine Wegigkeit geschaffen hatte. Mit dieser im Jahr 1949 niedergebrachten Bohrung wollte man tieferliegende Köhlfloze bis maximal 1.200 m erreichen, sie verblieb jedoch in 1.100,7 m Tiefe in einer



Abb. 115.
Lage der Erschließung bei Wolkersdorf im Lavanttal.

Brekzie aus Kristallinmaterial. So konnte ein Grundflöz nicht erreicht werden. Der hohe Salzgehalt wurde von KAHLER (1978) mit tonreichen marinen „Tertiärschichten“ im Liegenden der Kohleflöze in Verbindung gebracht. Der Thermalwassereinbruch hatte ursprünglich eine Schüttung von 50 l/s und eine Temperatur von 38 °C. Es folgte jedoch bald eine Minderung auf rund 33 l/s. Nachdem der Abbau der Kohle verlegt wurde, ging die Schüttung auf 10 l/s zurück. Sie stieg jedoch wieder auf 25 l/s an, als sich der Abbau abermals der Einbruchsstelle näherte. Zuletzt soll die Auslauftemperatur sogar auf 39,2 °C angestiegen sein. Erst nach weiteren Versuchen zur Eindämmung des Wasserzutritts ging die Schüttung auf 5 l/s zurück.

Hydrochemie

Bei dem Thermalwasser handelte es sich um einen Natrium-Hydrogencarbonat-Chlorid-Typ mit einer Gesamtmineralisation von ca. 1.600 mg/l (Abb. 115) und einer Auslauftemperatur von rund 39 °C.

8.4 Bad Weißenbach (K)

Aktuelle Nutzung und Entwicklungsgeschichte

Gegenwärtig werden die Thermalwässer der artesischen Brunnen (Abb. 116), das sind die Thomas Miriam Quelle (B1/82), die Heinz Sabine Quelle (B2/80) und die Franz Kahler Quelle (B2/82), für das Thermalbad Weißenbach genutzt. Die Bohrung B1/80 ist nicht in Verwendung und die Quelfassungen Kupferquelle, Bäderquelle und Sauerlingsquelle am Hangfuß im Westen des Thermalbades existieren nicht mehr. Die wasserrechtlich bewilligte Entnahmemenge beträgt für die genannten Brunnen 2,5 l/s. Für die drei Brunnen Thomas Miriam Quelle, Heinz Sabine Quelle und Franz Kahler Quelle bestehen außerdem engere Schutzgebiete für die Fassungsgebiete (Schutzzone I) sowie ein weiteres Schutzgebiet (Schutzzone II).

Es ist nicht bekannt, seit wann die thermalen Wässer von Bad Weißenbach genutzt werden (JANSCHKE, 1995). DIEM (1928) führt an, dass das Bad lange Zeit verfallen war und um 1900 instandgesetzt wurde. Die mit einem Schacht gefasste Bäderquelle wurde jedoch bereits 1861 beschrieben (KAHLER, 1978). Detailliertere Untersuchungen der mit seichten Schächten gefassten Kupferquelle und Sauerlingsquelle stammen aus der Nachkriegszeit. Für lange Zeit wurde die Bäderquelle als Hauptversorgung genutzt. Mit dem Ziel, Thermalwasser mit deutlich mehr als 20 °C zu erschließen, wurden von 1980 bis 1982 vier Bohrungen niedergebracht. Im Jahr 2001 wurden die drei heute genutzten Bohrungen zuletzt saniert (BECHTOLD, 2001). Zudem wurden die Thomas Miriam Quelle und die Franz Kahler Quelle im Jahr 1987 als Heilvorkommen anerkannt.

Hydrogeologie

Die Thermalquellen von Bad Weißenbach befinden sich am Ostrand der Saualpe im NW–SE verlaufenden Weißenbachtal, das einer tiefreichenden Störungszone folgt. Nach GAMERITH (1992) besteht die Gesteinsabfolge lokal hauptsächlich aus Bändergneisen, Marmoren und Schiefergneisen der katazonalen Schiefergneisgruppe. Zudem treten untergeordnet Kalksilikatfels, Pegmatoid und Amphibolit/Granatamphibolit auf. Ein ausgedehnter Marmorkörper (Teil des Preims-Komplexes, zentrale Serie der Koralpe; WEISSENBACH & PISTOTNIK, 2000), der an der nordöstlichen Hangseite des Weißenbachtals anstehend auftritt, agiert als Thermalwasseraquifer. Nach KAHLER (1978) sind die Wasseraustritte an Tiefpunkte im Tal gebunden. Der Talboden weist Mächtigkeiten von mehreren Metern auf und geht am Talrand in ebenso mächtige Terrassensedimente über (GAMERITH, 1992). Aufgrund einer Süd bis Südost einfallenden Störung (ca. 100 m südlich des Thermalbades), die das Weißenbachtal ENE–WSW quert, tauchen die Marmore und Gneise unter das Gelände ab und sind somit gegen Süden tektonisch begrenzt. Der Marmor dürfte sich gegen Süden, wenn überhaupt, erst in größerer Tiefe fort-

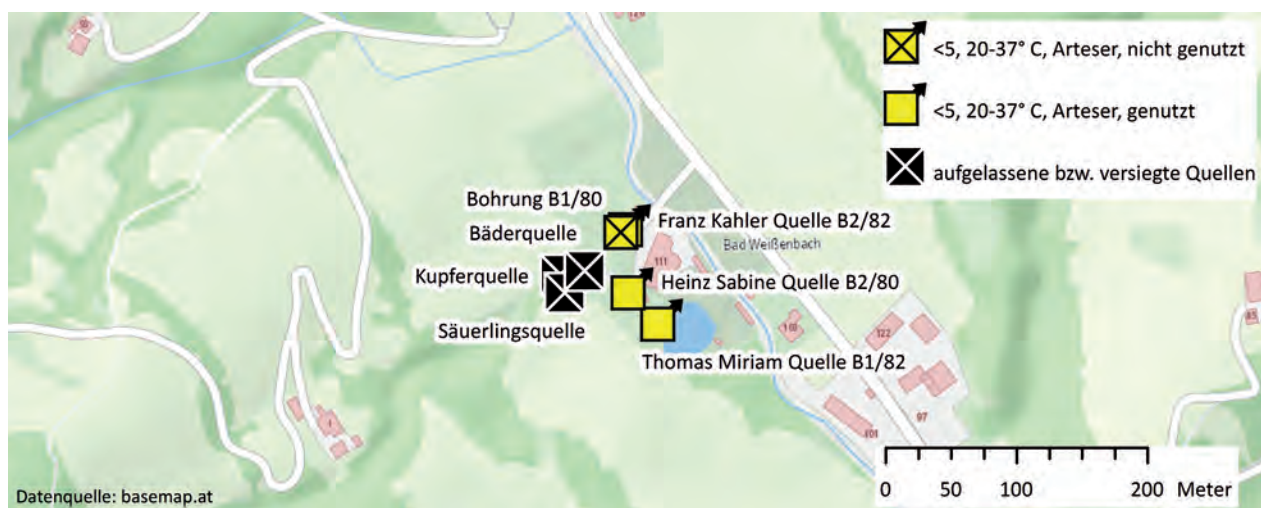


Abb. 116.
Lage der Erschließungen in Bad Weißenbach.

Bezeichnung	Endteufe (m)	Perforation (m)	artesischer Überlauf (l/s)	Auslauftemperatur (°C)
Franz Kahler Quelle (B2/82)	40,0	19,6 bis 39,6	1,05 (22.09.1999)	31,35 (22.09.1999)
Heinz Sabine Quelle (B2/80)	50,0	11,0 bis 50,0	0,16 (22.09.1999)	26,20 (22.09.1999)
Thomas Miriam Quelle (B1/82)	93,0	28,7 bis 90,0	1,10 (22.09.1999)	31,80 (22.09.1999)
B1/80	30,0		0,77 (13.02.1981)	
Bäderquelle	5,4		3,00 (bei Pumpbetrieb, 1978)	23,80 (04.03.1967)
Kupferquelle			0,42 (04.03.1967)	16,05 (04.03.1967)

Tab. 108.

Eckdaten zu den Brunnen und Quellen von Bad Weißenbach (kompiliert nach POLZ, 1999b; MARKTL, 1993; GAMERITH, 1995; KAHLER, 1978).

setzen. Es wird angenommen, dass diese Störung für den Aufstieg der Wässer eine wichtige Rolle spielt.

Die Thomas Miriam Quelle wurde bis auf eine Endteufe von 93 m niedergebracht (KAHLER & ZÖTL, 1993a). Nach der Durchörterung der Talfüllung wurde von 9 bis 47 m Mylonit und Schiefergneis durchbohrt. Im Liegenden folgten von 47 m bis zur Endteufe stark zerbrochener Marmor und Metasandstein. Nachdem ein erster artesischer Überlauf bei einer Bohrtiefe von 35,5 m auftrat, der sich bei einer Bohrtiefe von 57 m auf 2,5 l/s mit 31 °C steigerte, folgte bei der Fortsetzung der Bohrung ein totaler Spülverlust, da ein Karsthohlraum angefahren wurde. Dieser wurde anschließend plombiert. Die heutige Perforationsstrecke befindet sich von 28,7 bis 90 m unter GOK (MARKTL, 1993). Eine Übersicht über die weiteren Brunnen befindet sich in Tabelle 108.

Hydrochemie

Bei den Thermalwässern von Bad Weißenbach handelt es sich um einen Calcium-Natrium-Hydrogencarbonat-Typ. Die Gesamtmineralisation liegt zwischen 2.000 und 2.200 mg/l und die Auslauftemperatur variiert von 26 bis 32 °C (Abb. 115). Aufgrund des hohen Gehalts an freier Kohlensäure (ca. 1.000 mg/l) weisen die Wässer niedrige pH-Werte (pH 6,1 bis 6,5, Messreihen 1953 bis 1981) auf. KAHLER & ZÖTL (1993a) weisen bezüglich der Spurenelemente auf einen möglichen Einfluss des Kollnitzer Vulkanites hin (Strontium 2.080 bis 2.270 µg/l;

Barium 480 bis 500 µg/l; Lithium 606 bis 670 µg/l; Bor 3.100 bis 3.468 µg/l). Auffallend hoch ist auch die Arsenkonzentration der Wässer (0,14 bis 0,39 mg/l), die deutlich über der Toxizitätsgrenze für Trinkwasserkuren liegt. Diese Problematik tritt auch bei anderen Grundwässern auf, die mit dem Preims-Komplex zu assoziieren sind (MATHIASCHITZ et al., 2003). Geringe bzw. unter der Nachweisgrenze liegende Werte an Tritium deuten bei den drei genutzten Bohrungen auf keinen bis sehr geringen Einfluss durch oberflächennahe Wässer (Tab. 119). Das Thermalwasser der nicht mehr existierenden seichteren, durch Quellschächte erschlossenen Vorkommen dürfte jedoch schon von oberflächennahem Wasser deutlich beeinflusst worden sein, das zeigt z.B. ein am 23.02.1981 gemessener Tritiumgehalt von 31 TU (GAMERITH, 1992). Bei der Thomas Miriam Quelle wurde außerdem eine Gasschüttung von ca. 0,36 l/s (Gas/Wasser-Verhältnis 1 : 11) mit einem Kohlenstoffdioxidanteil von mehr als 75 Vol.% festgestellt (Tab. 120).

8.5 Fohnsdorf (STMK)

Aktuelle Nutzung und Entwicklungsgeschichte

Die wasserrechtlich bewilligte Entnahmemenge bei Gabelhofen Thermal 1 (Abb. 117) beträgt maximal 208 m³/Tag. Kurzfristige Spitzenentnahmen dürfen höchstens 5,2 l/s erreichen.

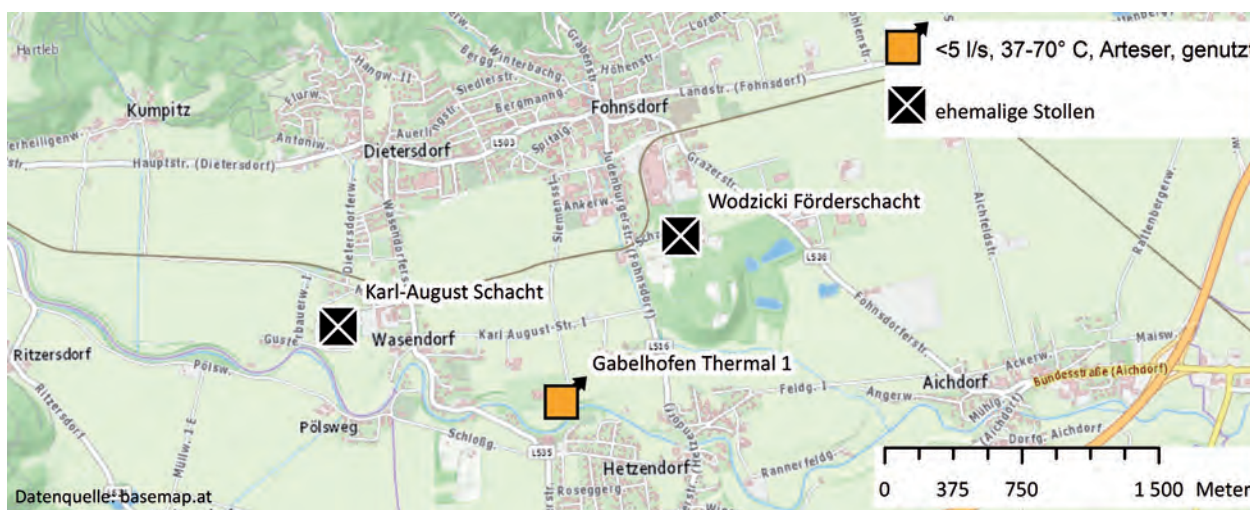


Abb. 117.

Lage der Erschließungen südlich bzw. südwestlich von Fohnsdorf.

Im Kohlenbergbau von Fohnsdorf kam es 1940 zu einem ersten Thermalwassereinbruch bei Vertiefungsarbeiten des Wodzicki Hauptschachtes (ZETINIGG, 1993). Dort wurde zu diesem Zeitpunkt schon seit rund 50 Jahren Kohle gefördert. Infolge musste der Schacht aufgrund des großen Wasserzutritts verschlossen werden. Diese Arbeiten gestalteten sich sehr schwierig und dauerten bis 1942 an. Das Interesse an dem Thermalwasser wurde erst viel später geweckt. Der Bergbau hatte zu diesem Zeitpunkt, nämlich im Jahr 1979, längst geschlossen. So wurde die Bohrung Gabelhofen Thermal 1 im Jahr 1995 niedergebracht (EISNER et al., 1995). Anschließend verging mehr als ein Jahrzehnt, bis die Thermenanlage im Jahr 2007 eröffnete.

Hydrogeologie

Die Tiefbohrung Gabelhofen Thermal 1 befindet sich im Norden des Fohnsdorfer Beckens. Dessen Formung ist auf zwei dominierende Störungssysteme zurückzuführen: Das NW–SE streichende Störungssystem der Pöls-Lavanttal-Linie und das ENE–WSW streichende System der Mur-Mürz-Störungszone. EISNER et al. (1995) beschreiben das rhombenförmige Becken zusammenfassend als Teil einer Reihe von alpidischen Absenkungszonen, die an ein Netzwerk von verschiedenen orientierten jungalpidischen Störungszonen gebunden sind. Die Basis des Beckens bildet das ostalpine Kristallin, das sich aus Schiefergneisen, Orthogneisen, Glimmerschiefern und Marmoren zusammensetzt. Die limnisch-fluviatile Beckenfüllung setzt mit einer Basisbrekzie (Karpantium) ein, darüber folgen unter anderem der sogenannte „Liegendsandstein“, der „Fohnsdorfer Horizont“ (Kohlenflöz) und der „Bandschiefer“ (bituminöser Schiefer). Die darüber folgenden, bis zu 1.000 m mächtigen Blockschotter sind dem unteren Badenium zuzuordnen. Die Beckenfüllung weist nach POLESNY (1970) Mächtigkeiten von bis zu 2.000 m auf.

Der Thermalwassereinbruch beim Wodzicki Hauptschacht stand wahrscheinlich mit dem Wasser führenden und stark geklüfteten Marmorkomplex an der Basis der neogenen Beckenfüllung in Zusammenhang (ZETINIGG, 1993). Es wird angenommen, dass die Basisbrekzie im Hangenden der Marmore abdichtend wirkt und somit einen Aufstieg des Thermalwassers in die Beckensedimente verhindert. Da die Gneise und Glimmer-

schiefer des Grundgebirges stark gestört sind, erscheint es auch möglich, dass sie an die Marmore hydraulisch anschließen. Bei 32 m ab Sohle des 10. Horizonts, dieser befand sich bei einer Teufe von 833 m, fand im klüftigen Gneis des Grundgebirges ein erster Thermalwassereinbruch mit rund 0,8 l/s und 35 °C statt. Da in Folge weitere Thermalwasser führende Klüfte mit einem Zufluss von maximal 12 l/s bei 39,9 °C angefahren wurden, musste der Schacht unter schwierigen Bedingungen abgeschlossen werden.

Im nahe gelegenen Karl-August Schacht sind an der Grundgebirgs-/Beckengrenze ebenfalls Wasserzutritte mit Sinterkrusten dokumentiert worden (ZETINIGG, 1993). Hier wurde in einer Störungszone innerhalb einer Sandsteinlage der Basisbrekzie auch das Natrium-Aluminium-Karbonat Dawsonit gefunden, das auf thermale Mineralwässer hinweist.

