

Datenbeschreibung

zu der Datenpublikation

Hydrothermale Reservoirs für geothermische Anwendungen in Österreich

Durchführung

Kompetenzeinheit Geoenergie

Wien, am 24.03.2025

Inhalt

1	Technische Beschreibung	3
1.1	Inhalt	3
1.2	Nutzungsbedingungen	4
1.3	Referenzsystem	4
1.4	Maßstab	4
1.5	Autoren	4
1.6	Qualität und Validität.....	5
1.7	Datenformat	5
1.8	Bereitgestellte Layer und ihre Attribute	5
2	Beschreibung Hydrothermale Reservoirs	6
2.1	Rothneusiedl-Formation Wiener Becken [W/NÖ]	7
2.2	Hauptdolomit (Göller- und Frankenfels-Lunz-Decke) Wiener Becken [W/NÖ]	8
2.3	Wettersteinkalk und -dolomit Wiener Becken [W/NÖ]	9
2.4	Melker Sande (Egerium) Molassezone [NÖ]	10
2.5	Karbonatfazies des Oberjura (Altenmarkt- und Vranovice-Formation) Molassezone [NÖ] ..	11
2.6	Quarzarenitserien des Mitteljura (Obere-, Untere und Dolomitische Quarzarenitserie) Molassezone [NÖ]	12
2.7	Oberjura (Malm) Molassezone [OÖ/SBG]	13
2.8	Cenomanium Sandsteine Molassezone [OÖ/SBG].....	14
2.9	Campanium Sandsteine, Molassezone [OÖ]	15
2.10	Mesozoikum der Radkersburger Gruppe im Steirischen Becken [STMK]	16
2.11	Paläozoische Karbonate Steirisches Becken [STMK/BGLD]	17
2.12	Vulkanite des Karpatium Steirisches Becken [STMK]	18
2.13	Badenium Sandsteine Steirisches Becken [STMK/BGLD]	19
2.14	Sarmatium Sandsteine Steirisches Becken [STMK/BGLD]	20
2.15	Pannonium Sandsteine des Pannonischen Beckens im Bereich Edlitz – Güssing [BGLD]	21
2.16	Pannonium Sandsteine des Pannonischen Beckens im Seewinkel [BGLD]	22
2.17	Autochthoner Oberjura (helvetische Fazies), Molassezone [VBG]	23
2.18	Quintnerkalke (Oberjura) und Schrattenkalk (Unterkreide) des Helvetikum [VBG]	24
3	Potenzielle Vorkommen von Thermalwässern	25
3.1	Mattersburger Becken [BGLD].....	25
3.2	Neogen im Pannonischen Becken bei Deutschkreuz [BGLD]	25
3.3	Leithakalke (Badenium) Steirisches Becken [STMK]	25
3.4	Gnaser Becken [STMK]	26
3.5	Fohnsdorfer Becken und darunterliegendes Kristallin [STMK]	26
3.6	Sandsteine des Ottnangium der Molassezone [OÖ]	26
3.7	Haller Serie des Eggenburgium der Molassezone [OÖ].....	26
3.8	Buchberg Konglomerat (Eggenburgium) Molassezone [NÖ]	26
3.9	Linzer Sande (Egerium) der Molassezone [OÖ].....	27
3.10	Puchkirchener Serien (Egerium) der Molassezone [OÖ]	27
3.11	Sandsteine des Obereozän der Molassezone [OÖ].....	27
3.12	Nördliche Kalkalpen	27
	Literatur	28

1 Technische Beschreibung

1.1 Inhalt

Mit der Darstellung von hydrothermalen Reservoirs in Österreich soll ein Überblick über jene Gebiete gegeben werden,

- die sich laut aktuellem Stand des Wissens generell für die Installation geothermischer Anlagen eignen. Es handelt sich um geologische Formationen, in denen zumindest anhand einer Bohrung ein Thermalwasservorkommen nachgewiesen wurde. Die Begrenzung stellt jenen Temperaturbereich dar, in dem $> 40\text{ °C}$ angenommen werden können. Diese werden als **„Hydrothermale Reservoirs“** bezeichnet.
- Geologische Formationen, die sich aufgrund ihrer Eigenschaften grundsätzlich für die geothermische Nutzung eignen, jedoch aufgrund dem Hinweis auf ein nicht ausreichend produktives oder zu kaltes Reservoir vermutlich nur lokal eignen. Es sind hier lokale Thermalwasservorkommen bekannt oder werden aufgrund der geologischen Bedingungen angenommen. Diese können aufgrund der Datenlage jedoch nicht auskartiert werden. Diese werden als **„Potenzielle Vorkommen“** bezeichnet.
- Thermalwässer kommen nicht nur in Gesteinsformationen vor, die grundsätzlich gute Durchlässigkeiten oder größere Tiefenlagen aufweisen, sondern können z.B. entlang von Störungszonen auch in dichten Gesteinen auftreten und dort auch bis an die Oberfläche aufsteigen. Daher wurden Gebiete, die sich aufgrund zu geringer Datenlage oder dem Hinweis auf ein nicht ausreichend durchlässiges oder zu kaltes Reservoir nur bedingt für die geothermische Nutzung eignen, als **„Einzelne Vorkommen möglich“** bezeichnet.

Der Wissensstand über die geologischen, hydrologischen und geothermischen Verhältnisse im Untergrund in den verschiedenen Regionen variiert dabei stark. Gebiete, die durch die Kohlenwasserstoff-Industrie exploriert wurden, weisen eine relativ dichte Datenlage auf und wurden auch zum Teil mithilfe der Software SKUA-GOCAD™ in 3D modelliert. In den verbleibenden Gebieten gibt es in der Regel wenige tiefe Untergundaufschlüsse und damit auch lediglich schwache Indizien darauf, ob es in einem Gebiet Potenzial für Tiefe Geothermie geben könnte.

Erwähnt sei an dieser Stelle die Arbeit von Könighofer et al. (2014), in welcher Potenziale für Tiefengeothermie für die Fernwärme- und Stromproduktion in Österreich ausführlich behandelt wurden. Dargestellt werden unter anderem auch die Informationsdichte von geowissenschaftlichen Vorerkundungen, Anwendungsformen für Geothermie, bestehende Nutzungen etc.

Bestehende Thermalwasservorkommen liefern wichtige Hinweise auf produktive Reservoirs für geothermische Nutzungen. Die zum damaligen Zeitpunkt vollständige Zusammenstellung findet sich in der Publikation von Elster et al. (2016).

Die detaillierte Beschreibung des Datensatzes in Kapitel 2 und 3 soll verdeutlichen, auf welche Grundlagendaten sich die Zusammenstellung beruft. Insbesondere hinsichtlich der Überlegungen zur Verbreitung der Reservoirs wurde dies als notwendig betrachtet, da diese nicht im Datensatz selbst abgebildet werden können.

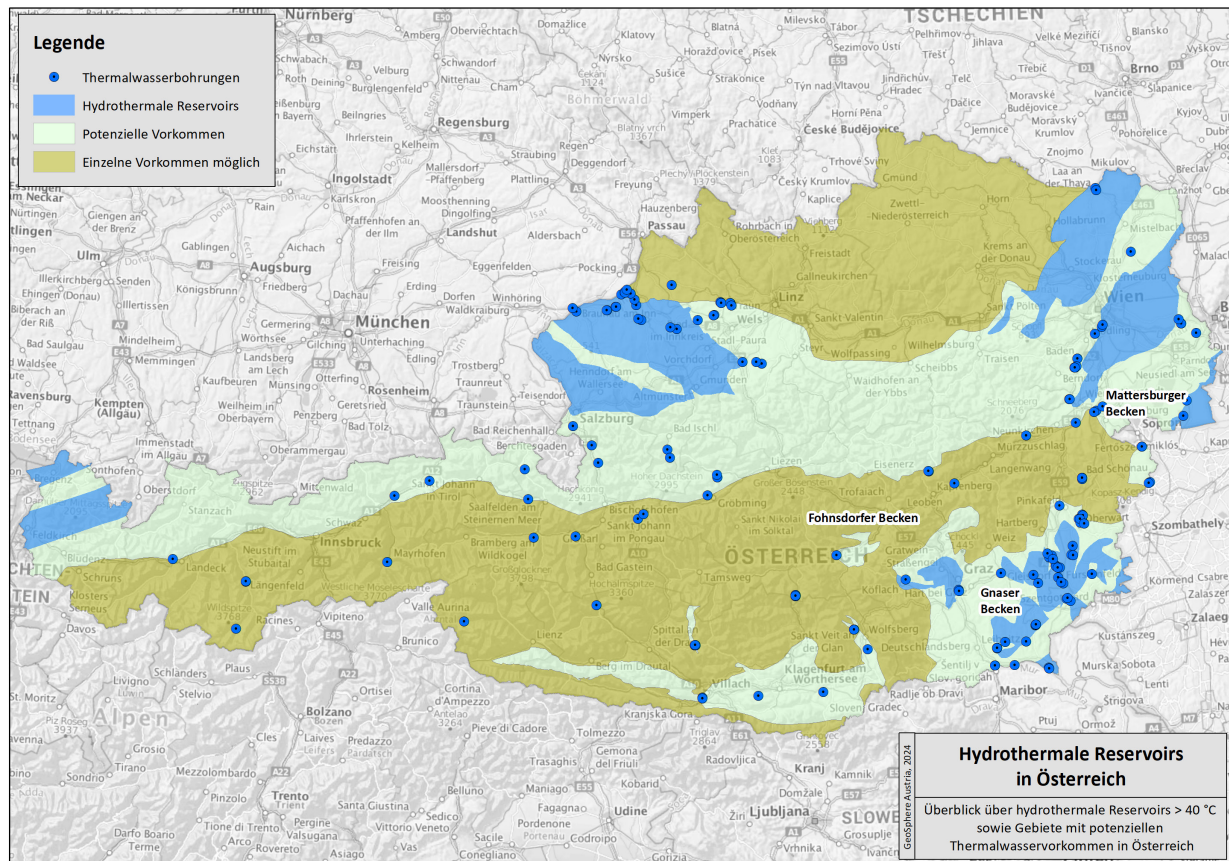


Abbildung 1: Überblick über hydrothermale Reservoirs > 40 °C (blaue Bereiche), potenzielle Vorkommen von Thermalwässern (hellblau) und Bereiche, in denen einzelne Vorkommen von Thermalwasser möglich sind (grün) in Österreich.

1.2 Nutzungsbedingungen

Die Daten wurden aus öffentlich zugänglichen Datenquellen zusammengestellt und unterliegen der Creative Common Licences CC-BY (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>).

1.3 Referenzsystem

MGI_Austria_Lambert; WKID: 31287 Authority: EPSG

1.4 Maßstab

1:200.000

1.5 Autoren

Magdalena Bottig

Beitragende:

Die Zusammenstellung der Daten basiert auf Ergebnissen aus diversen wissenschaftlichen Forschungsprojekten und der Auftragsforschung. Diese wird an der GeoSphere Austria bzw. deren Vorgängerin (Geologische Bundesanstalt) seit über 15 Jahren durchgeführt. Beitragende sind dementsprechend alle Mitarbeiter:innen der GeoSphere Austria/ehem. Geologischen Bundesanstalt, die sich mit Themen der Tiefen Geothermie und/oder der 3D Modellierung beschäftigt haben (insbesondere Jakob Kulich, Gregor Götzl, Clemens Porpaczy, Doris Rupprecht, Sebastian Pfleiderer, Stefan Hoyer, Martin Fuchsluger, Gerhard Schubert, Daniel Elster, Cornelia Steiner).

Univ.-Prof. Dr. phil. Johann Goldbrunner, Dipl.-Ing. Dr. mont. Marcellus Schreilechner und Mag. Martin Eisner haben mit konstruktiver Kritik und Ergänzungen beigetragen. Edith Haslinger und das Austrian Institute of Technology haben generell durch die langjährige Kooperation, und speziell durch die Zusammenarbeit zur Entstehung dieses Datensatzes beigetragen.

1.6 Qualität und Validität

Die Qualität des Datensatzes ist regional unterschiedlich. In Gebieten, die bereits durch die Kohlenwasserstoffindustrie gut untersucht sind, herrscht ein relativ hoher Kenntnisstand über den Untergrund. Solche bereits gut erschlossenen Gebiete sind allem voran das Wiener Becken und die Molassezone, weit abgeschlagen das Steirische Becken. Dies sind auch die Gebiete, die in relevanten Vorprojekten (z.B. Geomol – 3D Modell der Molassezone oder Transenergy – 3D Modell des Wiener- und Steirischen Beckens) bereits eingehend untersucht wurden. Für diese Gebiete kann die Qualität des Datensatzes als gut betrachtet werden. Für die restlichen Gebiete leiten sich die Ergebnisse oft nur aus einzelnen Bohrungen ab und können als eher konzeptionell betrachtet werden.

1.7 Datenformat

Die Daten werden als Geopackage (GPKG) Datei bereitgestellt.

1.8 Bereitgestellte Layer und ihre Attribute

Geopackage „HydrothermaleReservoirs“

- I_HydrothermaleReservoirs (Polygon)

Abgrenzungen der Hydrothermalen Reservoirs (Beschreibung siehe Kapitel 1.1, Details in Kapitel 2)

name (Text): Bezeichnung der Formation

tekt (Text): Tektonische Zuordnung der Formation

temp (Text): angenommener erwartbarer Temperaturbereich der Formation in °C

maecht (Text): angenommene maximale Mächtigkeiten oder Mächtigkeitsbereiche

tiefenlage (Text): angenommene Tiefenlage der Formation

- II_Vorkommen_flaechig (Polygon)

Abgrenzungen der Gebiete, die als „Einzelne Vorkommen möglich“ (Beschreibung siehe Kapitel 1.1) oder „Potenzielle Vorkommen“ (Beschreibung siehe Kapitel 1.1, Details in Kapitel 3) klassifiziert sind

zuordnung (Text): Klassifizierung in „Einzelne Vorkommen möglich“ oder „Potenzielle Vorkommen“

2 Beschreibung Hydrothermale Reservoirs

Mit der Darstellung hydrothermalen Reservoirs in Österreich soll ein Überblick über jene Gebiete gegeben werden, die sich laut aktuellem Stand des Wissens generell für die Installation geothermischer Anlagen eignen. Es handelt sich um geologische Formationen, in denen zumindest anhand einer Bohrung ein Thermalwasservorkommen nachgewiesen wurde. Die Begrenzung stellt jenen Temperaturbereich dar, in dem $> 40\text{ °C}$ angenommen werden können (blaue Begrenzung in Abbildung 1).

Die Hoffungsgebiete stellen einen Rahmen dar, in dem es sich aus Sicht der BearbeiterInnen aus geowissenschaftlicher Sicht lohnt, Detailuntersuchungen hinsichtlich einer geothermischen Nutzung anzustreben und dürfen nicht als Bohrvorschlagsgebiete missverstanden werden. Die Gebiete wurden zudem unabhängig von Überlegungen zu potenziellen Abnehmerstrukturen begrenzt.

2.1 Rothneusiedl-Formation Wiener Becken [W/NÖ]

(alias Aderklaaer oder, Rothneusiedler Konglomerat)

Mächtigkeit: bis 370 m in der Bohrung Mannsdorf T1 (Harzhauser et al., 2020)

Tiefenlage: bis 3.400 m in der Bohrung Andlersdorf 1 (Harzhauser et al., 2020)

Lithologie: Schwach zementiert bis locker gelagerte Konglomerate aus mittelgroßem bis grobem Kies (Harzhauser et al., 2020)

Geographische Verbreitung (siehe Abbildung 2): Begrenzung im Norden am Matzen/Spannberg-Rücken, sie fehlt bereits in einigen Matzen-Bohrungen; im Westen wird sie durch den Leopoldsdorfer Bruch begrenzt, abgesehen von kleinen Vorkommen am Oberlaaer Hoch; sie bedeckt die Schwechat und Marchfeld Depression, kreuzt die Engelhardstetten-Störung im Südosten und keilt am Leithagebirge im Süden aus (Harzhauser et al., 2020). Nach Kröll (1984) reicht die Verbreitung bis nach Wiener Neustadt, die Verbreitung am westlichen Rand des südlichen Wiener Beckens wird bis Bad Vöslau beschrieben (Wessely et al., 2007, nach Seismik).

Die Vorkommen am Oberlaaer Hoch liegen in etwa 400 - 500 m Tiefe und weisen Mächtigkeiten von etwa 50 m auf. Entlang des Leopoldsdorfer Bruches steigen hier erwärmte Wässer auf, wodurch selbst durch die geringe Tiefenlage Temperaturen > 40 °C auftreten (Zötl & Goldbrunner, 1993).

Temperaturbereich (Schätzung): 40 bis 120 °C (Schwechater Tief)

Salinität: 9 g/l Cl (Breitenlee 3), 24 g/l Cl (Wienerherberg T1), 36 g/l Cl (Himberg O1, ev. beeinflusst durch Haselgebirge) (Wessely, 1983).

