



TRANS ENERGY



AUSTRIA

Wien

Bratislava

SLOVAKIA

HUNGARY

SLOVENIA

Berichte der
Geologischen Bundesanstalt, 92

Öffentliches Symposium & Exkursion

7. – 8. September 2012
Wien

Thermalwässer zwischen Alpen und Karpaten



**CENTRAL
EUROPE**
COOPERATING FOR SUCCESS.



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL
DEVELOPMENT FUND

This project is implemented through the CENTRAL EUROPE Programme co-financed by the ERDF.

TRANSENERGY

Thermalwässer zwischen Alpen und Karpaten

Perspektiven nachhaltiger hydrothormaler Nutzungen im internationalen Kontext

Tagungsband

Öffentliches Symposium & Exkursion, Central Europe Programme

7. & 8. September 2012, Wien

Mit Beiträgen von:

BERNHARD ATZENHOFER, MADGALENA BOTTIG, ANNA-KATHARINA BRÜSTLE,
RADOVAN ČERNÁK, NÓRA GÁL, JOHANN GOLDBRUNNER, GREGOR GÖTZL, STEFAN HOYER,
LUBOR JUSKO, PETER MALIK, NINA RMAN, LADISLAUS RYBACH, MICHAEL SAMEK,
GERHARD SCHUBERT & FATIME ZEKIRI

Berichte der Geologischen Bundesanstalt, Nr. 92

Wien 2012



ISSN 1017-8880

Alle Rechte für In- und Ausland vorbehalten
Medieninhaber und Verleger: Geologische Bundesanstalt, Neulinggasse 38, A-1030 Wien
www.geologie.ac.at
Redaktion: Julia Weibold & Thomas Hofmann
Cover: Monika Brüggemann-Ledolter
Layout: Julia Weibold
Lektorat: Christian Cermak
Verlagsort: Wien
Herstellungsort: Wien
Ziel der „Berichte der Geologischen Bundesanstalt“ ist die Verbreitung wissenschaftlicher Ergebnisse.
Satz: Geologische Bundesanstalt
Druck: Offset-Schnelldruck Riegelnik, Piaristengasse 8, A-1080 Wien

Inhalt

LUBOR JUSKO CENTRAL EUROPE 2007–2013 – ein internationaler Rahmen für TRANSENERGY.....	4
LADISLAUS RYBACH Die Bedeutung der Geothermie im globalen Kontext und bei den Erneuerbaren Energien.....	7
JOHANN GOLDBRUNNER Status und aktuelle Entwicklungen der Geothermie in Österreich.....	11
MICHAEL SAMEK Grenzüberschreitende Bewirtschaftung des Thermalwasser-vorkommens im niederbayerisch-oberösterreichischen Molassebecken.....	14
GERHARD SCHUBERT Das Projekt Transenergy – Projektziele und deren Umsetzung.....	18
GREGOR GÖTZL, MAGDALENA BOTTIG, STEFAN HOYER & FATIME ZEKIRI Geologische und numerische Modellierungen im Transenergy-Gebiet – Herausforderungen und Ergebnisse.....	26
BERNHARD ATZENHOFER Das Transenergy-Webportal – installierte Anwendungen und geplante Dienste.....	53
BERND BÖCHZELT, PETER MALIK & GERHARD SCHUBERT Thermalwasserexkursion Wiener Becken und Kleine Karpaten.....	56
ANNA-KATHARINA BRÜSTLE, RADOVAN ČERNÁK, NÓRA GÁL & NINA RMAN Mineralwässer aus dem Projektgebiet.....	70

CENTRAL EUROPE 2007–2013 – ein internationaler Rahmen für TRANSENERGY

LUBOR JUSKO¹

¹ CENTRAL EUROPE, Joint Technical Secretariat, Museumstrasse 3/A/III, A-1070 Wien
lubor.jusko@central2013.eu, www.central2013.eu

Das Programm **CENTRAL EUROPE** ist ein Kooperationsprogramm der Europäischen Union zur Förderung der Zusammenarbeit zwischen den mitteleuropäischen Ländern. Acht sind aus der EU (Österreich, Tschechien, Deutschland, Ungarn, Italien, Polen, Slowakei und Slowenien) und zusätzlich ist auch die Ukraine an diesem Programm beteiligt. Zu erwähnen ist, dass nicht alle Staaten (z.B. Deutschland, Italien) mit ihrer gesamten Fläche am Programm beteiligt sind.

Das Programmgebiet hat eine Fläche von 1,050,000 km² mit rund 148 Millionen EinwohnerInnen und die Laufzeit von 2007–2013. Zentrale Arbeitssprache für die Projektkommunikation ist Englisch, da im Projektgebiet acht Sprachen gesprochen werden.

Das gesamte Programmvolumen beträgt 231 Millionen €. Derzeit werden zu vier thematischen Prioritäten 124 Projekte gefördert.

Schwerpunkte der Förderung betreffen den Bereich der Innovationen (25 Projekte), der Erreichbarkeit (18 Projekte) und der Umwelt (18 Projekte, inklusive **TRANSENERGY**) sowie der Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit und Attraktivität von mitteleuropäischen Städten und Regionen (34 Projekte).