In einer Entfernung von 1.175 m zum Wodzicki Schacht und 1.325 m zum Karl-August Schacht wurde Gabelhofen Thermal 1 bis auf eine Endteufe von 2.000,0 m unter GOK abgeteuft (BÖCHZELT & GOLDBRUNNER, 2001). Im Liegenden der 38 m mächtigen quartären Sedimente traf man bis 1.096,0 m die neogene Beckenfüllung an. Darunter folgte das kristalline Grundgebirge (Tab. 109, Abb. 118). Der Zielhorizont, der Thermalwasser führende Marmorkomplex, wurde nicht angetroffen und die Tiefbohrung verblieb im Glimmerschieferkomplex. Die Thermalwasserförderung erfolgt aus der offenen Bohrlochstrecke ab 1.074,5 m. Die Bohrung lief zunächst artesisch mit 0,4 l/s über, der Schließdruck lag bei rund 8 bar. Im Zuge von Pumpversuchen wurden die quasistationären Zustände erst nach langer Pumpdauer erreicht. So trat bei der ersten Förderstufe von 1,6 l/s dieser Zustand bei einer Absenkung von 350 m unter GOK nach zwei Monaten ein. Bei 2,4 l/s und einer maximalen Absenkung von 693,5 m unter GOK dauerte das Erreichen des quasistationären Zustands sogar drei Monate. Die Ergebnisse der Aufspiegelung zeigten auch, dass die sondenfernen Abschnitte mit einer Transmissivität von $3,54$ bis $5,18 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ wahrscheinlich von dem Marmorkomplex beeinflusst sind. Das belegen im Vergleich zu den sondennahen Abschnitten bessere Durchlässigkeiten. Kf-Werte konnten nicht bestimmt werden, da die Nettomächtigkeit des Kluftaquifers nicht

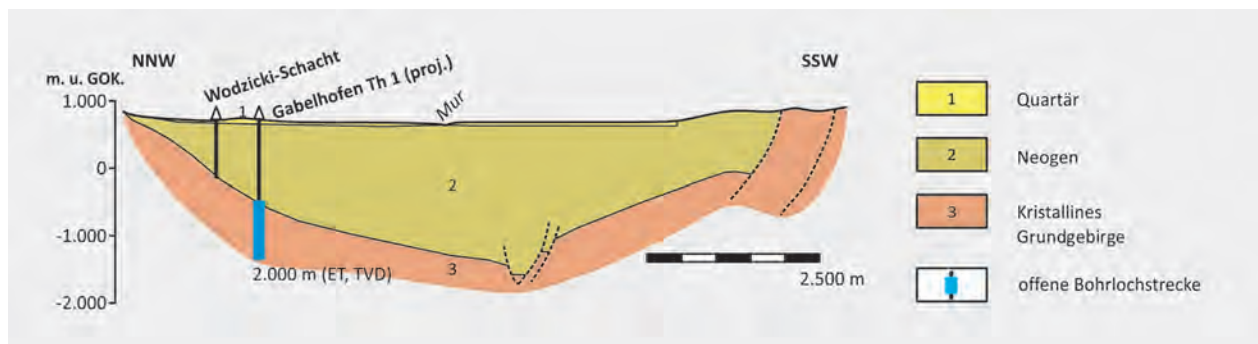


Abb. 118.
Profilschnitt von Gabelhofen Thermal 1 (verändert nach SACHSENHOFER et al., 2010).

Teufen TVD (m u. GOK)	Gabelhofen Thermal 1
-38,5	Quartär
-1.096,0	Neogen
-2.000,0 (ET)	Kristallines Grundgebirge

Tab. 109.
Bohrprofil von Gabelhofen Thermal 1 (nach BÖCHZELT & GOLDBRUNNER, 2001).

eindeutig bestimmt werden konnte. Zudem ist zu erwähnen, dass die Temperatur bei der Endteufe bei ca. 61,5 °C lag. Dies entspricht einer geothermischen Tiefenstufe von ca. 3 °C/100 m.

Hydrochemie

Bei Gabelhofen Thermal 1 handelt es sich um ein über 40 °C (abhängig von der Förderrate) warmes Thermalwasser vom Natrium-Chlorid-Hydrogencarbonat-Typ mit einer Gesamtmineralisation von ca. 10.500 mg/l (Abb. 115). Die hohen Werte von Strontium (11,2 mg/l), Fluorid (2,2 mg/l) und Lithium (5,6 mg/l) deuten auf eine große Eindringtiefe des Thermalwassers. Der Gehalt an Borsäure (120 mg/l) könnte auf eine vulkanogene Beeinflussung des Thermalwassers zurückzuführen sein. Dafür spricht auch die hohe Konzentration an freiem Kohlenstoffdioxid (1.058 mg/l) (Tab. 115). Deuterium (-79,6 ‰) und Sauerstoff-18 (-10,75 ‰) plotten auf der Niederschlagsgeraden, somit kommt es zu einer Regeneration der Hauptkomponente des Vorkommens (Tab. 119). Da Tritium nicht nachgewiesen wurde, ist eine Beeinflussung durch oberflächennahe Wässer auszuschließen (Tab. 119). Das Gas besteht vorwiegend aus Kohlenstoffdioxid (96,6 Vol. %) wobei das Gas/Wasser-Verhältnis 2,5:1 bis 2,7:1 beträgt (Tab. 120).

Abb. 119.
Lage der Erschließung bei St. Kanzian.



8.6 St. Kanzian (K)

Aktuelle Nutzung und Entwicklungsgeschichte

Derzeit wird das Thermalwasser von St. Kanzian Thermal 1 (Abb. 119) nicht genutzt. Die wasserrechtlich bewilligte Fördermenge von 4 l/s bezieht sich auf die Durchführung von Pumpversuchen. Die Gemeinde von St. Kanzian strebte seit mehreren Jahren die Erschließung von Thermalwasser an. Erste Ideen für ein Thermenprojekt entstanden 1996. So folgte im Jahr 2000 eine geologische Studie inklusive einer Machbarkeitsbewertung. Fünf Jahre später wurde St. Kanzian Thermal niedergebracht.

Hydrogeologie

St. Kanzian Thermal 1 wurde ca. 500 m nördlich des Klopeiner Sees bis auf eine Endteufe von 1.700,0 m unter GOK abgeteuft (Tab. 110) (GOLDBRUNNER, 2012b). Konglomerate der Süßwassermolasse (Sattnitz Konglomerate) stehen im Norden und Süden des Bohrstandortes oberflächennahe an (SCHMID & GRATZER, 2004). Das Bohrziel waren in erster Linie Karbonateinschaltungen des „Saualpenkristallins“ (Koralpe-Wölz-Deckensystem), das im Liegenden der neogenen Beckenfüllung und des Drauzug-Gurktal-Deckensystems erwartet wurde. Aufgrund der Nähe zur Periadriatischen Naht im Süden des Klopeiner Sees wurde auch erwartet, dass sich tiefgreifende Störungen auf die Wasserwegigkeit bzw. Wasserzirkulation positiv auswirken würden.

Nachdem eine 15 m mächtige holozäne Bedeckung durchörtert wurde, folgten bis 260 m unter GOK Sedimente des neogenen Klagenfurt-Beckens (GOLDBRUNNER, 2012b). Im Liegenden wurde zunächst eine 130 m mächtige Übergangszone von der neogenen Bedeckung zum Drauzug-Gurktal-Deckensystem, bestehend aus Tonen, Konglomeraten sowie Glimmer-, Chlorit- und Tonschiefern angetroffen. Darunter befinden sich bis 1.380 m unter GOK Glimmer-, Quarzit-, Chlorit- und Tonschiefer sowie Phyllite des Kristallins des Drauzug-Gurktal-Deckensystems. Bis zur Endteufe von 1.700 m verblieb die Tiefbohrung anschließend in Glimmer-

Teufen TVD (m u. GOK)	St. Kanzian Thermal 1
-15,0	Holozän
-260,0	Neogen (Konglomerate, Sande, Kiese sowie Schluffe und Tone)
-390,0	Übergangszone zum Kristallin des Drauzug-Gurktal-Deckensystems (Tone, Konglomerate, Glimmer-, Chlorit- und Tonschiefer sowie Phyllite)
-1.380,0	Kristallin des Drauzug-Gurktal-Deckensystems (Glimmer-, Quarzit-, Chlorit- und Tonschiefer sowie Phyllite)
-1.700,0 (ET)	Koralpe-Wölz-Deckensystem (Glimmer- und Chloritschiefer, Marmor)

Tab. 110.
Bohrprofil von St. Kanzian Thermal 1 (nach GOLDBRUNNER, 2012b).

und Chloritschiefern sowie Marmoren des „Saulpenkristallins“. Die Filterstrecken wurden von 642,38 bis 1.674,67 m unter GOK mit einer Nettomächtigkeit von 374,25 m gesetzt. Somit wurden auch Zuflüsse innerhalb der zerklüfteten Glimmerschiefer des Kristallins des Drauzug-Gurktal-Deckensystems erfasst, doch der Hauptzufluss erfolgt ab 1.443,08 m im Bereich von Marmorlagen des „Saulpenkristallins“. Der im Zuge von Pumpversuchen extrapolierte Ruhewasserspiegel lag bei 72 m unter GOK. Bei dem 3. Pumpversuch vom 24.07.2006 bis 11.08.2006 wurden bei Förderraten von 1,7 bis 2,3 l/s Absenkungen von 390 bis 480 m unter GOK erreicht. Die Auslauftemperatur betrug hierbei

40 bis 46 °C. Die Auswertung der folgenden Aufspiegelungsphasen der Pumpversuche ergab eine durchschnittliche Transmissivität von $5 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

Hydrochemie

Bei dem Thermalwasser von St. Kanzian Thermal 1 handelt es sich um einen Natrium-Chlorid-Hydrogen-carbonat-Typ mit einer Gesamtmineralisation von ca. 23.500 mg/l (Abb. 114). Tritium konnte bei der Probenahme am 29.03.2006 nicht nachgewiesen werden, somit ist eine Beeinflussung durch jüngere Wässer auszuschließen. Auffällig sind die hohen Konzentrationen der stabilen Umweltsotope Sauerstoff-18 (-6,24 ‰) und Deuterium (-54,9 ‰), daher liegt vermutlich eine Mischung von Formationswasser mit meteorischem Grundwasser vor (Tab. 119). Außerdem betrug während des 3. Pumpversuches der Gas-Volumenstrom 10 bis 28 l/s bei einer Förderrate von 1,7 bis 2,3 l/s.

8.7 Wildbad Einöd (STMK)

Aktuelle Nutzung und Entwicklungsgeschichte

Für die Thermalquellen von Wildbad Einöd (Abb. 120) besteht ein wasserrechtlich bewilligter Gesamtkonsens von 10,5 l/s. Ein Schutzgebiet ist ebenfalls festgelegt.

Das Thermalwasservorkommen von Wildbad Einöd war bereits in vorrömischen Zeiten bekannt (MAURIN, 1993). Die ersten schriftlichen Überlieferungen stammen allerdings aus dem Beginn des 15. Jahrhunderts.

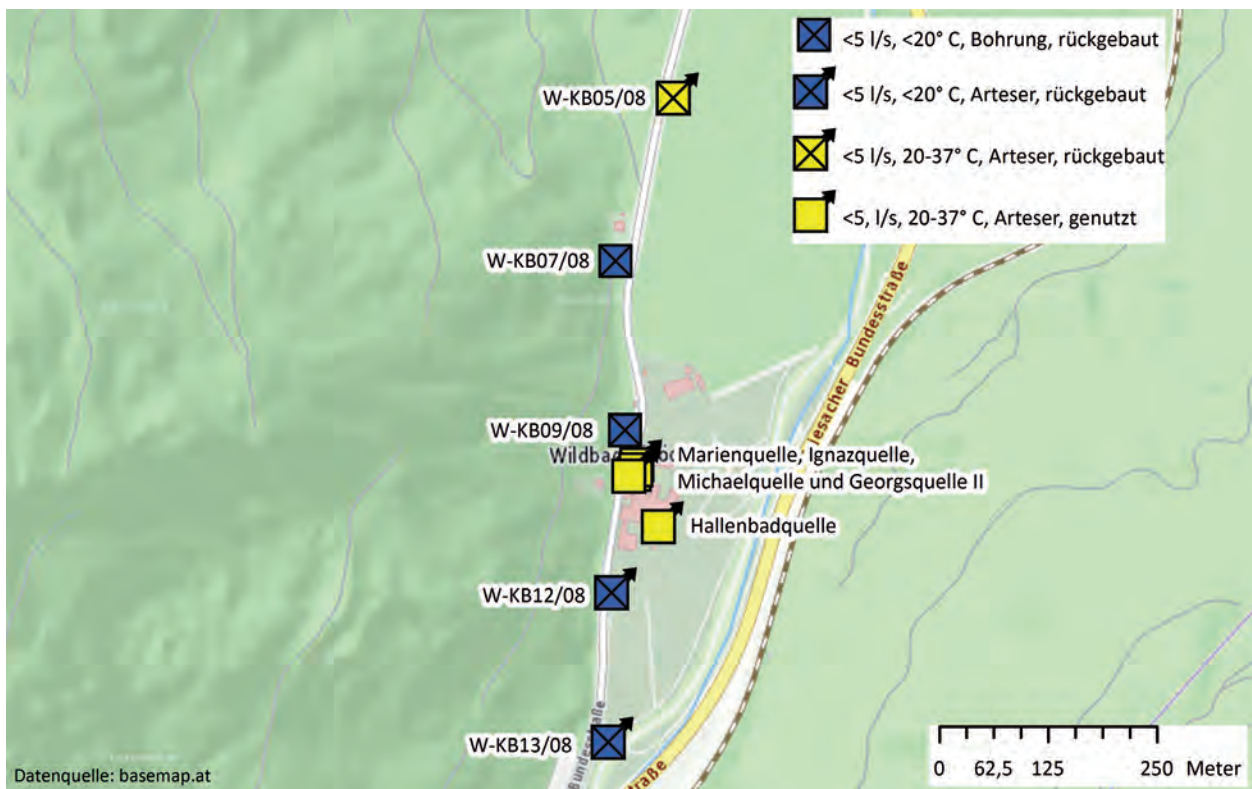


Abb. 120.
Lage der Erschließungen von Wildbad Einöd.

Schon bald versuchte man das Thermalwasser von dem kalten Quellwasser zu trennen, um eine Durchmischung zu vermeiden. So wurden erste Bohrversuche bereits Mitte des 19. Jahrhunderts unternommen. Im Jahr 1965 übernahm die Deutschordens-Schwestergemeinschaft Friesach die Badeanstalt. In den Jahren 1965/1966 folgte die Abteufung der Bohrbrunnen Ignazquelle, Michaelquelle, Georgsquelle II und Hallenbadquelle. Im Jahr 2001 kam mit der Erschließung der Marienquelle eine weitere Bohrung hinzu. Bei dieser handelt es sich um die im Jahr 1965 aufgelassene Römerquelle, die neu erschlossen wurde. Abschließend sei darauf hingewiesen, dass die genutzten Thermalquellen als Heilquellen anerkannt wurden.

Hydrogeologie

Das Thermalwasservorkommen von Wildbad Einöd befindet sich im Olsatal, das der N-S verlaufenden und steilstehenden Olsa-Störung folgt. Diese Störungszone schneidet die mit ca. 40 bis 50° nach NW einfallende

Überschiebungsbahn des Neumarkter Paläozoikums auf das Kristallin der basalen Glimmerschiefer-Decke (alle Drauzug-Gurktal-Deckensystem) (ASFINAG BAU MANAGEMENT GMBH, 2010). Das Neumarkter Paläozoikum umfasst vorwiegend Phyllite, Grünschiefer, phyllitische Glimmerschiefer, Metadiabase und Karbonate, deren Internbau für das Paläozoikum charakteristische Verfaltungen und Verschuppungen aufweist. Das Kristallin besteht hingegen aus Gesteinen mit mittel- bis hochgradiger Metamorphose, insbesondere aus Paragneisen, Glimmerschiefern, Quarziten und Amphiboliten.

Es wird angenommen, dass in großer Tiefe erhitzte Wässer über die tiefreichende Olsa-Störung aufsteigen (Abb. 121). Hierfür ist nach MAURIN (1993) ein komplexes System an kommunizierenden Klüften Voraussetzung. Die in der Spätphase der alpidischen Gebirgsbildung entstandene Störungszone weist nach EBNER et al. (2006) eine durch Dehnung entstandene Bruchstruktur auf. Zudem besteht parallel bis subparallel zu den tektonischen Hauptstörungen ein Kluftsystem, das

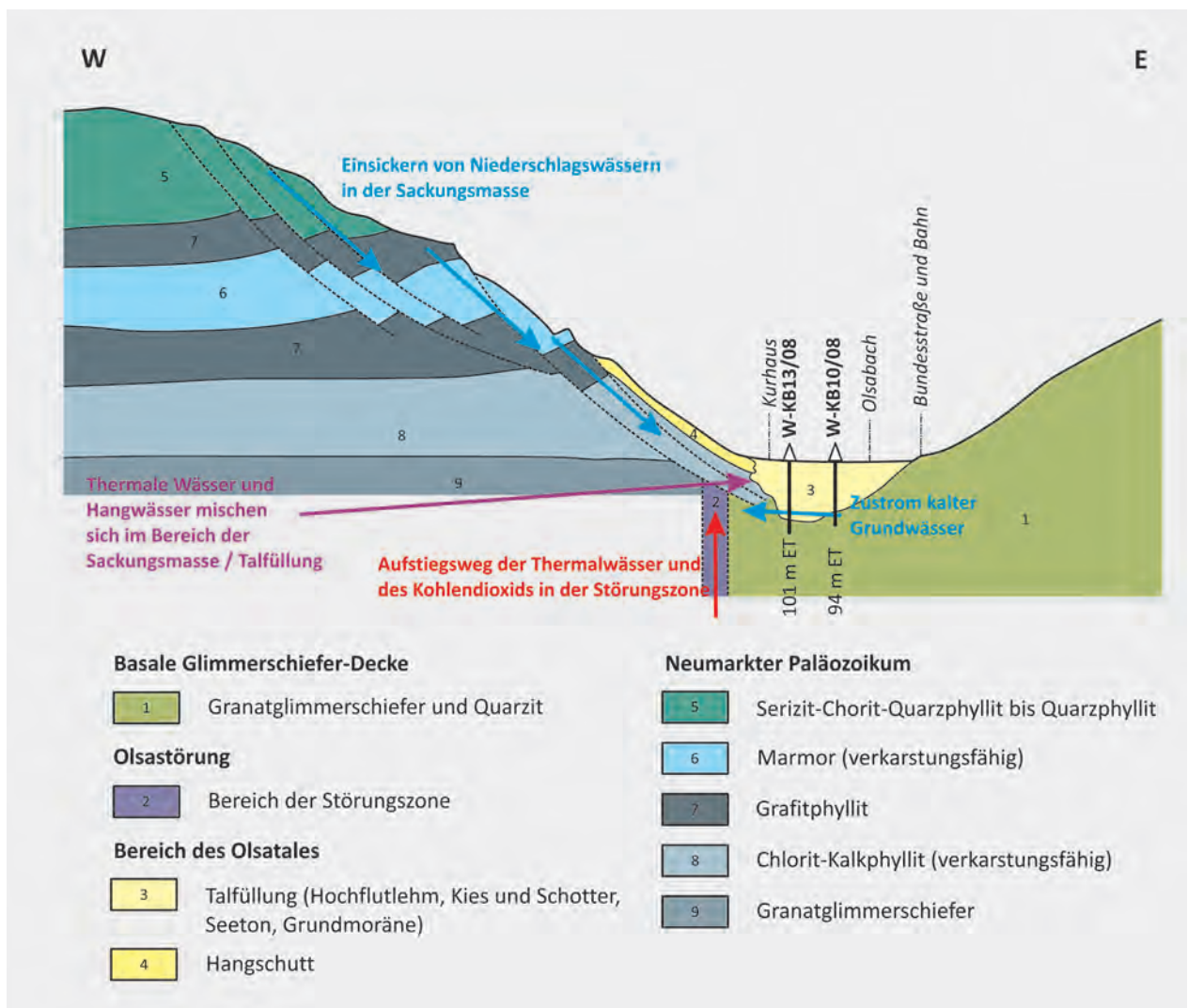


Abb. 121.
Profilschnitt von Wildbad Einöd (verändert nach ASFINAG BAU MANAGEMENT GMBH, 2010; GALL, 1983).

insbesondere im Bereich der Kuranstalt in größere Tiefen reicht. An der Basis des Paläozoikums sind zudem verkarstungsfähige Bänderkalke und Dolomite vorhanden, die auf der Höhe von Wildbad Einöd das Olsatal in einem geringmächtigen NE–SW streichenden Streifen queren. Somit ist ein tieferer Zustrom von Wässern aus dem Norden in Richtung Wildbad Einöd möglich.

