

Ein Beitrag zur Einteilung und Herkunft der Wässer im Bereich Wildbad Einöd – Ergebnisse von simultanen Fluidloggingmessungen

*Classification and Origin of the Waters Occurring in Wildbad Einöd –
Results of Simultaneous Fluid Logging Measurements*

E. MÜLLER¹⁾

Inhalt

	Seite
1. Aufgabenstellung	169
2. Untersuchungsgebiet.....	170
2.1. Geologische Situation	170
2.2. Hydrogeologische Situation	172
3. Bohrlochgeophysikalische Untersuchungen	174
4. Klassifizierung der Wässer nach den Ergebnissen der Simultanmessung.....	176
5. Erkenntnisse hinsichtlich der Zuflussbedingungen aus den Logs.....	180
Zusammenfassung.....	183
Literatur	183
Summary.....	184
Dank.....	185

1. Aufgabenstellung

Die thermalen Mineralsäuerlinge von Wildbad Einöd waren vermutlich bereits in vorrömischer Zeit bekannt (J. ZÖTL & J. E. GOLDBRUNNER, 1993) und werden bis heute für den Kurbetrieb genutzt.

Von der ASFINAG Bau Management GmbH wurden im Rahmen des Projektes „S37 Klagenfurter Schnellstraße, Teilabschnitt 1“ zur Voruntersuchung ein Bohr- und Bohrlochmessprogramm in Auftrag gegeben. Ziel der Untersuchung war es, die hydrogeologische Situation im Raum Wildbad Einöd hinsichtlich des auftretenden Thermalwasservorkommens zu klären und zu dokumentieren. Des Weiteren wurden hydrochemische und isopenchemische Untersuchungen vorgenommen, deren genaue Ergeb-

¹⁾ Dipl.-Ing. Edith MÜLLER, Lehrstuhl für Tiefbohrtechnik, Montanuniversität Leoben, Erzherzog-Johann-Straße 3, A-8700 Leoben, Österreich. E-Mail: edith.mueller@unileoben.ac.at

nisse dem Bericht der ASFINAG BAU MANAGEMENT GMBH (2010) zum Vorhaben „S37 Klagenfurter Schnellstraße, Teilabschnitt 1“ entnommen werden können.

Die Bohr- und Ausbauarbeiten wurden im Zeitraum Februar bis Oktober 2009 durchgeführt. Bestandteil des Untersuchungsprogramms waren unter anderem Bohrlochmessungen, die zur Dokumentation der Bohrprofile und zur weiteren Klärung der hydrogeologischen Verhältnisse dienen sollten. Eine erste Bohrlochmesskampagne wurde von März bis November 2009 – direkt nach dem Bohrprozess – von der Fugro Austria GmbH vorgenommen und im Rahmen des Projektes „S37 Klagenfurter Schnellstraße, Teilabschnitt 1“ ausgewertet.

Im Oktober 2010 wurde eine zweite Kampagne vom Institut RESOURCES – Institut für Wasser, Energie und Nachhaltigkeit, Forschungsgruppe Geophysik und Geothermie der JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH (im Folgenden kurz RESOURCES genannt) durchgeführt, wobei die Messungen simultan und nach einer längeren Standzeit nach Abschluss der Bohrarbeiten vorgenommen wurden. Diese Vorgehensweise ermöglichte es, die Temperatur und elektrische Leitfähigkeit der Wässer in den Bohrungen unter gleichen Bedingungen zu messen und somit eine vergleichende Betrachtung und eine Korrelation der in den einzelnen Bohrungen angetroffenen Wässer anzustellen. Die Ergebnisse dieser Simultanmessungen wurden unter Berücksichtigung des hydrologischen und thermischen Regimes ausgewertet. Details sind im Projektbericht „Fluidlogging Wildbad Einöd“ (J. SCHÖN, 2010) und in E. MÜLLER (2011) zu finden. Im Folgenden werden bewusst nur die Ergebnisse der Simultanmessungen sowie einige ausgewählte Daten aus dem Bericht der ASFINAG BAU MANAGEMENT GMBH (2010) kurz dargestellt. Für Detailergebnisse des Projektes „S37 Klagenfurter Schnellstraße, Teilabschnitt 1“ wird auf den Bericht der ASFINAG BAU MANAGEMENT GMBH (2010) verwiesen.

2. Untersuchungsgebiet

2.1. Geologische Situation

Das Untersuchungsgebiet liegt im Grenzbereich zwischen dem Koralpen-Wölz-Hochdruck-Deckensystem (liegend) und dem Drauzug-Gurktal-Deckensystem (hängend).

Mit den lokalen geologischen Verhältnissen im Gebiet um Wildbad Einöd (geologische Karte siehe Fig. 1) haben sich A. THURNER (1970), A. THURNER & D. VAN HUSEN (1978), B. GALL (1983), F. Ebner (1997), F. EBNER et al. (2006) und K. POPELKA (2006) ausführlich beschäftigt.

Der Groberberg bildet einen NNE-verlaufenden Rücken, dessen nordöstliche Flanke im Bereich von Wildbad Einöd aus Graphit(Kohlenstoff-)phylliten und Quarzphylliten des Murauer Paläozoikums (Murauer Decke) aufgebaut wird.

Weiters sind in diesem Bereich Einschaltungen von Kalken, Serizit-Quarziten und Metadiabasen zu finden. Am Groberbergsattel wird dieses Schichtpaket laut B. GALL (1983) von der Groberberg-Störung begrenzt.

Es sind außerdem hell gefärbte, geklüftete Quarzitlagen und eine Umwandlung der Amphibole in Chlorit zu beobachten. Quarzphyllite, die Chlorit und größere Gehalte an Graphit aufweisen, kommen westlich der Olsa vor. Kalkphyllite mit mehreren hundert Metern Mächtigkeit sind ebenfalls westlich der Olsa (südlich der Groberberg-Störung) zu finden. Vereinzelt enthalten sie auch Marmorlinsen. Als Hauptgemengteil tritt Calcit auf, weiters sind Serizit und Chlorit sowie Graphit enthalten.