Für die Durchführung von Projekten im Rahmen von **CENTRAL EUROPE** sind Projektpartner aus mindestens drei Ländern notwendig. Durchschnittlich sind elf Partner an einem Projekt beteiligt. Die Projektdauer liegt zwischen 30 und 36 Monaten, in Einzelfällen bis zu 48 Monaten. Die Partnerländer des **TRANSENERGY** Projekts sind Ungarn (Projektleiter), Österreich, Slowenien und die Slowakei. **TRANSENERGY** ist für 36 Monate veranschlagt.

Im Umweltbereich unterstützt **CENTRAL EUROPE** auch Projekte, die sich mit erneuerbaren Energien auf lokaler Ebene befassen und folgende Schwerpunkte haben:

- Entwicklung lokaler Energieversorgungspläne
- Unterstützung im Umgang und der Nutzung interregionaler Biomasse
- Schaffung interaktiver Geothermie Webportale (**TRANSENERGY**)
- Unterstützung von Regionen zur intensiveren Nutzung erneuerbarer Energien
- Entwicklung von Managementwerkzeugen im Bereich der Bioenergie

Beispiele von Projekten im Rahmen von **CENTRAL EUROPE** mit dem Schwerpunkt der **Reduktion des „CO₂-Footprints“ im städtischen Bereich sowie in Regionen** sind:

CEC5 Demonstration of energy efficiency and utilisation of renewable energy sources through public buildings

CoP	Cities on Power
EnergyCity	Reducing energy consumption and CO ₂ emissions in cities across Central Europe
EnSURE	Energy Savings in Urban Quarters through Rehabilitation and New Ways of Energy Supply
GovernEE	Good Governance in Energy Efficiency

Beispiele von Projekten im Rahmen von **CENTRAL EUROPE**, um **erneuerbare Energien effizient zu nutzen**:

TRANSENERGY	Transboundary Geothermal Energy Resources of Slovenia, Austria, Hungary and Slovakia
4Biomass	Fostering the sustainable usage of renewable energy sources in Central Europe - putting biomass into action
CEP-REC	Introduction of Regional Energy Concepts
COACH	BioEnergy Strengthening the energetic use of biomass in Central and Eastern Europe by establishing a standardised transnational consulting net for regions
CoP	Cities on Power
GUTS	Green Urban Transport Systems
ENERGYREGION	Effective development of dispersed renewable energy in combination with conventional energy in Regions
MANERGY	Paving the way for self-sufficient regional energy supply based on sustainable energy concepts and renewable energy sources
ReSource	Utilisation of post-mining potentials for sustainable re-development in Central European mining cities and regions
REZIPE	Renewable Energies for Zero Emission Transport In Europe
RUBIRES	Rural Biological Resources
SEBE	Sustainable and Innovative European Biogas Environment
VIS NOVA	Sustainable and efficient Energy for Rural Regions

Bei **CENTRAL EUROPE** ist Kommunikation im Sinne von Public Relations ein Schwerpunkt:

Projektwebsite **TRANSENERGY**: <http://transenergy-eu.geologie.ac.at/>

Communications Manager **TRANSENERGY**:
Thomas Hofmann, Thomas.Hofmann@geologie.ac.at

Kommunikationsplan **TRANSENERGY**:
http://transenergy-eu.geologie.ac.at/Downloads/05_Transenergy_Talk_Thomas_Hofmann_250510.pdf

Presseaussendungen **TRANSENERGY**:

www.ots.at/presseaussendung/OTS_20110920_OTSO230/unterschiedliche-nutzungen-gemeinsamer-geothermischer-energievorkommen-in-oesterreich-ungarn-slowenien-und-der-slowakei

www.ots.at/presseaussendung/OTS_20110225_OTSO210/internationale-experten-begruessen-evaluierung-gemeinsamer-geothermal-ressourcen-von-oesterreich-ungarn-slowenien-und-der-slowakei

PR-Schwerpunkte von **CENTRAL EUROPE** auf übergeordneter Ebene:

Website: www.central2013.eu

Auftritt bei facebook: www.facebook.com/CentralEuropeProgramme

Projektbuch mit einheitlicher Darstellung aller Projekte

Fortbildungen im Bereich der Kommunikation für ProjektteilnehmerInnen (e.g. Seminar in Maribor [SL] am 12. & 13. 9. 2012)

Die Bedeutung der Geothermie im globalen Kontext und bei den Erneuerbaren Energien

LADISLAUS RYBACH¹

¹ Institut für Geophysik ETH Hönggerberg, CH-8093 Zürich, Schweiz
rybach@geo.phys.ethz.ch, www.gtr.ethz.ch