Im Zuge der Hochwürm-Vergletscherung wurde die Sohle des Olsatales stark übertieft (MAURIN, 1983). Das führte nach dem Gletscherrückzug zu einer massiven Felsgleitung an der Westflanke (Groberberg-Osthang) und die in Schollen zerlegte Sackungsmasse kam erst durch den Gegenhang zum Stillstand. Nach einem neuerlichen Gletschervorstoß wurden limnische und fluviale Sedimente, insbesondere Wasser stauende Seetone und grobklastische Sedimente abgelagert. So kam es in den sandig-kiesig dominierten Bereichen der Talfüllung zur Bildung von gespannten Grundwässern. Zudem verzahnen diese Sedimente mit den Hangwasser führenden Ablagerungen der Sackungsmasse. Als Einzugsgebiet für das oberflächennahe Grundwasser wird von MAURIN (1993) der Osthang des Groberberges angenommen. Zudem dürfte auch eine Anreicherung des Grundwassers über den Schwemmfächer des Pollauer Baches (im Norden von Wildbad Einöd) erfolgen (ASFINAG BAU MANAGEMENT GMBH, 2010).

Nach MAURIN (1983) steigen die Thermalwässer in die Sedimente der Talfüllung und zum Teil in der Sackungsmasse auf, wobei es zu einer Durchmischung mit den beschriebenen Kaltwässern kommt. Im Rahmen eines Forschungsprojekts der Montanuniversität Leoben und

Joanneum Research wurden im erweiterten Umkreis der Kuranstalt die Bodengase auf Kohlenstoffdioxid und Helium untersucht. Es wurde festgestellt, dass sich die Aufstiegszone der thermal beeinflussten Wässer hauptsächlich über den Kurgarten bis zur Olsa (Vorfluter im Olsatal) erstreckt (EBNER et al., 2006). Die Autoren nahmen an, dass sich der Aufstieg der Thermalwässer im Festgesteinsuntergrund um den Kreuzungsbereich der NNE–SSW verlaufenden Olsa-Störung und der NE–SW streichenden Deckengrenze zwischen dem Neumarkter Paläozoikum und der basalen Glimmerschiefer-Decke konzentriert. Im Rahmen der umfangreichen Untersuchungen der ASFINAG BAU MANAGEMENT GMBH (2010) konnte auch im geklüfteten Fels des tieferen Untergrundes das Thermalwasser untersucht werden; auch hier waren Beimischungen von geringer mineralisierten Wässern zu beobachten. Es ist anzunehmen, dass diese kalten Wässer mit einer Grundwasseranreicherung über den Schwemmfächer des Pöllauer Baches im Zusammenhang stehen. Darauf lassen Isotopensignaturen schließen. Solche gering mineralisierten Kaltwässer wurden auch beispielsweise bei der Bohrung W-KB10/08 angetroffen. Zudem ist aufgrund der Tatsache, dass vor allem im Westen in größerer Tiefe stärker temperiertes Wasser angetroffen wurde, anzunehmen, dass sich die Hauptaufstiegszone entlang der Störungszone am westlichen Talrand bzw. unter der Sackungsmasse befindet.

In den Sedimenten der Talfüllung bei Wildbad Einöd treten auch Grundwasserhorizonte mit verschiedenen Druckniveaus und unterschiedlichen hydrochemischen

Bezeichnung	Wassertemperatur (°C)	Leitfähigkeit (µS/cm)	Schüttung (l/s)	Beschreibung
Messungszeitraum 2008 bis 2009				
Marienquelle	24,3 bis 25,5	2.800 bis 2.900	Zusammen 1,1 bis 4,1	Endteufe: 8 m
Georgsquelle II	22,5 bis 23,0	2.250		Endteufe: 53,1 m. Endteufe der ursprünglichen Georgsquelle: 10 m. Filterstrecke: 41,1 bis 51,1 m. 0 bis 11,0 m (torfige und tonige Lagen) 11,0 bis 52,6 m (Wechselagerung von Sanden und Kiesen) 52,6 bis 53,1 m (anstehender Fels)
Ignazquelle	21,3 bis 24,5	2.600 bis 2.850		Schacht mit zwei Bohrungen (Neue und Alte Ignazquelle) Endteufe: je 8 m Filterstrecke: 3 bis 8 m bzw. 6 bis 8 m Neue Ignazquelle: 0 bis 4,5 (lehmig, moorig bis sandig), 4,5 bis 8 (sandig und kiesig)
Michaelquelle	25,4 bis 25,8	2.850 bis 2.930		Schacht mit zwei Bohrungen (Alte und Neue Michaelquelle) Endteufe: 7,75 m (Alte Michaelquelle) bzw. 8 m (Neue Michaelquelle) Filterstrecke 5,75–7,75 m (Alte Michaelquelle) und 2–8 m (Neue Michaelquelle) Unter einer stauenden Schicht von Hochflutlehm wurde bei 4,8 m ein artesischer Wasseranstieg registriert.
Hallenbad- quelle	20,3 bis 21,2	2.280 bis 2.340	0,8 bis 1,5 bzw. 1,28 im Tagesmittel	Endteufe: 12 m Filterstrecke: 4 bis 7 m 0 bis 5,2 m (Hochflutlehm) Thermalwasserzutritt bei 5,2 m (steinig, sandig, kiesige Schicht), darüber Hochflutlehm.

Tab. 111.
Genutzte Thermalwasserbrunnen von Wildbad Einöd (kompiliert nach ASFINAG BAU MANAGEMENT GMBH, 2010; GALL, 1983; MAURIN, 1983, 1993).

Bezeichnung	W-KB13/08	W-KB12/08	W-KB09/08	W-KB07/08	W-KB05/08
T (°C), Mittelwert	18,02	18,57	16,67	16,73	23,65
Lf (µS/cm), Mittelwert	1.299	1.786	2.116	3.027	2.815
Schüttung (l/s), Pumpversuch	1,2 (Stufe 3)	4,5 (Stufe 3)	1,63 (Stufe 3)	1,61 (Stufe 3)	0,2 (Stufe 1)
Absenkung (m u. GOK)	12,17	0,93	1,92	3,4	12,73
Endteufe (m)	136,0	125,0	150,0	80,0	130,0
artesisch	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja
Ablenkung			Neigung 45°, Richtung 260°		
in Felsstrecke ausgebaut	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja
Filterstrecke (m)	107 bis 136	70 bis 100	75 bis 150	47 bis 77	89 bis 128
Lithologie der Filterstrecke	Mäßig bis stark zerlegte Phyllite und Glimmerschiefer mit Meter mächtigen Einschaltungen von Quarziten.	Kiesig-sandige Lockergesteine.	Stark zerlegte, klüftige Kalkphylite und Glimmerschiefer.	Stark zerlegte Kalkphylite, Serizit-Chloritphylite und Glimmerschiefer.	Wechsellagerung von Kalkphylliten, Glimmerschiefern und Grafitphylliten mit teilweise offenen Klüften.
Mittelwert kf (m/s)		1,4 x 10 ⁻⁴			
Mittelwert T (m²/s)		4,1 x 10 ⁻³			

Tab. 112.

Ausgewählte Grundwasserbeobachtungsmessstellen von Wildbad Einöd (nach ASFINAG BAU MANAGEMENT GMBH, 2010).

Eigenschaften auf, die chemisch nicht von dem aufsteigenden Thermalwasser beeinflusst sind (ASFINAG BAU MANAGEMENT GMBH, 2010). Dabei handelt es sich um lokal begrenzte, wassergesättigte Sand- und Kieslinsen mit hoher Mineralisierung, die von mikrobiologischen Abbauprozessen in den Torfen beeinflusst sind.

Gegenwärtig wird Thermalwasser aus fünf artesischen Brunnen mit Tiefen zwischen 8 und 53 m gewonnen (Tab. 111). Bei den seichten Brunnen Hallenbadquelle, Ignazquelle, Michaelquelle und Marienquelle wurde unter geringmächtigen (bis ca. 5 m) lehmig-sandigen Deckschichten in den grobklastischen Sedimenten artesisch aufsteigendes Thermalwasser angetroffen. Die Bohrung Georgsquelle II erreichte hingegen in einer Tiefe von 52,6 m das Festgestein, bei dem es sich nach MAURIN (1993) wahrscheinlich um einen Block der Sackungsmasse handelt. Über die letzten Jahrzehnte ist es zu einer Schüttungsverminderung sowie einem Anstieg der Mineralisation gekommen. So gab MAURIN (1993) noch eine Gesamtschüttung der genutzten Quellen von ca. 10 l/s an, wobei die Hallenbadquelle mit ca. 7,3 l/s die größte Schüttung aufwies. Heute schütten die Quellen mit 2,38 bis 5,38 l/s deutlich weniger und weisen Auslaufftemperaturen von ca. 20,3 bis 25,8 °C auf (ASFINAG BAU MANAGEMENT GMBH, 2010). Die Schwankungen von Temperatur und Leitfähigkeit sind jedoch, mit Ausnahme bei der Ignazquelle, kurzfristig.

Im Frühjahr 2008 wurden im Nahbereich des Heilbades geologische und hydrogeologische Untersuchungen durchgeführt, da ein Konflikt zwischen der Nutzung des Thermalwassers und der Realisierung des

Straßenprojektes nicht auszuschließen war. Um die Herkunft der Wässer abzuklären, folgte im Rahmen einer Erkundungskampagne von Beginn 2008 bis Ende 2009 die Abteufung von zahlreichen Bohrungen, die als Grundwasserbeobachtungsstellen ausgebaut wurden. Außerdem wurden im Oktober 2010 von der Forschungsgesellschaft Joanneum Research simultane Fluid-Logging-Messungen durchgeführt. Ein Auszug der als höher mineralisierte „warme Wässer“ klassifizierten Bohrungen mit einer Leitfähigkeit von über 1.200 µS/cm und einer Temperatur über 15 °C befindet sich in Tabelle 112. Bezüglich weiterer Detailinformationen sei auf das Projekt „S37 Klagenfurter Schnellstraße, Teilabschnitt 1“ der ASFINAG BAU MANAGEMENT GMBH (2010) hinzuweisen.

Hydrochemie

Bei den Thermalwässern von Wildbad Einöd handelt es sich um einen Calcium-Hydrogencarbonat-Sulfat-Typ mit elektrischen Leitfähigkeiten von 1.807 bis 2.830 µS/cm und Wassertemperaturen von 20,6 bis 25,4 °C (Tab. 116). Auffallend sind die hohen Konzentrationen an Bor (ca. 2 mg/l), Fluor (0,5 bis 2,4 mg/l) und Strontium (5 bis 8 mg/l), welche auf die tiefen Aufstiegswege des Thermalwassers hinweisen (Tab. 116). Die Sauerstoff-18-Werte weisen bei allen Brunnen, bis auf die Hallenbadquelle, auf ein Einzugsgebiet mit einer hohen mittleren Seehöhe hin (ASFINAG BAU MANAGEMENT GMBH, 2010). Aufgrund der niedrigen Tritiumgehalte ist bei der Ignazquelle und Marienquelle außerdem auf eine lange mittlere Verweilzeit zu schließen. Die Hallenbadquelle und Michaelquelle weisen hingegen hö-

here Werte auf, somit dürfte bei diesen Brunnen eine größere Beimischung von jüngeren Wässern bestehen. Des Weiteren ist eine starke Entgasung, bei der es sich vorwiegend um Kohlenstoffdioxid und zu einem geringeren Anteil um Schwefelwasserstoff handelt, charakteristisch.

8.8 Reifnitz (K)

Aktuelle Nutzung und Entwicklungsgeschichte

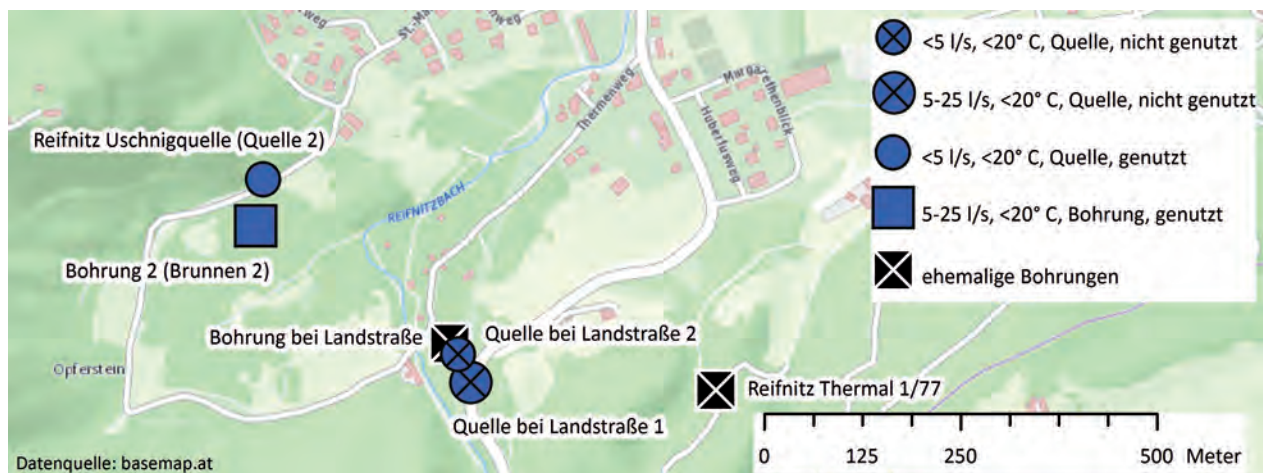
Die subthermal temperierten Wässer von Reifnitz werden ausschließlich für Wasserversorgungszwecke genutzt. So sind die Uschnigquellen (vier gefasste Austritte) und der Brunnen 2 (Abb. 122) in das Versorgungsnetz der Gemeinde eingebunden. Die Quellen bei der Landstraße (Abb. 122) werden zurzeit allerdings nicht genutzt. Bei der ehemaligen Bohrung Reifnitz Thermal 1/77 handelte es sich um eine Versuchsbohrung, die verschlossen wurde, wie auch die Erschließungsversuche via Bohrung und Stollen unterhalb der Landstraße (Abb. 122).

Die Quelle bei Landstraße 1 wurde seinerzeit für die Wasserversorgung von einem Gehöft genutzt. Eine erste Beschreibung stammt aus dem Jahr 1929 (KAHLER, 1978). Unterhalb der Landstraße wurde versucht, das subthermale Wasser mit einem Stollen sowie einer 18,8 m tiefen Versuchsbohrung (Bohrung bei Landstraße) in einem tieferen Niveau zu erschließen. Bei diesem Vorhaben traf man jedoch keine höheren Temperaturen an. Ende der 1970er Jahre erfolgte die Niederbringung von zwei Bohrungen (Thermal 1/77 und Bohrung 2), bei denen ebenfalls keine Wässer mit einer Auslauftemperatur über 20 °C erschlossen wurden. Bis heute sind von der Gemeinde keine weiteren Versuche zur Erschließung von Thermalwässern durchgeführt worden, da weitere Explorationsversuche, insbesondere Untersuchungsbohrungen, von Fachexperten als zu risikoreich eingestuft wurden.

Abb. 122.
Lage der Erschließungen bei Reifnitz.