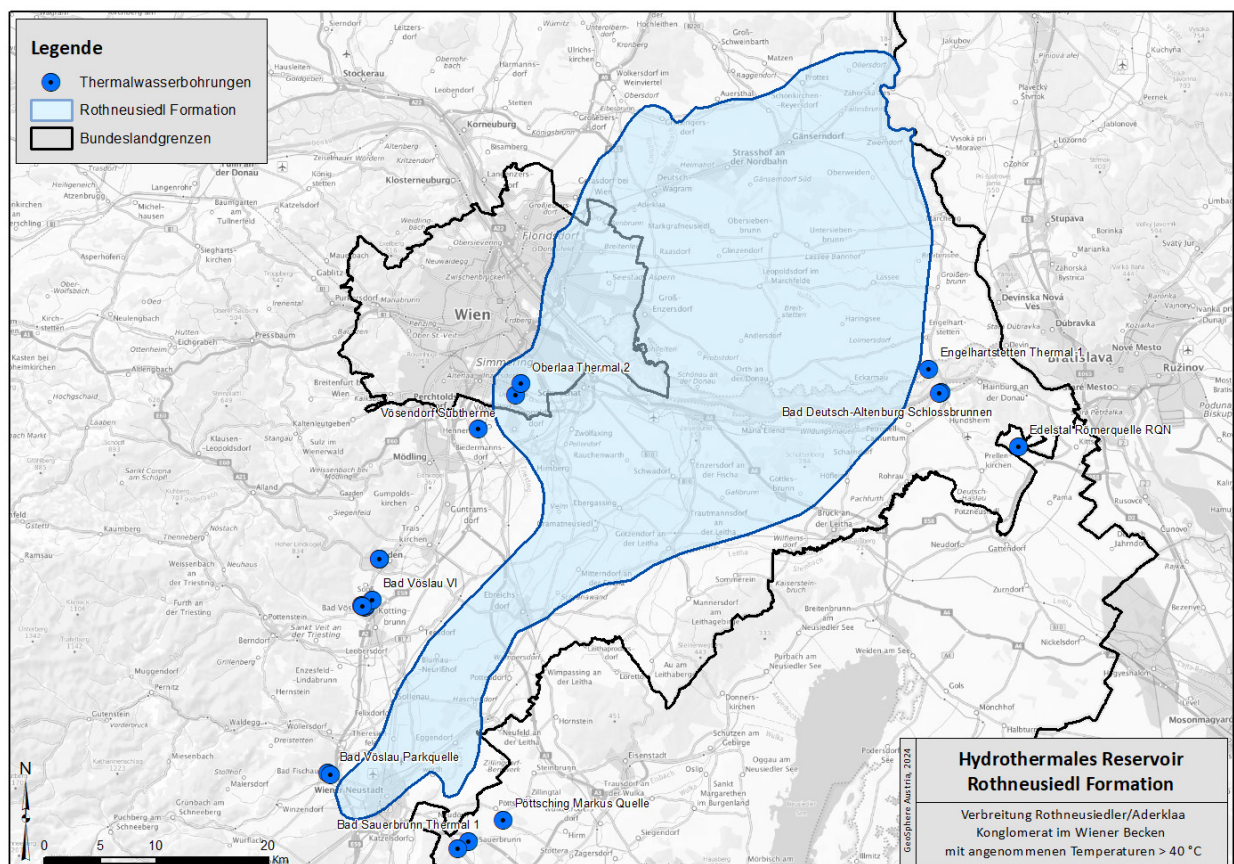


Abbildung 2: Verbreitung hydrothermales Reservoir Rothneusiedl-Formation im Wiener Becken mit angenommenen Temperaturen > 40 °C.

2.2 Hauptdolomit (Göller- und Frankenfels-Lunz-Decke) Wiener Becken [W/NÖ]

Mächtigkeit: bis zu 1.500 m nach Wessely (1983)

Tiefenlage: von etwa 500 m (Oberlaa) bis > 5.900 m (gemessen in Wittau ÜT1 (Elster et al., 2016))

Lithologie: Vorwiegend Kluftporosität, oberflächennah auch Hohlraumbildung aus Verkarstung. Durchlässigkeit ist in geklüfteten Dolomiten bei Vernetzung der Klüfte hoch. Entlang von Störungszonen gibt es Zonen hoher Porosität, die Bewegungsfläche selbst ist durch Kataklyse zwar auch porös, aber weniger durchlässig (Wessely, 2016).

Geographische Verbreitung (siehe Abbildung 3): Die Frankenfels-Decke ist als überschiebungsnahe Struktur unbeständig in der Erstreckung, als Aquifer ist sie wegen vermehrter Ton- und Rauhwackenlagen vermutlich nur vermindert geeignet. Die Lunz-Decke enthält Hauptdolomit in geeigneter Mächtigkeit, in der Hochscholle müssten die Antiklinalen Richtung Hirschstetten und Kaisermühlen ziehen. Als Decken- und Aquiferscheider spielt die Gosau-Füllung der Gießhübler Mulde eine entscheidende Rolle. Der Hauptdolomit der Göller Decke der Nordzone (Anninger Mulde) ist besonders mächtig ausgeprägt, jener der Südzone (Laxenburger Mulde) geringmächtiger (Wessely, 2016). Die Verbreitung wurde weiter gefasst als der ausgewiesene Bereich in der Arbeit von Walker-Hertkorn (2000), wo diese mit dem Leopoldsdorfer Bruch begrenzt wird.

Temperaturbereich (Schätzung): 40 bis 150 °C (gemessen: ~145 °C in Aderklaa T1 nach Wessely, 1983). Walker-Hertkorn (2000) postuliert bis zu 215 °C an der Basis der Göller Decke.

Salinität: Schwechat 1a, Laxenburg 2: 1 - 2 g/l Cl, Himberg Ost: 14 g/l Cl, Breitenlee 3: 33 g/l Cl, Aspern 1: 93 g/l Cl; 0,5 - 1,5 g/l SO₄ (Wessely, 1983)

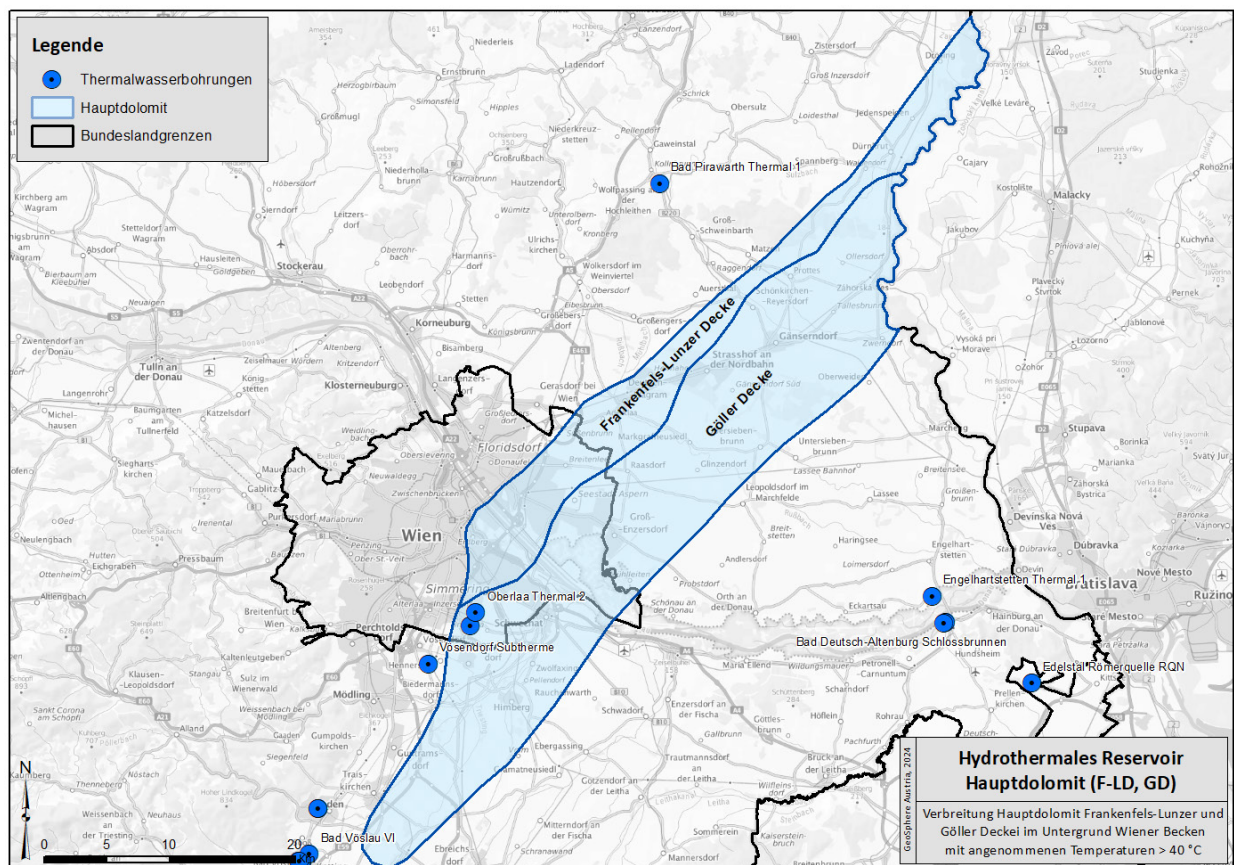


Abbildung 3: Verbreitung hydrothermales Reservoir Hauptdolomit mit angenommenen Temperaturen >40 °C.

2.3 Wettersteinkalk und -dolomit Wiener Becken [W/NÖ]

Mächtigkeit: > 1.000 m (Schönfeld 1: 960 m, Wessely, 1983)

Tiefenlage: ~1.000 bis 6.000 m (Bohrung Baumgarten ca. 4.500 m) (Wessely, 2006)

Lithologie: Plattformkarbonate – zum Teil verkarsteter Dolomit und Kalk. Vorwiegend Kluftporosität, oberflächennah auch Hohlraumbildung aus Verkarstung. Durchlässigkeit ist in geklüfteten Dolomiten bei Vernetzung der Klüfte hoch. Entlang von Störungszonen gibt es Zonen hoher Porosität, die Bewegungsfläche selbst ist durch Kataklasten zwar auch porös, aber weniger durchlässig (Wessely, 2016).

Geographische Verbreitung (siehe Abbildung 4): Der Wettersteindolomit und -kalk der Göller Decke ist sowohl in der Nord- (Anninger Mulde) als auch der Südzone (Badener Antiklinalkomplex) mächtig ausgeprägt. Richtung Nordost belegen die Bohrungen in Gänserndorf, Schönfeld und Baumgarten das Vorkommen an der Grenze zur Slowakei (Wessely, 1993). Da die Formation in den Bohrungen Gänserndorf T1, 2 und UT1 nur mehr geringmächtig angetroffen wurde, wurde die Verbreitung östlich davon begrenzt. Die Schneeberg-Decke wurde durch die Bohrungen Tattendorf 1 und Sollenau 1 in Form von mächtigem Wettersteinkalk und -dolomit erschlossen. Da die angetroffenen Wässer in der Bohrung Sollenau 1 unterkühlte Verhältnisse anzeigen (35 °C in 2.500 m), wurde die Begrenzung nördlich davon gezogen (Wessely, 2006).

Temperaturbereich (Schätzung): 40 - 150 °C (gemessen: ~120 °C in Schönfeld 1 nach Wessely, 1983). Walker-Hertkorn (2000) postuliert bis zu 215 °C an der Basis der Göller Decke.

Salinität: 0,2 bis 2 g/l Cl (Tattendorf 1, Laxenburg 2, Himberg 1), 84 g/l Cl in Schönfeld 1 (Wessely, 1983)

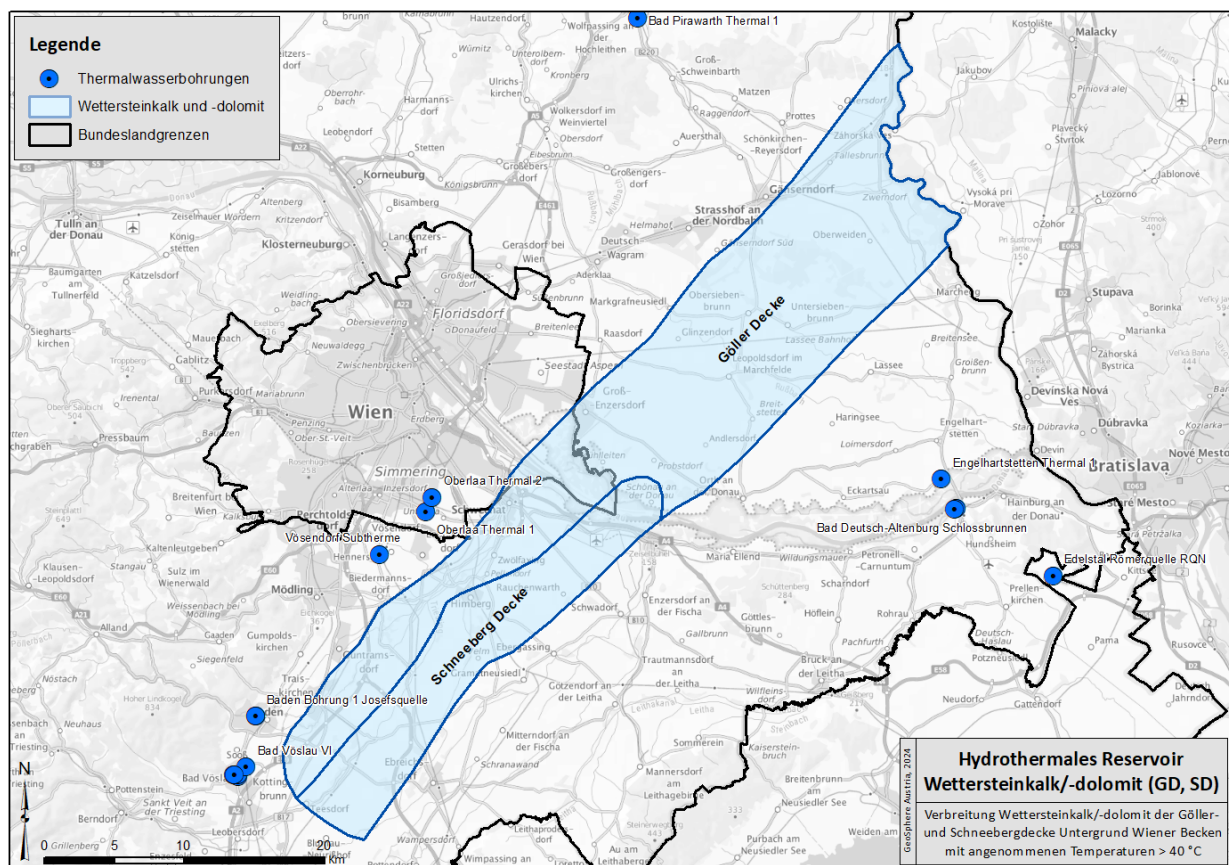


Abbildung 4: Verbreitung hydrothermales Reservoir Wettersteinkalk und -dolomit mit angenommenen Temperaturen > 40 °C.

2.4 Melker Sande (Egerium) Molassezone [NÖ]

Mächtigkeit: 30 bis 220 m (Roggendorf 1, Roetzel et al., 2009)

Tiefenlage: bis 2.400 m unter Gelände (Manzing 1, Brix, 1993b)

Lithologie: Zum Teil grobkörnige Sandsteine, pelitische Zwischenlagen

Geographische Verbreitung (siehe Abbildung 5): Durch ein aus dem Nordwesten einmündendes Flusssystem, das von Hollabrunn bis Laa an der Thaya und Stockerau reicht, kommt es zu mächtigen submarinen Sandschüttungen. Im zentralen Teil bei Mailberg - Großharras sind grobkörnige Sandsteine bis etwa 300 m mächtig. Im Raum Stockerau wurden Wechsellagerungen von Sandsteinen und Tonsteinen festgestellt (Brix, 1993b). Brix (1993b) beschreibt die Melker Sande weit verbreitet von der tschechischen Grenze bis ins westlichste Niederösterreich bei Seitenstetten, größere Mächtigkeiten von mind. 30 m und Tiefenlagen > 1.000 m sind jedoch auf den dargestellten Bereich begrenzt. Aus der Bohrung Manzing 1 werden in Brix (1993b) gut poröse Sandsteine mit Salzwasserzufluss beschrieben. Die Bohrungen um Getzwiesen – Hof – Perschenegg – St. Corona weisen zwar größere Tiefenlagen auf, jedoch wurden Nettomächtigkeiten von weniger als 30 m beschrieben. Bei Murstetten hingegen nimmt die Mächtigkeit wieder zu, hier sind 50 m Nettomächtigkeit in etwa 1.600 m beschrieben. Am Sporn der Böhmisches Masse (Mank – Texing – Seitenstetten) sind Nettomächtigkeiten in der Größenordnung von lediglich 15 m beschrieben, der Bereich wurde daher nicht als Hoffungsgebiet für Geothermie ausgewiesen. Dass auch in diesem Bereich thermalwasserführende Bereiche vorhanden sind, zeigt z.B. die Bohrung Kilb 1, wo in 1.105 - 1.120 m Salzwasser getestet wurde (Brix, 1993a).