Einleitung

Geothermische Energienutzung basiert auf dem Wärmeinhalt des Erdkörpers. Seit Jahrbillionen wird die Wärme vor allem durch die natürliche Radioaktivität generiert. Über 99% des Erdvolumens ist wärmer als 1000°C, nur 0.1% ist kälter als 100°C. Der gesamte Wärmeinhalt der Erde liegt bei 10^{13} EJ; die Erde kann es sich leisten, Wärme mit einer Gesamtkapazität von 40 Millionen MW_{th}, d.h. 1300 EJ/Jahr durch den terrestrischen Wärmestrom ins Weltall abzugeben (zum Vergleich: dies entspricht der thermischen Leistung von 13.000 Kernkraftwerken der 1 GW_e-Klasse). Die Ressource ist demnach riesig und hat entsprechend großes Nutzungspotenzial. Geothermische Energie ist einheimisch, umweltfreundlich und allzeit verfügbar. Die Erdwärme kann grundsätzlich für zwei Anwendungen genutzt werden: Stromgenerierung und direkte Wärmenutzung.

Status der Geothermie innerhalb der erneuerbaren Energien

Das Potenzial der Geothermie (ausgedrückt in EJ/Jahr) wird unter den erneuerbaren Energien als das höchste bewertet: Geothermie 5000; Sonnenenergie 1600, Wind 650, Biomasse 275, Wasserkraft 50 (WEA, 2000). Die geothermische Stromerzeugung ist unter den erneuerbaren Energien (noch) gut positioniert, insbesondere durch die hohe Verfügbarkeit: generell sind geothermische Kraftwerke über 70% der Zeit operationell: Geothermie-Kraftwerke liefern durchwegs Bandenergie. Tabelle 1 zeigt die installierte Kapazität sowie die Stromproduktion in 2011 aus erneuerbaren Quellen, namentlich aus Wasserkraft, Biomasse, Wind, Geothermie und Sonnenenergie (Photovoltaik).

Technologie	Installierte Leistung		Jahresproduktion		Verfügbarkeit
	GWe	%	TWh/yr	%	%
Wasserkraft	970	71.3	3,400	78.7	40
Biomasse	72	5.3	328	7.6	52
Wind	238	17.5	438	10.1	21
Geothermie	11	0.8	69	1.6	72
Solar PV	70	5.1	86	2.0	14
Total	1,361	100	4,321	100	

Tabelle 1.

Elektrizität aus erneuerbaren Quellen in 2011. Kompiliert aus Angaben in (REN21, 2012).

Gemäß der World Energy Assessment Statistics (WEA, 2004) schneiden die geothermischen Stromproduktionskosten gegenüber anderen erneuerbaren Energiequellen günstig ab, siehe Tabelle 2. Gegenwärtig liegt der Installationspreis für Geothermie-

Kraftwerke bei 3.0–4.5 M€/MW_e, die Produktionskosten bei 40–100 €/MWh (FRIDLEIFSSON et al., 2008).

Kraftwerktyp	Produktionskosten (US cent/kWh)
Wasserkraft	2 – 10
Geothermie	2 – 10
Wind	4 – 8
Biomasse	3 – 12
Solar Photovoltaik	25 – 160
Solar Konzentriert	12 – 34

Tabelle 2.
Stromproduktionskosten erneuerbarer Energien (FRIDLEIFSSON et al., 2008).

Bei der Direktnutzung liegt der Einheitspreis für geothermische Fernheizung bei etwa 2.0 €/GJ; mit Erdwärmepumpen beträgt der kombinierte Preis für Heizung/Kühlung 16 €/GJ (IEA, 2007). Relevanter ist die Anlage-Amortisationszeit bei Erdwärmepumpen-Systemen; diese beläuft sich auf 4–8 Jahre.

Geothermische Direktnutzung

Die weltweite Direktnutzung beläuft sich gegenwärtig auf rund 500 PJ/Jahr, aus einer Kapazität von etwa 60 GW_{th} (REN21, 2012). Die höchsten Zuwachsraten weisen Erdwärmepumpen-Systeme auf (eine der am schnellsten wachsenden erneuerbaren Technologien); ihre weltweite Wärmeproduktion (in PJ/Jahr) nimmt rapide zu (IEA, 2007): 14.6 in 1995, 23.3 in 2000, 87.5 in 2005, 257 in 2011 (REN21, 2012). Erdwärmepumpen liefern Raumheizung, -kühlung, und Warmwasser.

Die Produktion der Direktnutzung in 2050 wird auf 5.1 EJ/Jahr geschätzt, mit einem Beitrag der Erdwärmepumpen von 4.2 EJ/Jahr (FRIDLEIFSSON et al., 2008).

Künftige Entwicklungstrends und Perspektiven

Die geothermische Stromerzeugung wächst weltweit seit etwa 2005 zwar stetig, jedoch langsam (Zuwachsrate etwa 5% jährlich). In den letzten Jahren entwickeln sich Wind- und Solarenergie demgegenüber rasant (mit 30–50% pro Jahr) und lassen die Geothermie dementsprechend weit hinter sich. Hier ist zurzeit eine Trendumkehr kaum vorstellbar, denn Zukunftsprognosen wie z.B. IEA (2011) sehen für die Geothermie bloß 200 GWe installierte Kapazität im Jahre 2050 voraus – dies hat die Windenergie bereits in 2010 erreicht.