Hydrogeologie

Die subthermalen Quellen von Reifnitz entspringen am Westrand (Uschnigquellen) sowie am Ostrand (Quelle bei Landstraße) der Reifnitzer Bucht des Wörthersees und sind nach KAHLER (1978) an Marmor-Einschaltungen in Granatglimmerschiefern gebunden. Diese Marmorkörper sind schmal und tektonisch stark versetzt und weisen Zerrüttungs- und Verkarstungserscheinungen auf. Die räumliche Ausdehnung des Marmorkörpers ist nicht bekannt (HERZOG, 1981). Zudem intrudierten Ganggesteine (Tonalitporphyrite) an mehreren Stellen in das Gebirge. Es werden mehrere subthermale Quellaustritte beschrieben, die eine Auslauftemperatur von rund 15 bis 17 °C aufweisen und unterschiedlich konstant fließen (KAHLER, 1978). Infolge von stärkeren Niederschlägen nimmt der Kaltwasseranteil zu. Bei der Quelle bei Landstraße 1 wurde am 29.07.2013 im Zuge der Erhebungen für diese Arbeit eine Auslauftemperatur von 16,9 °C und eine Schüttung von rund 10 l/s gemessen. Auch im Jahr 1969 betrugen Schüttung und Auslauftemperatur rund 10 l/s bzw. 15,9 °C (KAHLER, 1978). Unterhalb der Landstraße treten zumindest zwei weitere Quellaustritte (Quelle bei Landstraße 2) mit ähnlicher Auslauftemperatur, jedoch deutlich geringerer Schüttung auf. Im Nordwesten dieser Quellaustritte befinden sich die temperierten und mittlerweile gefassten Uschnigquellen, die Auslauftemperaturen von 14 bis 17 °C und eine Schüttung von weniger als 5 l/s aufweisen. Die bis auf 126,7 m unter GOK niedergebrachte Bohrung Reifnitz Thermal 1/77 wurde abgeteuft, um unvermischte, höher temperierte Tiefenwässer anzutreffen (HERZOG, 1979). Die Zone mit den Marmoren wurde von 80 bis 110 m angetroffen, wobei man in der Übergangszone Marmor/Schiefer mit 17,8 °C die höchste Temperatur feststellte. Der freie Wasserspiegel lag bei 8,2 bis 16 m unter GOK und die maximal mögliche Fördermenge wurde auf 10 l/s geschätzt. In der Folge wurde eine weitere Bohrung, Bohrung 2 (heute als Brunnen 2 angeführt), bis auf 58,3 m abgeteuft (KAHLER, 1978). Hier wurde bei ca. 30 m unter GOK unterhalb eines Karsthohlraumes Porphyrit angetroffen, darunter folgten ab 38,5 m Marmore und Schiefer, wobei letztere ab 55 m überwogen. Bei 30 m unter GOK wurde im Abschnitt



des Ganggesteins eine maximale Temperatur von 18,5 °C gemessen und es wurde angenommen, dass in diesem die temperierten Wässer aufsteigen. Laut Auskunft der Gemeinde wurde diese Bohrung mittlerweile bis auf 26 m unter GOK verschlossen. Aufgrund dieser Bohrerergebnisse wird angenommen, dass mit höheren Temperaturen erst in deutlich größeren Tiefen zu rechnen ist. Weitere Erschließungsversuche werden aufgrund der komplizierten tektonischen Struktur als risikoreich eingestuft.

Hydrochemie

Die subthermalen Wässer von Reifnitz weisen alle einen ähnlichen Calcium-Magnesium-Hydrogencarbonat-Typ mit einer Gesamtmineralisation von ca. 350 mg/l auf (Tab. 116). Bei der am 29.07.2013 durchgeführten Probennahme wies die Hauptquelle (Quelle bei Landstraße 1) eine Schüttung von ca. 9 l/s und eine Auslauftemperatur von 16,9 °C auf. Im Vergleich zu der am 21.07.1965 durchgeführten Analyse von SCHEMINZKY & KOMMA (zit. nach KAHLER, 1978) hat sich der Chemismus nicht verändert. Die Wassertemperatur betrug 17 °C bei einer Schüttung von 1 l/s (Tab. 116). Sauerstoff-18 und Deuterium weisen Gehalte von -9,88 ‰ bzw. -67,1 ‰ auf. Zudem belegt ein Tritiumgehalt von 5,1 TU einen deutlichen Einfluss durch oberflächennahe Wässer (Tab. 119).

8.9 Karawanken-Straßentunnel (K)

Aktuelle Nutzung und Entwicklungsgeschichte

Der Bau des Karawanken-Straßentunnels dauerte von 1986 bis Ende 1991 an. Ziel war die Schaffung einer schnellen Verbindung von Österreich nach Slowenien. Im Zuge der Arbeiten wurden auf österreichischer Seite bei den Stollenkilometrierungen 2.830 m und 2.930 m zwei temperierte Quellen angetroffen (Abb. 123). Es wird angedacht, diese in die Gemeindegewässerversorgung Villach Stadt 1 einzubinden.

Hydrogeologie

Die temperierten Wasseraustritte im Karawanken-Straßentunnel (KT2830 und KT2930) sind an den Schlerndolomit gebunden (Mittel- bis Obertrias) (BRENČIČ et al., 1995). Hierbei handelt es sich um weißen und hellgrauen Dolomit, kalkigen Dolomit und Kalkstein, der eine ausgeprägte Klüftigkeit aufweist. Heute schütten die beiden Quellen zusammen rund 75 l/s und weisen eine Temperatur von ca. 21 °C auf (BRENČIČ & POLTNIG, 2008). Hierzu sei angemerkt, dass die Temperatur von 1988 bis 1991 noch unter 20 °C lag. Im Bereich der Quellen befinden sich im Hangenden des Schlerndolomits Raibler Schichten und Hornsteinplattenkalk. Außerdem beträgt die Gebirgsüberlagerung an dieser Stelle rund 1.000 m (Abb. 124). Da die Plattenkalke eine vernachlässigbare Wasserführung aufweisen, ist das Herkunftsgebiet der Wässer ausschließlich mit dem Bereich des Schlerndolomits zu assoziieren. Die konstante Schüttung und die erhöhte Temperatur lassen zudem auf einen verkarsteten und tiefen Grundwasserleiter schließen. Nach BRENČIČ & POLTNIG (2008) befindet sich das Einzugsgebiet im zentralen Bereich des südwestlichen Schlerndolomitgebietes der Kahlkogel-Synklinale auf slowenischem Gebiet. Die Autoren führen an, dass die Dolomite im Tunnel, bedingt durch die regionalen tektonischen Gegebenheiten, als Horste auftreten.

Hydrochemie

Die zahlreichen hydrochemischen Analysen belegen einen dolomitischen Chemismus (Calcium-Magnesium-Hydrogencarbonat-Typ) mit einer akkratischen Gesamtmineralisation (Tab. 116). Es ist anzumerken, dass bei den während des Baues entnommenen Proben Schwefelwasserstoff (69 mg/l) und auch etwas Methan nachgewiesen wurde. Für Sauerstoff-18 liegen für den Zeitraum 1988 bis 2007 Messungen vor (Zeitpunkt 2008). Trotz anfänglich stärkeren Schwankungen liegen die Werte seit 1996 im Bereich von -11,3 bis -11,5 ‰ (Tab. 119). Mit großem Interesse wurde der Anstieg von Tritium verfolgt, da die Quellen nach der Erschließung



Abb. 123.
Lage der Erschließungen im Karawankentunnel.

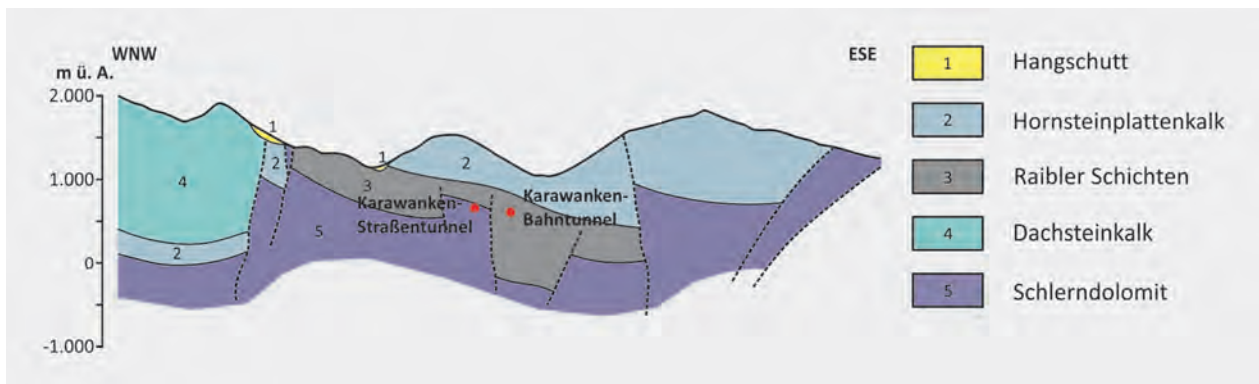


Abb. 124.
Profilschnitt durch den Karawanken-Straßentunnel (verändert nach BRENCIĆ et al., 1995).

zunächst tritiumfrei waren. Bereits im Februar 1990 wurden bei KT2830 erste Spuren nachgewiesen. Bis 1995 stieg der schwankende Gehalt bis auf 8 TU und fiel bis 2004 auf ca. 4 TU. Seitdem gab es einen abermaligen Anstieg auf 7 TU (Stand 2008). Bei KT2930 wurde erstmals im Oktober 1991 Tritium nachgewiesen. Die Werte stiegen hier auf 4 bis 5 TU an. Aufgrund der Tritiumgehalte ist somit von einer Beeinflussung durch jüngere Wässer auszugehen (Tab. 119).

8.10 Warmbad Villach (K)

Aktuelle Nutzung und Entwicklungsgeschichte

Die Gesamtschüttung der genutzten Quellen liegt zwischen 15 und 160 l/s (PROBST & SCHMÖLZER, 2011). Die relevanten Bescheide für die wasserrechtliche Nutzung liegen beim Amt der Kärntner Landesregierung auf.

Seit 1939 wurden zum Schutz der Thermalwässer von Warmbad Villach behördliche Verordnungen und Maßnahmen gesetzt. ZOJER (1996) erarbeitete Vorschläge für ein Schutz- und Schongebiet, welche im Wesentlichen im Jahr 2005 umgesetzt wurden.

Die Besiedelung im Umkreis der Thermen ist fast lückenlos vom Ende der Steinzeit bis in das 12. Jahrhundert n. Chr. nachgewiesen worden (KAHLER, 1978). Die erste urkundliche Erwähnung stammt aus dem Jahr 1445. Nach dem Zweiten Weltkrieg erfolgte der Ausbau des Josefinenhofes und Mitte der 1960er Jahre fiel die Entscheidung, die Gesamtanlage bedeutend zu vergrößern. Über das genaue Alter der Fassungen der genutzten Quellen ist wenig bekannt. Die Josefinenhofquelle (Abb. 125) wurde im Jahr 1973 abgeteuf und die Niederbringung der Kahlerquelle (Abb. 125) erfolgte 1981.

Hydrogeologie

Das Thermalwasservorkommen von Warmbad Villach ist an den Dobratsch (Drauzug-Gurktal-Deckensystem) gebunden, der dem nach Osten in die Tiefe tauchenden Gailtalkristallin aufsitzt. Nach ZOJER (1996) sind im Bereich der Quellen von Warmbad Villach ausschließlich nach Norden einfallende Wettersteinkalke aufgeschlossen. Für das Auftreten der Thermalwässer ist neben längsgerichteten Störungslinien auch die Abtreppung des Dobratsch gegen Osten relevant. Letztere ist auf die stufenweise Tieferlegung des Villacher Beckens an

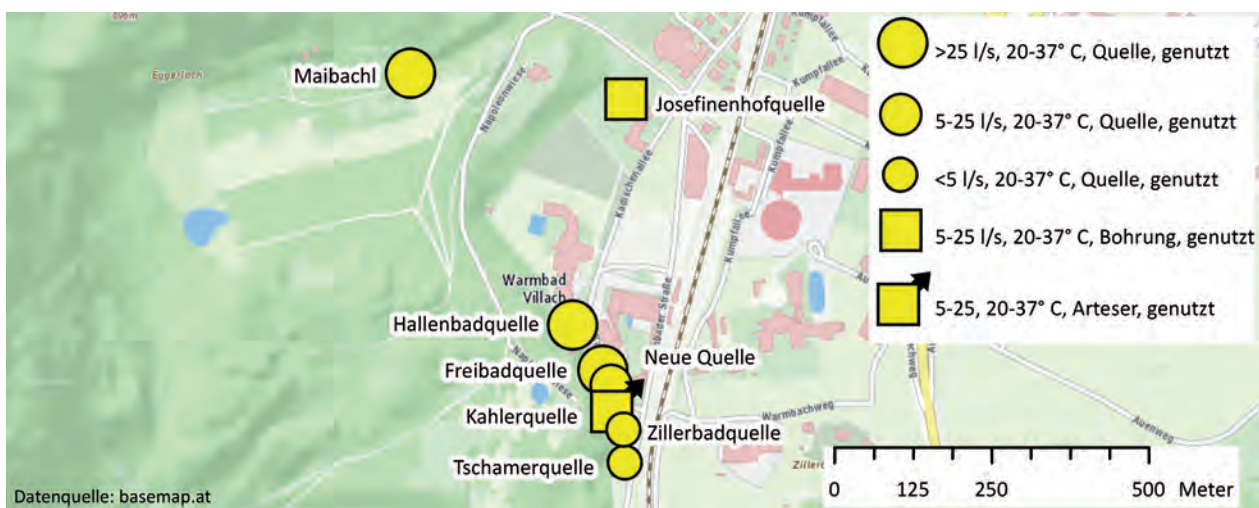


Abb. 125.
Lage der Erschließungen beim Warmbad Villach.

etwa N-S verlaufenden Störungen zurückzuführen. So sind insbesondere entlang einer NNW-SSE gerichteten tektonischen Linie an der Ostflanke des Dobratsch, die ein endgültiges Abtauchen der Triasgesteine bewirkt, die Thermalwasseraustritte vorzufinden.

Die Genese der Thermalwässer hängt nach ZOJER (1996) mit der Entwässerung des gesamten Dobratsch-Massivs zusammen. Über Staffelbrüche sinkt das Infiltrationswasser in große Tiefen bis an die Basis des Wettersteinkalkes ab – hierbei dürfte es sich um Sandsteine des „Permoskyth“ handeln – und wird dort aufgeheizt. Zudem mischen sich tief zirkulierende Kaltwässer im Zuge des Aufsteigens entlang des Warmbader Staffelbruches bei Rotlehme (Neogen) wirken zusätzlich als Barriere gegen Osten und sind für den Aufstieg des Thermalwassers von großer Bedeutung (Abb. 126). Im Bereich der Napoleonwiese dürfte sich zusätzlich lokales Kaltwasser beimischen. Zusammenfassend handelt es sich um eine Kombination mehrerer Fließsysteme bzw. um eine Vermischung älterer Thermalwässer mit verschiedenen alten Kaltwässern. Diese Durchmischung dürfte aufgrund der tiefreichenden Verkarstung teilweise in großer Tiefe stattfinden. So erreichte die 300 m tiefe Bohrung Kahlerquelle die Zone von Thermalwässern ohne Beeinflussung durch Kaltwässer nicht. Zusätzlich wirken sich die jahreszeitlich unterschiedlich gebildeten Karstwässer (z.B. bei der Schneeschmelze) maßgeblich auf die Dynamik des gesamten Thermalwassersystems aus. Bei größerer Kaltwasserauflast wird das höher temperierte Wasser verstärkt zum Aufstieg gezwungen. KÄHLER (1983) untergliederte die Thermalwässer in perennierende Quellen (dauernd fließend), periodisch fließende Quellen und Bohraufschlüsse

(Tab. 113). Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass die periodischen Quellaustritte demselben hydrogeologischen System wie die perennierenden angehören und im Prinzip nur vom Stand des Bergwasserspiegels abhängig sind. Somit ist die Wasserführung mit dem Überlaufen eines Beckens zu vergleichen. Die Bohrungen dienen einerseits zum Verständnis des Thermalwassersystems, andererseits wollte man Thermalwasser mit höherer Temperatur erschließen, was allerdings nicht gelang. Entlang der Kadischen Allee befinden sich die perennierend fließenden Hauptaustritte Hallenbadquelle, Freibadquelle, Neue Quelle, Zillerbadquelle und Tschamerquelle (Abb. 125). Direkt am Boden des Kurbeckens ist die durch eine geringmächtige Schotterüberlagerung diffus austretende Hallenbadquelle vorzufinden. An der bergseitigen Wand des Hallenbades entspringt zusätzlich die Außenbadquelle, die dem Bad zugeleitet wird. Die Freibadquelle entspringt direkt dem Wettersteinkalk und ist mit einem 1,8 m tiefen Schacht erschlossen worden. Wenige Meter südlich der Freibadquelle befindet sich bei einer steil nach Osten abtauchenden Felsscholle die mit einem Quellschacht gefasste und deutlich weniger ergiebige Neue Quelle. Die Zillerbadquelle ist mit einem 3 m tiefen Schacht aufgeschlossen und tritt ebenfalls an dem steil nach Osten abtauchenden Fels aus. Der Schacht der Tschamerquelle erreichte hingegen nicht den anstehenden Wettersteinkalk, sondern verblieb in der aus Feinsand bestehenden Bedeckung.

Zu den periodischen Quellen zählen das Maibachl (Gruppe von Quellaustritten), die beiden Parklöcher, die Walterhofquelle und der Hungerbach in der Maibachnische. So springt z.B. das Maibachl infolge der Schnee-

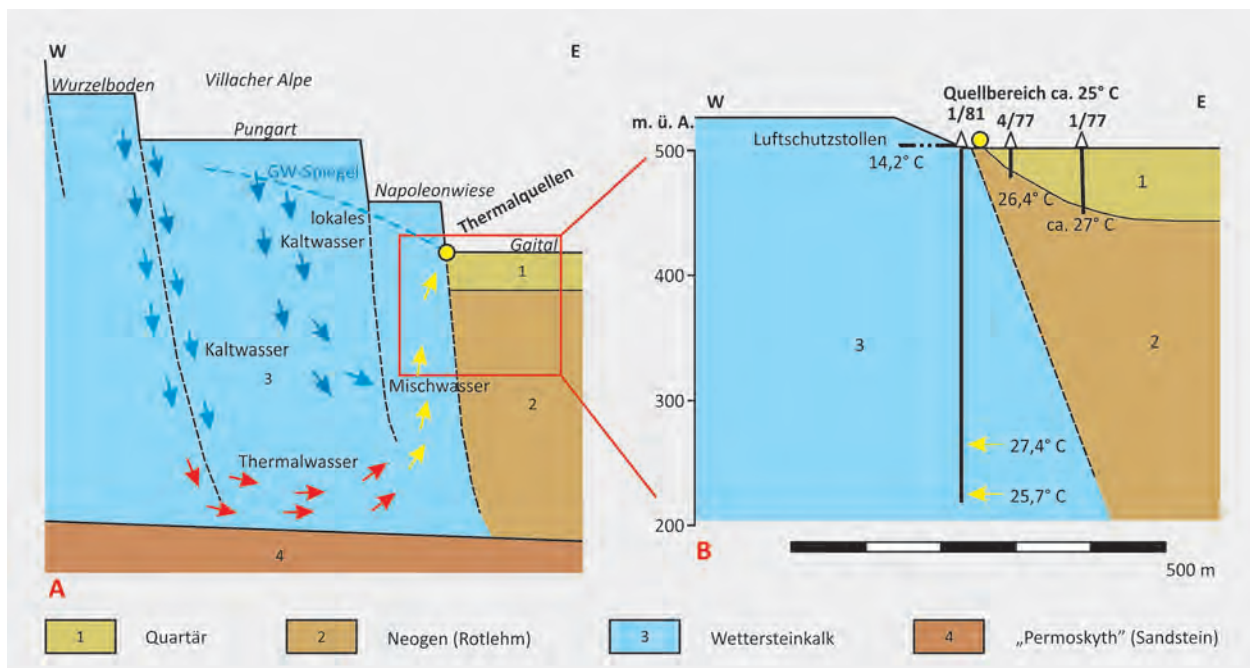


Abb. 126. Profilschnitt von Warmbad Villach (A: Nicht maßstabgetreues Entwässerungsmodell, verändert nach ZOJER, 1996; B: E–W-Schnitt durch die Bohrung 1/81, verändert nach JANSCHKE, 1981).