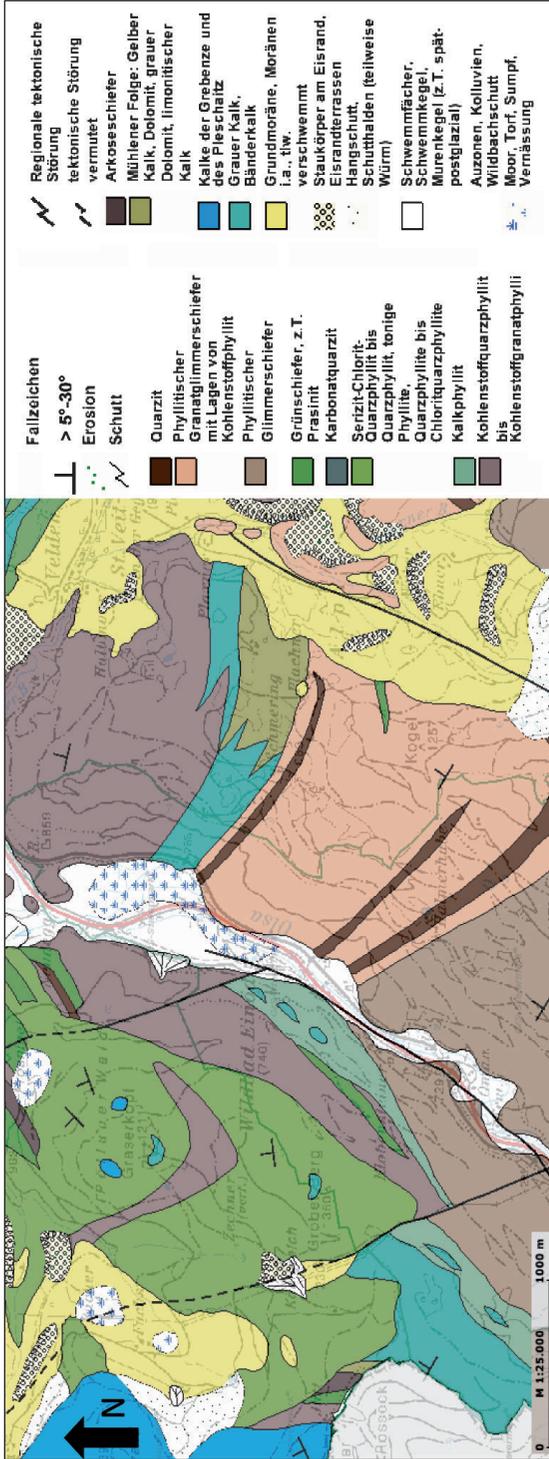


Fig. 1: Geologischer Kartenausschnitt für Wildbad Einöd im Maßstab 1:25.000 (Grundlage: AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG, www.gis.steiermark.at, abgerufen am 9. 6. 2012).
Geological map of Wildbad Einöd, scale: 1:25,000 (taken from AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG, www.gis.steiermark.at, accessed on 9 June, 2012).

Das Liegende östlich und westlich der Olsa wird von kristallinen Gesteinen gebildet, die Graphit-Granat-Glimmerschiefer und Quarzitzüge umfassen und zur Koriden-Einheit gehören (K. POPELKA, 2006). Ein steilstehender, N-S streichender Bruch, der Olsabruch (auch Olsastörung) wird von K. POPELKA (2006) als Grund für eine horizontale und vertikale Verschiebung der lithologischen Einheiten ausgelegt. Nach F. EBNER et al. (2006) handelt es sich bei der Olsastörung um eine durch Dehnung entstandene Bruchstruktur, die nur in den spröderen Gesteinen des Kristallins ausgebildet wurde.

Die Olsastörung wird als Voraussetzung für das Entstehen der thermalen Mineralsäuerlinge von Wildbad Einöd vermutet, da diese tiefgreifende Störung eine Wegigkeit für Wasser und Gas darstellen könnte (J. ZÖTL & J. E. GOLDBRUNNER, 1993).

Während des Pleistozäns wurde die Passlandschaft um Neumarkt wiederholt von den Eismassen des Murgletschers bedeckt (A. THURNER & D. VAN HUSEN, 1980). In der jüngsten Vereisungsperiode reichte der Gletscher im Olsagebiet bis unter den Gipfel des Groberberges. Durch das Abschmelzen des Eises wurde am übersteilten Groberberg-Osthang eine Felsgleitung ausgelöst (V. MAURIN, 1993). Durch diese Sackung kam es nach einem erneuten Gletschervorstoß zur Ablagerung limnischer und fluviatiler Ablagerungen in einem verbliebenen Zungenbecken. Weitläufige, versumpfte Talbereiche entstanden durch ein Aufstauen der Olsa (D. VAN HUSEN, 1980). Neue Erkenntnisse zur Verlandungsgeschichte des Olsatales im Bereich Wildbad Einöd sind im Bericht der ASFINAG BAU MANAGEMENT GMBH (2010) zu finden.

2.2. Hydrogeologische Situation

Anhand der hydrochemischen und isotonenchemischen Ergebnisse, kombiniert mit ersten, direkt nach dem Bohrprozess durchgeführten Temperatur- und Leitfähigkeitsmessungen wurde im Bericht der ASFINAG BAU MANAGEMENT GMBH (2010) eine Unterteilung in drei Gruppen hydrochemisch unterschiedlicher Wässer vorgenommen, die hier in komprimierter Form wiedergegeben wird. Nach dem DEUTSCHEN HEILBÄDERVERBAND E.V. (2005) werden als Thermalwässer solche Wässer bezeichnet, deren Temperaturen von Natur aus am Austrittsort mehr als 20 °C betragen.

Gering mineralisierte Kaltwässer:

- maximale elektrische Leitfähigkeit von 0,6 mS/cm, Wassertemperatur <20 °C,
- hohe Ca- und meist auch hohe Mg-Gehalte,
- ¹⁸O-Gehalte deuten auf ein hochgelegenes Einzugsgebiet hin,
- Tritiumgehalte entsprechen einer geringen mittleren Verweildauer.

Hoch mineralisierte Kaltwässer:

- elektrische Leitfähigkeit >0,6 mS/cm, Wassertemperatur <20 °C
Typ 1: Entgasung von Kohlensäure und eventuell Stickstoff,
Typ 2: „Tiefenwassersignatur“ mit hohen B-, F- und Sr-Gehalten, hohe Gesamthärte und Ionenkonzentration,
- hohe elektrische Leitfähigkeiten bedingt durch mikrobiologische Prozesse (bei Typ 1),
- geringe Tritiumgehalte (lange Verweilzeiten, geringer meteorischer Einfluss bei Typ 1).

Thermalwässer:

- elektrische Leitfähigkeit >0,6 mS/cm, Wassertemperatur >20 °C,
- Typ Ca-Mg-HCO₃-SO₄, dem auch die Heilbrunnen angehören,
- hohe Gesamtwasserhärte (90 °dH) und hohe Ionenkonzentrationen (Na, Ca, Fe, Sr, HCO₃, Cl, B, F, SO₄),

- Entgasung (Kohlensäure und Schwefelwasserstoff),
- ^{18}O -Gehalte deuten auf ein Einzugsgebiet mit mittlerer Seehöhe hin (Ausnahme: Hallenbadquelle – vermutlich begründet durch Beimischung lokalen Grundwassers),
- Tritiumgehalte der Marien- und Ignazquelle entsprechen einer langen mittleren Verweildauer (Ausnahmen: Hallenbad- und Michaelsquelle aufgrund verstärkter Beimischung junger Wässer).

Die limnisch-fluviatilen Ablagerungen werden von V. MAURIN (1993) als Träger von Grundwasserhorizonten (Kaltwasser), die mit dem Hangwasser der zerrütteten Ostflanke des Groberberges in Verbindung stehen, gesehen.

Das Einzugsgebiet des Wassers für die thermalen Säuerlinge befindet sich nach B. GALL (1983) in der Umgebung von Wildbad Einöd. Ein Grundwasserkonvektionsstrom im Bereich der Olsastörung soll dafür verantwortlich sein, dass kalte Wässer in tiefe Regionen gelangen können und durch Erdwärme erhitzt wieder aufsteigen. Hydraulisch ist dazu vermutlich ein komplexes System an kommunizierenden Klüften nötig (V. MAURIN, 1993). Fig. 2 zeigt diese möglichen Aufstiegswege im Bereich der Olsastörung. Die auftretende Mineralisation wird dabei als Ergebnis vermehrter Lösungsprozesse auf Grund von erhöhter Temperatur, des CO_2 -Gehalts und langer Transportwege gesehen. Als Herkunft für das CO_2 vermutet V. MAURIN (1993) Entgasungsprozesse des oberen Erdmantels.