Ausgehend von der heutigen Situation sind vor allem die folgenden Entwicklungstendenzen möglich:

- 1) Errichtung von konventionellen Geothermie-Kraftwerken in geologisch besonders geeigneten Gebieten („Hydrothermale Ressourcen“), vor allem in Entwicklungsländern wie Indonesien und Philippinen;
- 2) Verbreitung von Erdwärmepumpen-Systemen in Ländern, die diese bewährte Technologie noch nicht eingesetzt haben;

- 3) Zukunftsträchtige Technologien wie die Enhanced Geothermal Systems („Petrothermale Systeme“, bzw. EGS (MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY, 2006) für Wärme-Kraft-Kopplung könnten sich weltweit rasch verbreiten, sofern die hohen Erwartungen durch Betriebserfahrungen bestätigt werden.

Quantitative Wachstumstrends in kommenden Jahrzehnten können nur geschätzt werden (FRIDLEIFSSON et al., 2008). Voraussichtlich kann bis 2050 die weltweite geothermische Stromproduktionsleistung von gegenwärtigen 10 GW_e auf 70 GW_e mittels konventioneller Technologie gesteigert werden, mit innovativer Technologie (mit Enhanced Geothermal Systems, EGS) auf 150–200 GW_e.

Umweltvorteile dank Einsparung von CO₂ Emission

Geothermische Technologien arbeiten ohne Verbrennung und verursachen damit wenig bis keine Treibhausgas-Emission. Der CO₂-Ausstoß heutiger Geothermie-Kraftwerke liegt um 120 g/kWh; es wird erwartet, dass dieser mit verbesserter Technologie auf 10 g/kWh reduziert werden kann. Die in FRIDLEIFSSON et al., (2008) für 2050 geschätzte Stromproduktion von 1000 TWh/Jahr könnte die Emissionen von mehreren Hundert Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr einsparen, je nach dem, was substituiert wird.

Wärmeproduzierende Erdwärmepumpen-Anlagen, deren Wärmepumpen mit Elektrizität aus fossil-befeuerten Kraftwerken betrieben werden, reduzieren – verglichen mit Ölbrennern – die CO₂ Emissionen um 50%. Falls der Wärmepumpen-Strom aus erneuerbaren Quellen wie Wasserkraft stammt, beträgt die Reduktion 100%. Aufgrund des erwarteten Wachstums der Direktnutzung (inkl. Erdwärmepumpen) beträgt die Emissionsvermeidung über 300 Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr (FRIDLEIFSSON et al., 2008).

Schlussfolgerungen

Elektrische Bandenergie wird in 24 Ländern aus geothermischen Quellen produziert; in fünf dieser Länder sichert die Geothermie 15 bis 22% der Landesversorgung. Die weltweite geothermische Stromproduktion beläuft sich heute auf rund 70 TWh/Jahr; die Kraftwerk-Investitionskosten betragen 2 bis 4.5 Millionen €/MWe und die Produktionskosten 40 bis 100 €/MWh.

Seit 2007 wächst die Stromproduktion aus Windkraftwerken, Photovoltaik und Solarkraftwerken (mit 25 bis 50% pro Jahr) wesentlich stärker als bei der Geothermie (bloß etwa 5% pro Jahr). Hier sind noch gewaltige Anstrengungen vonnöten, um einigermaßen Schritt zu halten.

Über geothermische Direktnutzung (für Raumheizung, Landwirtschaft, Thermalbäder usw.) wird aus 72 Ländern berichtet. Die weltweite Direktnutzung beläuft sich gegenwärtig auf rund 500 PJ/Jahr, aus einer Kapazität von rund 60 GW_{th}. Die höchsten Zuwachsraten weisen Erdwärmepumpen-Systeme auf; ihre weltweite Wärmeproduktion (in PJ/Jahr) nimmt rasch zu: 14.6 in 1995, 23.3 in 2000, 87.5 in 2005, 257 in 2011.

Geothermische Technologien arbeiten ohne Verbrennung und verursachen damit wenig bis keine Treibhausgas-Emissionen. Die Stromproduktion wie auch die Direktnutzung trägt bereits zur Verminderung der CO₂ Emissionen bei. Der weitere Vormarsch der Geothermie

kann – je nach dem, was substituiert wird – die CO₂ Emissionen noch signifikanter reduzieren.

Voraussichtlich kann bis 2050 die weltweite geothermische Stromproduktionsleistung von gegenwärtigen 10 GW_e auf 70 GW_e mittels konventioneller Technologie gesteigert werden, mit innovativer Technologie (mit Enhanced Geothermal Systems, EGS) auf 150–200 GW_e. Die Produktion der Direktnutzung in 2050 wird auf 5.1 EJ/Jahr veranschlagt, davon der Erdwärmepumpen-Beitrag von 4.2 EJ/Jahr.

Geothermische Energie ist rund um die Uhr verfügbar und kann andere, intermittierend produzierende erneuerbare Energiequellen ergänzen.