Bezeichnung	Typ	Schüttung (l/s) (Jahr)	Auslauftemperatur (°C) (Jahr)
Maibachl	periodisch	0–500 (1996)	28,0
Hungerbach	periodisch	0–100 (1996)	Keine Werte
Hallenbadquelle	perennierend	11–100 (2011)	28,5 (2011)
Außenbadquelle	perennierend	11–100 (2011)	28,5 (2011)
Freibadquelle	perennierend	10–50 (1980)	23,0–27,0 (2011)
Neue Quelle	perennierend	0,2–4,5 (2011)	23,0–27,0 (2011)
Zillerbadquelle	perennierend	3,4–9,5 (2011)	24,3–27,0 (2011)
Tschamerquelle	perennierend	1–4,5 (2011)	24,8–26,2 (2011)
Kahlerquelle	Bohrung	2 (artesischer Überlauf) (2011)	27,2 (2011)
Josefinenhofquelle	Bohrung	Keine Werte	23 (2011)

Tab. 113.

Übersicht zu den bestehenden Quellen und Bohrungen des Thermalwasservorkommens von Warmbad Villach (nach ZOJER, 1980b; ZOJER, 1996; PROBST & SCHMÖLZER, 2011).

schmelze und nach heftigen Niederschlägen an. ZOJER (1996) führt Schüttungsextreme von 500 l/s und Wassertemperaturen von über 28 °C an. Auch der selten Wasser führende Hungerbach, der weiter im Norden in Konglomeraten entspringt, kann Schüttungen von annähernd 100 l/s erreichen. Zu erwähnen ist außerdem die Walterhofquelle, eine periodische Quelle, die früher als Indikator für das baldige Auftreten des Maibachls galt (KAHLER, 1978). Nach dem Neubau des Hallenbades verschwand sie jedoch zunächst und führt heute nur mehr sehr unregelmäßig Wasser.

Bei den derzeit existierenden Bohrungen handelt es sich um die Kahlerquelle (Tiefbohrung) und die Josefinenhofquelle. Die Kahlerquelle wurde bis auf eine Tiefe von 287 m niedergebracht und hat eine offene Bohrlochstrecke von 150 m bis zur Endteufe. Bedeutende Wasserzutritte finden von 160 bis 170 m, bei 210 m und von 230 bis 240 m unter GOK statt (ZOJER, 1996). Auf der Grundlage von Pumpversuchen wurde eine mögliche Dauerförderung von 12 l/s berechnet. Bei dieser Förderrate besteht auch keine quantitative Beeinflussung der benachbarten Thermalquellen. Zudem ist zu erwähnen, dass bei mittleren und höheren Wasserständen ein artesischer Überlauf stattfindet. Bei der Josefinenhofquelle handelt es sich um einen 28 m tiefen Brunnen, bei dem zwischen dem Maibachl und Hungerbach unterirdisch Richtung Osten abfließendes Thermalwasser gefördert wird.

Hydrochemie

Die Quellen und Bohrungen des Thermalwasservorkommens von Warmbad Villach weisen allesamt einen akkratischen Calcium-Magnesium-Hydrogencarbonat-Typ auf (Tab. 117). Die Wassertemperatur variiert zwischen 20,3 und 29,0 °C, während die Mineralisation nur geringe Schwankungen zeigt.

Nach ZOJER (1996) belegen Auswertungen von Tritiumanalysen aus den Jahren 1971 bis 1976 (Abfall von 130 auf 50 TU bei der Hallenbadquelle), dass die Wässer einen deutlichen Anteil einer älteren Komponente enthalten. Allerdings wiesen ein leicht fluktuierender Jahres-

gang und der langzeitige Rückgang des Tritiums auch auf eine sehr junge Kaltwasserkomponente hin. Auf der Grundlage des Tritium-, SiO₂- und Chloridgehaltes wurde von ZOJER (1980b, 1996) ein Kaltwasseranteil von ca. 70 % berechnet.

Mithilfe der Sauerstoff-18-Analysen wurde außerdem für das Einzugsgebiet der Thermalwasserkomponente eine mittlere Höhe von 1.000 bis 1.050 m ermittelt (ZOJER, 1996). Das Einzugsgebiet der Kaltwasserkomponente liegt hingegen bei 900 m. Diese Kalkulationen beruhen auf Sauerstoff-18-Gehalten: Bei der Kaltwasserkomponente betragen diese rund -11,58 ‰, bei dem Thermal-Mischwasser ca. -11,64 ‰.

Zudem führt ZOJER (1996) den hohen Radon-222-Gehalt auf den Kontakt des Thermalwassers mit den Sandsteinen des „Permoskyth“ an der Basis des Wettersteinkalkes zurück (Tab. 119). FRIEDMANN & HERNEGGER (1985) befassten sich detailliert mit dem Radongehalt und geben Radonkonzentrationen von 25 Bq/l (Tschamerquelle) bis 31 Bq/l (Neue Quelle) an (Messwerte aus dem Jahr 1977).

Bezüglich des gelösten Gases führt KAHLER (1978) die „Kleine Heilwasseranalyse“ der Freibadquelle vom 06.10.1959 an. Es besteht zu 42,6 Vol.% aus CO₂ und zu 50,05 Vol.% aus Stickstoff und Edelgasen.

8.11 Bad Kleinkirchheim (K)

Aktuelle Nutzung und Entwicklungsgeschichte

Für die Erschließung von Thermalwasser mit den Gewinnungsbrunnen 1/74 und 2/74 (Abb. 127) liegt eine wasserrechtliche Bewilligung vor. Demnach darf das gewonnene Thermalwasser zur Gänze genutzt werden. Das Thermalwasser wird heute in Thermenanlagen und Hotels genutzt. Für die Augenquelle und die Katharienenquelle (Abb. 127) besteht zudem ein Schutzgebiet.

Die aus dem 15. Jahrhundert stammende St. Katharina Kirche wurde über einer Thermalquelle, der Augenquelle, errichtet. Dieses Thermalwasser wurde bereits

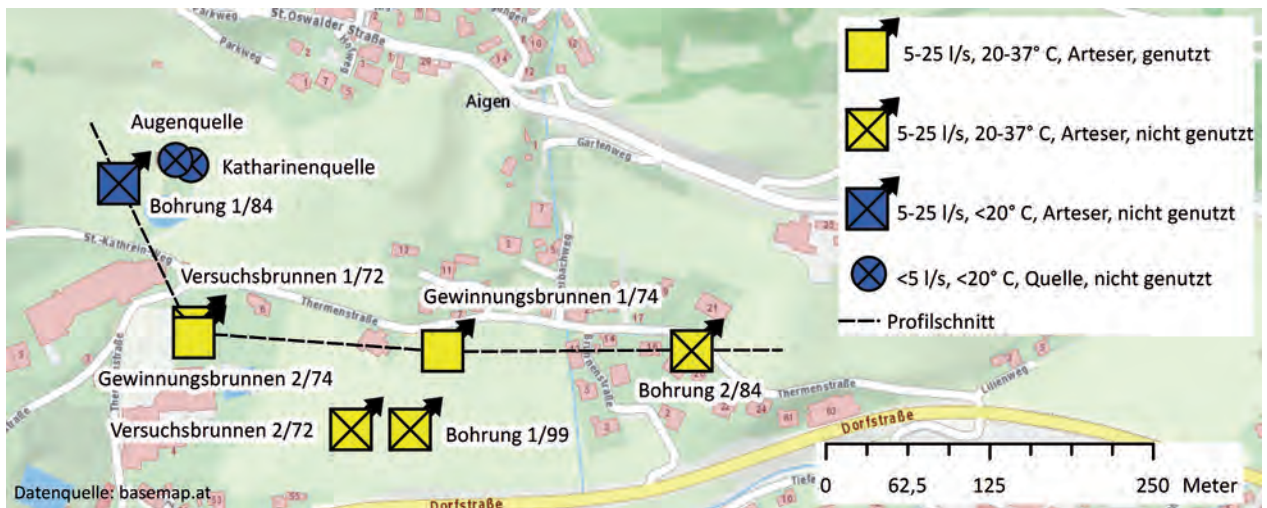


Abb. 127.
Lage der Erschließungen bei Bad Kleinkirchheim.

im 16. Jahrhundert für ein altes Badehaus (Katharinenbad) genutzt. Nach KAHLER (1978) trat nach dem Zweiten Weltkrieg eine Thermalwasserknappeit auf, da die Quellen aus ihren Fassungen traten. Auf Basis von geologischen, geothermischen und seismischen Untersuchungen wurden 1969, 1972 und 1974 Bohrungen niedergebracht. Allerdings wurden die Versuchsbrunnen 1/72 und 2/72 (Abb. 127) nur in den Jahren 1972/1973 für die Thermalwasserversorgung genutzt. Die Tiefbrunnen 1/74 und 2/74 dienen hingegen bis heute zur Versorgung mit Thermalwasser. Es ist zu erwähnen, dass die im Jahr 1984 niedergebrachten Bohrungen (Bohrung 1/84 und 2/84) sowie die im Jahr 1999 abgeteufte Bohrung 1/99 (Abb. 127) nicht genutzt werden. Für die Katharinen- und Augenquelle besteht zudem eine Anerkennung als Heilvorkommen.

Hydrogeologie

Nach CLAR et al. (1995) ist das Thermalwasservorkommen von Bad Kleinkirchheim an einen Zug von mittelsteil nach NE einfallenden und verkarsteten Wettersteindolomit gebunden. Dieser ist der permomesozoischen Bedeckung (Stangalm Mesozoikum) des Ötztal-Bundschuh-Deckensystems zuzuordnen. Thermalwasser führt allerdings nur das tiefere und höher metamorphe Stockwerk der Dolomite. Im Westen wird der Aquifer von den Schiefen und Gneisen des kristallinen Grundgebirges (Ötztal-Bundschuh-Deckensystem) unterlagert. Im Osten wurden die Karbonate von Phylliten des Drauzug-Gurktal-Deckensystems überschoben. Das Liegende sowie das Hangende wirken somit Wasser stauend. Nach KOLLMANN (2006) hat der Obertageausbiss des Dolomits im Raum Bad Kleinkirchheim eine N-S-Erstreckung von ca. 25 km und eine Breite von maximal 3 km im Norden bzw. nur rund 400 m im Süden. Der Autor nimmt an, dass im Norden und Nordosten von Bad Kleinkirchheim bis Flattnitz Niederschlagswasser versickern. Diese fließen in dem Karstgrundwasserleiter an der Basis gegen Süden. Zudem führt die vorhandene Bruchtektonik zu einer zusätzlichen Ver-

senkung der Wässer. An der Nordflanke des Tales von Bad Kleinkirchheim kommt es schließlich zum Thermalwasseraustritt. Geothermometerberechnungen ergaben eine Herkunft des Thermalwassers aus 1.300 bis 1.400 m Tiefe bzw. ließen auf eine Bildungstemperatur von 53 bis 57 °C schließen (KOLLMANN, 2006). Bis 40 m mächtige eiszeitliche Sedimente, bestehend aus Moränen, Seetonen und Terrassenschottern, überlagern die Thermalwasser führenden Karbonate und wirken zu meist abdichtend.

Bei der Katharinenquelle und der Augenquelle handelt es sich um die einzigen natürlichen Überläufe mit ursprünglich rund 21 °C und 5 l/s im Jahr 1911 (KOLLMANN, 2006). Gegenwärtig schüttet die Katharinenquelle mit maximal 1 l/s und hat eine Auslauftemperatur von ca. 17 °C (KOLLMANN, 2008).

Heute wird mit Bohrbrunnen im unter artesischem Druck stehenden Entlastungsgebiet (im Raum Aigener Bruch) das Thermalwasser gefördert (Abb. 128). Die 24,4 bzw. 29 m tiefen Versuchsbrunnen 1/72 und 2/72 verblieben in der Überlagerung des Dolomits und erfassen deshalb nur jenes Thermalwasser, das durch die nicht komplett abdichtende Bedeckung (Sandlagen und Dolomitschutt im verschwemmten Grundmoränenmaterial) aufsteigen kann (CLAR et al., 1995). Deshalb weist insbesondere 1/72 eine Beimischung von kalten Oberflächenwässern auf. Die Auslauftemperatur betrug in den Jahren 1972/1973 trotzdem 28 bis 30 °C. Mit den 120 bzw. 207 m tiefen Bohrbrunnen 1/84 und 2/84 (Abb. 127) wurden nur kühlere Randbereiche des Thermalwasseraquifers angetroffen (CLAR et al., 1995). Der für die Förderung relevante Gewinnungsbrunnen 1/74 durchörterte den Thermalwasser führenden Dolomit bis zu einer Endteufe von 94 m. Bei dem 127 m tiefen zweiten Gewinnungsbrunnen 2/74 konnte sogar die Basis des Thermalwasseraquifers erreicht werden. Die Förderaten betrugen bei den beiden Brunnen ursprünglich 12,5 l/s und wiesen eine Auslauftemperatur von maximal 36,8 bzw. maximal 34,8 °C auf (KAHLER, 1978). Bald

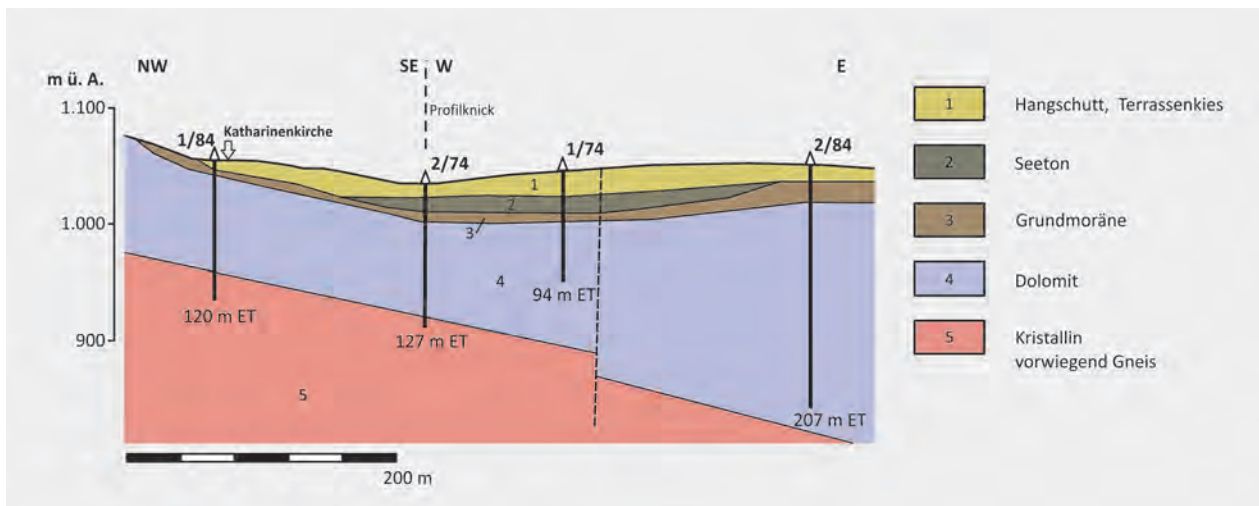


Abb. 128.
Profilschnitt von Bad Kleinkirchheim (verändert nach CLAR et al., 1995).

wurde festgestellt, dass von den Gewinnungsbrunnen bei zu großen Entnahmemengen kaltes Bergwasser aus westlicher Richtung angesaugt wird (KOLLMANN, 2006). Diese Problematik erforderte eine kontrolliertere und nachhaltigere Bewirtschaftung. Durch Drosselmaßnahmen, empfohlen im BBK Projekt KA35 (Thermalwassermodell) der Geologischen Bundesanstalt, konnte diese erzielt werden. So gibt KOLLMANN (2008) für den Betriebsbrunnen 1/74 im Jahr 2007 eine maximale Fördermenge von 7,5 l/s, eine Auslauftemperatur von 31,3 °C und einen Abstich von weniger als 25 m an. Bei 2/74 beträgt die nachhaltige Förderrate maximal 11,5 l/s bei einer Auslauftemperatur von ca. 30 °C.

Die Bohrung 1/99 wurde bis auf 200 m niedergebracht, wobei der thermale Hauptzufluss mit einer Filterstrecke von 104 bis 109 m erfasst wurde (KOLLMANN, 2006). KOLLMANN (2008) führt bei einer Pumprate von 7 l/s eine Auslauftemperatur von 30,4 °C und eine Absenkung von 28 m an. Nahe der Sohle in 106 m Tiefe beträgt die Temperatur ca. 31 °C.

Hydrochemie

Bei dem Thermalwasser von Bad Kleinkirchheim handelt es sich um einen Calcium-Magnesium-Hydrogencarbonat-Sulfat-Typ mit einer Gesamtmineralisation von weniger als 300 mg/l und einer Auslauftemperatur von ca. 31 °C (Tab. 117). CLAR et al. (1995) weisen auf einen niedrigen Mineralisierungsgrad hin, der keine signifikanten Unterschiede zu den kalten karbonatischen Quellen in der Umgebung aufweist. Für das Thermalwasser ist jedoch ein hoher Gehalt an Kieselsäure charakteristisch (KOLLMANN, 2006, 2008). Über Geothermometerberechnungen, z.B. nach VERMA (2000), ist auf eine Lagerstättentemperatur des Thermalwassers von rund 70 °C zu schließen. Das deutet wiederum auf eine tiefe Zirkulation. Die Werte von Sauerstoff-18 (-11 bis -12 ‰) und Deuterium weisen auf ein hochgelegenes Einzugsgebiet bzw. kaltzeitliche Infiltrationsbedingungen hin (CLAR et al., 1995) (Tab. 119). Eine Kohlenstoff-

14-Datierung aus dem Jahr 1988 ergab ein Modellalter von 16.700 Jahren. Tritiumanalysen belegen hingegen einen signifikanten Anteil an jungem Wasser (Tab. 119). Abschließend sei erwähnt, dass die frei aufsteigenden Gase hauptsächlich aus Stickstoff bestehen (Tab. 120).