Als Einzugsgebiet für das oberflächennahe Grundwasser kommt der aufgelockerte Osthang des Groberberges (V. MAURIN, 1993) in Betracht. In den heterogenen klastischen Sedimenten des Taltrogs besteht laut V. MAURIN (1993) ein geschlossener Grundwasserkörper mit feinkörnigen Ablagerungen (Seetone, Grundmoräne, Hochflutlehme und organische Schluffe und Tone) als Wasserstauer und Kies- und Schotterablagerungen der Olsa als Grundwasserleiter. Im Bereich des Kurhauses steigt das Wasser in den Bohrungen artesisch

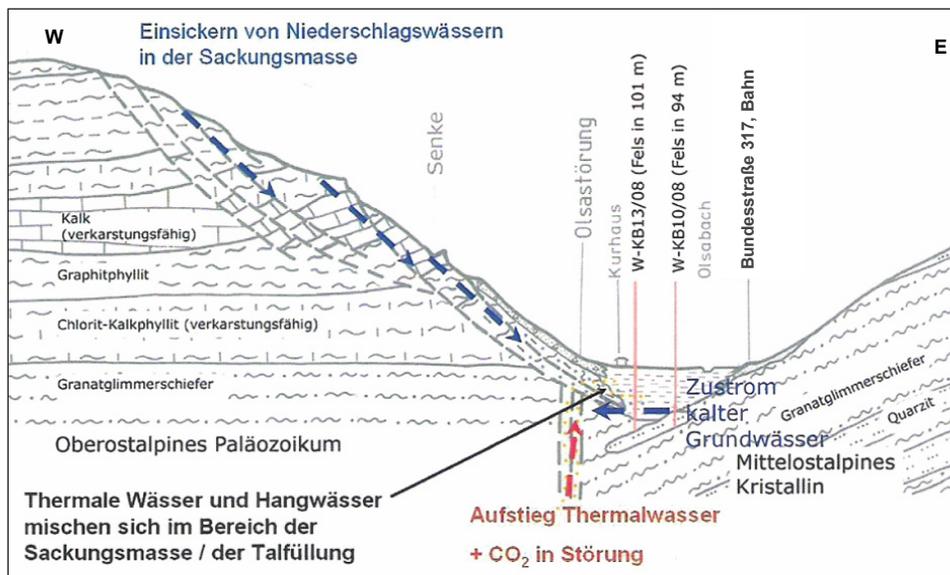


Fig. 2: Aufstiegswege für thermale Wässer (aus: Bericht ASFINAG BAU MANAGEMENT GMBH, 2010; modifiziert nach B. GALL, 1983).

Pathways for thermal water (taken from: report ASFINAG BAU MANAGEMENT GMBH, 2010; modified after B. GALL, 1983).

aus Aquiferen, die durch eine Lehmdecke hangend abgeschlossen sind, auf (V. MAURIN, 1993). Für weitere Details siehe ASFINAG BAU MANAGEMENT GMBH (2010).

3. Bohrlochgeophysikalische Untersuchungen

Im Oktober 2010 wurden vom Institut RESOURCES simultane Fluidloggingmessungen der Wassertemperatur und elektrischen Leitfähigkeit in den ausgebauten Bohrungen durchgeführt (Lage siehe Fig. 7). In einigen Bohrungen wurden auch artesische Grundwasserverhältnisse angetroffen (Fig. 3).



*Fig. 3: Artesische Grundwasserverhältnisse in der Bohrung W-KB12/08.
Artesian groundwater in well W-KB12/08.*



*Fig. 4: Durchführung der Simultanmessungen.
Simultaneous fluid logging procedure.*

Die Bohrung W-KB03/08 stellte sich als schwer zugänglich dar und konnte im Rahmen der Simultanmessungen nicht untersucht werden.

Simultane Messungen wurden durchgeführt (Fig. 4), um zu gewährleisten, dass zum Messzeitpunkt in allen Bohrungen der gleiche hydraulische Zustand herrschte. In Tab. 1 wurden für jede Bohrung die wichtigsten Bohrungsdaten zusammengestellt.

Tab. 1: Bohrungsdaten (aus: ASFINAG BAU MANAGEMENT GMBH, 2010).

Well data (taken from: ASFINAG BAU MANAGEMENT GMBH, 2010).

Bohrungsdaten								
Bohrung	Bohrbeginn	Fertigstellung	Neigung [°]	Richtung [°]	Endteufe [m]	Bohrdurchmesser [mm]	Filterstrecken [Bohrmeter]	Felslinie [Bohrmeter]
W-KB01/08	17.02.2009	04.03.2009	0	0	46	0–40,6 m: 220 40,6–46 m: 146	28–34	40,6
W-KB02/08	09.03.2009	12.03.2009	0	0	40	0–18 m: 220 18–40 m: 176	9–16	21,7
W-KB03/08	02.03.2009	16.04.2009	0	0	102	nicht bekannt	70–94	101?
W-KB04/08	01.04.2009	17.04.2009	0	0	60	0–20,6 m: 220 20,6–60 m: 146	offen ab 22 m	20,5
W-KB04A/08	06.08.2009	08.09.2009	45	260	105	0–6 m: 273 6–16 m: 220 16–39 m: 180 39–105 m: 146	offen ab 45 m	40,0
W-KB04B/08	15.09.2009	09.10.2009	0	0	80	0–6 m: 273 6–30 m: 220 30–36 m: 180 36–80 m: 146	40–71	40,0
W-KB05/08	13.03.2009	06.08.2009	0	0	130	0–25 m: 273 25–60 m: 220 60–130 m: 146	89–128	85,5
W-KB07/08	14.04.2009	29.04.2009	0	0	80	0–39 m: 273 39–46 m: 220 46–80 m: 146	47–77	39,5
W-KB09/08	10.08.2009	22.10.2009	45	260	150	0–7,3 m: 420 7,3–42 m: 273 42–76 m: 220 76–150 m: 146	75–150	70,0
W-KB10/08	17.04.2009	08.06.2009	0	0	145	0–11 m: 420 11–46 m: 273 46–90 m: 220 90–145 m: 146	111–145	95,0
W-KB12/08	15.06.2009	27.07.2009	0	0	125	0–13 m: 420 13–42 m: 273 42–74 m: 220 74–125 m: 180	70–100	102,6
W-KB13/08	18.04.2009	09.06.2009	0	0	136	0–39 m: 420 39–76,8 m: 273 76,8–106 m: 220 106–136 m: 180	107–136	102,0

Der Vorteil einer Durchführung dieser Fluidloggingmessungen nach einer gewissen Standzeit ist, dass der Einfluss des Bohrprozesses auf die Fluidtemperatur und -leitfähigkeit abgeklungen ist und sich bereits ein Temperatur- und Leitfähigkeitsausgleich mit der Umgebung vollzogen hat. Dies bedeutet, dass sich in der gesamten Bohrung (auch außerhalb der Filterstrecken) die Temperatur der Umgebung eingestellt hat und die Fluidleitfähigkeit im Filterbereich ausschließlich der des zuströmenden Wassers entspricht.

Eine vergleichende Interpretation und Korrelation von Messdaten ist möglich und Veränderungen gegenüber den vorangegangenen Messungen werden sichtbar.

4. Klassifizierung der Wässer nach den Ergebnissen der Simultanmessung

Die Temperaturen und elektrischen Leitfähigkeitswerte, die in den Filterbereichen (Tiefenwerte wurden dem Ausbauplan entnommen) während der Simultanmessung am 13. und 14. 10. 2010 gemessen wurden, wurden einander gegenübergestellt.