Quellen

FRIDLEIFSSON, I.B., BERTANI, R., HUENGES, E., LUND, J., RAGNARSSON, A. & RYBACH, L. (2008): The possible role and contribution of geothermal energy to the mitigation of climate change. – In: HOHMEYER, O. & TRITTIN, T.: (Eds.): IPCC Scoping Meeting on Renewable Energy Sources, Proceedings, Luebeck, Germany, 20.–25. January 2008, p. 59–80.

IEA (2007): Renewables for Heating and Cooling – Untapped Potential. – International Energy Agency, 209 p., Paris. www.iea.org/publications.

IEA (2011): Technology Roadmap – Geothermal Heat and Power. – International Energy Agency, 72 pp., Paris. www.iea.org/publications.

MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY (2006): The Future of Geothermal Energy – Impact of Enhanced Geothermal Systems (EGS) on the United States in the 21st Century – 372 p., Cambridge, MA, USA. Available on:

http://www1.eere.energy.gov/7B14F1E2-2B11-49F7-BB27-60067812C100/FinalDownload/DownloadId-5446883A8D8159ACA7408F65A7514D40/7B14F1E2-2B11-49F7-BB27-60067812C100/geothermal/pdfs/future_geo_energy.pdf

REN21 (2012): Renewables 2012 – Global Status Report, 172 p. Available on: www.ren21.net

WEA (2000): World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability. – United Nations Development Programme / UN-DESA / World Energy Council, 508 p., New York.

WEA (2004): World Energy Assessment: Overview 2004 Update. – United Nations Development Programme / UN-DESA / World Energy Council., 85 p., New York.

Status und aktuelle Entwicklungen der Geothermie in Österreich

JOHANN GOLDBRUNNER¹

¹ Geoteam Graz, Bahnhofgürtel 77, A-8020 Graz
office@geoteam.at, www.geoteam.at

In Österreich sind derzeit acht Geothermieranlagen in Betrieb (Tabelle 1; Abbildung 1), deren kumulative installierte Leistung 55 MW beträgt. Die größten Fernwärmenetze (Simbach-Braunau, Altheim, St. Martin) liegen im oberösterreichischen Molassebecken, das mit 43 MW den größten Anteil an der österreichischen Gesamtleistung von 61 MW hat (Tabelle 1).

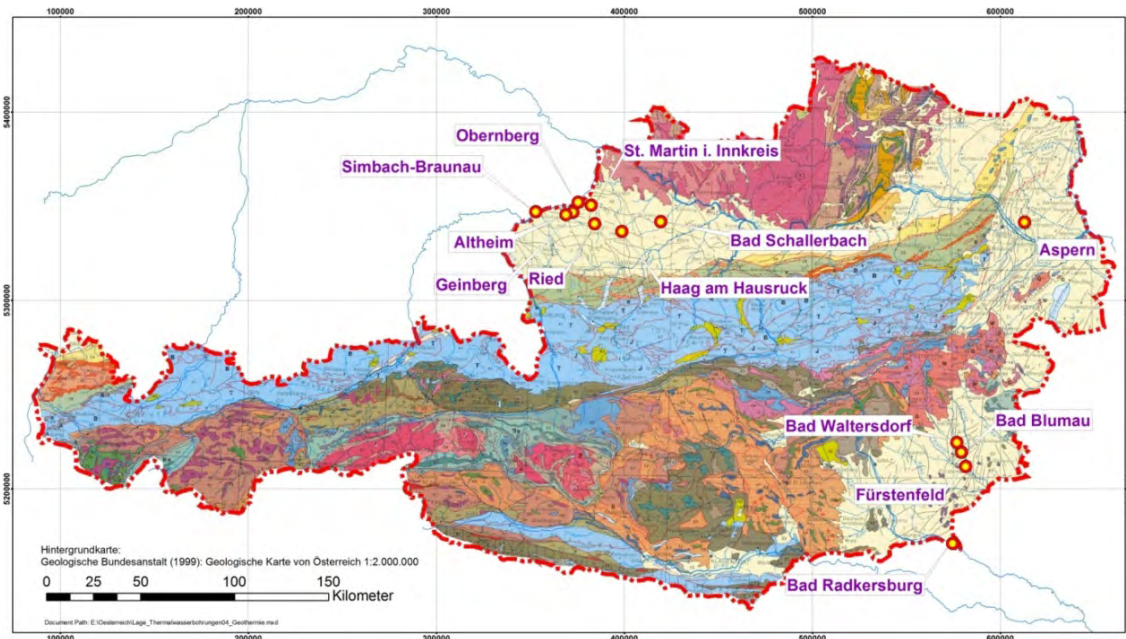


Abbildung 1.
Übersicht über die Projekte der Tiefen Geothermie in Österreich.