8.12 Bad Bleiberg (K)

Aktuelle Nutzung und Entwicklungsgeschichte

Das Thermalwasser der Rudolfstherme (Abb. 129) wird heute für einen Kurbetrieb verwendet. Im Zuge der Bergbauarbeiten (Blei und Zink) kam es bereits ab 1908 zu subthermalen Wassereintrüben, unter anderem im Stefanie Blindschacht (Mischung aus Thermal- und Kaltwasser) (KAHLER, 1978). Am 09.03.1951 folgte 644 m unter Tage am 12. Lauf des Rudolfschachtes ein massiver Thermalwassereintruch. Anschließend dauerte es 15 Monate, bis die Quelle gedämmt und das Wasser mit Rohren abgeleitet werden konnte. Im März 1959 wurde das Vorkommen als Heilquelle anerkannt. Die Eröffnung des Thermalbades fand 1967 statt. Zur besseren Erschließung des Vorkommens wurde 1969 beim 5. Lauf des Franz Josef Stollens eine Thermalwasserbohrung bis zum 12. Lauf abgeteuft (Abb. 130). Ein Jahr später folgte die Verlegung einer Thermalwasserleitung vom 5. Lauf des Franz Josef Stollens bis zum Rudolf Hauptschacht. Dort errichtete man eine Pumpstation, um das Thermalwasser bis zur Oberfläche zu fördern. In den Jahren 1972 und 1987 fanden Erweiterungen der Kuranlagen statt. Da im Zuge der Bergbauarbeiten die Thermalwasserleitung beschädigt wurde (z.B. durch Förderwagenentgleisungen), musste 1997 eine Sanierung durchgeführt werden.

Hydrogeologie

Nach KAHLER & ZÖTL (1993b) wurde bereits 1908 im Zuge des Bergbaus an einer Kluft in 673 m Seehöhe subthermales Wasser mit ca. 11 bis 17 °C und einer Schüttung von 3,3 l/s angetroffen (KAHLER, 1978). Das Wasser ent-

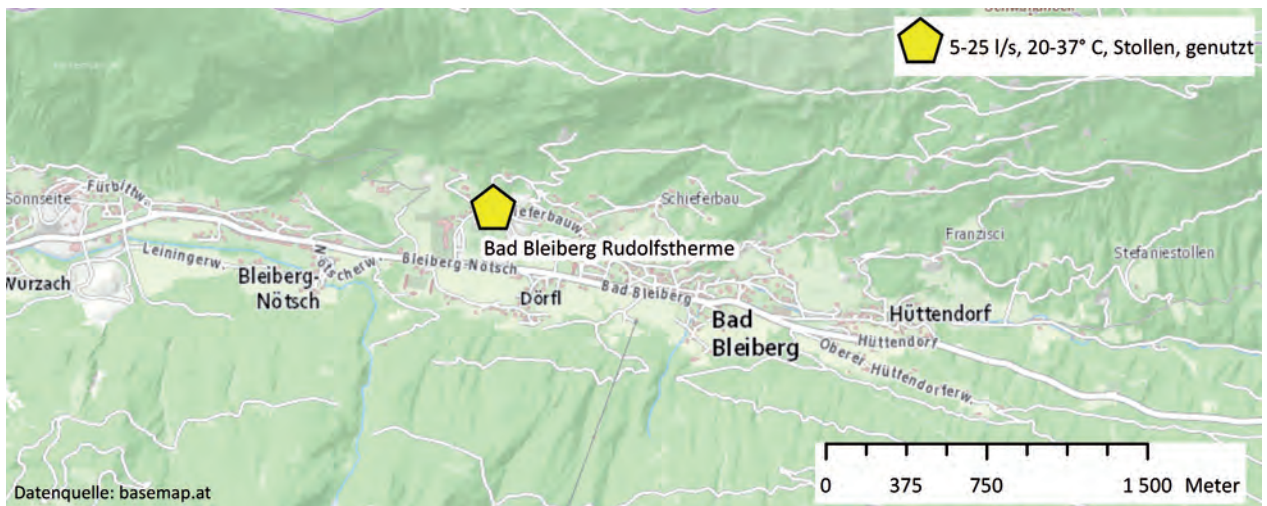


Abb. 129.
Lage der Erschließung nordwestlich von Bad Bleiberg.

sprang einer Wettersteinscholle an der Markus-Vierer-Störung. Diese streicht NE und fällt steil nach NW ein. In Folge traf man auch an weiteren Stellen subthermales Wasser an, z.B. vier Quellen mit einer Auslauftemperatur von 15,7 °C im Stefanie-Blindschacht in 29,9 bis 34,2 m Tiefe (257,8 bis 262,1 m NN).

Auch der Thermalwassereinbruch vom 09.03.1951 entspringt einer Wettersteinkalk-Scholle westlich der markanten Markus-Vierer-Störung (KAHLER, 1978). Ursprünglich betrug die Schüttung ca. 47 l/s, wobei die Wassertemperatur bei ca. 29 °C lag. Im Jahr 1975 konnte eine deutlich geringere Schüttung von 15 l/s mit einer Temperatur von 29,1 °C gemessen werden. Heute steigt das beim 12. Lauf des Franz Josef Stollens auf. Eine Thermalwasserleitung führt im Anschluss zum Rudolf Hauptschacht, von wo das Thermalwasser ca. 270 m zur Oberfläche gepumpt wird. KAHLER sieht den Ursprung der Wärme im nordöstlichen Raum der Heiligengeister Hochscholle am Ausgang des Bleiberger Graben-

bruches, die etwa 1 km weiter östlich mit der Mölltalverwerfung gegen das Kristallin endet (KAHLER & ZÖTL, 1993b).

Hydrochemie

Bei dem Thermalwasser der Rudolfstherme handelt es sich um einen akkratischen Calcium-Magnesium-Hydrogencarbonat-Typ mit einer Temperatur von ca. 26,1 °C, die jedoch leichten Schwankungen unterliegt (Tab. 118). Langzeitbeobachtungen belegen, dass das Thermalwasser seit 1952 hinsichtlich der hydrochemischen Zusammensetzung unverändert geblieben ist. Der hohe Kieselsäuregehalt von 28,9 mg/l weist auf eine hohe Lagerstättentemperatur hin (Tab. 118). So ergibt eine Geothermometerberechnung nach VERMA (2000) ca. 70 °C. Somit ist von einer tieferreichenden Thermalwasserzirkulation auszugehen. Ebenfalls ist auf die hohe Bleikonzentration von 8 µg/l hinzuweisen (Tab. 118). KAHLER & ZÖTL (1993b) führen zudem einen Tritiumwert von 2 TU an, was einer geringen Beimischung von jungem Wasser entspricht.

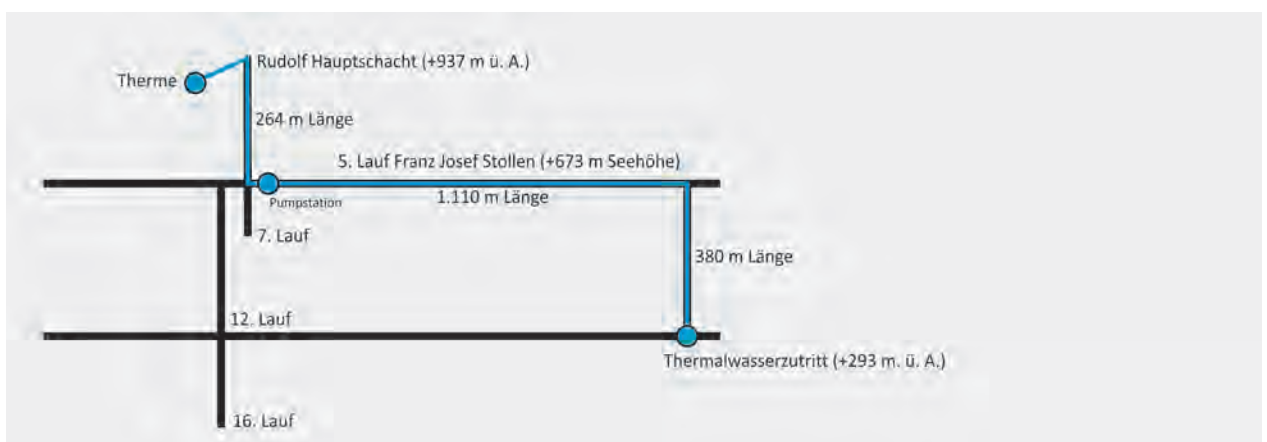


Abb. 130.
Schema der Thermalwasserförderung von Bad Bleiberg (verändert nach unpublizierten Unterlagen der Gemeinde Bad Bleiberg).

8.13 St. Jakob in Deferegggen (T)

Aktuelle Nutzung und Entwicklungsgeschichte

Die Tiefbohrung St. Jakob Thermal 1 (Abb. 131) wurde in den Jahren 2004 und 2005 niedergebracht (EICHINGER et al., 2010). Bis heute erfolgt keine Nutzung, jedoch wurde das Thermalwasser 2011 als Heilwasser anerkannt.

Hydrogeologie

Die Tiefbohrung, bei der in der nahen Umgebung natürliche Schwefelquellen vorzufinden sind, wurde im Bereich des Deferegggen-Antholz-Vals-Störungssystems (DAV) bis auf eine Endteufe von 1.882,0 m unter GOK abgeteuft (EICHINGER et al., 2010). Ein Bohrprofil der geologischen Schichten befindet sich in Tabelle 114. Während der Bohrarbeiten wurden zahlreiche Grundwasserzutritte festgestellt, doch der relevante Thermalwasseraquifer mit einer Maximaltemperatur von 61 °C an der Sohle wurde von 1.825,0 bis 1.850,0 m angetroffen. Er ist an eine quarzreiche Zone in Biotitschiefern des Kristallins gebunden. Die Perforation erfasst Wasserzutritte ab 1.564 m, somit kommt es zur Beimischung von Wässern aus zwei weiteren Horizonten (1.564,0 bis 1.620,0 m und 1.670,0 bis 1.735,0 m). Bei im Jahr 2010 durchgeführten Pumpversuchen wurde ein Zufluss von 167 bis 432 l/Tag festgestellt. Der Grundwasserspiegel lag vor Beginn der ersten Pumpphase bei 200 m unter GOK und die Absenkung betrug bei variierenden Förderraten mit teilweise mehr als 1.000 l/Tag bis zu 440 m unter GOK.

Hydrochemie

Bei dem Thermalwasser handelt es sich um eine iodhaltige Natrium-Chlorid-Sole mit einer Gesamtmineralisation von 19,7 g/l (Tab. 118). Hohe Gehalte von Bromid (109 mg/l), Iodid (2,1 mg/l) und Strontium (76,6 mg/l) sind für das saline Tiefenwasser charakteristisch (Tab. 118). Zudem lassen die Konzentrationen von Ammonium (2,4 mg/l) und Eisen (2 mg/l) auf ein

Teufen TVD (m u. GOK)	St. Jakob Thermal 1
-20,0	Schotter, Tone, Verwitterungslehme
-200,0	Kataklase grob und fein (Karbonat, Gips, Orthogneis, Chlorit)
-575,0	Raibler Kalk / Raibler Dolomit mit Gips-/Anhydriteinschaltungen
-922,0	Schiefer (Turmalin-, Disthen- und Gipseinschaltungen), z.T. sehr quarzreich
-963,0	Karbonat (Turmalin-, Distheneinschaltungen)
-978,0	Mylonit
-1.094,0	Karbonat, Karbonatschiefer (Turmalineinschaltungen)
-1.105,0	Quarzit (Turmalineinschaltungen)
-1.139,0	Karbonat
-1.337,0	Quarz-Schiefer-Abfolge (Turmalineinschaltungen)
-1.360,0	Raibler Schichten (Gipseinschaltungen)
-1.405,0	quarzreiche Zone
-1.585,0	Verkieselungszone
-1.620,0	quarzreiche Zone (Verkieselungen)
-1.670,0	Schiefer (Verkieselungen)
-1.820,0	Biotitschiefer (Sillimanit); Störungszone von 1.760 bis 1.770 m
-1.850,0	quarzreiche Zone
-1.882,0 (ET)	Biotitschiefer

Tab. 114.
Bohrprofil von St. Jakob Thermal 1 (nach EICHINGER et al., 2010).

reduzierendes Milieu in der Tiefe schließen (Tab. 118). Auch organische Bestandteile wie aromatische Kohlenwasserstoffe und gasförmige Kohlenwasserstoffe wie Methan sind zu erwähnen. Dementsprechend werden die frei aufsteigenden Gase von Methan (67,8 Vol.%) und Stickstoff (31,4 Vol.%) dominiert (Tab. 120). Sauerstoff-18 (-10,3 ‰) und Deuterium (-43,3 ‰) plotten erwartungsgemäß nicht auf der MWL, allerdings ist eine geringe Beimischung von meteorischen Wässern (Tritium: 1,1 TU) gegeben (Tab. 119).



Abb. 131.
Lage der Erschließung südöstlich von St. Jakob in Deferegggen.



Abb. 132.
Lage der Erschließungen bei Längenfeld.

8.14 Längenfeld (T)

Aktuelle Nutzung und Entwicklungsgeschichte

Für die Tiefbrunnen Längenfeld Thermal 1 und 2 (Abb. 132) bestehen folgende wasserrechtliche Bewilligungen: Thermal 2 dürfen maximal 6 l/s und im Mittel 3,06 l/s bzw. 155 m³/d entnommen werden und Thermal 1 im Normalbetrieb 0,2 l/s sowie im Falle einer Revision von Thermal 2 0,85 l/s. Bei Thermal 1 wird gegenwärtig artesisch gespanntes Thermalwasser entnommen und für ein Freibecken verwendet. Aus Thermal 2 wird ebenfalls ausschließlich artesisch gespanntes Thermalwasser für die Thermenanlage von Längenfeld gefördert.

Die Existenz von schwefelhaltigen, aber schwach temperierten Quellen im Bereich der heutigen Tiefbohrungen ist schon seit langer Zeit bekannt. Beispielsweise führt DIEM (1928) ein seit Jahrhunderten genutztes Baden an, das 1880 umgebaut wurde. Im Jahr 1893 wurde das Kurbad Längenfeld eröffnet und der Kurbetrieb blieb bis 1970 aufrecht. Da aber der Schwefelgehalt zurückging (< 1 mg/kg) und die genutzte Schwefelquelle 1 zeitweise versiegte, musste der Betrieb geschlossen werden (DEETJEN & JOB-EGGER, 1995). Um an die Tradition des ehemaligen Kurbetriebes anzuschließen, wurde nach der Niederbringung von zwei Versuchsbohrungen (20 und 120 m Tiefe) in den 1980er Jahren die Tiefbohrung Thermal 1 im Jahr 1992 im Quellgebiet der alten Schwefelquelle abgeteuft. Da sich die Ergiebigkeit der Bohrung als zu gering erwies, folgte 1997 die Niederbringung von Längenfeld Thermal 2. Nach der raschen Anerkennung als Heilquelle wurde das Thermalwasser für ein kleines Schwimmbad verwendet. Die Thermenanlage besteht seit 2004.

Hydrogeologie

Am Ostrand des Ötztals in ca. 1 km südlicher Entfernung zu der Kirche von Oberlängenfeld am Fuß des Talhanges des Gamskogels befinden sich fünf schwefel-

haltige Quellaustritte, die nur leicht temperiert sind und Leitfähigkeiten von weniger als 200 µS/cm aufweisen (MOSTLER, 2000). Das Kristallin im Untergrund bilden Gesteine des Ötztal-Kristallins.

In unmittelbarer Nähe zu den Quellen wurden Längenfeld Thermal 1 und 2 in einem Abstand von ca. 100 m abgeteuft. Nach MOSTLER (1995) sind die kristallinen Gesteine in diesem Bereich durch sprödetektonische Vorgänge stark beansprucht worden und aufgrund von Zonen mit starker Zerrüttung (Kataklasezonen) kommt es zum Aufstieg von Tiefengrundwässern (Abb. 133).

Die abgelenkte Tiefbohrung Thermal 2 wurde bis auf eine Endteufe von 1.865,0 m MD (1.800 m TVD) niedergebracht (KRIEGL & GOLDBRUNNER, 1998). Hierbei konnte

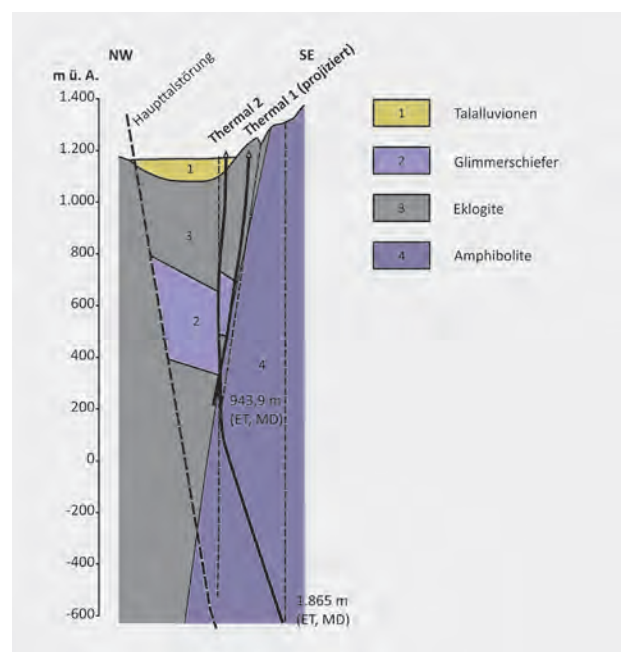


Abb. 133.
Profilschnitt von Längenfeld (verändert nach MOSTLER, 2000).