Temperaturbereich (Schätzung): 40 bis 75 °C (in tiefen Bereichen z.B. bei Manzing, Ostrand)

Salinität: 2 g/l Cl bis 30 g/l Cl (Laa TH S1: 23 g/l Cl, Elster et al., 2016)

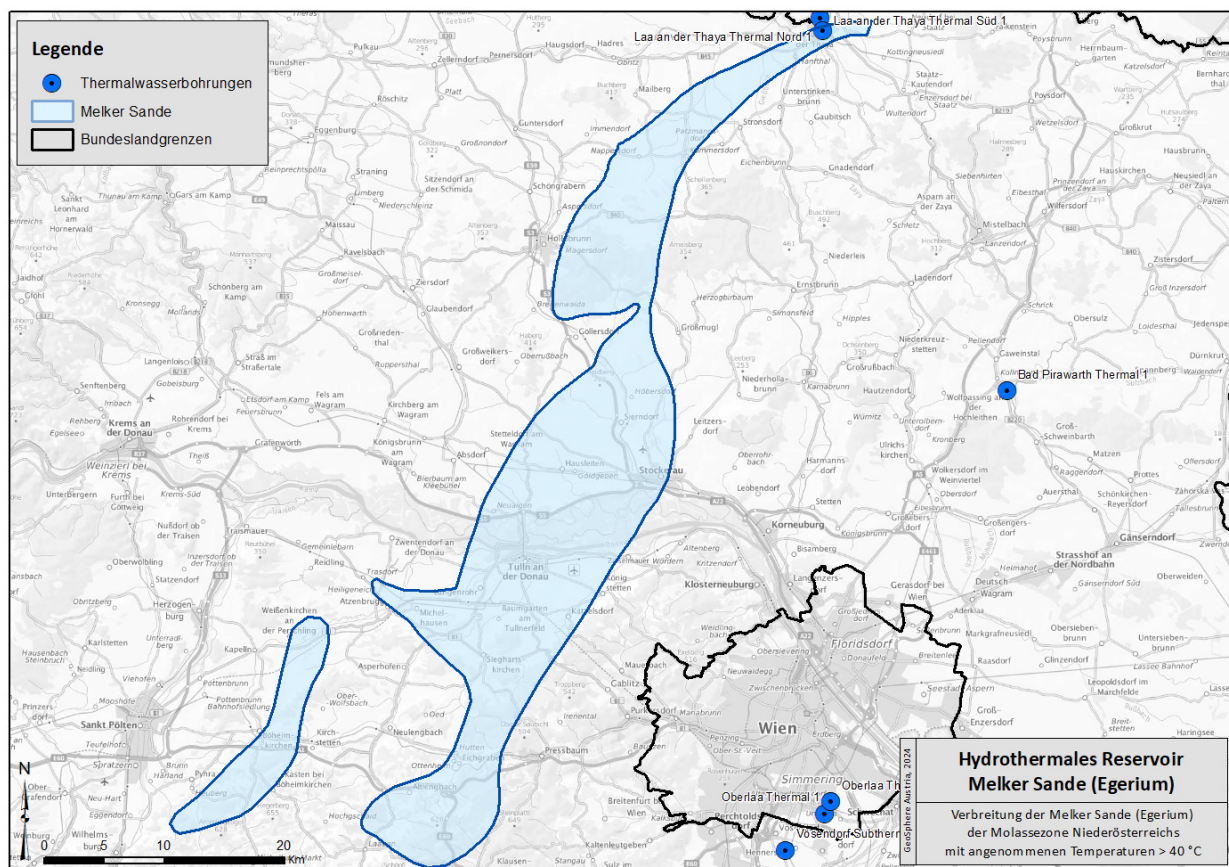


Abbildung 5: Verbreitung hydrothermales Reservoir Melker Sande der Molassezone Niederösterreichs mit angenommenen Temperaturen >40 °C.

2.5 Karbonatfazies des Oberjura (Altenmarkt- und Vranovice-Formation) Molassezone [NÖ]

Mächtigkeit: bis 660 m (Altenmarkt 1, Brix et al., 1977)

Tiefenlage: angenommen bis 3.100 m, nachgewiesen -2.930 m in Staatz 1 (Brix et al., 1977)

Lithologie: zum Teil verkarstete Kalke, Korallenriffkalke und Dolomite

Geographische Verbreitung (siehe Abbildung 6): Keilt Richtung Osten auf der Höhe Pottenhofen – Wildendürnbach – Gaubitsch aus (Wessely, 2006). Westliche Landesgrenze zwischen Laa und Altpreaur entspricht im Wesentlichen der Verbreitungsgrenze. Nach Adámek (2005) setzt sich die Formation im Bereich Alt-Preaur in die Tschechische Republik mit großer Mächtigkeit fort, weiter östlich, in Verlängerung der Bohrungen um Pottenhofen stehenden Bohrung Březí 2, beschreibt Adámek jedoch keine Altenmarkt-Formation mehr sondern bereits eine Beckenentwicklung. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass die Formation im Grenzbereich zu Březí auskeilt. Richtung Süden wurde vor dem Erdgasfeld Stockerau begrenzt, da die Karbonatfazies in dem Bereich nur mehr sehr geringmächtig ausgeprägt vorliegt (Kreutzer, 1993).

Temperaturbereich (Schätzung): 40 bis 100 °C (Bereich Staatz); gemessene Temperaturen in Laa TH N1 (Endteufe 1.448 m) 42 °C in 1.448 m, Laa TH S1 (Endteufe 2.640 m): 65 °C

Salinität: 20 - 65 g/l Cl (Laa TH S1 45 g/l Cl, Elster et al., 2016)

Durchlässigkeiten: Geringe Kf-Werte in Laa an der Thaya (Laa TH S1: 8×10^{-7} m/s, Laa TH N1: 4×10^{-5} m/s (Elster et al., 2016) sind möglicherweise durch den Mailberger Bruch bedingt. Porositäten bis 15 % und Permeabilitäten bis 1.400 mD (Brix, 1993b).

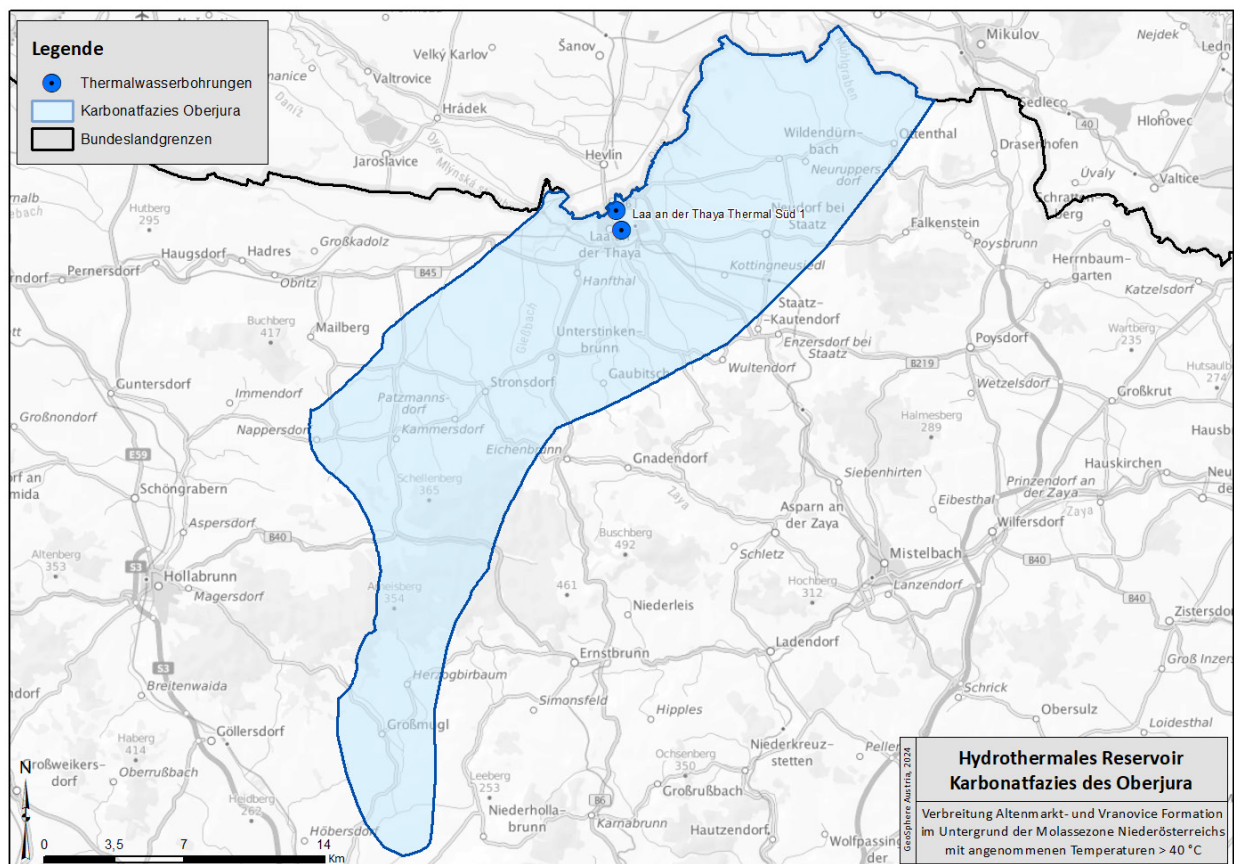


Abbildung 6: Verbreitung hydrothermales Reservoir der Altenmarkt- und Vranovice Formation im Untergrund der Molassezone Niederösterreichs mit angenommenen Temperaturen >40 °C.

2.6 Quarzarenitserien des Mitteljura (Obere-, Untere und Dolomitische Quarzarenitserie) Molassezone [NÖ]

Mächtigkeit: Obere Quarzarenitserie in der Bohrung Stockerau O 1: 650 m (Brix, 1993b)

Tiefenlage: bis 4.700 m in der Bohrung Kronberg T1 (Wessely, 2006)

Lithologie: Es handelt sich um die Delta- und karbonatisch-klastische Fazies, vorwiegend Arkosen und Sandsteine mit Kohlelagen, z.T. mit Dolomit verfestigte Seichtwassersandsteine (Malzer et al., 1993); Dolomitische Quarzarenit und Quarzarenit (Wessely, 2006)

Geographische Verbreitung (siehe Abbildung 7): Im Mitteljura wechseln sich im Wesentlichen Tonsteinfolgen mit Quarzarenitfolgen ab, die Lage und Mächtigkeit der Quarzarenitserien kann aufgrund der Datenlage nicht differenziert dargestellt werden. Die Tonsteinfolgen können generell als dicht und demnach nicht für die Thermalwasserexploration relevant eingestuft werden. Das Potenzial der Deltasandfazies mit ihren Quarzarenitfolgen ist bisher noch nicht eingehend erkundet, diese können jedoch große Mächtigkeiten und somit große Tiefen erreichen, wie dies bei Stockerau der Fall ist. Große Tiefenlagen und Mächtigkeiten sind auf Niederösterreich beschränkt (Wessely, 2006), während in der Tschechischen Republik lediglich lokal begrenzte Vorkommen (Adámek, 2005) existieren.

Temperaturbereich (Schätzung): 40 bis 125 °C in tief abgesenkten Bereichen (Hanfthal, Stockerau, Thomasl, Kronberg)

Salinität: 3 bis 50 g/l Cl; 16 g/l Cl (Mauerbach 1), 22 g/l Cl (Stockerau O1) (Brix, 1993b)

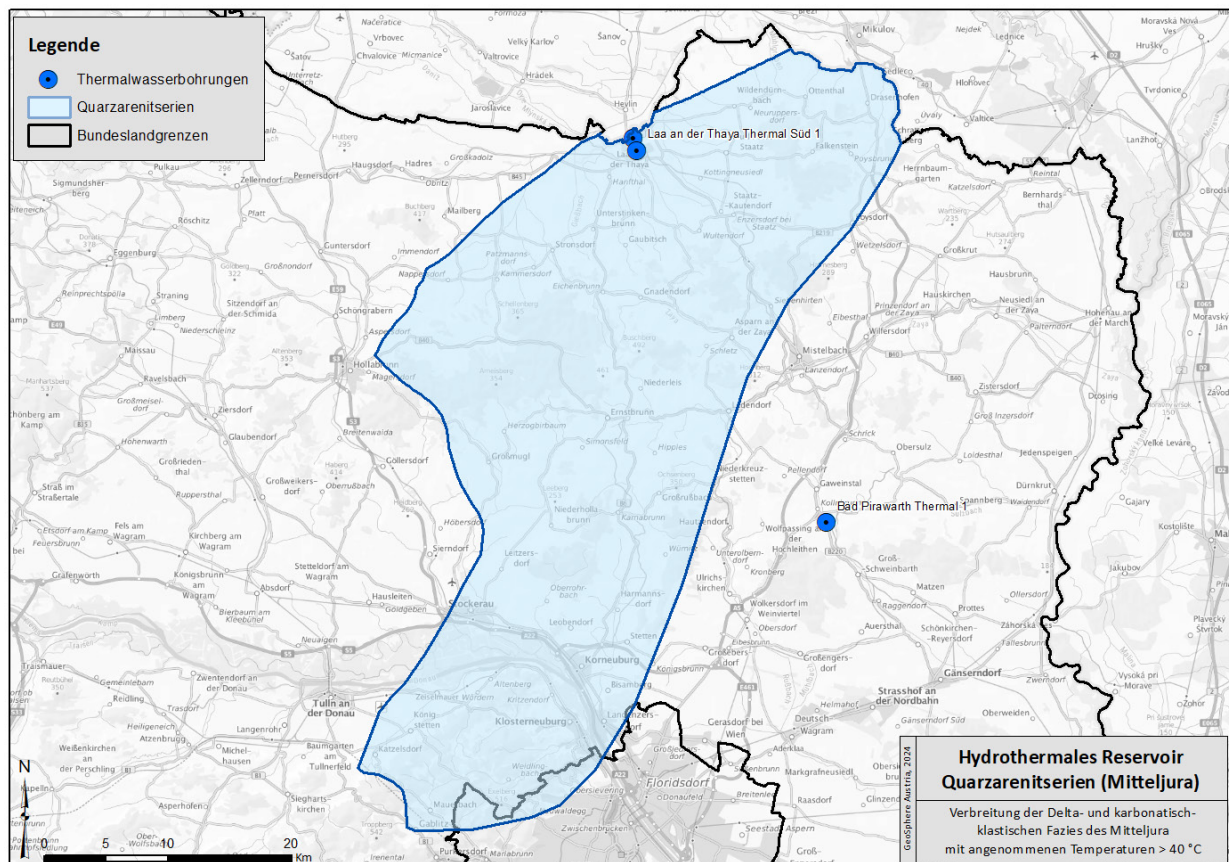


Abbildung 7: Verbreitung hydrothermales Reservoir der Delta- und karbonatisch-klastischen Fazies des Mitteljura mit angenommenen Temperaturen >40 °C.

2.7 Oberjura (Malm) Molassezone [OÖ/SBG]

Mächtigkeit: Jura in der Bohrung Hochburg 1: 600 m (Rupp et al., 2011)

Tiefenlage: 1.000 m bis: 4.600 m (nachgewiesen in der Bohrung Oberhofen 1, van Husen & Egger, 2014) bzw. 7.000 m (modelliert, Pfeleiderer, 2016).

Lithologie: Der Oberjura besteht vorwiegend aus Knollenkalken, Dolomiten, Schwammkalken, Korallenriffen und Lagunenablagerungen, die auf dem inneren Schelf abgelagert wurden (Pfeleiderer, 2016).

Geographische Verbreitung (siehe Abbildung 8): Stets von den Sedimenten der Molassezone bedeckt erstreckt sich der Oberjura im Norden von den Thermalwassernutzungen bei Reichersberg – Obernberg am Inn über Gallspach nach Bad Hall. Richtung Süden setzt sich die Formation über weite Strecken unterhalb der Nördlichen Kalkalpendecken fort, den südlichsten Nachweis liefern die Bohrungen Oberhofen 1 (van Husen & Egger, 2014), Grünau 1 (Rupp et al., 2011) und Molln 1 (Egger & van Husen, 2011), in welcher die Formation in Tiefen zwischen 4.400 m und 5.500 m angetroffen wurde. Für die Bohrungen Molln 1 und Grünau 1 wurden jeweils geothermische Gradienten von lediglich 2,2 °C/100 m nachgewiesen (Elster et al., 2016), wodurch das Potenzialgebiet nördlich davon, etwa auf Höhe der alpinen Überschiebungsfront an der Oberfläche, begrenzt wurde.

Temperaturbereich (Schätzung): 40 bis > 130 °C (Pfeleiderer, 2016); im Bäderdreieck 50 - 65 °C, bis 105 °C in Altheim und Geinberg (Kolmer, 2011).

Salinität: Nördlich der Zentralen Schwellenzone Gesamtmineralisation meist 1 bis 2 g/l (Pfeleiderer, 2016), südwestlich davon in Deutschland (Kirchweidach, Traunreut, Waldkralburg) nur 0,5 g/l; südöstlich in der Bohrung Molln 1: 21 g/l Cl (Elster et al., 2016).