Das oberösterreichische Molassebecken weist die besten geologischen und hydrogeologischen Voraussetzungen für die Erschließung und Nutzung der hydrothermalen Energie in Österreich auf. Diese beruhen einerseits auf der erhöhten terrestrischen Wärmestromdichte (bis 95 mW/m^2) und andererseits auf dem Auftreten eines regional verbreiteten, örtlich hoch durchlässigen Aquifers in den Kalken und Dolomiten des/der Oberjura/Unterkreide (Malm und Purbeck). Die hohen Durchlässigkeiten stehen in Zusammenhang mit Klüftung und Verkarstung, insbesondere im Einflussbereich von Störungen.

Anlage	Altheim	Geinberg	Haag	Obernberg	Simbach-Braunau	St. Martin	Bad Waltersdorf	Bad Blumau
Nutzung	D, E	I, D, B, G	D	D, E,	D, E	D	B, D	B, D, E, CO ₂
Kapazität [MW _{th}]	18,8	7,8	2,2	1,7	9,3	3,3	4	7,5
Volumenstrom [l/s]	80	33	20	20	74	20	21	30
Temperatur [°C]	105	105	86	80	80	90	68	110
Jahr der Inbetriebnahme	1990 Dublette 1999	1981 Dublette 1998	1995	1996/97	2001	2000	1981	1999
Fernwärmenetz [km]	14,5	6	12	17	40	25	2	1,5

Tabelle 1.

Geothermische Fernwärmeanlagen in Österreich (B: Balneologie, D: Fernwärme, E: Stromerzeugung, G: Gewächshaus, I: Gewerbliche Nutzung, CO₂: Gewinnung von Kohlenstoffdioxid; (GOLDBRUNNER, 2010, ergänzt)).

Das Fließsystem im Malmaquifer entspricht einem regionalen Fließsystem nach der Definition von TOTH (1963), dessen Regenerations- und Dischargegebiete bereits hinreichend genau eingegrenzt werden können. Die Na-HCO₃-Cl Wässer sind meteorischen Ursprungs und haben eine Summe an gelösten festen Stoffen von 1–1,2 g/l.

Eine Geothermieanlage ist derzeit in Ried/Innkreis im Entstehen; sie soll eine Leistung von 24 MW_{th} haben. Im Endausbau ist eine installierte Leistung von 55 MW geplant (FÜREDER, 2012). Damit wäre die geothermische Fernwärme Ried/Innkreis dann die größte geothermische Anlage Österreichs.

Im Steirischen Becken haben in den letzten drei Jahrzehnten die meisten Geothermiebohrungen stattgefunden (28 Bohrungen mit kum. 47.123 m; GOLDBRUNNER, 2010); der Fokus lag hier jedoch auf dem Gebiet der Balneologie. Regionalgeologisch handelt es sich beim Steirischen Becken um den westlichsten Ausläufer des Pannonischen Beckens, von dem es durch die Südburgenländische Schwelle getrennt ist. Aufgrund der wirtschaftlichen Ziele der Bohrungen wurden hauptsächlich Horizonte des Neogen erschlossen. Die Bohrungen der beiden geothermischen Anlagen in Bad Waltersdorf und Bad Blumau stehen im Gegensatz dazu im präneogenen Beckenuntergrund in paläozoischen Kalken und Dolomiten des Grazer Paläozoikums. Örtlich zeigen diese Gesteine ähnliche Transmissivitäten wie die Karbonate des Malms im oberösterreichischen Molassebecken. Aufgrund des zumindest örtlichen Einflusses von Kohlenstoffdioxid (Bohrungen Blumau 2, Ilz Thermal 1) sind schwierige technische Randbedingungen bei der Förderung und Nutzung durch die starke Tendenz zu Karbonatausfällungen gegeben.

Im Wiener Becken, dem dritten geothermischen Hoffungsgebiet in Österreich, wurden bis vor kurzem noch keine Bohrungen mit dem Ziel der Erschließung hydrothermalen Energie niedergebracht. Gegenwärtig sind die Bohrungen der Doublette Eßling in Abteufung. Sie liegen im tiefen Teil des Wiener Beckens östlich des Leopoldsdorfer Bruches. Ihr Bohrziel liegt im Hauptdolomit der Göller Decke des Beckenuntergrundes. Der Hauptdolomit bietet aufgrund seiner petrophysikalischen Eigenschaften gute Voraussetzungen für die Förderung von für die geothermische Nutzung geeigneter Volumenströmen (im Fall Eßling mind. 38 l/s). Die Tiefen der Bohrungen sind mit ca. 5.000 m bzw. 3.600 m geplant; die Fördertemperatur wird mit 150°C, das Tiefengrundwasser als Formationswasser vom NaCl-Typus mit einer Summe an gelösten Stoffen von 150 g/l erwartet.

Ziel des Projektes ist die Gewinnung von Energie für die Beheizung und die Warmwasserversorgung von 40.000 Wohnungen in der Seestadt Aspern und in Wien. Im Endausbau ist eine geothermische Leistung von 40 MW geplant.

Das mittelfristig zu erschließende geothermische Potential im Wiener Stadtbereich und seinem südlichen und östlichen Rand ist mit mind. 300 MW abzuschätzen. Für das oberösterreichische Molassebecken ergeben sich mindestens 150 MW, für das Steirische Becken 25 MW (GOLDBRUNNER, 2012).