67 °C warmes Wasser erschlossen werden, das mit 2 bis 3 l/s artesisch überlief. Im Zuge der Bohrarbeiten wurde die Quartär/Kristallin Grenze bei 47,5 m angetroffen, im Liegenden folgen als Hauptgesteinstypen Eklogite, Amphibolite und Glimmerschiefer. Bis 525,0 m unter GOK herrschen vorwiegend Eklogite vor, darunter folgen Glimmerschiefer bis 840,0 m. Ab 840 m bis zur Endteufe dominieren hauptsächlich amphibolitische Gesteine. Zahlreiche Teufenbereiche mit sprödektonischer Beanspruchung erwiesen sich als wasserführend, wobei insbesondere der Bereich 990,0 bis 1.002,0 m hervorzuheben ist, der als besonders wasserführend eingeschätzt wurde. In dieser tektonisch stark beanspruchten Zone tritt ein lithologischer Wechsel von Biotit führenden Amphiboliten zu biotitfreien Amphiboliten auf (MOSTLER, 2000). Zu Thermalwasserzuflüssen kommt es ausschließlich innerhalb der Eklogit- und Amphiboliteinheiten, in Abschnitten mit Glimmerschiefern fanden keine Zuflüsse statt, obwohl es ebenfalls Brucherscheinungen gibt. Die Netto-Aquifermächtigkeit beträgt innerhalb des offenen Bohrlochabschnittes (811,0 m bis zur Endteufe) rund 60 m. Es ist anzumerken, dass in oberen Bereichen der Tiefbohrung ebenfalls Wasserzutritte festgestellt wurden. Diese Abschnitte sind aufgrund der Zementierung (Ausbau der Bohrung) nicht relevant. Die Auswertung eines Langzeitpumpversuches vom 09.04.1998 bis zum 15.06.1998 ergab eine Transmissivität von $3,6 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ sowie einen kf-Wert von $6 \times 10^{-8} \text{ m/s}$ (KRIEGL et al., 1998). Bei diesem Test wurde bei einer Förderrate von 4,56 l/s eine Absenkung von 496 m unter GOK nachgewiesen. Der geothermische Gradient beträgt nach MOSTLER (2000) 1 °C/29,5 m. Bei der Endteufe konnte außerdem eine Temperatur von 65,5 °C gemessen werden, doch das Temperaturmaximum von 69,7 °C wurde im Abschnitt 1.810,0 bis 1.820,0 m festgestellt.

Bei der bis auf 943,9 m (927,03 m TVD) abgeteufte Tiefbohrung Thermal 1 (Schwefeltherme) findet der für die Thermalwasserförderung relevante Hauptzufluss innerhalb der Bereiche 615,0 bis 625,0 m und 760,0 bis 770,0 m statt (GOLDBRUNNER, 2012b). Die Förderung erfolgt aus einem bis 480,0 m eingebauten Polypropylen-Steigrohr, die Filterrohre befinden sich zwischen 120,0 bis 943,0 m unter GOK. Der artesische Überlauf beträgt rund 0,6 bis 0,7 l/s und die Wassertemperatur liegt bei ca. 28,5 °C. Beweissicherungsmessungen an Thermal 1, die im Zuge des Langzeitpumpversuches bei Thermal 2 durchgeführt wurden, ergaben, dass es zu einem Rückgang von Schüttung und Temperatur kommt (KRIEGL et al., 1998). Eine hydrochemische Be-

einflussung wurde nicht nachgewiesen und nach dem Langzeitpumpversuch kam es zu einer raschen Erholung.

MOSTLER (2000) beschreibt die NNW–SSE streichende und 75° ENE einfallende Störung, die im Haupttal verläuft, als westliche Grenze des Einzugsgebietes. Im Norden dürfte die senkrecht zum Haupttal verlaufende Störung des Fischbaches die Grenze bilden. Da die schwefelreichen Quellaustritte bei der Amberger Hütte ebenfalls diesem Kluftgrundwassersystem zuzuordnen sind und Sauerstoff-18-Analysen auf ein hochgelegenes Einzugsgebiet hinweisen, dürfte sich die Ostgrenze bei dem Grenzkamm gegen das Stubaital befinden. Die Südgrenze scheint die Mühlrinnen-Störung zu bilden.

Hydrochemie

Bei den Thermalwässern beider Tiefbohrungen handelt es sich um einen sehr ähnlichen akkratischen Natrium-Chlorid-Sulfat-Schwefel-Typ (Tab. 118). Thermal 1 weist aber eine geringere Temperatur und einen geringeren Gesamtlösungsinhalt auf. Zudem sind ein geringerer Lösungsinhalt und die niedrigere Temperatur die Hauptunterschiede von Thermal 1 zu Thermal 2. Besonders wichtig ist für die Gesamtcharakterisierung der Anteil an zweiwertigem Schwefel (S^{2-}). Dieser beträgt rund 4 bis 5 mg/l und stammt nach MOSTLER (2000) von der Reduktion des aus Pyritvererzungen freigesetzten und im Wasser gelösten Sulfats. Hierbei ist zu erwähnen, dass Pyrit im Bohrklein (Amphibolite und Eklogite) makroskopisch nachgewiesen werden konnte. Bemerkenswert sind außerdem die hohe Alkalität und der hohe Fluoridgehalt (ca. 7 mg/l) der Wässer (Tab. 118). Die Analysen der stabilen Umweltisotope Deuterium (Thermal 2: -108,9 ‰; Thermal 1: -109,1 ‰) und Sauerstoff-18 (Thermal 2: -14,68 ‰; Thermal 1: -14,86 ‰) weisen bei den Tiefbohrungen auf ein hochalpines Einzugsgebiet hin (Tab. 119). Da Tritium bei Thermal 2 nicht nachgewiesen werden konnte, ist ein Einfluss von oberflächennahen Wässern auszuschließen. Außerdem konnte ein Kohlenstoff-14-Modellalter von 2.000 bis 3.000 Jahren bestimmt werden (Tab. 119). Im Zuge der großen Heilwasseranalyse von Längenfeld Thermal 1 wurden am 01.04.1993 die Gasgehalte bestimmt. Das Gas bestand zu 78,6 Vol.% aus Stickstoff und zu 18 Vol.% aus Kohlenstoffdioxid (Tab. 120) (DEETJEN & JOB-EGGER, 1995). Der Gesamtgasgehalt betrug 37,59 ml/kg bei Normaldruck.

Im Gegensatz zu den Bohrungen weist die alte Schwefelquelle eine deutliche Beimischung von kälteren Wässern auf.

8.15 Hydrochemische Analysen, Isotopenanalysen und frei aufsteigende Gase von einzelnen Thermalwasservorkommen im ostalpinen Kristallin und seiner mesozoischen Bedeckung

Hydrochemische Inhaltsstoffe	St. Kanzian, Thermal 1														
	Fohnsdorf, Wodzicki Förderschacht														
	Fohnsdorf, Gabelhofen Thermal 1														
	Bad Weißenbach, Kupferquelle														
	Bad Weißenbach, Bäderquelle														
	Bad Weißenbach, Thomas Miriam Quelle (B1/82)														
	Bad Weißenbach, Thomas Miriam Quelle (B1/82)														
	Bad Weißenbach, Heinz Sabine Quelle (B2/80)														
	Bad Weißenbach, Heinz Sabine Quelle (B2/80)														
	Bad Weißenbach, Franz Kahler Quelle (B2/82)														
	Bad Weißenbach, Franz Kahler Quelle (B2/82)														
	Wolkersdorf im Lavanttal, Kochsalztherme														
	Mürztal, Thermal 1														
	Payerbach, Thermal 1														
	Datum	16.01.1998	17.07.2003	30.06.1968	22.09.1999	28.05.1984	22.09.1999	25.09.1990	22.09.1999	03/1985	1967	04.03.1967	23.10.2000	19.08.1940	27.04.2006
Ergiebigkeit (l/s)	0,95	12		15	0,75 (freier Überlauf)	0,16	0,7 (freier Überlauf)	1,1 (freier Überlauf)	2,2 (freier Überlauf)		0,42 (freier Überlauf)	1,57			
El. Leitfähigkeit (µS/cm)	4.720 (25 °C)	6.550 (25 °C)		1.939 (20 °C)	1.971	2.140 (20 °C)	2.100	2.090 (20 °C)	2.069		1.020 (20 °C)	11.940 (20 °C)			
Auslaufftemperatur (°C)	28,4	46		31,35	31,5	26,2	30,7	31,8	32,25	23,8	16,05	41,52			
pH	7,35	6,37	8	6,1	6,03	6,2	6,2	6,15	6,1		6,45	6,63	6,57		
Kationen (mg/l)															
Calcium (Ca)	642,4	751	7,55	225,5	229,9	232	237,2	232,2	234,9	211,6	137,7	150	192,1	69	
Magnesium (Mg)	259,5	195	7,1	33,2	28,6	35,9	31,2	34,5	31,1	30,1	16,8	113	55,2	52	
Natrium (Na)	336,2	526	539,1	237,1	250	281,7	271,4	267,8	265,8	251,1	120	2.792	188,4	7.400	
Kalium (K)	34,9	63,7		30,96	31	34,6	33,8	35,1	33,5	34,4	15,6	200	200		
Summe	1.273	1.535,7	553,75	526,76	539,5	584,2	573,6	569,6	565,3	527,2	290,1	3.255	435,7	7.721	
Anionen (mg/l)															
Hydrogencarbonat (HCO ₃)	221,9	775,4	671	1.142,6	1.168,5	1.224,6	1.218,8	1.210,4	1.223,4	1.096	628	4.083	712,4	6.602	
Chlorid (Cl)	35,7	697	354,2	113,7	119,6	131,8	130,4	128,3	129,1	119,2	56,5	2.863	330	8.900	
Sulfat (SO ₄)	3.045,3	2.267	9	151,5	145,5	184	168,2	167,9	152,6	164,3	92,2	135,4	230,9	14	
Summe	3.302,9	3.739,4	1.034,2	1.407,8	1.433,6	1.540,4	1.517,4	1.506,6	1.505,1	1.379,5	776,7	7.081,4	1.273,3	15.516	
Spezielle Parameter															
Kationen (µg/l)															
Aluminium (Al)		19													
Ammonium (NH ₄)	950	1.200	9.500	190	370	240	310	220	300	200	100	5.100		< 50	
Barium (Ba)		34			480				500			1.200		5.700	
Blei (Pb)		< 1			2				2			< 1			
Chrom (Cr)		39			< 20				< 20			10			

Hydrochemische Inhaltsstoffe	Payerbach, Thermal 1	Mürztal, Thermal 1	Wolkersdorf im Lavanttal, Kochsalztherme	Bad Weißenbach, Franz Kahler Quelle (B2/82)	Bad Weißenbach, Heinz Sabine Quelle (B2/80)	Bad Weißenbach, Heinz Sabine Quelle (B2/80)	Bad Weißenbach, Thomas Miriam Quelle (B1/82)	Bad Weißenbach, Bäderquelle	Bad Weißenbach, Kupferquelle	Fohnsdorf, Gabelhofen Thermal 1	Fohnsdorf, Wodzicki Förderschacht	St. Kanzian, Thermal 1
Eisen (Fe)	1.600 (2+)	7.200	1.120	< 100 (2+)	< 100 (2+)	50 (2+)	< 100 (2+)	20	60 (2+)	5.200 (2+)		880
Kupfer (Cu)		< 5		30			< 30	12		10		
Lithium (Li)	470			606			670	50		5.600		10.000
Mangan (Mn)		110		310	10	140	380	260	60	140		34
Selen (Se)		< 20		< 1			< 1			40		
Strontium (Sr)	11.500	15.400		2.190	2.500	2.100	2.270	2.400		11.200		43.000
Spezielle Parameter Anionen (µg/l)												
Bromid (Br)		530						680		3.900		
Fluorid (F)	3.050	3.100		850	500	860	870	550	200	2.260		7.000
Hydrogensulfid (HS)	24.500	1.000		100	120	100	100			250		
Iodid (I)				35			70	110		200		1.270
Carbonat (CO ₃)		255,7								3.300		
Undissoziierte Stoffe (mg/l)												
m-Kieselsäure (H ₂ SiO ₃)	25,3	37,7		58,3	61,2	68,9	61,1	66,3	44,2	38,35		
o-Borsäure (H ₃ BO ₃)	3,63	25,9		16	19	18,1	17,9	16	8	120,11		
Feststoffsumme (mg/l)	4.646,9	5.367,59	1.598,57	2.011,87	2.208,17	2.181,56	2.154,28	1.993,28	1.119,42	10.533,27	1.709	23.304,88
Freies Kohlenstoffdioxid (CO ₂)	15,2			1.025	1.021	1.050	1.001	1.140	465	1.058		
Gel. Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	12,4			0,84	0,76	0,8	0,99	0				
Lösungsinhalt (mg/l)	4.674,5	5.367,59	1.598,57	3.037,71	3.229,93	3.232,36	3.156,27	3.133,28	1.584,42	11.591,27	1.709	23.304,88
Tit. Schwefel (mg/l)	35,4			0,9	0,84	0,85	13			2,2		
Literaturverweis	1	2	3	4	6	7	9	10	11	12	13	14

Tab. 115.
Hydrochemische Analysen von Payerbach, Mürztal, Wolkersdorf im Lavanttal, Bad Weißenbach, Fohnsdorf und St. Kanzian (1: FOISNER, 1998b; 2: ARSEVAL RESEARCH, 2003, zit. nach EISNER & GOLDBRUNNER, 2003c; 3: KAHLER, 1978; 4, 6, 8: POLZ, 1999b; 5, 7, 9: MARKTL, 1993; 10: HOLZL, 1996; 11: HOLZL, 1968, zit. nach KAHLER, 1978; 12: RÖTTER & SPACEK, 2000c; 13: ZETTING, 1993; 14: SEIBERSDORF RESEARCH, 2006, zit. nach GOLDBRUNNER, 2012b).

Hydrochemische Inhaltsstoffe	Datum	30.07.2008	Wildbad Einöd, Marienquelle	08/2001	Wildbad Einöd, Georgsquelle II	11.06.2012	Wildbad Einöd, Georgsquelle II	12.12.1981	Wildbad Einöd, Ignazquelle	30.07.2008	Wildbad Einöd, Ignazquelle	17.01.1989	Wildbad Einöd, Michaelquelle	30.07.2008	Wildbad Einöd, Michaelquelle	14.09.1990	Wildbad Einöd, Hallenbadquelle	30.07.2008	Wildbad Einöd, Hallenbadquelle	14.09.1990	Reifnitz, Quelle bei Landstraße 1	29.07.2013	21.07.1965	Reifnitz, Uschnigquelle (Quelle 2)	29.07.2013	19.03.2008	Karawanken-Straßentunnel, KT2930	19.03.2008	Karawanken-Straßentunnel, KT2830	19.03.2008
	Ergiebigkeit (l/s)																				9	1								
	El. Leitfähigkeit (µS/cm)	2.830 (25 °C)		2.100 (25 °C)	1.807 (20 °C)	2.375 (20 °C)		2.303 (20 °C)										2.070 (20 °C)			405 (16,9 °C)	326,2	396							
	Auslauftemperatur (°C)	25,4		23,1	21,2	24,7		24,5										20,6			16,9	17								
	pH	6,1		6,26	6,3	6,2		6,1										6,3			7,48	7,3	7,6							
	Kationen (mg/l)																													
	Calcium (Ca)	476	435,3	400	384,7	441		428		393		477,4						385			380,8	57,2	54,6	56		35,77	35,38			
	Magnesium (Mg)	66,4	60,6	53,2	41,46	61,2		58,1		51,8		65,1						58,4			51,4	15,4	15,1	14,9		19,28	18,85			
	Natrium (Na)	135	126,5	96,2	90	127		113		100,6		141						100			89,15	5,3	5,36 (Na+K)	5,7		0,82	0,89			
	Kalium (K)	54	45,7	34,2	34,3	48,3		44,5		35,4		48,1						39,2			31	0,9		1,2		0,34	0,27			
Summe	731,4	668,1	583,6	550,46	677,5		643,6		580,8		731,6						582,6			552,35	78,8	75,06	77,8		56,21	55,39				
Anionen (mg/l)																														
Hydrogencarbonat (HCO ₃)	1.088,85	1.024,1		862,8	1.009,55		991,25		904		1.070,9						930,35			900	245,38	237,5	240,97		176,96	175,13				
Chlorid (Cl)	105	83,6	56,9	56,2	95		65,4		61,5		83,7						43			52,1	6,2	5,4	6,4		0,54	0,47				
Sulfat (SO ₄)	803	722	546	604	710		660		605,3		813,9						585			576,2	8,7	7,5	8,9		26	24,45				
Summe	1.996,85	1.829,7	602,9	1.523	1.814,55		1.716,65		1.570,8		1.968,5						1.558,35			1.528,3	260,28	250,4	256,27		203,5	200,05				
Spezielle Parameter Kationen (µg/l)																														
Aluminium (Al)	< 90				< 90		< 90										< 90			5,5			2,9							
Ammonium (NH ₄)	190	250	310	3.400	90		260		160		330						< 40			62										
Barium (Ba)																					12,2		14,3							
Blei (Pb)																					< 0,1		0,2							
Chrom (Cr)																					< 0,1		< 0,1							
Eisen (Fe)	1.280	1.950 (2+)	2.060 (Ges)	50 (Ges)	650		960		800 (2+)		1.260 (2+)						< 50			140 (2+)	1 (2+)		15 (2+)							
Kupfer (Cu)																					< 0,1		2							
Lithium (Li)		700							500		740									460	3,5		3,4							