Durchlässigkeiten: kf-Werte 10^{-5} bis 10^{-7} m/s, im Störungsbereich bis 10^{-2} m/s (Kolmer, 2011)

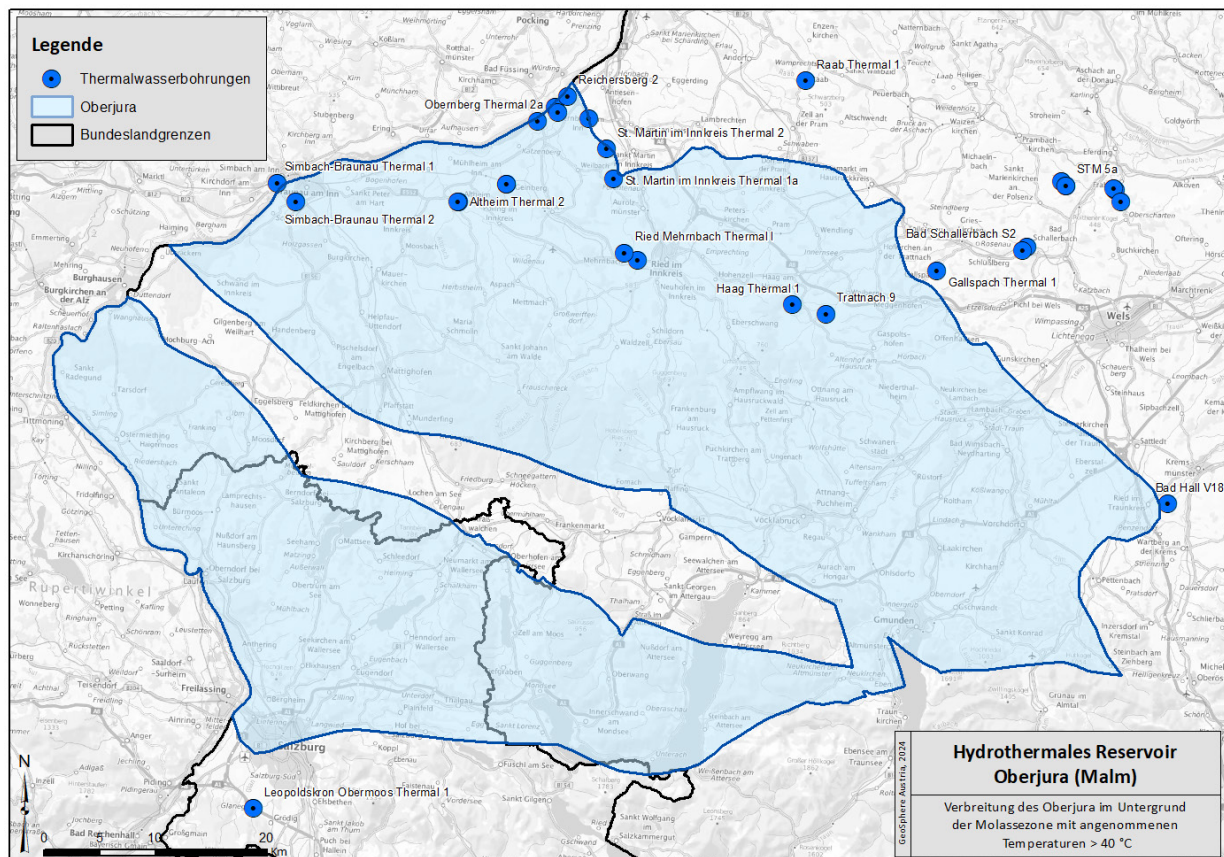


Abbildung 8: Verbreitung hydrothermales Reservoir des Oberjura im Untergrund der Molassezone Oberösterreichs mit angenommenen Temperaturen > 40 °C.

2.8 Cenomanium Sandsteine Molassezone [OÖ/SBG]

Mächtigkeit: 30 bis 60 m nach Nachtmann (1995); 90 m in der Bohrung Mühlberg 1 (Rupp et al., 2011)

Tiefenlage: 1.000 bis 3.500 m (Gusterhuber et al., 2013)

Lithologie: Glaukonitische Sandsteine, die transgressiv auf Oberjura bzw. Kristallin der Böhmisches Masse aufliegen. Fein bis grobkörnige Wechsellagerung von Schönwetter- und Sturmsedimenten. Quarz, Feldspäte und Schichtsilikate neben Zirkon, Karbonat und Erzen als Hauptgemengteile. Ursprünglich wahrscheinlich feinkörnige, tonige Matrix wurde durch Chlorit sowie oft durch Calcit ersetzt und in Folge teilweise weggelöst. Eine breite Streuung der Porositäts- und Permeabilitätswerte spiegelt die ablagerungsbedingte Inhomogenität des Gesteins wider (Nachtmann, 1995)

Geographische Verbreitung (siehe Abbildung 9): Im Norden von den Thermalwassernutzungen bei Reichersberg – Obernberg am Inn über Wels bis Steyr mit der Enns als östliche Grenze, ab Voitsdorf jedoch nur mehr in sehr geringmächtiger Ausprägung. Im Süden unterteilt die Zentrale Schwellenzone die Formation in einen nördlichen und einen südlichen Abschnitt. Richtung Süden setzt sich die Formation über weite Strecken unterhalb der Nördlichen Kalkalpendecken fort. Die Grenze für eine mögliche geothermische Nutzung wurde bei einer Mächtigkeit von > etwa 30 m (nach Nachtmann, 1995), sowie einer maximalen Tiefe von etwa 3.500 m (nach Gusterhuber et al., 2013) gezogen.

Temperaturbereich (Schätzung): 40 bis 120 °C (Pfleiderer, 2016)

Salinität: Da die Sandsteine hydraulisch an den Oberjura angeschlossen sind, wird generell von einer ähnlichen Salinität ausgegangen. In den Bohrungen Trattnach 4 und 11: 0,3 - 0,6 g/l Cl bzw. Gesamtmineralisation von 2,1 - 2,6 g/l (Goldbrunner, 1988).

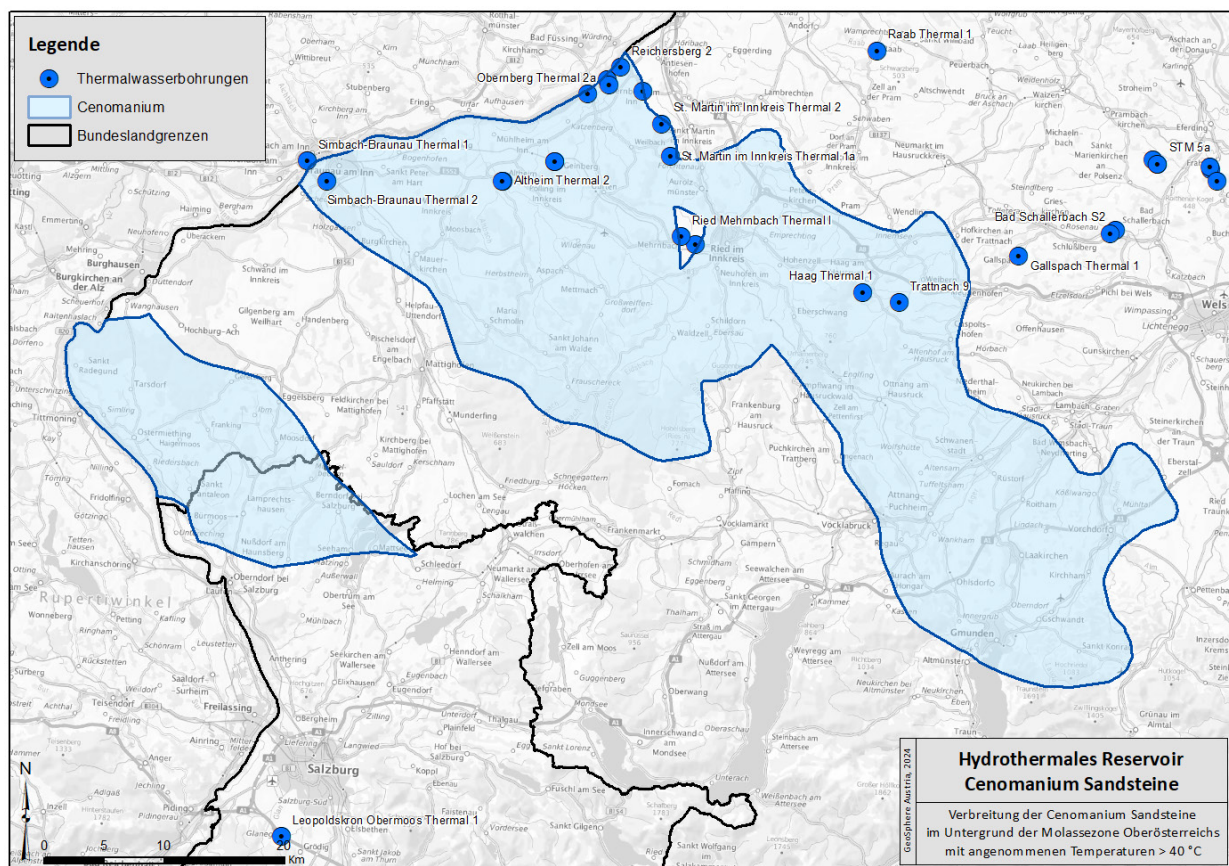


Abbildung 9: Verbreitung hydrothermales Reservoir Cenomanium Sandsteine im Untergrund der Molassezone Oberösterreichs mit angenommenen Temperaturen >40 °C.

2.9 Campanium Sandsteine, Molassezone [OÖ]

Mächtigkeit: Die mächtigsten Ablagerungen finden sich am Donaurandbruch (z.B. 400 m in St. Martin im Innkreis TH 1a (Elster et al., 2016), die Formation keilt gegen Süden und Westen aus.

Tiefenlage: 1.400 (St. Martin TH2, Elster et al., 2016) bis 2.100 m (Steindlberg 1, Küpper, 1963)

Lithologie: Die Verwitterungsprodukte der nordöstlich angrenzenden Böhmisches Masse wurden während der Oberkreide in das Molassebecken geschüttet. Im späten Campanium wurden bis zu 300 m mächtige Sandsteine nordwestlich der Zentralen Schwellenzone abgelagert (Wagner, 1998).

Geographische Verbreitung (siehe Abbildung 10): Die Verbreitung der Sandsteine wurde aus Wagner (1998) übernommen. Im Bereich der Thermalbohrungen bei Obernberg und Geinberg enthalten die jüngsten flachmarinen Campanium-Ablagerungen im Vorland mächtige Sandsteinabfolgen bis 300 m. In Geinberg 1 und Obernberg 1 werden 200 m Nettomächtigkeit bei ca. 23 % Porosität beschrieben (Malzer, 1993). Nach Elster et al. (2016) finden sich Sedimente des Campanium in den Thermalwasserbohrungen St. Martin, Obernberg und Geinberg, aus diesen Horizonten wird jedoch nicht gefördert.

Temperaturbereich (Schätzung): 40 - 55 °C

Salinität: Obernberg TH 1: 1,1 g/l Cl und Gesamtmineralisierung von 2,5 g/l (Goldbrunner, 1988)

Durchlässigkeiten: Keine Angaben

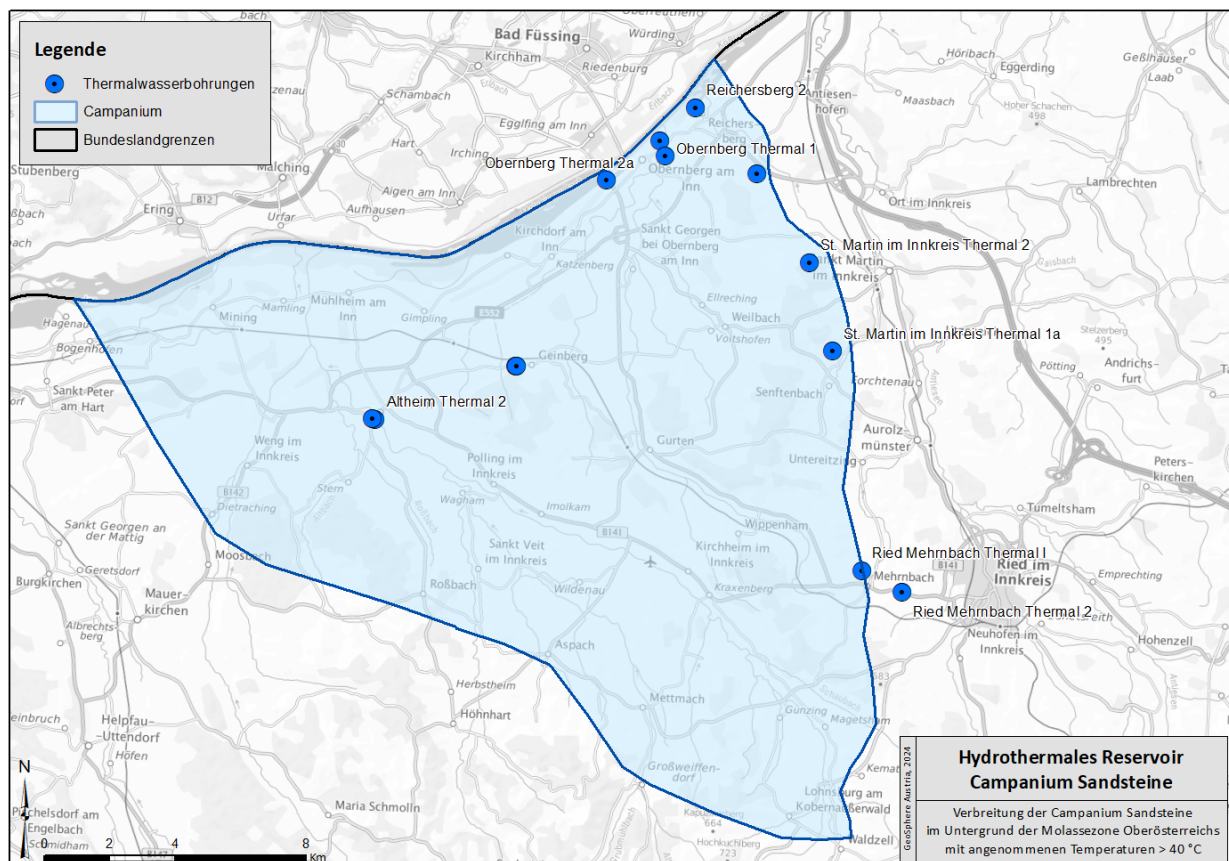


Abbildung 10: Verbreitung hydrothermales Reservoir Campanium Sandsteine im Untergrund der Molassezone Oberösterreichs mit angenommenen Temperaturen >40 °C.

2.10 Mesozoikum der Radkersburger Gruppe im Steirischen Becken [STMK]

Mächtigkeit: 150 m

Tiefenlage: 1.000 bis 2.000 m

Lithologie: helle Kalke und Dolomite mit Sandsteinlagen

Geographische Verbreitung (siehe Abbildung 11): Eine tektonische Sonderstellung weist das Permomesozoikum der Radkersburger Gruppe (Flügel et al., 1988) auf. Sie tritt im Raabgraben in Erscheinung, einer Struktur, die im angrenzenden Ungarn und Slowenien Tiefen bis zu 5.000 m erreichen kann. Innerhalb der Radkersburger Gruppe stellen mesozoische Karbonatgesteine einen wichtigen Thermalwasseraquifer dar, die Verbreitung wurde von Lapanje et al. (2013) übernommen. Die einzigen Nutzungen dieses Aquifers auf österreichischer Seite stellen jene in Bad Radkersburg dar, wo die Formation in Tiefen zwischen 1.770 bis 1.900 m angetroffen wurde. Der Aquifer setzt sich streichend sowohl in nordöstliche als auch in südwestliche Richtung nach Slowenien fort.