Die Anzahl der Anlagen zur Nutzung der Oberflächennahen Geothermie mit Erdwärmesonden betrug in Österreich nach der Erhebung von (MACHO, 2011) rund 25.000. Das Entwicklungspotential dieser Nutzungsform ist als sehr hoch einzuschätzen. Möglichen Konflikten mit der Wasserwirtschaft (Trinkwasserversorgung und Trinkwassernotversorgung) kann nur durch eine sorgfältige Planung und Ausführung der Anlagen begegnet werden.

Quellen

- FÜREDER, J. (2012): Geothermieprojekt Ried. – Erster Geothermieworkshop an der Montanuniversität Leoben, Vortrag am 29.02.2012.
- GOLDBRUNNER, J. (2010): Austria – Country Update. – Proceedings World Geothermal Congress 2010, 14 p., Bali, Indonesia.
- GOLDBRUNNER, J. (2012): Geothermische Potentiale Österreichs. – Erster Geothermieworkshop an der Montanuniversität Leoben, Vortrag am 29.02.2012.
- MACHO, A. (2011): Erdgekoppelte Wärmepumpen in Österreich, ihr Beitrag zum Energieaufkommen. – Diplomarbeit FH Burgenland, 146 S., Pinkafeld.
- TOTH, J. (1963): A theoretical analysis of groundwater flow in small drainage basins. – J. Geophys. Res., **68**, 4795–4812, Washington.

Grenzüberschreitende Bewirtschaftung des Thermalwasservorkommens im niederbayerisch-oberösterreichischen Molassebecken

MICHAEL SAMEK¹

¹ Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Marxergasse 2, A-1030 Wien
michael.samek@lebensministerium.at, www.lebensministerium.at

Das Thermalwasservorkommen des Malmkarsts im niederbayerisch-oberösterreichischen Molassebecken ist von grenzüberschreitender Bedeutung. In den 80er und 90er-Jahren des vorigen Jahrhunderts war eine zunehmende Nutzung dieses Thermalwasservorkommens auf beiden Seiten der deutsch-österreichischen Grenze zu beobachten, die mittlerweile einen bedeutenden Wirtschaftsfaktor darstellt. Bereits frühzeitig wurde die Notwendigkeit erkannt, Strategien für eine gemeinsame Bewirtschaftung des grenzüberschreitenden Vorkommens zu entwickeln und umzusetzen, um eine Übernutzung zu vermeiden und eine nachhaltige Nutzung des Thermalwassers sicherzustellen. Im Rahmen der bestehenden wasserwirtschaftlichen Kooperation zwischen der Bundesrepublik Deutschland und der Republik Österreich wurde eine von beiden Seiten besetzte Expertengruppe beauftragt die erforderlichen Arbeiten durchzuführen bzw. zu begleiten. Basis für die Ausarbeitung gemeinsamer Bewirtschaftungsstrategien war eine hinreichende Kenntnis über das Thermalwasservorkommen. Aufbauend auf den Ergebnissen umfangreicher Untersuchungen und Forschungsarbeiten, die zu einem wesentlich verbesserten Systemverständnis beigetragen haben, wurden in die Vorgaben für die Bewirtschaftung des Thermalwasservorkommens ausgearbeitet und diese in Grundsatzpapieren festgehalten.

Einleitung

Das Thermalwasservorkommen des Malmkarsts im niederbayerisch-oberösterreichischen Molassebecken erstreckt sich von Regensburg in Norden bis kurz oberhalb von Linz im Süden. Die nordöstliche Grenze folgt über weite Strecken der Donau. Mit einer Gesamtfläche von rund 5.900 km² weist es eine Länge von etwa 150 km und eine Breite von 55 km auf. Der Top Malm erreicht eine Tiefe von über 2.000 m unter dem Meeresspiegel. Die Temperatur des Thermalwassers kann bis zu 120°C betragen. In Abhängigkeit der hydrogeologischen Randbedingungen bestehen über weite Bereiche artesische Druckverhältnisse. Das Thermalwasser wird intensiv für balneologische und energetische Zwecke genutzt.

In den 80er-Jahren des vergangenen Jahrhunderts wurde auf deutscher Seite ein signifikanter Rückgang der Druckverhältnisse in den genutzten Thermalwasserbrunnen beobachtet. Dies veranlasste die Ständige Kommission nach dem Regensburger Vertrag, die für die wasserwirtschaftliche Zusammenarbeit im deutsch-österreichischen Einzugsbereich der Donau verantwortlich ist, zur Einsetzung einer Expertengruppe, deren Mitglieder von deutscher und österreichischer Seite bestellt wurden. Für spezielle Fragestellungen wurden externe Fachleute beigezogen. Die zentralen Aufgaben der Expertengruppe war einerseits die fachliche Begleitung von durchzuführenden Untersuchungen und Studien über den

Thermalwasseraquifer und andererseits die Ausarbeitung von Vorschlägen, wie das grenzüberschreitende Thermalwasservorkommen nachhaltig bewirtschaftet werden soll.