Die Mittelwerte der elektrischen Leitfähigkeit wurden, wie für geophysikalische Auswertungen üblich, nach der Gleichung von J. J. ARPS (1953) auf 20 °C standardisiert. Diese berücksichtigt, dass die elektrische Leitfähigkeit von Poren- und Kluftwässern im Gesteinsporenraum von der Temperatur bestimmt wird:

$$R_w(T_2) = R_w(T_1) \cdot \frac{T_1 + 21,5}{T_2 + 21,5}$$

Die Gleichung gilt streng genommen nur für NaCl-Lösungen. Die Temperaturen T_1 (auf die zu korrigierende Temperatur) und T_2 (angetroffene Temperatur) werden in °C eingesetzt und $R_w(T_1)$ und $R_w(T_2)$ ergeben die zugehörigen spezifischen Wasserwiderstände im korrigierten beziehungsweise angetroffenen Zustand in Ωm .

In Tab. 2 sind die korrigierten Mittelwerte mit den zugehörigen Standardabweichungen für alle Bohrungen aufgelistet.

Tab. 2: Temperatur und korrigierte Leitfähigkeiten im Filterbereich der Bohrungen.
Fluid temperature and corrected electrical conductivities in the filtered parts of the wells.

Bohrung	Temperatur [°C]		elektrische Leitfähigkeit [(20 °C) mS/cm]	
	Mittelwert	Standardabweichung	Mittelwert	Standardabweichung
W-KB01/08	8,19	0,09	0,485	0,011
W-KB02/08	9,85	0,10	0,486	0,007
W-KB04/08	10,49	0,63	0,456	0,002
W-KB04A/08	11,15	0,13	0,475	0,001
W-KB04B/08	8,53	0,51	0,283	0,002
W-KB05/08	23,65	0,32	2,815	0,086
W-KB07/08	16,73	0,05	3,027	0,026
W-KB09/08	16,67	0,16	2,116	0,120
W-KB10/08	14,44	0,09	0,569	0,006
W-KB12/08	18,57	0,02	1,786	0,002
W-KB13/08	18,02	0,02	1,299	0,007

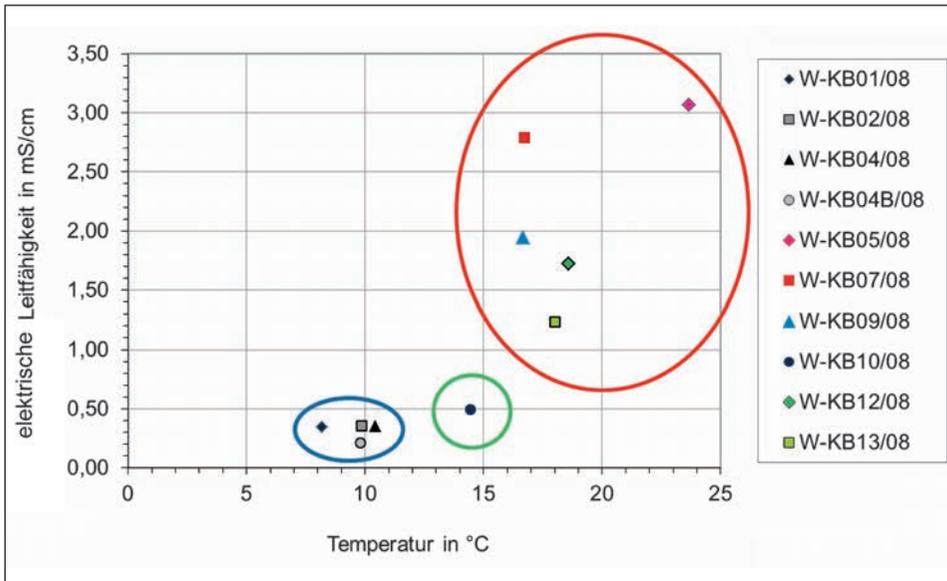


Fig. 5: Einteilung der Wässer nach Temperatur und korrigierter elektrischer Leitfähigkeit in zwei Gruppen. Blau – gering mineralisierte kalte Wässer, rot – höher mineralisierte warme Wässer, grün – Bohrung W-KB10/08, Sonderstellung.

Defining groups of waters based on temperature and corrected electrical conductivity values. Blue – weakly mineralized cold waters, red – highly mineralized warm waters, green – well W-KB10/08, exceptional position.

Für die Auswertung wurden mit den oben aufgelisteten Daten Temperatur-Leitfähigkeits-Diagramme erstellt (siehe Fig. 5).

Anhand der Messergebnisse der Simultanmessung zeichnet sich eine Zugehörigkeit der Wässer zu zwei Gruppen ab (Fig. 5):

- **gering mineralisierte „kalte“ Wässer** mit einer Leitfähigkeit $< 0,7$ mS/cm und einer Temperatur < 13 °C,
- **höher mineralisierte „warme“ Wässer** mit einer Leitfähigkeit $> 1,2$ mS/cm und einer Temperatur > 15 °C.

Die definitionsgemäße Einordnung (DEUTSCHER HEILBÄDERVERBAND E.V., 2005) von Thermalwässern als Wässer, die das ganze Jahr über Temperaturen höher als 20 °C aufweisen, wird hier für eine übersichtlichere Darstellung nicht berücksichtigt.

Eine Sonderstellung nimmt die Bohrung W-KB10/08 ein. Auf Grund der gemessenen Leitfähigkeit mit 0,6 mS/cm wäre sie zwar den gering mineralisierten kalten Wässern zuzuordnen, ihre Temperatur nimmt mit etwa 14,5 °C aber eine Position zwischen den beiden Gruppen ein. Bei gemeinsamer Betrachtung mit den Bohrungen W-KB09/08, W-KB12/08 und W-KB13/08, die räumlich nahe beieinander liegen, zeigt sich, dass diese ebenfalls etwas geringere Leitfähigkeiten (1,2–2 mS/cm) aufweisen als beispielsweise W-KB07/08, deren Wässer in einem ähnlichen Temperaturbereich (16–18 °C) liegen.

Das Temperatur-Leitfähigkeits-Diagramm (Fig. 6) wurde aus dem Bericht der ASFI-NAG BAU MANAGEMENT GMBH (2010) entnommenen Messwerten erstellt; diese wurden

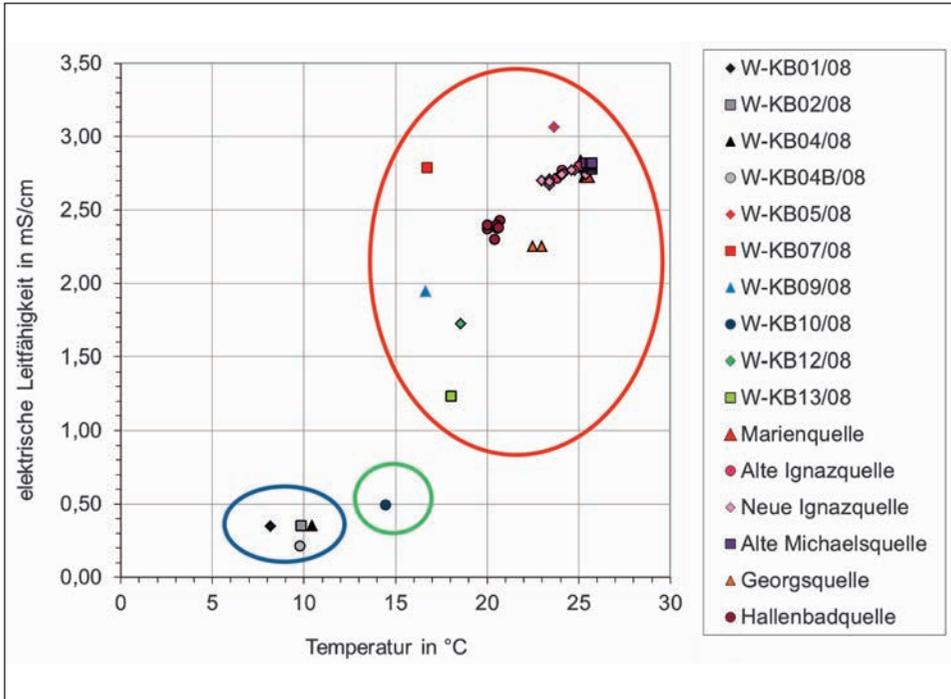


Fig. 6: Gruppierung der Wässer von Wildbad Einöd nach gemessener Temperatur und Leitfähigkeit (die Daten der Thermalbrunnen stammen aus ASFINAG BAU MANAGEMENT GMBH, 2010).
 Groups of waters of Wildbad Einöd based on measured fluid temperature and electrical conductivity (data of the thermal wells are taken from ASFINAG BAU MANAGEMENT GMBH, 2010).