Temperaturbereich (Schätzung): 60 - 100 °C (Lapanje et al., 2013), Auslauftemperatur 82 °C in der Bohrung Bad Radkersburg II (Elster et al., 2016)

Salinität: 2.3 g/l Cl (Elster et al., 2016; in der Formation ist mit hoher CO₂ Führung zu rechnen)

Durchlässigkeiten: Keine Angaben

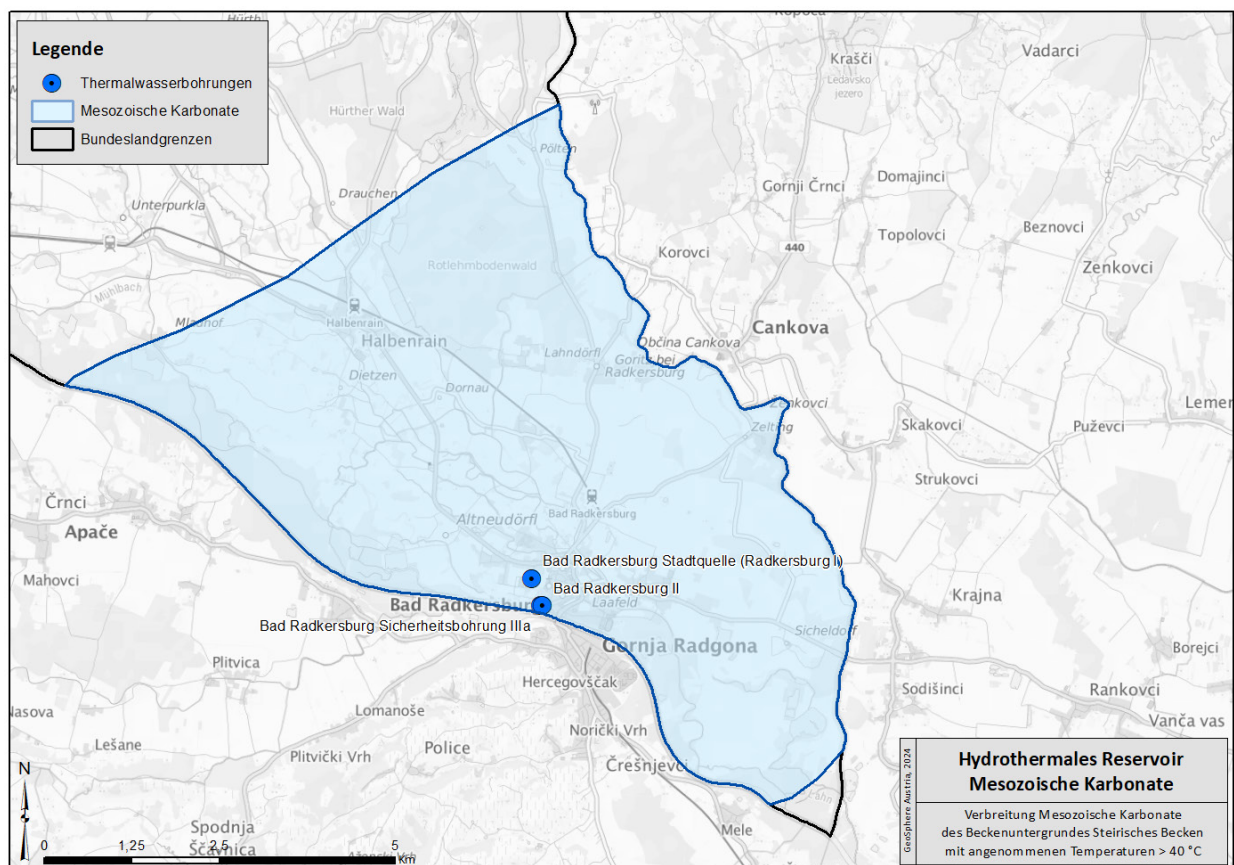


Abbildung 11: Verbreitung hydrothermales Reservoir Mesozoikum der Radkersburger Gruppe im Steirischen Becken mit angenommenen Temperaturen >40 °C.

2.11 Paläozoische Karbonate Steirisches Becken [STMK/BGLD]

Mächtigkeit: > 1.000 m

Tiefenlage: bis >3.000 m (Flügel et al., 1988), gemessen 3.280 m (Frutur GT1, Schreilechner, 2023)

Lithologie: Paläozoische Gesteine des Oberostalpins treten im Hangenden des „Austroalpinen Kristallins“ (Flügel et al., 1988) auf. Das Paläozoikum wird von besonders im Bereich der Schwellenzonen verbreiteten mächtigen Phylliten und von Karbonatgesteinen des Grazer Paläozoikums aufgebaut. Den sprödetektonisch beanspruchten Kalken und Dolomiten des Grazer Paläozoikums kommt dabei eine wesentliche Bedeutung als Thermalwasseraquifer zu. Gute Durchlässigkeiten treten jedoch nur in Verbindung mit Kluftporositäten, vorwiegend entlang Störungszonen auf.

Geographische Verbreitung (siehe Abbildung 12): Die Begrenzung des Interessensbereichs für geothermische Nutzungen wurden entsprechend der Verbreitung der Karbonate nach Flügel et al. (1988) ausgewiesen. Im gesamten Bereich ist man auf das Vorkommen von Kluftporosität angewiesen. Einige Bohrungen konnten gut durchlässige Bereiche nachweisen (u.a. Blumau, Waltersdorf), in der Bohrung Fürstenfeld TH1 konnte jedoch bis zur Endteufe keine ausreichend hohe Durchlässigkeit angetroffen werden (Goldbrunner & Zötl, 1985). Am westlichen Beckenrand um Graz und Voitsberg gibt es lediglich relativ seichte Bohrungen und dadurch keine nachgewiesenen hohen Temperaturen, die Nutzungen in Puntigam zeigen jedoch für die erschlossene Tiefe von lediglich etwa 250 m mit 27 °C überhöhte Temperaturen an (Zötl & Goldbrunner, 1993).

Temperaturbereich (Schätzung): 40 - 140 °C (70 °C in Ilz TH, Bad Waltersdorf (Elster et al., 2016), 125 °C Frutura, (Goldbrunner, 2015), 140 °C in Fürstenfeld TH1, (Goldbrunner, 1988)

Salinität: 1,5 g/l Cl (Bad Waltersdorf), 3,5 bis 7,5 g/l Cl (Blumau, Elster et al., 2016)

Durchlässigkeiten: Transmissivität 10^{-4} - 10^{-5} m²/s, Kf-Werte 10^{-6} m/s (Elster et al., 2016)

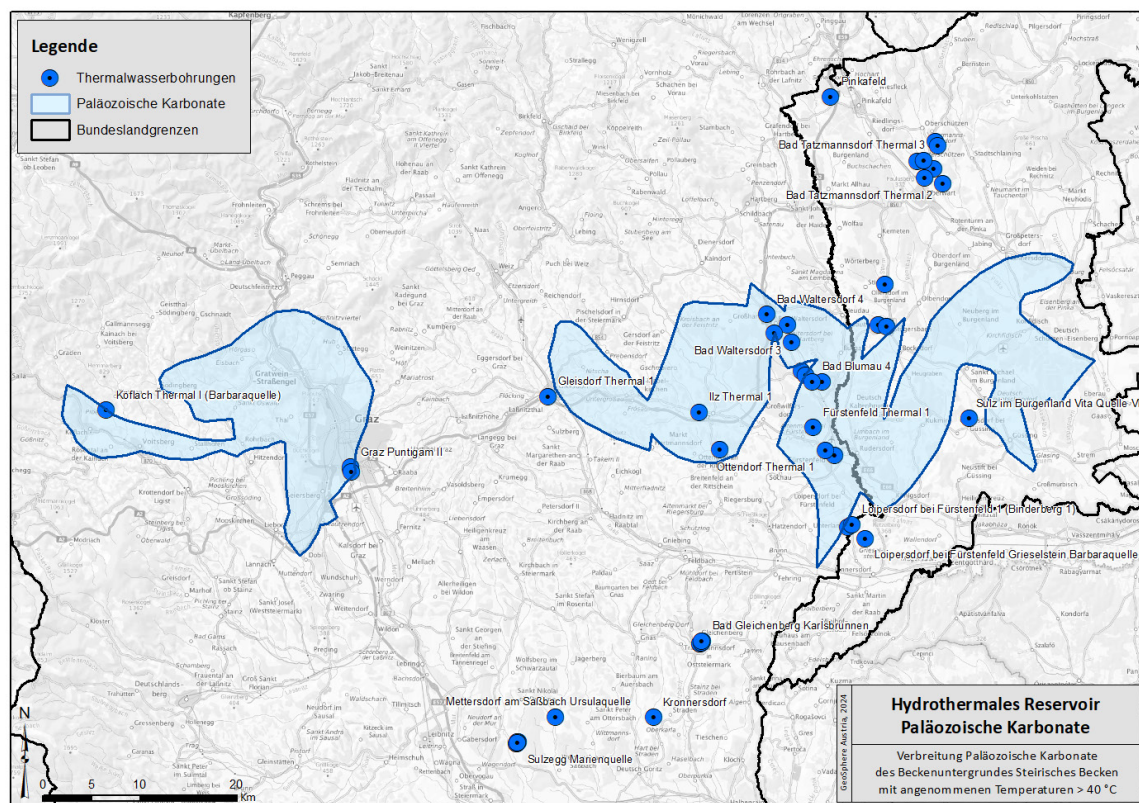


Abbildung 12: Verbreitung hydrothermales Reservoir Paläozoische Karbonate im Untergrund des Steirischen Beckens mit angenommenen Temperaturen >40 °C.

2.12 Vulkanite des Karpatium Steirischen Becken [STMK]

Mächtigkeit: bis > 1.000 m

Tiefenlage: 600 - 2.500 m (1.500 m in Bad Gleichenberg TH1, Elster et al., 2016)

Lithologie: Die tektonische Öffnung des Steirischen Beckens und damit die Sedimentation setzten im Otnangium bzw. Karpatium ein. Grobklastische Sedimente konnten im Fürstenfelder Teilbecken und in der Weizer Bucht nachgewiesen werden, weisen jedoch überwiegend schlechte Durchlässigkeiten auf (z.B. Bad Tatzmannsdorf, Lutzmannsburg, Gersdorf). Im Karpatium setzte ein saurer bis intermediärer Vulkanismus ein, der zum Aufbau mächtiger, heute zum Großteil unter Sedimentbedeckung liegender Schilde führte, die eine Flächenausdehnung von mehreren hundert Quadratkilometern erreichen. Petrografisch handelt es sich um Trachyandesite sowie Trachyte, Andesite und Rhyolithe, die aufgrund ihrer Permeabilitäten lokal als Thermalwasseraquifer in Frage kommen (Tiefbohrung Bad Gleichenberg TH 1) (Goldbrunner, 2016).

Geographische Verbreitung (siehe Abbildung 13): Die Vulkanite des Karpatium weisen lokal hohe Permeabilitäten auf und wurden daher als für die geothermische Nutzung generell geeignet eingestuft. Die Verbreitung wurde entsprechend der Geologischen- bzw. Reliefkarte des prätertiären Untergrundes des Steirischen Beckens und der Südburgenländischen Schwelle (Flügel et al., 1988) übernommen, der relativ seichte bzw. geringmächtige Bereich um Sulzegg / St. Peter ausgespart.

Temperaturbereich (Schätzung): 40 - 100 °C (85 °C in Bad Gleichenberg TH1, Elster et al., 2016)

Salinität: ~1 g/l Cl (Bad Gleichenberg, Elster et al., 2016)

Durchlässigkeiten: Transmissivität 10^{-5} bis 10^{-7} m²/s (Bad Gleichenberg, Elster et al., 2016)

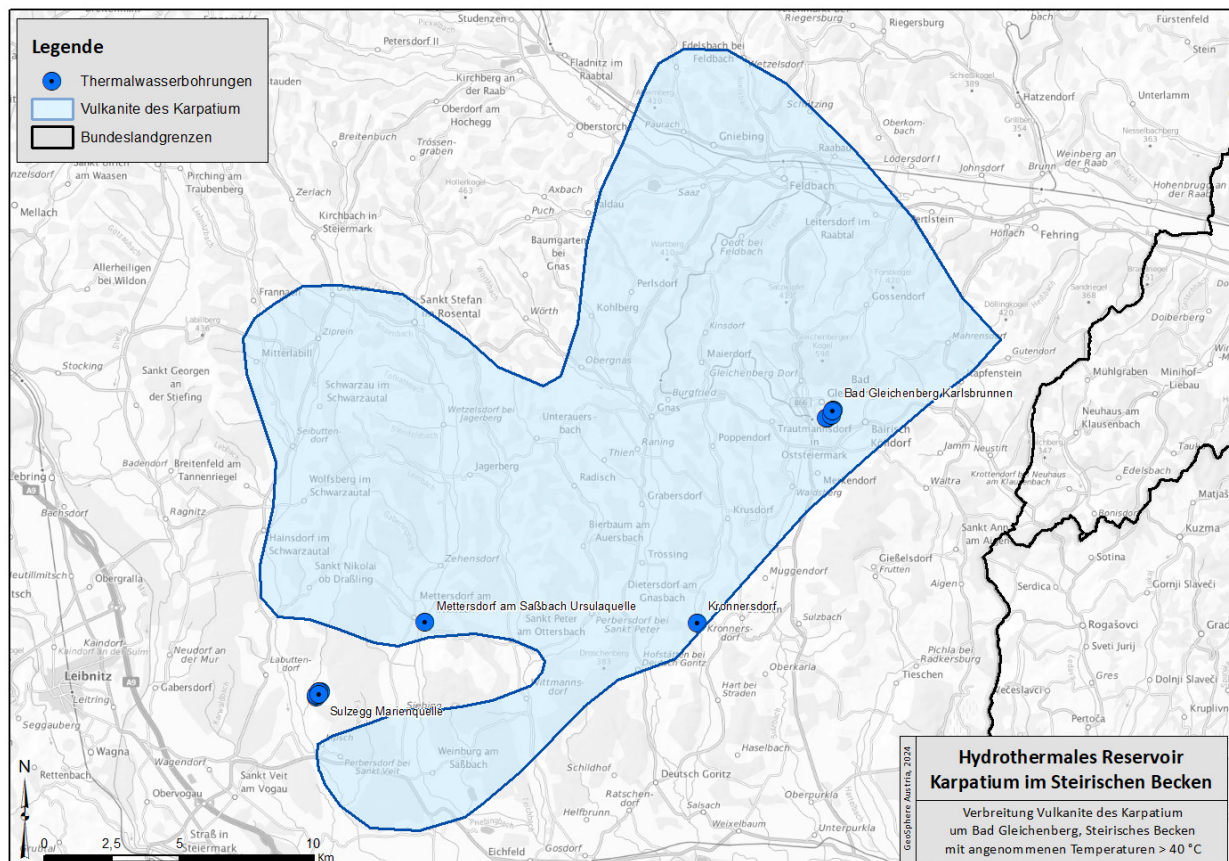


Abbildung 13: Verbreitung hydrothermales Reservoir Karpatium im Steirischen Becken mit angenommenen Temperaturen >40 °C.

2.13 Badenium Sandsteine Steirisches Becken [STMK/BGLD]

Mächtigkeit: bis > 1.000 m (Goldbrunner, 2016). Fürstenfeld TH1: 1.200 m (Elster et al., 2016).

Tiefenlage: 1.050 - 2.250 m (Fürstenfeld TH1) (Elster et al., 2016)

Lithologie: Das obere Badenium (Cibicides-Rotalia-Zone, Bulimina-Bolivina-Zone) setzt sich aus fein- bis mittelsandigen Ton- und Siltsteinen zusammen. Die Ablagerungen des mittleren Badeniums (Sandschaler-Zone) bestehen aus Wechsellagerungen von Sanden und Sandsteinen (z.T. zementiert) mit Ton- und Siltsteinen. Darunter folgen z.T. Ton- und Tonmergelsteine. Im unteren Badenium (Lageniden-Zone) dominiert eine feinklastische Entwicklung mit karbonatisch dominierten Sedimenten. In tieferen Bereichen vermehrt grobklastische Horizonte bzw. Konglomerate und Brekzien. Das Basiskonglomerat besteht aus grob bis feinklastischen Wechselfolgen (Elster et al., 2016).

Geographische Verbreitung (siehe Abbildung 14): Im Bereich der Mittelsteirischen und Südburgenländischen Schwelle treten flachmarine Kalke und Grobklastika auf, die lokal gute Durchlässigkeiten besitzen können. Von Interesse für die geothermale Erschließung sind die mächtigen Sandentwicklungen der Sandschaler-Zone (mittleres Badenium) im Zentrum des Fürstenfelder Beckens. Auch die Lageniden-Zone in beckenrandnahen Position (z.B. Bereich Bad Waltersdorf) gilt als potenzielles Reservoir (Goldbrunner, 2016). Als Begrenzung für die geothermische Nutzung wurde lediglich ein Bereich um die Bohrungen in Fürstenfeld gelegt, da in Bad Waltersdorf, Blumau und Binderberg nur geringmächtige oder nicht ausreichend durchlässige Gesteine angetroffen wurden.

Temperaturbereich (Schätzung): 40 - 85 °C (Fürstenfeld 1/2, Elster et al., 2016)

Salinität: 26 - 34 g/l Cl (Elster et al., 2016)

Durchlässigkeiten: Kf-Werte 10^{-6} bis 10^{-7} m/s, Transmissivität 10^{-4} bis 10^{-5} m²/s und Porosität bis 25 % (Fürstenfeld FF1 und FF2, Elster et al., 2016). Hinzuweisen ist auf die aufgetretenen Probleme bei der versuchten Reinjektion von Thermalwässern in Fürstenfeld FF1/FF2.