Hydrochemische Inhaltsstoffe		Bad Kleinkirchheim, Kirchenquellen (Augenquelle und Katharinenquelle)	Bad Kleinkirchheim, Gewinnbrunnen 2/74	Bad Kleinkirchheim, Gewinnungsbrunnen 1/74	Bad Kleinkirchheim, Bohrbrunnen 1/99	Warmbad Villach, Zillerbadquelle	Warmbad Villach, Josefinenhofquelle	Warmbad Villach, Kahlerquelle	Warmbad Villach, Tschamerquelle	Warmbad Villach, Neue Quelle	Warmbad Villach, Freibadquelle	Warmbad Villach, Hallenbadquelle	Warmbad Villach, Hallenbadquelle
Datum		10.06.1971	05.06.1976	05.06.1976	03.10.2005	22.02.2011	22.02.2011	22.02.2011	22.02.2011	22.02.2011	22.02.2011	24.01.2006	22.02.2011
Ergiebigkeit (l/s)		7,8	12,5	10,5	1 (freier Überlauf)								
El. Leitfähigkeit (µS/cm)		265 (22,9 °C)	291 (20 °C)	309 (20 °C)	255	593 (25 °C)	571 (25 °C)	618 (25 °C)	582 (25 °C)	591 (25 °C)	592 (25 °C)	660 (25 °C)	619 (25 °C)
Auslaufftemperatur (°C)		22,9	34,75	36,5	31	25,6	20,3	26,8	24,3	25,1	25,8	29	28,1
pH		7,95	7,65	7,65	7,88	7,14	7,38	7,06	6,92	7,14	7,05	6,95	7,09
Kationen (mg/l)													
Calcium (Ca)		35,5	38,12	40,68	31	105	90,3	103	99,8	105	103	114	109
Magnesium (Mg)		13,4	13,92	14,96	12	17	21,7	18	17,4	17,1	16,7	19,2	18,2
Natrium (Na)		3,2	4,1	5,1	2,9	4	5,3	4,4	4,2	4,1	4	8,9	4,4
Kalium (K)		1,48	1,48	1,65	0,98	1,2	1,2	1,2	1	1,1	1	1,4	1,2
Summe		53,58	57,62	62,39	46,88	127,2	118,5	126,6	122,4	127,3	124,7	143,5	132,8
Anionen (mg/l)													
Hydrogencarbonat (HCO ₃)		142,2	133,6	137,3	123	377	361	396	369	376	378	419	397
Chlorid (Cl)		2,08	2,85	4,1	2	3,6	4,4	3,9	3,4	3,6	3,6	4,2	3,9
Sulfat (SO ₄)		29,7	44,58	52,95	27	13,3	16,2	13,9	13,3	13,2	13,3	16,5	13,9
Summe		173,98	181,03	194,35	152	393,9	381,6	413,8	385,7	392,8	394,9	439,7	414,8
Spezielle Parameter Kationen (µg/l)													
Aluminium (Al)			21	32		< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Ammonium (NH ₄)			7	< 10		< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Barium (Ba)			< 20	< 20		15	17	14	15	13	13	15	13
Blei (Pb)			1,38	4,2		< 1	< 2,6	< 1	< 1	< 1	< 1	< 3	< 1
Chrom (Cr)			2,7	3,1		< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 2	< 5
Eisen (Fe)			83 (2+)	53 (2+)	< 5 (2+)	< 20 (Ges)	< 20 (Ges)	< 20 (Ges)	< 20 (Ges)	< 20 (Ges)	< 20 (Ges)	< 20 (Ges)	< 20 (Ges)
Kupfer (Cu)			5,7	11,4		< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10

Hydrochemische Inhaltsstoffe	Warmbad Villach, Hallenbadquelle	Warmbad Villach, Hallenbadquelle	Warmbad Villach, Freibadquelle	Warmbad Villach, Neue Quelle	Warmbad Villach, Tschamerquelle	Warmbad Villach, Kahlerquelle	Warmbad Villach, Josefinenhofquelle	Warmbad Villach, Zillerbadquelle	Bad Kleinkirchheim, Bohrbrunnen 1/99	Bad Kleinkirchheim, Gewinnungsbrunnen 1/74	Bad Kleinkirchheim, Gewinnbrunnen 2/74	Bad Kleinkirchheim, Kirchenquellen (Augenquelle und Katharinenquelle)
Lithium (Li)									4			
Mangan (Mn)	< 5	< 3	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5			
Selen (Se)	< 1	< 3	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1				
Strontium (Sr)	138	165	135	137	143	141	166	156	155			110
Spezielle Parameter Anionen (µg/l)												
Bromid (Br)												10
Fluorid (F)	80	90	80	80	70	80	50	80	1.034	600	330	160
Hydrogensulfid (HS)												
Iodid (I)										60	< 10	9
Carbonat (CO ₃)												
Undissoziierte Stoffe (mg/l)												
m-Kieselsäure (H ₂ SiO ₃)	14,7	8,06	10,48	11,12	9,26	12,32	14,32	10,4	18	29,2	25,9	21,9
o-Borsäure (H ₃ BO ₃)	0,29	0,34	0,29	0,29	0,23	0,34	0,29	0,29		0,28	0,17	01
Feststoffsumme (mg/l)	562,82	591,87	530,6	531,74	517,82	553,3	514,94	532,04	218,07	286,98	265,17	250,75
Freies Kohlenstoffdioxid (CO ₂)	50,3	62,5	47,1	38,5	64,4	47,6	22,7	38,3	2	4	3	
Gel. Schwefelwasserstoff (H ₂ S)												
Lösungsinhalt (mg/l)	613,12	654,37	577,7	570,24	582,22	600,9	537,64	570,34	220,07	290,98	268,17	250,75
Tit. Schwefel (mg/l)												
Literaturverweis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Tab. 117.
Hydrochemische Analysen von Warmbad Villach und Bad Kleinkirchheim (1, 3–8: PROBST & SCHMÖLZER, 2011; 2: PROBST et al., 2006; 9: KOLLMANN, 2005; 10, 11: VERSUCHSANSTALT WIEN, 1977, zit. nach ZÖTL & GOLDBRUNNER, 1993; 12: CHEMISCHES LABORATORIUM FRESSENIUS, 1971, zit. nach KAHLER, 1978).

Hydrochemische Inhaltsstoffe	08.07.2009	18.03.2003	1986	Bad Bleiberg, Rudolfstherme, 5. Lauf	Bad Bleiberg, Rudolfstherme, 5. Lauf	25.10.1956	Bad Bleiberg, Rudolfstherme, 12. Lauf	St. Jakob in Deferegggen, Thermal 1	04.01.2005	12.10.2000	Längenfeld, Thermal 2	12.08.1998	Längenfeld, Thermal 2	12.08.1998	Längenfeld, Thermal 1	14.04.1993	Längenfeld, Thermal 1	14.04.1993	Längenfeld, Schwefelquelle
Datum	08.07.2009	18.03.2003	1986	Bad Bleiberg, Rudolfstherme, 5. Lauf	Bad Bleiberg, Rudolfstherme, 5. Lauf	25.10.1956	Bad Bleiberg, Rudolfstherme, 12. Lauf	St. Jakob in Deferegggen, Thermal 1	04.01.2005	12.10.2000	Längenfeld, Thermal 2	12.08.1998	Längenfeld, Thermal 2	12.08.1998	Längenfeld, Thermal 1	14.04.1993	Längenfeld, Thermal 1	14.04.1993	Längenfeld, Schwefelquelle
Ergiebigkeit (l/s)	14,7	14,7	11,4					0,8				4			0,6	1,5			
El. Leitfähigkeit (µS/cm)	335 (25 °C)	344 (26,7 °C)	295			350 (20 °C)		34.100 (25 °C)	765 (25 °C)			646 (44,6 °C)			561 (28,2 °C)	538 (20 °C)			180
Auslauftemperatur (°C)	26,1	26,7	26,8			27,4		24	6,3	44,5		44,6			28,2	26,7			11,2
pH	7,91	7,99				7,87		8,14	9,43			9,47			9,9	9,8			7,85
Kationen (mg/l)																			
Calcium (Ca)	40,3	40,5	38,8			38,6		561	8,3			5,58			5,13	4,21			16,57
Magnesium (Mg)	21,6	21,4	20,2			20,1		104	0			0,2			0,17	0,41			1,57
Natrium (Na)	0,4	0,4				12,5		6.860	146	140,3		140,7			124,1	120			24,14
Kalium (K)	0,3	0,4				2,3		66,1	2,1			1,72			0,99	0,9			2,54
Summe	62,6	62,7	59			73,5		7.591,1	156,4	140,3		148,2			130,39	125,52			44,82
Anionen (mg/l)																			
Hydrogencarbonat (HCO ₃)	197,1	201,8	197,6			233		37,3	49,3			24,87			24,46	17,63			79,63
Chlorid (Cl)	0,4	0,5				1,3		11.850	120,3	110,7		112,67			95,21	85,96			13,76
Sulfat (SO ₄)	15,7	17,4				14,2		34,5	97,9	84,9		83,97			80,92	77,82			12,25
Summe	213,2	219,7	197,6			248,5		11.921,8	267,5	195,6		221,51			200,59	181,41			105,64
Spezielle Parameter																			
Kationen (µg/l)																			
Aluminium (Al)						15		5								800			
Ammonium (NH ₄)	< 27	< 37						2.450	30			800			1.160				
Barium (Ba)								4.300				< 500							
Blei (Pb)	8							< 1				< 40							
Chrom (Cr)								< 1				< 50							
Eisen (Fe)	< 2	< 50 (Ges)				30		2.040 (Ges)	< 5 (Ges)			60 (Ges)							
Kupfer (Cu)								3				< 40							
Lithium (Li)								11.900				220			240				

Hydrochemische Inhaltsstoffe	Bad Bleiberg, Rudolfstherme, 5. Lauf	Bad Bleiberg, Rudolfstherme, 5. Lauf	Bad Bleiberg, Rudolfstherme, 5. Lauf	Bad Bleiberg, Rudolfstherme, 12. Lauf	St. Jakob in Deferegggen, Thermal 1	Längenfeld, Vorratsbehälter Aqua Dome	Längenfeld, Thermal 2	Längenfeld, Thermal 1	Längenfeld, Thermal 1	Längenfeld, Thermal 1	Längenfeld, Schwefelquelle
Mangan (Mn)	< 1	< 3		10	600	< 3		< 10			
Selen (Se)	< 1				< 1		< 1				
Strontium (Sr)					76.600						
Spezielle Parameter Anionen (µg/l)											
Bromid (Br)					109.000						
Fluorid (F)	< 50	< 500		100	830	7.500		2.880		6.500	1.350
Hydrogensulfid (HS)								7.330		5.150	
Iodid (I)					2.100			4.560			
Carbonat (CO ₃)								110			
Undissoziierte Stoffe (mg/l)								2.380		3.630	
m-Kieselsäure (H ₂ SiO ₃)				28,9	1,17			28,2		30,62	
o-Borsäure (H ₃ BO ₃)				2,2	2,35			5,27		6,2	
Feststoffsumme (mg/l)	275,81	282,4	256,6	353,26	19.726,25	431,43		421,52	375,75	359,83	151,81
Freies Kohlenstoffdioxid (CO ₂)				11							
Gel. Schwefelwasserstoff (H ₂ S)											
Lösungsinhalt (mg/l)	275,81	282,4	256,6	364,26	19.726,25	431,43		421,52	375,75	359,83	151,81
Tit. Schwefel (mg/l)					0,04	3,83	4,4	5	5	0,7	
Literaturverweis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Tab. 118.
Hydrochemische Analysen von Bad Bleiberg, St. Jakob in Deferegggen und Längenfeld (1: DEETJEN, 2009; 2, 3: DEETJEN, 2003; 4: KAHLER & ZÖTL, 1993b; 5: EICHINGER & DIERICH, 2005; 7-9: DEETJEN & BÜSCH, 2000; 10, 11: DEETJEN & JOB-EGGER, 1995).

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)
Payerbach, Thermal 1	1	16.01.1998				< 1,4				3,36	44,84
Mürztal, Thermal 1	2	2003	0,6		-2,57	0,29	-11,9	-86,8			
Bad Weißenbach, Franz Kahler Quelle (B2/82)	3	22.09.1999				< 0,77				0,393	17,4
Bad Weißenbach, Heinz Sabine Quelle (B2/80)	4	22.09.1999				< 0,77				0,189	7,79
Bad Weißenbach, Thomas Miriam Quelle (B1/82)	5	22.09.1999				1,07				0,335	5,08
Bad Weißenbach, Bäderquelle	6	23.02.1981				31,0					
Bad Weißenbach, Bäderquelle	7	05.11.1991				0,0					
Fohnsdorf, Gabelhofen Thermal 1	8	23.10.2000				0,1	-10,75	-79,6			
St. Kanzian, Thermal 1	9	29.03.2006				< 0,3	-6,24	-54,9			
Reifnitz, Quelle bei Landstraße 1	10	29.07.2013				5,1	-9,88	-67,1			
Karawanken-Straßentunnel, KT2930	11	12/1988 bis 07/1993					-11,30 (Mw. von 24 Meßwerten)				
Karawanken-Straßentunnel, KT2830 und KT2930	12	1995–2007				4–5	-11,30 bis -11,50; für KT2830 etwas höher				
Warmbad Villach, Kahlerquelle	13	30.09.1988								0,037	24
Warmbad Villach, Tschamerquelle	14	1977									25
Warmbad Villach, Neue Quelle	15	1977									31
Warmbad Villach, Freibadquelle	16	1977									28
Warmbad Villach, Freibadquelle	17	1966									19
Warmbad Villach, Freibadquelle	18	1962									13
Bad Kleinkirchheim, Augenquelle	19	03.07.1972				115					
Bad Kleinkirchheim, Versuchsbrunnen 1/72	20	03.07.1972				29					
Bad Kleinkirchheim, Versuchsbrunnen 2/72	21	09/1987 bis 12/1988				8–10	ca. -11,8				
Bad Kleinkirchheim, Gewinnungsbrunnen 1/74	22	09/1987 bis 12/1988				12–15	ca. -12				
Bad Kleinkirchheim, Gewinnungsbrunnen 1/74	23	08.11.1988	11,33	16.700							
Bad Kleinkirchheim, Gewinnungsbrunnen 2/74	24	09/1987 bis 12/1988				ca. 25	ca. -11,7				
Bad Kleinkirchheim, Bohrung 1/84	25	09/1987 bis 12/1988				ca. 55–65	ca. -11				
Bad Kleinkirchheim, Bohrung 2/84	26	11/1988				ca. 38–45	ca. -11,6				
Bad Kleinkirchheim, Bohrung 1/99	27	1999				21,4					
Bad Bleiberg, Rudolfstherme	28	16.11.1955								0,0333	5,55

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)
St. Jakob in Deferegggen, Thermal 1	29	28.10.2010				1,1	-10,3	-43,3		1,607	2,7
Längenfeld, Thermal 1	30	15.06.1993	64,3		-18,0	< 1	-14,86	-109,1			
Längenfeld, Thermal 1	31	14.04.1993								1	< NWG
Längenfeld, Thermal 2	32	17.10.1997	66,9	2.000–3.000	-27,8	< 1					
Längenfeld, Thermal 2	33	12.08.1998					-14,68	-108,9		< 0,1	2,5
Längenfeld, Schwefelquelle	34	01.04.1993				28,3	-14,31	-105,0			

Tab. 119.

Isotopenanalysen von Payerbach, Mürztal, Bad Weißenbach, Fohnsdorf, St. Kanzian, Reifnitz, Karawanken-Straßentunnel, Warmbad Villach, Bad Kleinkirchheim, Bad Bleiberg, St. Jakob in Deferegggen und Längenfeld (1: FOISNER, 1998b; 2: SPACEK, 2003, zit. nach GOLDBRUNNER et al., 2006; 3–5: POLZ, 1999b; 6, 7: GAMERITH, 1995; 8: ROTTER & SPACEK, 2000c; 9: SEIBERSDORF RESEARCH, 2006, zit. nach GOLDBRUNNER, 2012b; 10: SÜVEGES, 2014; 11: BRENCIĆ et al., 1995; 12: BRENCIĆ & POLTNIČ, 2008; 13: BUNDESANSTALT FÜR CHEMISCHE, PHARMAZEUTISCHE UND BALNEOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN, 1990; 14–18: FRIEDMANN & HERNEGGER, 1985; 19, 20: BVFA ARSENAL, 1972, zit. nach CLAR et al., 1995; 21–26: BVFA ARSENAL, 1988, zit. nach CLAR et al., 1995; 27: KOLLMANN, 2006; 28: KAHLER, 1978; 29: EICHINGER et al., 2010; 30, 34: DEETJEN & JOB-EGGER, 1995; 31: BRUNNER & KLEBOTH, 1995; 32: MOSTLER, 2000; 33: DEETJEN & BÖSCH, 2000).

Erschließungen	Literaturverweis	Datum	Gasschüttung	Kohlenstoffdioxid (Vol.%)	Stickstoff (Vol.%)	Methan (Vol.%)	Sauerstoff (Vol.%)	Ethan (Vol.%)	Propan (Vol.%)	Schwefelwasserstoff (Vol.%)
Mürztal Thermal 1	1	2003	70 ml pro 1 l Wasser	0,22	92,3	6,4	< 0,05			
Bad Weißenbach, Franz Kahler Quelle (B2/82)	2	28.05.1984	0,066 l/s	76,45	23,29					0,016
Bad Weißenbach, Thomas Miriam Quelle (B1/82)	3	11.05.1984	0,36 l/s	82,84	16,93					0,017
Bad Weißenbach, Bäderquelle	4	1967	2 l/h	54,4	44,4 +Edelgase		1,2			
Fohnsdorf, Gabelhofen Thermal 1	5	23.10.2000	Gas/ Wasser- Verhältnis 2,5:1 bis 2,7:1	96,6	2,6	0,5				
Bad Kleinkirchheim, Gewinnungsbrunnen 1/74	6	05.06.1976	ca. 0,1 l pro 20 l Wasser	0,41	94,32		5,25			
Bad Kleinkirchheim, Gewinnungsbrunnen 2/74	7	05.06.1976	ca. 0,17 l pro 28 l Wasser	0,3	81,32		18,37			
St. Jakob in Deferegggen, Thermal 1	8	28.10.2010		0,04	31,4	67,8	< 0,04	0,04 mg/ kg	0,01 mg/ kg	
Längenfeld, Thermal 1	9	01.04.1993		18	78,6					

Tab. 120.

Frei aufsteigende Gase von Mürztal, Bad Weißenbach, Fohnsdorf, Bad Kleinkirchheim, St. Jakob in Deferegggen und Längenfeld (1: SPACEK, 2003, zit. nach GOLDBRUNNER et al., 2006; 2, 3: MARKTL, 1993; 4: KAHLER, 1978; 5: ROTTER & SPACEK, 2000c; 6, 7: VERSUCHSANSTALT WIEN, 1977, zit. nach CLAR, 1993; 8: EICHINGER et al., 2010; 9: DEETJEN & JOB-EGGER, 1995).