mit Fluidlogs bzw. mit Hilfe von Datenloggern gewonnen, die in den Brunenschächten der genutzten Thermalquellen (Marienquelle, Alte Ignazquelle, Neue Ignazquelle, Alte Michaelsquelle, Georgsquelle, Hallenbadquelle), die sich direkt im Garten der Kuranstalt befinden, installiert sind.

Diese Darstellung bestätigt die Unterteilung in die beiden oben genannten Gruppen.

Bemerkenswert ist weiters, dass von allen Wässern die der Bohrung W-KB05/08 die höchste Temperatur aufweisen und im Temperaturbereich der genutzten Thermalquellen liegen.

Figur 7 zeigt ein Orthofoto des Zielgebietes mit der Lage der Bohrungen. Für die Unterscheidung der Wassergruppen wurde eine farbige Umrandung gewählt:

- **blau** kennzeichnet die gering mineralisierten „kalten“ Wässer,
- **rot** repräsentiert die höher mineralisierten „warmen“ Wässer,
- **grün** die Sonderstellung der Bohrung W-KB10/08.

Nördlich und südlich des Kurhauses sind die warmen Wässer anzutreffen, während die kalten Wässer in den nördlichsten Bohrungen zu finden sind. Die Sonderstellung der Bohrung W-KB10/08 wird auch im Lageplan deutlich, da sie sich etwas östlich des Kurgartens in der Nähe der Bohrungen mit warmen Wässern befindet, ihre Eigenschaften aber der Gruppe der kalten Wässer ähnlicher sind.

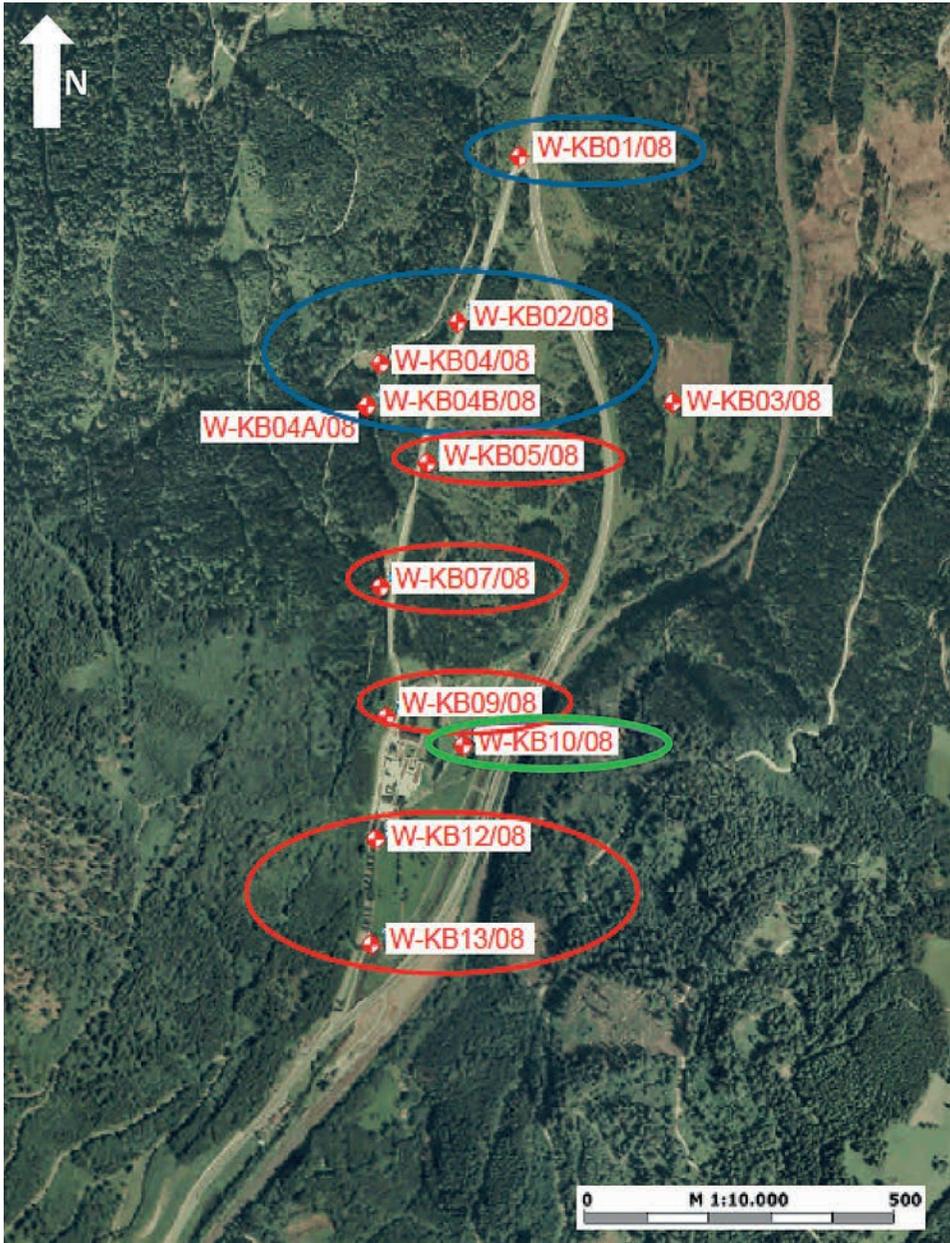


Fig. 7: Lage der Bohrungen und Einteilung der Wässer in zwei Gruppen. Blau – gering mineralisierte „kalte“ Wässer, rot – höher mineralisierte „warme“ Wässer, grün – Bohrung W-KB10/08, Sonderstellung. Bohrpunkte von W-KB04A/08 und W-KB04B/08 erscheinen deckungsgleich (Grundlage: AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG, www.gis.steiermark.at, abgerufen am 9. 6. 2012).
 Position of wells and differentiation of two groups of waters. Blue – weakly mineralized “cold” waters, red – highly mineralized “warm” waters, green – well W-KB10/08, exceptional position. Positions of W-KB04A/08 and W-KB04B/08 are congruent (AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG, www.gis.steiermark.at, accessed on 9 June, 2012).