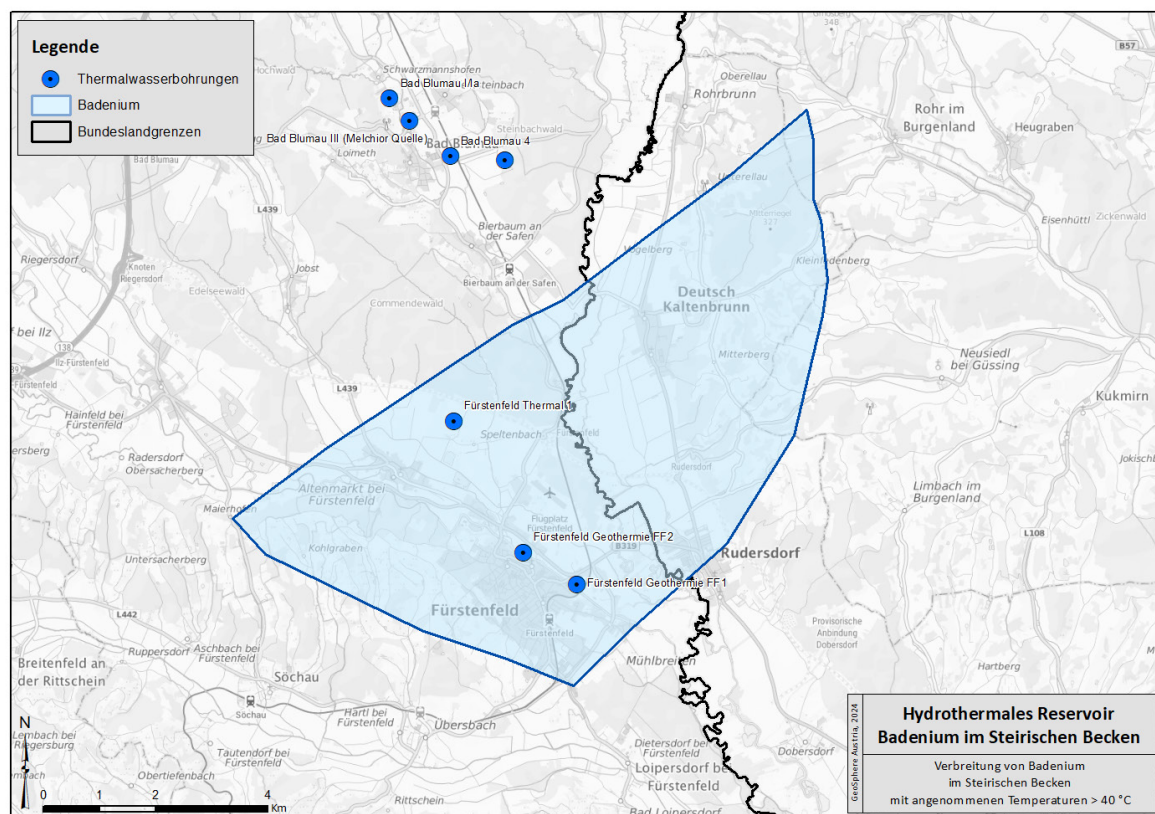


Abbildung 14: Verbreitung hydrothermales Reservoir Badenium im Steirischen Becken mit angenommenen Temperaturen >40 °C.

2.14 Sarmatium Sandsteine Steirisches Becken [STMK/BGLD]

Mächtigkeit: Die Schichten des Sarmatiums können Mächtigkeiten von über 1.000 m aufweisen (Goldbrunner, 2016). Etwa 500 m in Jennersdorf, 700 - 800 m in den Bohrungen Litzelsdorf, Übersbach und Binderberg, bis 900 m in Blumau.

Tiefenlage: 800 - 1.200 m (Elster et al., 2016)

Lithologie: Es handelt es sich in erster Linie um Tone und Tonmergel, in denen Einschaltungen von durchlässigen Sanden und Kiesen auftreten. Die Basis des oberen Sarmatiums bildet eine markante Wechsellagerung von Kiesen und Sanden mit Tonmergeln, die als Carinthische Schotter bezeichnet wird. In der obersarmatischen Sedimentfolge werden vom Liegenden ins Hangende Kalksiltsteine und Tonmergel, unverfestigte Sande und eine Abfolge von Kalksandsteinen differenziert (z.B. Gleisdorfer Schichten) (Goldbrunner, 2016).

Geographische Verbreitung (siehe Abbildung 15): Aus den bestehenden Thermalwasserbohrungen sowie der Tiefenlage des Steirischen Beckens (Flügel et al., 1988) kann ein Bereich abgeleitet werden, in dem die Sedimente des Sarmatium ausreichende Tiefen und Temperaturen erreichen um für eine geothermische Nutzung in Frage zu kommen. Richtung Westen wurde die Begrenzung zwischen Bad Blumau und Bad Waltersdorf, sowie Ottendorf und Ilz TH gezogen. Richtung Osten begrenzt sich das Gebiet anhand der von Oberwart nach Loipersdorf N-S verlaufenden Störung (Oberwarter Verwurf).

Temperaturbereich (Schätzung): Thermalwasserbohrungen Ottendorf, Blumau 3, Stegersbach TH, Binderberg 1: 40 - 50 °C, Lautenberg 1 und Grieselstein TH1 60 - 65 °C (Elster et al., 2016)

Salinität: 0,8 (Bad Waltersdorf), 8 g/l Cl (Loipersdorf/Binderberg) bis 34 g/l Cl (Fürstenfeld) (Elster et al., 2016)

Durchlässigkeiten: Kf 10^{-6} bis 10^{-7} m/s; Transmissivität generell 10^{-5} bis 10^{-6} m²/s (Elster et al., 2016), in Blumau 3: 5×10^{-4} m²/s

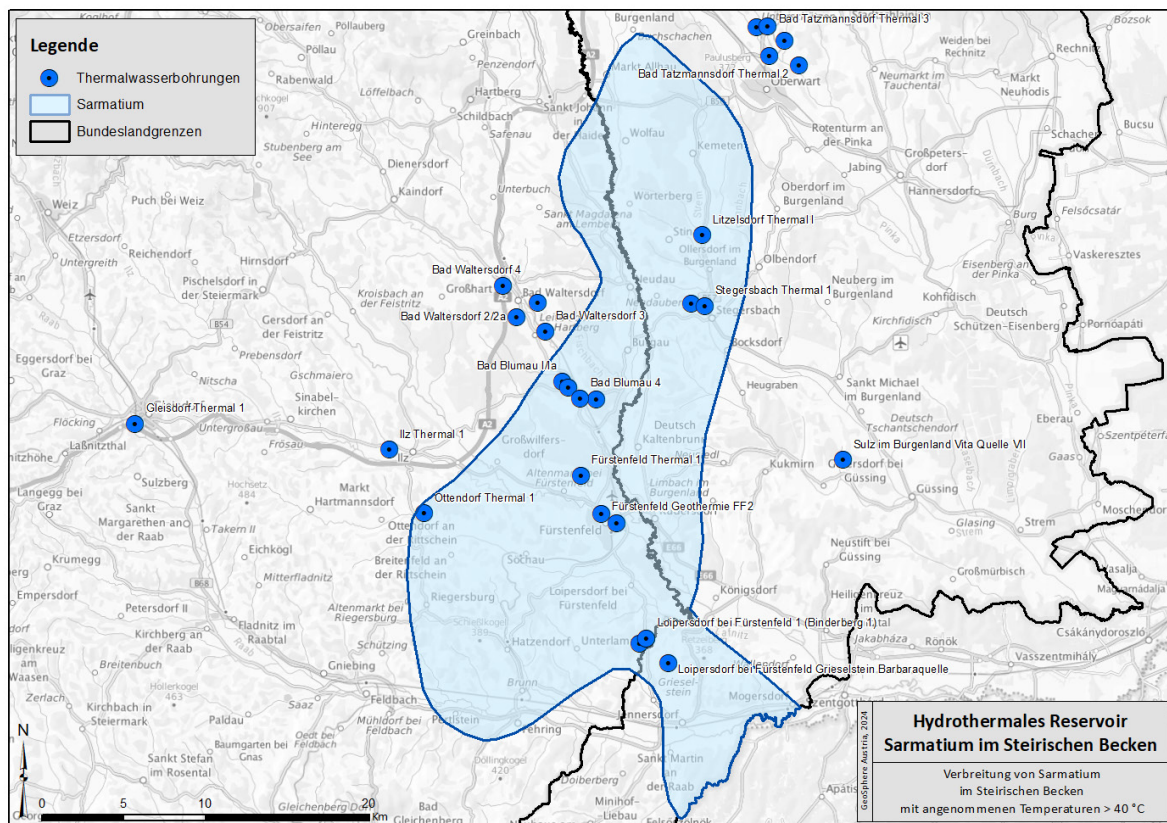


Abbildung 15: Verbreitung hydrothermales Reservoir Sarmatium im Steirisches Becken mit angenommenen Temperaturen >40 °C.

2.15 Pannonium Sandsteine des Pannonischen Beckens im Bereich Edlitz – Güssing [BGLD]

Mächtigkeit: > 100 m

Tiefenlage: 1.000 - 1.200 m (Oberpannonium, Nádor et al., 2020)

Lithologie: Als gut durchlässig werden generell die oberpannonen Sandsteine beschrieben

Geographische Verbreitung (siehe Abbildung 16): Pannonische Sedimente sind in dem ausgewiesenen Bereich vorhanden und liegen laut Informationen aus Flügel et al. (1988) in Tiefen > 1.000 m. In dem vom geologischen Dienst Ungarn veröffentlichten Geothermieportal (Nádor et al., 2020) ist der in Ungarn angrenzende Bereich als Porenaquifer mit vorwiegend oberpannonen Sanden mit Temperaturen > 40 °C ausgewiesen. Die Thermalwassernutzungen in Körmend zeigen Austrittstemperaturen von etwa 45 - 50 °C aus 1.050 - 1.100 m tiefen Bohrung an.

Temperaturbereich (Schätzung): 40 - 75 °C (Basis Oberpannonium, Nádor et al., 2020)

Salinität: Keine Information

Durchlässigkeiten: Keine Information

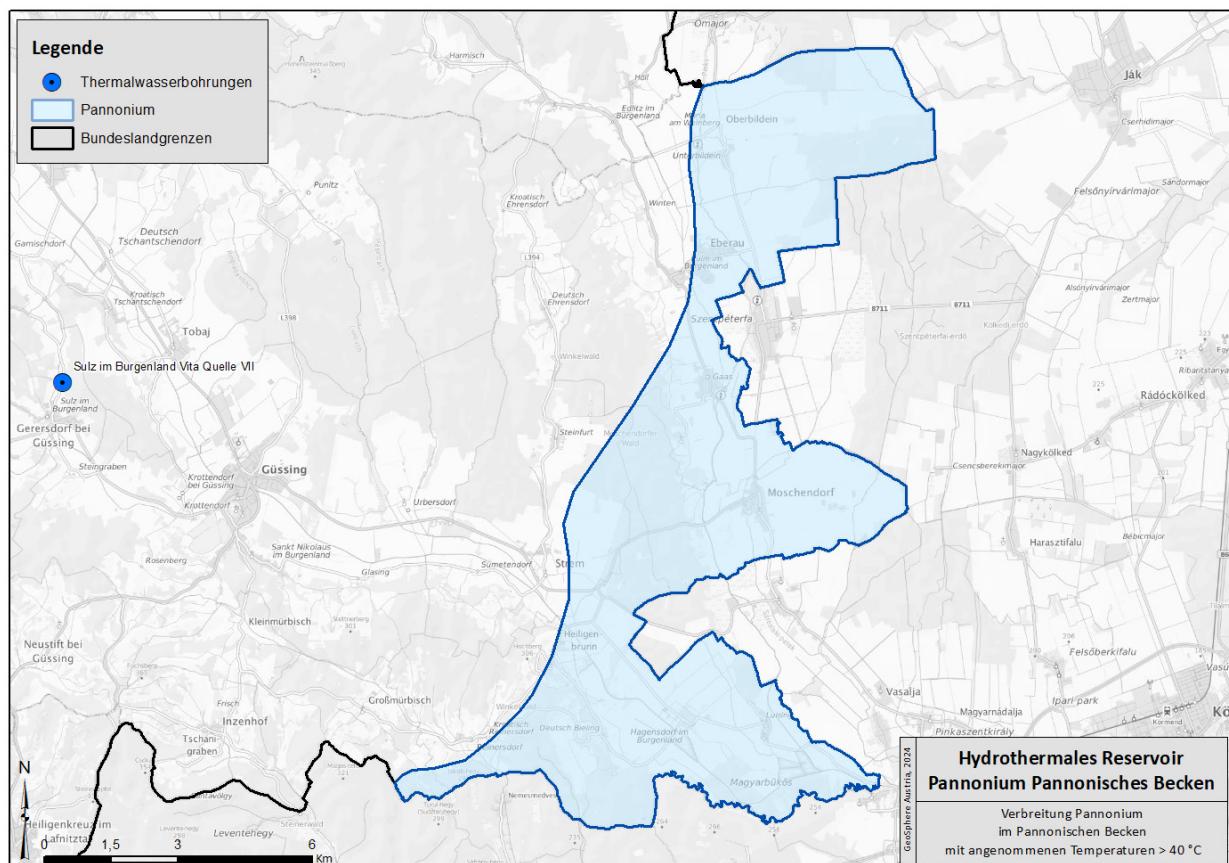


Abbildung 16: Verbreitung hydrothermales Reservoir Pannonium im Pannonischen Becken mit angenommenen Temperaturen >40 °C.

2.16 Pannonium Sandsteine des Pannonischen Beckens im Seewinkel [BGLD]

Mächtigkeit: > 100 m

Tiefenlage: 1.100 - 1.800 m (Oberpannonium, Nádor et al., 2020)

Lithologie: Als gut durchlässig werden generell die oberpannonen Sandsteine beschrieben

Geographische Verbreitung (siehe Abbildung 17): Oberpannone Sedimente sind in dem ausgewiesenen Bereich vorhanden und liegen laut dem vom geologischen Dienst Ungarn veröffentlichten Geothermieportal (Nádor et al., 2020) in Tiefen > 1.000 m. Der in Ungarn angrenzende Bereich ist als Porenaquifer mit vorwiegend oberpannonen Sanden mit Temperaturen > 40 °C ausgewiesen. Die Thermalwassernutzung in Mosonmagyaróvár zeigt eine Austrittstemperatur von 50 - 87 °C aus dem Bereich 1.100 - 2.200 m an. In Österreich wurde das Pannonium z.B. in der Bohrung Seewinkel TH1 bis zur Endteufe von 1.080 m erbohrt. Aus dem Abschnitt 830 - 860 m wird 43 °C warmes Wasser gefördert (Elster et al., 2016). In Pamhagen wurde im oberen Pannonium Thermalwasser mit 35 °C aus Sandsteinen in 600 m Tiefe erschlossen.

Temperaturbereich (Schätzung): 40 - 100 °C (Basis Oberpannonium, Nádor et al., 2020)

Salinität: Gesamtmineralisation 5 - 10 g/l in Mosonmagyaróvár (Nádor et al., 2020), 0,1 g/l Cl (Elster et al., 2016)

Durchlässigkeiten: Transmissivität 10-3 m²/s, Kf-Wert 10⁻⁴ m/s (Elster et al., 2016)

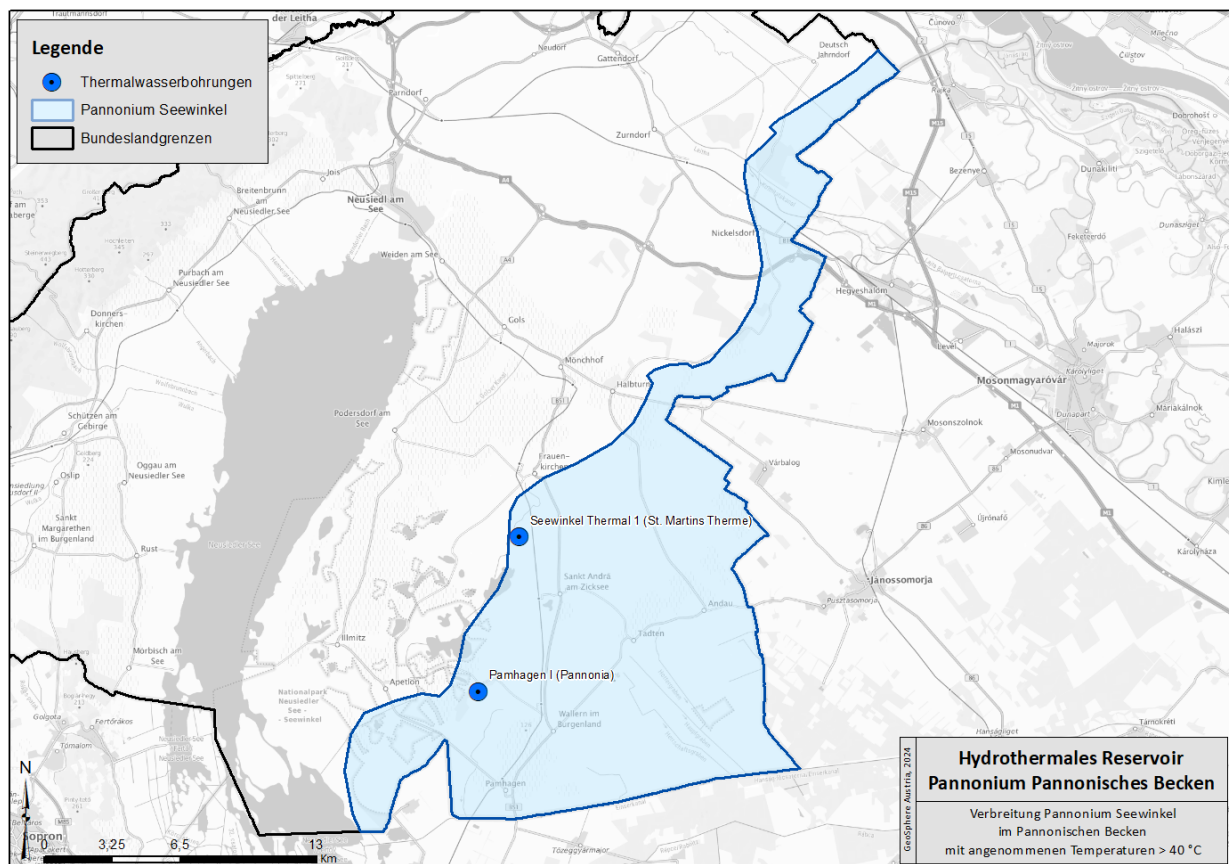


Abbildung 17: Verbreitung hydrothermales Reservoir Pannonium im Pannonischen Becken mit angenommenen Temperaturen >40 °C.