5. Erkenntnisse hinsichtlich der Zuflussbedingungen aus den Logs

Bei Betrachtung der Fluidtemperaturverteilung der Simultanmessungen gemeinsam mit den Bohrprofilen und der Lage der Bohrungen auf der geologischen Karte in Fig. 8 kann folgende Zuordnung getroffen werden:

Die Bohrpunkte W-KB01/08, W-KB02/08 befinden sich laut geologischer Karte (vgl. Fig. 1 und Fig. 8) in den fluviatilen Sedimenten der Beckenfüllung des Olsaales beziehungsweise genau an der Grenze zum Graphitphyllit und sind gekennzeichnet durch Wechsellagerungen an Sedimenten mit tonigen und torfigen Lagen. W-KB04/08, W-KB04A/08 und W-KB04B/08 liegen in der Bergsturzmasse des Groberberges, angezeigt durch Lagen an Steinen und Blöcken. Im Liegenden folgen geklüfteter Kalkphyllit, Phyllit und Kalkglimmerschiefer. Die Fluidtemperatur liegt in diesen Bohrungen von der Oberfläche bis zur Endteufe konstant in einem Bereich von etwa 10 °C. Dies deutet auf das Austreten von kalten Wässern aus der Bergsturzmasse des Groberberges hin.

Aus dem Festgestein (hauptsächlich Glimmerschiefer, Gneisglimmerschiefer und gelegentlich Quarzit und Grünschiefer), das in den Bohrungen W-KB07/08, W-KB09/08, W-KB12/08 und W-KB13/08 angetroffen wurde, tritt ähnlich temperiertes Wasser (16–18 °C) aus. In W-KB12/08 befindet sich der Filterbereich zwar nicht im Festgestein, durch die lange Standzeit konnte sich jedoch die Temperatur des zuströmenden Wassers auch in der Bohrung einstellen.

Die Fluidleitfähigkeit zeigt im Filterbereich eine starke Variation (2,7 mS/cm in W-KB07/08, 2–2,2 mS/cm in W-KB09/08 und 1,2–1,3 mS/cm in W-KB13/08). Dies deutet auf einen Einfluss von geringer mineralisierten Wässern, besonders in W-KB13/08, hin.

Der Bohrpunkt W-KB05/08 liegt laut geologischer Karte an der Grenze der Hangschuttmasse zur Talfüllung. Im Liegenden der Sedimente folgt ab 79 m Tiefe Festgestein (Kalkphyllit und Kalkglimmerschiefer) mit teilweise offenen Klüften. Ein linearer Anstieg der Fluidtemperatur von 12 °C auf etwa 23 °C in 80 m Tiefe ist zu verzeichnen; danach bleibt die Temperatur bis zur Endteufe annähernd konstant bei 24 °C und wäre somit als Thermalwasser einzustufen. Dieser konstante Temperaturverlauf ab 80 m Tiefe könnte darauf hindeuten, dass das warme Wasser aus dem geklüfteten Festgestein (Kalkphyllit und Kalkglimmerschiefer) austritt.

Bei Betrachtung der Charakteristika der Wässer in den Sedimenten zeigt sich, dass ebenfalls variable Bedingungen vorherrschen. Während in W-KB09/08 und W-KB13/08 ein Zutritt wärmerer Wässer mit Temperaturen von 19–21 °C beobachtet werden kann, findet in W-KB07/08 ein Zufluss kälterer Wässer (12 °C) statt. Die lange Standzeit ermöglicht eine Aussage über die Temperatur des zuströmenden Wassers auch außerhalb des Filterbereichs von W-KB07/08.

Verlässliche Leitfähigkeitsdaten der Simultanmessung liegen nur für die Bohrung W-KB12/08 mit 0,75 mS/cm vor. Dies könnte auf einen Einfluss der kalten Wässer (etwa 10 °C, 0,5 mS/cm), die in den Bohrungen W-KB01/08 bis W-KB04B/08 und den Sedimenten in W-KB05/08 angetroffen wurden, hindeuten. Die Wässer in den Sedimenten von W-KB07/08 wären eher der Gruppe der gering mineralisierten kalten Wässer zuzuordnen, während in W-KB09/08, W-KB12/08 und W-KB13/08 wahrscheinlich Wässer in den Sedimenten austreten, die bereits Mischungen dieser kälteren mit wärmeren Wässern darstellen.

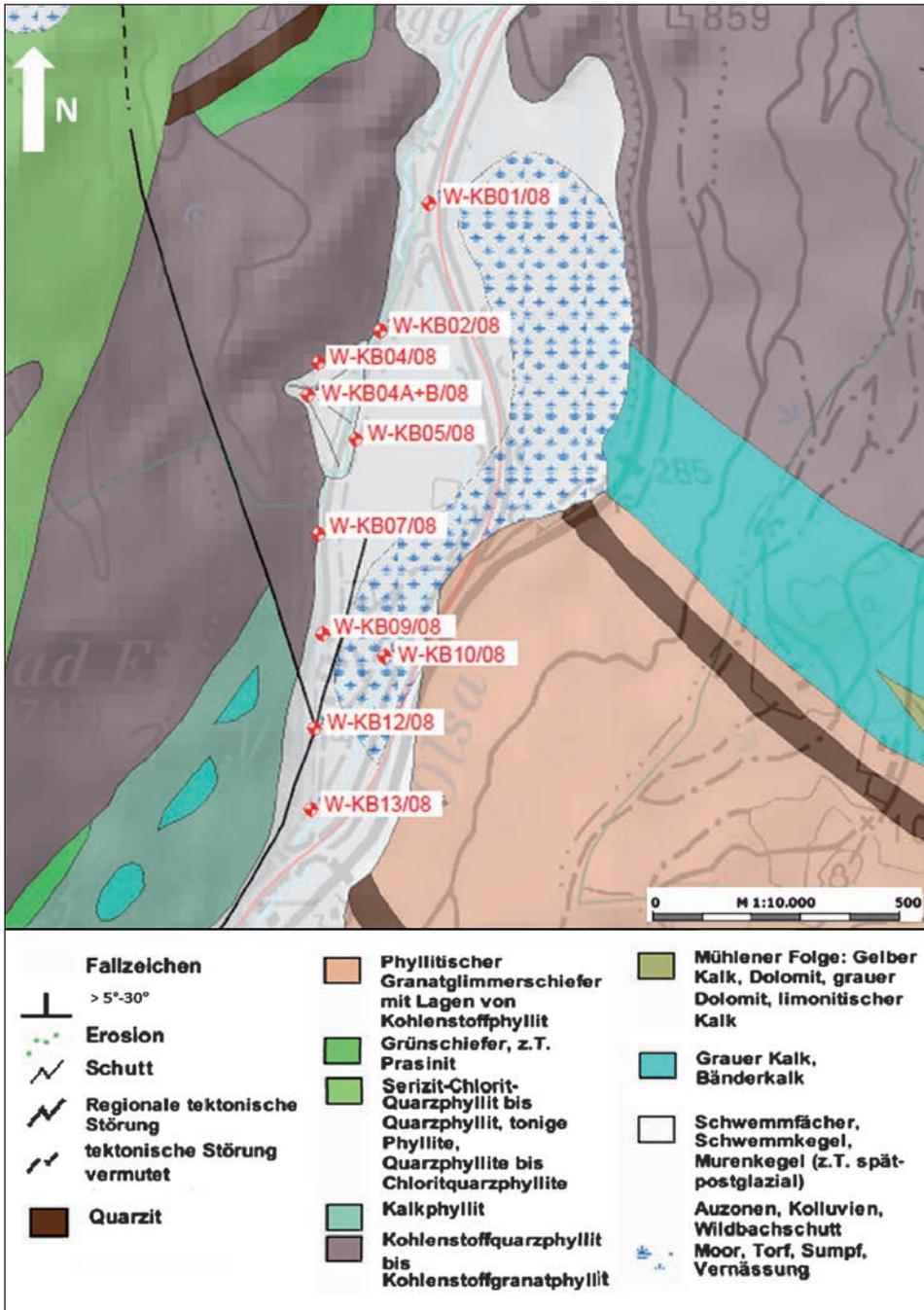


Fig. 8: Lage der Bohrungen in geologischer Karte (Grundlage: AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG, www.gis.steiermark.at, abgerufen am 9. 6. 2012).