2.17 Autochthoner Oberjura (helvetische Fazies), Molassezone [VBG]

Mächtigkeit: > 100 m

Tiefenlage: etwa 4.000 - 5.000 m (Zerlauth et al., 2014)

Lithologie: bituminöser Tiefwasser-Kalkstein der helvetischen Fazies (Diepolder, 2015)

Geographische Verbreitung (siehe Abbildung 18): Der autochthone Oberjura liegt im Raum nördliches Rheintal in helvetischer Faziesausbildung vor, die Begrenzung des Interessensbereichs für geothermische Nutzungen wurde bis in eine Tiefe von etwa 5.000 m gewählt. Aus den Bohrungen in Sulzberg (Brix & Schultz, 1993, Friebe, 2007) und Opfenbach konnte die Tiefenlage für den Raum Bregenz mit etwa 4.700 bis 4.900 m und erwartbare Temperaturen von rund 150 °C abgeleitet werden. Hydraulisch günstige Eigenschaften liegen im Autochthonen Malm nur im Nahbereich von Störungen vor (Zerlauth et al., 2014). Die genauere räumliche Lage von Störungen muss erst durch weiterführende Untergrunderkundungen bestimmt werden.

Temperaturbereich (Schätzung): 100 - 150 °C (Zerlauth et al., 2014)

Salinität: Schätzung für den Raum St. Gallen 5 bis 25 g/l NaCl (Huwiler, 2009); Opfenbach 1: 23 g/l NaCl (Huwiler, 2009)

Durchlässigkeiten: 10^{-6} bis 10^{-7} m/s in Störungszonen (Huwiler, 2009)

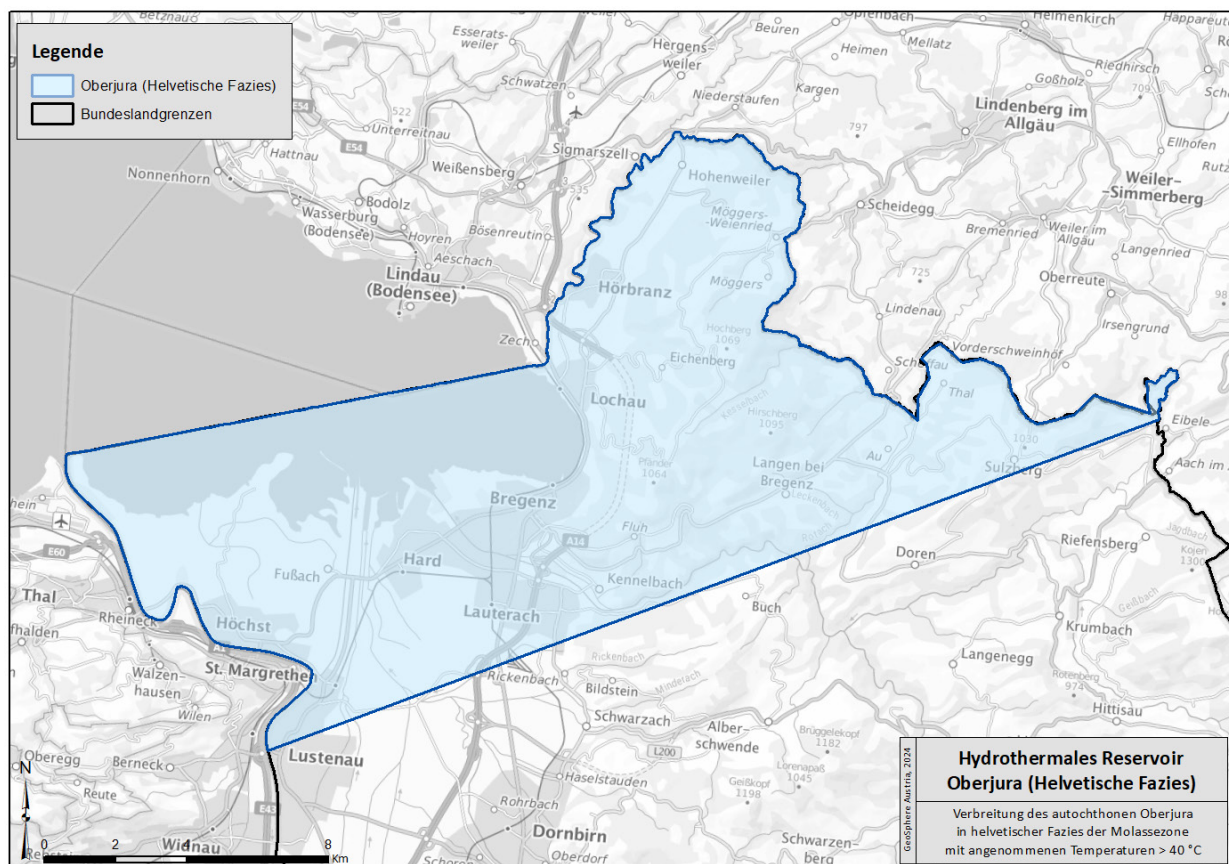


Abbildung 18: Verbreitung hydrothermales Reservoir autochthoner Oberjura in helvetischer Fazies der Molassezone mit angenommenen Temperaturen >40 °C.

2.18 Quintnerkalke (Oberjura) und Schrattenkalk (Unterkreide) des Helvetikum [VBG]

Mächtigkeit: >100 m

Tiefenlage: 2.500 (Schrattenkalk der Säntisdecke) bis > 4.000 m (Quintnerkalke) (Piffner, 2011)

Lithologie: Kalkstein

Geographische Verbreitung (siehe Abbildung 19): Eine gute hydraulische Durchlässigkeit für die Karbonate der helvetischen Einheiten ist nur durch die Entwicklung von Kluftwegigkeiten gegeben. Bereichsweise kann durch intensive Verfaltung und Schuppung sowie einer jungen Sprödetektonik von hohen Klüftigkeiten ausgegangen werden, wobei die Öffnungsweite der Klüfte von ihrer Orientierung abhängt. Brüche parallel zum Deckenschub zeigen hier das größte Potential für eine Kluftporosität in den Quintnerkalken. Eine Höflichkeit innerhalb helvetikumsinterner Strukturen wurde durch die Bohrung Hindelang 1 in einer Kluftlagerstätte festgestellt (Brix & Schultz, 1993 und Risch, 1995). In der Bohrung Vorarlberg Au 1 hingegen konnten nur geringe Porositäts- und Permeabilitätswerte festgestellt werden (Colins et al., 1990). Die Begrenzung des Interessensbereichs für geothermische Nutzungen wurde bis in eine Tiefe von etwa 5.000 m gewählt. Hinzuweisen ist auf die stark überhydrostatischen Drücke in der Bohrung Hindelang mit Druckgradienten über 2,4 bar/10 m, auch in der Bohrung Au 1 gab es ähnliche Beobachtungen (Risch, 1995).

Temperaturbereich (Schätzung): 80 - 130 °C (Regierung des Fürstentums Liechtenstein, 2012)

Salinität: keine Angabe

Durchlässigkeiten: keine Angabe

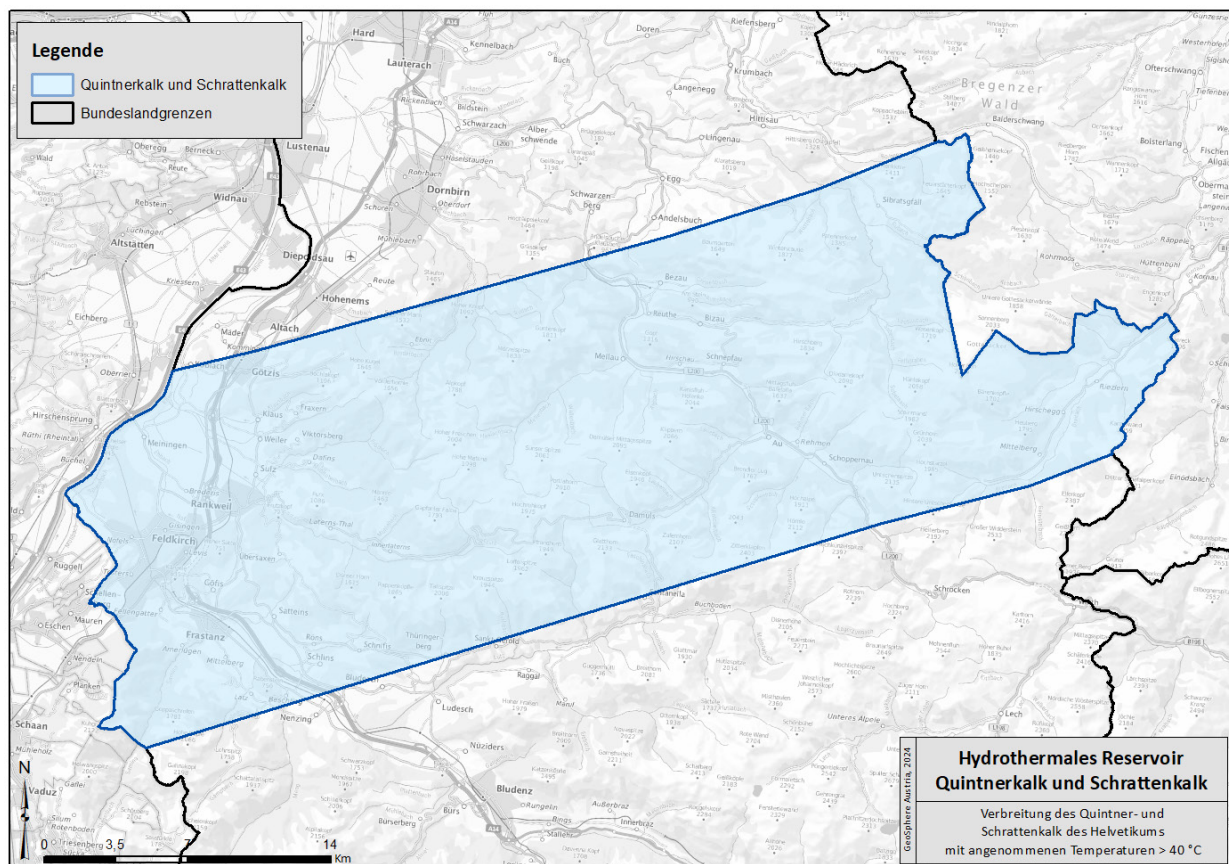


Abbildung 19: Verbreitung hydrothermales Reservoir Quintnerkalk und Schrattenkalk des Helvetikum mit angenommenen Temperaturen >40 °C.

3 Potenzielle Vorkommen von Thermalwässern

Einige geologische Formationen bzw. Gebiete wurden nicht als hydrothermale Reservoirs ausgewiesen, obwohl sie aufgrund ihrer Eigenschaften grundsätzlich für eine Nutzung in Frage kommen. Die Gründe dafür können entweder eine fehlende/zu geringe Datenlage sein oder die bisherige Datenlage weist lokal auf ein nicht ausreichend produktives oder zu kaltes Reservoir hin. In diesen Bereichen sind lokale Thermalwasservorkommen bekannt oder werden aufgrund der geologischen Bedingungen angenommen, können jedoch aufgrund der Datenlage nicht auskartiert werden (hellblaue Bereiche in Abbildung 1).

3.1 Mattersburger Becken [BGLD]

Lediglich ein Hinweis auf Thermalwasserführung, die Bohrung Sauerbrunn TH1 mit einem unterostalpinen Kluftwasserleiter in Form von Gneisen und Kalkschiefern im Abschnitt 892 - 1.055 m. Hier wurden bei einem Pumpversuch bis zu 41,6 °C Auslauftemperatur und nur geringe Transmissivitäten in der Größenordnung 10^{-6} m²/s ermittelt (Elster et al., 2016).

Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass in den tieferen Abschnitten des Mattersburger Beckens Gesteine mit ausreichender Durchlässigkeit für geothermische Anwendungen vorliegen.

3.2 Neogen im Pannonischen Becken bei Deutschkreuz [BGLD]

Die Thermalwasserbohrungen in Lutzmannsburg fördern bis zu 33 °C warmes Wasser aus Tiefen von 450 - 900 m. Obwohl die Filterstrecke vorwiegend in Sedimenten des Karpatium verläuft wird der Hauptzufluss aus der grobklastischen Entwicklung des Pannoniums (460 - 480 m) beschrieben (Elster et al., 2016). Im Bereich Deutschkreuz wäre das Neogenbecken ausreichend tief (1.000 bis 2.000 m, Flügel et al., 1988), um für eine geothermische Nutzung im Bereich 40 - 60 °C interessant zu sein (siehe auch Nádor et al., 2020), Ob in diesem Bereich jedoch ausreichend hohe Durchlässigkeiten vorhanden sind ist fraglich.

3.3 Leithakalke (Badenium) Steirisches Becken [STMK]

Die Bohrung Gleisdorf TH 1 hatte die Leithakalke als Aufschließungsziel, die in der nahegelegenen Bohrung Ludersdorf 2 strukturiert höher angetroffen wurden (Elster et al., 2016). Nach hydraulischen Tests konnte nur unzureichend Thermalwasser gefördert werden (das Reservoir wurde mit einem Kf-Wert von 10^{-8} m/s charakterisiert), die Temperatur in etwa 700 m Tiefe betrug 46 °C. Die Bohrungen Puntigam I und III erreichten die bereichsweise vermergelten Leithakalke in Tiefen von etwa 200 m, in der Bohrung III wurden sie von 220 - 300 m durchörtert. Angenommen wird auch im regionalen Maßstab nur eine geringe Mächtigkeit. Somit wird nicht davon ausgegangen, dass sich über große Bereiche homogene Grundwasserkörper ausbilden (Elster et al., 2016).

3.4 Gnaser Becken [STMK]

Die Bohrung Petersdorf 1 der OMV AG (1996) erreichte nach 3.030 m Bohrstrecke nicht den Untergrund des Steirischen Beckens. Sie zeigt in den Bohrkernen paläozoische Phyllite (Hohenegger et al., 2009). Ob in der Nähe Karbonate liegen, bleibt unklar. Die Tiefe des Beckens wird aufgrund der Bohrung und neuen 2D seismischen Messungen auf >4.000 m unter Gelände postuliert (Dax et al., 2022). Ein Potenzial für ausreichend durchlässige Gesteine im Neogen oder auch im Beckenuntergrund ist durchaus möglich, jedoch gibt es noch nicht ausreichend Nachweise um ein Gebiet abgrenzen zu können.

3.5 Fohnsdorfer Becken und darunterliegendes Kristallin [STMK]

Das Fohnsdorfer Becken wurde durch die Bohrung Gabelhofen Thermal 1 erschlossen. Die Bohrung durchhörte bis 1.096 m dichte Sedimente des Karpatiums. Im Liegenden wurde bis zur Endteufe von 2.000 m kristallines Grundgebirge (Mittelostalpin) durchhörte. Dieses wurde in geklüfteten Abschnitten thermalwasserführend angetroffen (Elster et al., 2016). Das Vorkommen mit 47 °C und einer Gesamtmineralisation von etwa 10 g/l ist artesisch gespannt, die Transmissivität liegt in der Größenordnung $10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$. Die Isotopengehalte des erschlossenen Vorkommens belegen den meteorischen Charakter des Wassers (Elster et al., 2016).

Grundsätzlich können bei Beckentiefen von bis zu 2.400 m und dem eventuellen Antreffen von Marmorkomplexen im tektonisch stark beanspruchten, kristallin dominierten Muralpenkristallin Thermalwasserführungen nicht ausgeschlossen werden.