Position of wells on geological map (AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG, www.gis.steiermark.at, accessed on 9 June, 2012).

Eine Sonderstellung nehmen die im Rahmen der Simultanmessungen in W-KB10/08 (einziger zugänglicher Bohrpunkt im torfigen, sumpfigen Bereich des Olsatales) gewonnenen Daten ein. Die Temperatur- und Leitfähigkeitsverteilung in W-KB10/08 zeigt einen Zustrom zweier verschiedener Wassertypen in den Sedimenten der Talfüllung an. Im oberen Bereich strömt in einer durch Schlufflagen eng begrenzten Kiesschicht sehr warmes Wasser (21°C) zu, während nur wenige Meter darunter sehr kaltes Wasser (9°C) austritt. Diese Temperatur wird bis zu einer Tiefe von 73 m gehalten, was auf einen Zustrom sehr kalter Wässer in diesem Bereich hindeutet.

Im Filterbereich, der im geklüfteten Festgestein positioniert ist, liegt die gemessene Fluidtemperatur bei 15°C. Hier tritt ebenfalls kaltes Wasser ähnlich der Gruppe der gering mineralisierten kalten Wässer (15°C, 0,5 mS/cm) aus. Im Vergleich zu den benachbarten Bohrungen mit lithologisch ähnlichem Festgestein lässt sich allerdings eine deutlich niedrigere Leitfähigkeit feststellen, während die Fluidtemperatur ähnlich ist.

Anhand der Lage der Bohrungen in einem schematischen Querschnitt (siehe Fig. 9) vom Ostabhang des Groberberges über das Olsatal zur Ostflanke des Olsatales lässt sich zusammenfassend feststellen, dass die Fluidtemperaturverteilung in den Bohrungen von der Bergsturzmasse des Groberberges und vom Auftreten von Klüften und torfig-schluffigen Lagen kontrolliert wird.

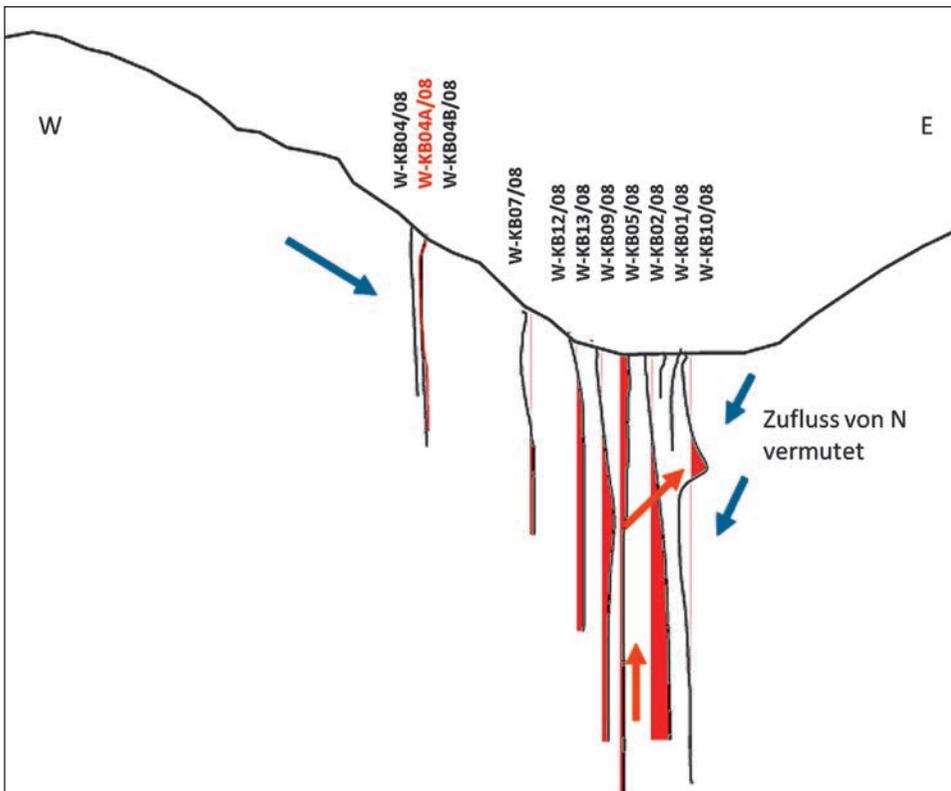


Fig. 9: Schematischer Überblick über die Temperaturverteilung der Bohrungen im Olsatal.
Schematic overview of the fluid temperature distribution in the wells of the Olsa valley.

Zusammenfassung

Hinsichtlich der Temperatur und Leitfähigkeit der Wässer von Wildbad Einöd kann festgehalten werden, dass anhand der Simultanmessungen von Oktober 2010 eine Einteilung in zwei Gruppen vorgenommen werden kann.

Die erste Gruppe umfasst **gering mineralisierte „kalte“ Wässer** (elektrische Leitfähigkeitswerte zwischen 0,2 und 0,5 mS/cm) und Temperaturen zwischen 8 und 13 °C.

Die zweite Gruppe umfasst **höher mineralisierte „warme“ Wässer** (elektrische Leitfähigkeitswerte zwischen 1,3 und 3,2 mS/cm) und Temperaturen zwischen 15 und 27 °C.

Diese Klassifizierung verdeutlicht den Charakter der Wässer von Wildbad Einöd als Mischungen von Thermalwässern und jungen, teilweise meteorischen Wässern. Die Wässer in W-KB10/08 nehmen eine Sonderstellung ein, da sie keiner der beiden Gruppen zugeordnet werden können, was ebenfalls auf eine Mischung verschiedener Wässer hindeutet.

Die kalten Wässer treten an der Westflanke des Olsatales aus der Hangschuttmasse des Groberberges aus (W-KB04/08 bis W-KB04B/08), während das wärmere Wasser entlang von Klüften aus tieferen Krustenbereichen aufsteigt. Diese geklüftete Aufstiegszone steht mit der Olsastörung in Verbindung, was in früheren Arbeiten bereits vermutet wurde (V. MAURIN, 1993, F. EBNER et al., 2006). Dieser Einfluss warmer Wässer ist in den Bohrungen W-KB12/08, W-KB13/08, W-KB09/08 und W-KB05/08 und ansatzweise im unteren Bereich von W-KB07/08 deutlich an der vergleichsweise hohen Fluidtemperatur zu erkennen.

Die am weitesten östlich gelegene Bohrung W-KB10/08 zeigt ein Auftreten von kalten Wässern, die abschnittsweise eine Abkühlung auf etwa 9 °C bewirken. Weiters findet in einer Kiesschicht, die von Schlufflagen begrenzt wird, Zufluss von Wasser mit einer Temperatur von etwa 21 °C statt, was auf eine hydraulische Verbindung mit den in Klüften aufsteigenden warmen Wässern hindeutet. Durch die stauende Wirkung der Schlufflagen werden die seichtliegenden Grundwasserhorizonte von den in tieferen Bereichen angetroffenen Grundwässern abgegrenzt (ASFINAG BAU MANAGEMENT GMBH, 2010). Ein Zustrom dieser kalten Wässer von Norden in den durchlässigen Schichten im tiefen Becken wird vermutet (ASFINAG BAU MANAGEMENT GMBH, 2010). Dieser Einfluss würde die Sonderstellung hinsichtlich der Fluidtemperatur und Fluidleitfähigkeit erklären.

Literatur

- AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG: Digitaler Atlas der Steiermark, Geologie & Geotechnik.– Url: www.gis.steiermark.at/cms/ziel/73679/DE/ [9.6. 2012].
- ARPS, J. J. (1953): The effect of temperature on the density and electrical resistivity of sodium chloride solutions.– Journ. Petrol. Technol. Techn. Note, **175**, 17–20.
- ASFINAG BAU MANAGEMENT GMBH (2010): Berichte und Dokumentationen zum Vorhaben S37 Klagenfurter Schnellstraße. Teilabschnitt 1: Vorprojekt 2009 – Baugrunduntersuchung, S. 1–13; Voruntersuchung 2010 – Geologie und Hydrogeologie (Wasserrechtliche Auflagen, S. 1–12, Baugrunderkundung, S. 13–96).– Wien.
- DEUTSCHER HEILBÄDERVERBAND E.V. (2005): Begriffsbestimmungen – Qualitätsstandards für die Prädikatisierung von Kurorten, Erholungsorten und Heilbrunnen.– 12. Aufl., 83 S., Bonn.
- EBNER, F. (1997): Die geologischen Einheiten Österreichs und ihre Rohstoffe.– In: WEBER, L. (Ed., 1997b): Handbuch der Lagerstätten der Erze, Industriemineralien und Energierohstoffe Österreichs. – Arch. f. Lagerstättenforschung, Geol. B.-A., **19**, 49–229, Wien.

- EBNER, F., R. GRATZER, Ch. SCHMID, K. POPELKA & G. GAISBERGER (2006): Entwicklung einer integriert geologisch/geophysikalischen Prospektionsmethode auf Thermalwasser führende Störungszonen unter jungen Sedimenten.– EFRE Projektbericht 86 S., Montanuniversität Leoben.
- GALL, B. (1983): Geologie und Hydrogeologie der näheren Umgebung von Wildbad-Einöd (Stmk.) mit besonderer Berücksichtigung der Entstehung der thermalen Mineralsäuerlinge.– Unveröff. Diplomarbeit, Technische Universität Karlsruhe, 120 S., Karlsruhe.
- MAURIN, V. (1993): Wildbad-Einöd.– In: ZÖTL, J. & J. E. GOLDBRUNNER (1993): Die Mineral- und Heilwässer Österreichs. Geologische Grundlagen und Spurenelemente.– 160–170, Wien/New York (Springer).
- MÜLLER, E. (2011): Bearbeitung von Bohrlochmessergebnissen zur Charakterisierung der hydrogeologischen Verhältnisse im Raum Wildbad Einöd.– Unveröff. Masterarbeit, Montanuniversität Leoben, 90 S., Leoben.
- POPELKA, K. (2006): Prospektion auf höher mineralisierte Wässer im Bereich Dürnstein/Stmk.– Unveröff. Diplomarbeit, Montanuniversität Leoben, 141 S., Leoben.
- SCHÖN, J. (2010): Fluidlogging Wildbad Einöd.– Unveröff. Projektbericht, November 2010, 9 S., RESOURCES – Institut für Wasser, Energie und Nachhaltigkeit, Forschungsgruppe Geophysik und Geothermie, JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH, Leoben/Graz.
- THURNER, A. (1970): Geologie des Gebietes Neumarkt/Steiermark – Mühlen.– Jahrb. Geol. B.-A., **113**, 1–72, Wien.
- THURNER, A. & D. VAN HUSEN (1978): Geologische Karte der Republik Österreich 1:50 000, Bl. 160 Neumarkt i. d. Steiermark.– Geol. B.-A., Wien.
- THURNER, A. & D. VAN HUSEN (1980): Erläuterungen zur Geologischen Karte der Republik Österreich 1:50 000, Bl. 160 Neumarkt i. d. Steiermark.– Geol. B.-A., Wien.
- VAN HUSEN, D. (1980): Blatt 160 Neumarkt: Geologische Aufnahme (Quartär).– In: GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT (1980): Erläuterungen zur Geologischen Karte der Republik Österreich 1:50 000, Bl. 160 Neumarkt i. d. Steiermark.– 39–54, Geol. B.-A., Wien.
- ZÖTL, J. & J. E. GOLDBRUNNER (1993): Die Mineral- und Heilwässer Österreichs. Geologische Grundlagen und Spurenelemente.– 324 S., Wien/New York (Springer).

Summary

Regarding fluid temperature and conductivity data of the simultaneous measurements carried out in October 2010, the waters of Wildbad Einöd can be assigned to two different groups:

The first group summarizes **“cold” waters with weak mineralization** (electrical conductivity between 0.2 and 0.5 mS/cm) and temperatures between 8 and 13 °C.

The second group covers **“warm” waters with higher mineralization** (electrical conductivity between 1.3 and 3.2 mS/cm) and temperatures between 15 and 27 °C.

This classification underlines the character of mixtures of thermal water and young, partly meteoric water. The waters present in W-KB10/08 occupy an exceptional position as they cannot be assigned to one of the groups above, which indicates a mixture of different waters.

Considering the position of the wells in a schematic section from the eastern flank of the Groberberg across the Olsa valley to the eastern flank of the Olsa valley, it is obvious that the fluid temperature distribution is controlled by the rock slide material of the Groberberg, occurring fractures and peaty to silty layers.

Cold water is released from the rock slide material of the Groberberg on the western flank of the Olsa valley (W-KB04/08 to W-KB04B/08), whereas warmer water is rising along fractures from deeper crustal areas. This fractured zone is related to the Olsa fault, which has also been stated in former studies. The influence of the warmer water is present in W-KB12/08, W-KB13/08, W-KB09/08 and W-KB05/08 and partly in the lower section of W-KB07/08 causing comparably high fluid temperatures.

W-KB10/08, the well located most eastwardly, shows influx of colder water partly leading to a decrease of fluid temperature below 9 °C. Furthermore, influx of water with a temperature of about 21 °C in a gravel bed lined by silt layers could be explained by a hydraulic connection with the warm

water rising in fractures. The silt layers separate the shallow groundwater horizons from the groundwater occurring in deeper parts of the basin (ASFINAG BAU MANAGEMENT GMBH, 2010). An influx of this colder water from the north in the permeable beds located deeper in the basin is likely (ASFINAG BAU MANAGEMENT GMBH, 2010). This influence could explain the exceptional position concerning fluid temperature and conductivity.

Dank

Dank gilt der ASFINAG Bau Management GmbH für die Genehmigung der Publikation von Teilergebnissen und Herrn Mag. B. HUMER (Büro für Geologie und Hydrogeologie Ziviltechniker GmbH, Salzburg) für die wertvollen Anregungen und Kommentare während der Erstellung dieses Artikels.

Diese Studie ist Teil der Masterarbeit der Autorin an der Montanuniversität Leoben, die in Zusammenarbeit mit dem Institut RESOURCES – Institut für Wasser, Energie und Nachhaltigkeit, Forschungsgruppe Geophysik und Geothermie der JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH erstellt wurde.

Schlüsselwörter: Wildbad Einöd, Fluidlogging, Olsastörung, geophysikalische Bohrlochmessungen

Keywords: Wildbad Einoed, fluid logging, Olsa fault, geophysical borehole measurements