3.6 Sandsteine des Ottnangium der Molassezone [OÖ]

Es handelt sich vorwiegend um die Atzbacher und Mehrnbacher Sande mit Kf-Werten von 10^{-4} bis 10^{-6} m/s und bestehende Thermalwassernutzungen wie z.B. Bad Schallerbach. Tiefenlagen unterhalb 1.000 m werden jedoch nicht erreicht, für eine geothermische Nutzung förderbare Temperaturen von > 40 °C werden daher nicht angenommen.

3.7 Haller Serie des Eggenburgium der Molassezone [OÖ]

Die Sandsteine der Haller Serie sind generell als gute Speichergesteine beschrieben, die Einzellagen der gut permeablen Schichten betragen jedoch meist nur <1 m, Sandsteinablagerungen von mehr als 7 m Mächtigkeit kommen vor, sind aber Ausnahmen (Malzer, 1993).

3.8 Buchberg Konglomerat (Eggenburgium) Molassezone [NÖ]

In den tektonisch eingeschuppten Konglomeraten am Flyschrand, im Buchberg Konglomerat und bei Königstetten, sind Gerölle aus den Kalkalpen und der Flyschzone häufig. Brix (1993b) beschreibt die Verbreitung des Buchberg Konglomerates entlang des Flyschrandes zwischen St. Andrä und St. Corona. Die Bohrung Neulengbach 1 hat das Konglomerat mit 250 m Mächtigkeit angetroffen, die Tiefenlage von lediglich 550 - 800 m ist jedoch für eine geothermische Nutzung nicht interessant. In den Bohrungen St. Andrä 1 und Mauerbach 1a wurden hingegen Mächtigkeiten von 35 - 145 m und Tiefenlagen von 1.550 - 2.600 m erreicht (Brix, 1993b). Damit können in dem Bereich Temperaturen von bis zu 70 °C abgeschätzt werden. Ein geothermisches Hoffungsgebiet wurde nicht ausgewiesen, da die Datenlage als nicht ausreichend angesehen wurde.

3.9 Linzer Sande (Egerium) der Molassezone [OÖ]

Die artesischen und großteils subthermalen Wässer im Bereich Scharten, Fraham und St. Marienkirchen sind an die Linzer Sande gebunden, die dem Kristallin auflagern (Goldbrunner, 1988). Die höher temperierten Wasservorkommen befinden sich jedoch lediglich in der Discharge Zone des niederbayerisch-oberösterreichischen Thermalgrundwasserkörpers. Die vorwiegend als Quarzsande ausgeprägten Gesteine entstammen aus als Strandfazies aufgearbeiteten Kristallingesteinen, die einen Durchlässigkeitswert in der Größenordnung 10^{-4} bis 10^{-6} m/s aufweisen (Elster et al., 2016).

3.10 Puchkirchener Serien (Egerium) der Molassezone [OÖ]

Die im Egerium abgelagerten Tiefseesedimente stellen verfrachteten alpinen Schutt aus dem Süden dar. Entsprechend der Ablagerungsweise aus Trübeströmen oder aus submarinen Muren liegt dieser Schutt in Form von übereinandergestapelten Sandsteinlagen oder unregelmäßigen Konglomeratmassen vor. Die Konglomerate haben entweder Sand oder Ton als Bindemittel. Die Grobschüttungen sind voneinander durch Tonmergel getrennt und auch seitlich gehen sie meist in solche über. Durchschnittlich sind nur etwa ein Viertel der Sandsteinabfolge porös, die Porosität liegt im Schnitt bei 17 %. Die Durchlässigkeit übersteigt selten 100 milliDarcy, diese geringen Werte sind der überwiegend schlechten Kornsortierung bzw. der Anreicherung von tonigem Bindemittel oder Kalzitzement in den Porenräumen zuzuschreiben. Zutritt von Thermalwasser gab es z.B. in der Bohrung Steyr 1 (Brix, 1993a).

3.11 Sandsteine des Obereozän der Molassezone [OÖ]

Es handelt sich um grobkiesige Flusssande, Wattablagerungen und Küstensande. Dementsprechend uneinheitlich ist ihre Ausbildung, doch besitzen sie generell gute Reservoirqualität. Die Gesamtmächtigkeit übersteigt 30 m nur selten und liegt im Durchschnitt eher bei 10 - 15 m. Porositäten werden mit 12 - 25 % und Durchlässigkeiten mit bis zu 2.000 milliDarcy angegeben. Aufgrund der relativ geringen Mächtigkeiten wurde diese Formation nicht als Hoffungsgebiet für geothermische Nutzungen ausgewiesen. Zutritt von Thermalwasser gab es z.B. in der Bohrung Steyr 1 in einer Tiefe von 1.160 m (Brix, 1993a).

3.12 Nördliche Kalkalpen

Die Karbonate (vorwiegend Wettersteindolomit/kalk und Dachsteinkalk) der Nördlichen Kalkalpen besitzen generell Potenzial für geothermische Nutzungen. Als Hoffungsgebiete für geothermische Nutzungen ausgewiesen wurden jedoch nur kleine Bereiche im Untergrund des Wiener Beckens, da dort erhöhte Temperaturen erwartet werden können. Zahlreiche Thermalwasserbohrungen (z.B. Grimmingtherme in Bad Mitterndorf, Kramsach Thermal im Inntal (Elster et al., 2016)) geben lokal Aufschluss auf Wasserwegigkeiten und Temperaturniveaus im Untergrund, häufig sind die Bohrungen jedoch wenig produktiv oder weisen auf unterkühlte geothermische Verhältnisse hin.

Literatur

- Adámek, J. (2005). The Jurassic floor of the Bohemian Massif in Moravia - Geology and paleogeography. *Bulletin of Geosciences*, 80(4), 291–305. <https://doi.org/10.3140/bull.geosci.2005.04.291>
- Brix, F. (1993a). Kap. 3.4.4.2 Molasse und deren Untergrund auf dem Sporn der Böhmisches Masse im Raum östlich Steyr-St. Pölten, westliches Niederösterreich. In *Erdöl und Erdgas in Österreich*, 315–322. Wien: Geologische Bundesanstalt.
- Brix, F. (1993b). Kap. 3.4.4.3 Molasse und deren Untergrund östlich und südöstlich der Böhmisches Masse - östliches Niederösterreich. In *Erdöl und Erdgas in Österreich*, 323–358. Wien: Geologische Bundesanstalt.
- Brix, F. & Schultz, O. (1993). *Erdöl und Erdgas in Österreich*. Wien: Naturhistorisches Museum Wien und Verlag F. Berger/Horn.
- Brix, F., Kröll, A. & Wessely, G. (1977). Die Molassezone und deren Untergrund in Niederösterreich. *Erdoel-Erdgas- Zeitschrift*, 93, 12–35.
- Colins, E., Niederbacher, P. & Sauer, R. (1990). Kohlenwasserstoffexploration in Vorarlberg - Ergebnisse der Bohrung Vorarlberg-Au 1. *Mitteilungen Der Oesterreichischen Geologischen Gesellschaft*, (82), 91–104.
- Dax, F., Schreilechner, M., Gold, M., Goldbrunner, J., Muhr, D. & Heiss, H. P. (2022). Machbarkeitsstudie über eine Nutzung von Wärmeenergie aus Tiefer Geothermie im Großraum Graz (Pre-Feasibility Geothermie Graz). Graz.
- Diepolder, G. (2015). *GeoMol - Assessing subsurface potentials of the Alpine Foreland Basins for sustainable planning and use of natural resources*. Project Report. Augsburg.
- Egger, H. & van Husen, D. (2011). *Erläuterungen zu Blatt 69 Grossraming*. Wien: Geologische Bundesanstalt.
- Elster, D., Fischer, L., Hann, S., Goldbrunner, J., Schubert, G., Berka, R., Hobiger, G., Legerer, P. & Philippitsch, R. (2018). *Österreichs Mineral- und Heilwässer*. Wien: Geologische Bundesanstalt.
- Elster, D., Goldbrunner, J., Wessely, G., Niederbacher, P., Schubert, G., Berka, R., Philippitsch, R., Hörhan, T. (2016). *Erläuterungen zur geologischen Themenkarte Thermalwässer in Österreich 1:500.000*. Wien: Geologische Bundesanstalt.
- Flügel, W., Kröll, A., Weber, F., Seiberl, F., Walach, G. & Zych, D. (1988). *Steirisches Becken - Südburgenländische Schwelle 1:200.000 mit Erläuterungen*. Wien: Geologische Bundesanstalt.
- Friebe, G. (2007). *Geologie der Österreichischen Bundesländer - Vorarlberg*. Wien: Geologische Bundesanstalt.
- Goldbrunner, J. (1988). Tiefengrundwässer im Oberösterreichischen Molassebecken und im Steirischen Becken. *Steirische Beiträge Zur Hydrogeologie*, 39, 5–94.
- Goldbrunner, J. (2015). Neue Geothermiebohrungen im Steirischen Becken. *Fachzeitschrift Bbr - Leitungsbau Brunnenbau Geothermie*, 11, 64–70.
- Goldbrunner, J. (2016). Kap. 5.1 Zur Hydrogeologie der Thermalwässer im Steirischen Becken. In *Erläuterungen zur geologischen Themenkarte Thermalwässer in Österreich 1:500.000*, pp. 98–101. Wien: Geologische Bundesanstalt.
- Goldbrunner, J. & Zötl, J. (1985). Geothermale Energie in Österreich (III): Die Bohrung Fürstenfeld Thermal 1, Niederlage oder Hoffnung. *Information Geothermie*, 5, 8.

- Gusterhuber, J., Hinsch, R., Linzer, H. G. & Sachsenhofer, R. F. (2013). Hydrocarbon generation and migration from sub-thrust source rocks to foreland reservoirs: The Austrian Molasse Basin. *Austrian Journal of Earth Sciences*, 106(2), 122–143.
- Harzhauser, M., Kranner, M., Mandic, O., Strauss, P., Siedl, W. & Piller, W. E. (2020). Miocene lithostratigraphy of the northern and central Vienna basin (Austria). *Austrian Journal of Earth Sciences*, 113(2), 169–200. <https://doi.org/10.17738/ajes.2020.0011>
- Hohenegger, J., Rögl, F., Ćorić, S., Pervesler, P., Lirer, F., Roetzel, R., Scholger, R. & Stingl, K. (2009). The Styrian Basin: A key to the Middle Miocene (Badenian/Langhian) Central Paratethys transgressions. *Austrian Journal of Earth Sciences*, 102(1), 102–132.
- Huwiler, M. (2009). Machbarkeitsstudie Tiefengeothermie Stadt St. Gallen: Konzept für die Entwicklung (Planung und Erstellung) einer Geothermieranlage in der Stadt St. Gallen. Zürich.
- Kolmer, C. (2011). Kap. 7. Hydrogeologie. In *Geologie der Österreichischen Bundesländer - Oberösterreich. Erläuterungen zur Geologischen Karte von Oberösterreich 1:200.000*, 175–183. Wien: Geologische Bundesanstalt.
- Könighofer, K., Domberger, G., Gunczy, S., Hingsamer, M., Pucker, J., Schreilechner, M., Goldbrunner, J., Heiss, P. & Füreder, J. & Burgstaller, G. & Pölzl, U. (2014). Potenzial der Tiefengeothermie für die Fernwärme- und Stromproduktion in Österreich. 5. Ausschreibung NEUE ENERGIEN 2020. Graz. Retrieved from www.joanneum.at/resources
- Kreutzer, N. (1993). Kap. 4.4.2 Die ÖMV-Gas- und Öllagerstätten der nieder- und oberösterreichischen Molassezone. In *Erdöl und Erdgas in Österreich*, 455–468. Wien: Geologische Bundesanstalt.
- Kröll, A. (1984). Die Erdöl- und Erdgasregion Matzen/Schönkirchen aus geologischer Sicht. *Erdöl-Erdgas-Zeitschrift*, 100, 185–195.
- Küpper, I. (1963). Mikropaläontologische Gliederung der Oberkreide des Beckenuntergrundes in den oberösterreichischen Molassebohrungen. *Mitteilungen Der Geologischen Gesellschaft in Wien*, 56(2), 591–651.
- Lapanje, A., Rman, N., Janža, M., Fuks, T. & Šram, D. (2013). Project Transenergy - The Bad Radkersburg - Hodoš Pilot Area - Description. Retrieved from <http://transenergy-eu.geologie.ac.at/>
- Malzer, O. (1993). Kap. 3.4.4.1. Molassezone westlich und südwestlich der Böhmisches Masse – Oberösterreich. In F. Brix & O. Schultz (Eds.), *Erdöl und Erdgas in Österreich*, 302–315. Wien: Geologische Bundesanstalt.
- Malzer, O., Rögl, F., Seifert, P., Wagner, L., Wessely, G. & Brix, F. (1993). Kap. 3.4. Die Molassezone und deren Untergrund. In F. Brix & O. Schultz (Eds.), *Erdöl und Erdgas in Österreich*, 281–357. Wien: Geologische Bundesanstalt.
- Nachtmann, W. (1995). Das Cenoman im Untergrund der oberösterreichischen Molasse - eine lagerstättegeologische Betrachtung. *Zentralblatt Für Geologie Und Paläontologie*, 1(2), 271 – 281.
- Nádor, A., Gulyás, Á. & Maigut, V. (2020). Geothermal Information Platform Hungary. Retrieved from https://map.mbfisz.gov.hu/ogre_en/
- Pfiffner, A. (2011). Structural Map of the Helvetic Zone of the Swiss Alps including Vorarlberg (Austria) and Haute Savoie (France), 1:100 000. Geological Special Map, 128, Explanatory notes. Wabern.
- Pfleiderer, S. (2016). GeoMol – Geologische 3D-Modellierung des Österreichischen Molassebeckens. (S. Pfleiderer, Ed.), *Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt*, Vol. 70. Wien.

- Regierung des Fürstentums Liechtenstein (2012). Bericht und Antrag der Regierung an den Landtag des Fürstentums Liechtenstein betreffend dem Nutzungspotenzial der Tiefengeothermie in Liechtenstein. Vaduz.
- Risch, H. (1995). Die Tiefbohrung Hindelang 1 (Allgäuer Alpen). *Geologica Bavarica*, 100(5–8), 288.
- Roetzel, R., Ahl, A., Götzinger, M., Kociu, A., Pristacz, H., Schubert, G., Slapansky, P. & Wessely, G. (2009). Erläuterungen zu Blatt 23 Hadres. *Geologische Karte der Republik Österreich 1:50000*. Wien.
- Rupp, C., Linner, M. & Mandl, G. (2011). *Geologische Karte von Oberösterreich 1 : 200.000*. Erläuterungen. Wien: Geologische Bundesanstalt.
- Schreilechner, M. (2023). Tiefengeothermiepotezial für den Großraum Graz - Ergebnisse einer Vor-Machbarkeitsstudie. Graz: Geo5 und Geoteam.
- van Husen, D. & Egger, H. (2014). Erläuterungen zu Blatt 65 Mondsee. Wien: Geologische Bundesanstalt.
- Wagner, L. (1998). Tectono-stratigraphy and hydrocarbons in the Molasse Foredeep of Salzburg, Upper and Lower Austria. In A. Mascle, C. Puigdefabregas, Luterbacher, H. P. & M. Fernandez (Eds.), *Foreland Basins of Western Europe*, Vol. 134, pp. 339–369. Geological Society, Special Publications, 134.
- Walker-Hertkorn, S. (2000). Geothermal energy, an important but disregarded form of renewable energy. Geological situation, projects and economy in Austria. Dissertation Universität Wien.
- Wessely, G. (1983). Zur Geologie und Hydrodynamik im südlichen Wiener Becken und seiner Randzone. *Mitteilungen Der Österreichischen Geologischen Gesellschaft*, 76, 27–68.
- Wessely, G. (1993). Kap. 3.3 Der Untergrund des Wiener Beckens. In *Erdöl und Erdgas in Österreich*, 249–281. Wien: Geologische Bundesanstalt.
- Wessely, G. (2006). *Geologie der Österreichischen Bundesländer - Niederösterreich*. Wien: Verlag der Geologischen Bundesanstalt.
- Wessely, G. (2016). Kap. 4.1 Die Warmwassersysteme in den Randabschnitten des südlichen Wiener Beckens. In *Erläuterungen zur geologischen Themenkarte Thermalwässer in Österreich 1:500.000*, 63–69. Wien: Geologische Bundesanstalt.
- Wessely, G. (2006). *Geologie der Österreichischen Bundesländer - Niederösterreich*. Wien: Verlag der Geologischen Bundesanstalt.
- Wessely, G., Coric, S., Rögl, F., Draxler, I. & Zorn, I. (2007). Geologie und Paläontologie von Bad Vöslau (Niederösterreich). *Jahrbuch Der Geologischen Bundesanstalt*, 147(1+2), 419–448.
- Zerlauth, M., Ortner, H., Pomella, H., Adrian Pfiffner, O. & Fügenschuh, B. (2014). Inherited tectonic structures controlling the deformation style: an example from the Helvetic nappes of the Eastern Alps. *Swiss Journal of Geosciences*, 107(2–3), 157–175. <https://doi.org/10.1007/s00015-014-0167-7>
- Zötl, J. & Goldbrunner, J. (1993). *Die Mineral- und Heilwässer Österreichs*. Graz: Springer Verlag.