Grundsatzuntersuchungen

Im Zeitraum zwischen 1995 bis 1998 wurden unter fachlicher Begleitung der Expertengruppe Thermalwasser Untersuchungen zur Bilanzierung des Thermalwasservorkommens durchgeführt. Aufbauend auf einem hydrogeologischen Modell wurde ein numerisches 2D Thermalwasser Strömungsmodell für den Thermalwasseraquifer entwickelt.

Mit dem 2D Thermalwasser Strömungsmodell wurde ein grenzüberschreitendes Instrument geschaffen, das zur Planung und fachlichen Beurteilung zukünftiger wasserwirtschaftlicher Fragen herangezogen wird. Dieses Instrument stellt eine wesentliche Grundlage dar, Auswirkungen von erhöhten bzw. zusätzlichen Wasserentnahmen auf die Druckverhältnisse des Thermalwasservorkommens und auf bestehende Nutzungen auf einer gesicherten Basis beurteilen zu können. Insbesondere können damit Anträge zur Nutzung des Thermalwassers auf einer zwischen beiden Seiten abgestimmten Fachgrundlage beurteilt werden.

Die wachsende Anzahl von Anträgen auf Erteilung einer wasserrechtlichen Bewilligung zur Nutzung geothermischer Energie veranlasste die Expertengruppe im Jahr 2002 einen internationalen Workshop durchzuführen. Dabei sollte vor allem der Einfluss des Energieentzuges auf die Strömungsverhältnisse im Thermalwasseraquifer geklärt werden. Die Ergebnisse dieses Workshops bildeten die Grundlage für die Beauftragung weiterer Grundsatzuntersuchungen. Im Rahmen einer von der Europäischen Union mitfinanzierten Studie wurde in den Jahren 2005 bis 2007 im Bereich des Thermalwasservorkommens ein lokales thermisch-hydraulisch gekoppeltes 3D-Grundwassermodell entwickelt. Das Hauptziel dieser Forschungsarbeit war die Entwicklung eines besseren Verständnisses für die thermisch-hydraulischen Zusammenhänge im Thermalwasseraquifer. Damit sollte eine weitere Grundlage für die künftige Bewirtschaftung geschaffen werden.

Austausch von Informationen und Daten

Im Rahmen der langjährigen Zusammenarbeit in der Expertengruppe Thermalwasser hat sich gezeigt, dass der regelmäßige gegenseitige Informations- und Erfahrungsaustausch ein wesentlicher Faktor für die reibungslose, grenzüberschreitende Abstimmung und Zusammenarbeit bei der Bewirtschaftung des grenzüberschreitenden Thermalwasservorkommens ist. Ohne diese institutionalisierte fachliche Kooperation wäre eine Abwicklung der zahlreichen, grenzüberschreitend relevanten Wasserrechtsverfahren der zurückliegenden Jahre in der einvernehmlichen Form, wie das bisher geschehen ist, nicht möglich gewesen.

In den derzeit regelmäßig stattfindenden Sitzungen werden neben der Durchführung des Informations- und Erfahrungsaustausches weiterführende Untersuchungen über das Thermalwasservorkommens veranlasst und fachlich begleitet, sowie die Strategien zur Bewirtschaftung weiter entwickelt. Mit der Aufnahme des Thermalwasservorkommens in das Inventar der wichtigen grenzüberschreitenden Grundwasserkörper durch die Internationale Kommission zum Schutz der Donau (ICPDR) wurde der Aufgabenbereich der Expertengruppe um die Abstimmung der weiterzuleitenden Daten erweitert.

Grundsatzpapiere

Die Expertengruppe Thermalwasser wurde von der „Ständigen Kommission nach dem Regensburger Vertrag“ auch beauftragt, gemeinsame Schutz- und Nutzungsstrategien zu entwickeln und die Ergebnisse in sogenannten „Grundsatzpapieren“ darzustellen. Unter anderen wurden „Grundsatzpapiere“ zu folgenden Themen erstellt.

Wasserwirtschaftliche Anforderungen an die Thermalwassernutzung

- Umfassender quantitativer und qualitativer Schutz des Grundwasservorkommens.
- Weitgehende Erhaltung der natürlichen Druckverhältnisse.
- Grundwasserentnahmen nur entsprechend der Grundwasserneubildung.
- Vorrang der balneologischen Nutzung vor der geothermischen Nutzung.
- Geothermische Nachnutzung des balneologisch genutzten Wassers.
- Vollständige Reinjektion des ausschließlich geothermisch genutzten Wassers.

Anforderungen an die Anlagen zur Nutzung des Thermalwasservorkommens

- Bemessung der Anlagen
Die Festlegung des Wasserbedarfes für die einzelnen Nutzungen nach einheitlichen Kriterien stellt eine wichtige Grundlage für eine gemeinsame Bewirtschaftung dar. Getrennt für balneologische und geothermische Anlagen wurden die maßgeblichen Bemessungsgrößen festgelegt.
- Anforderungen an Einreichoperate
Es wurde ein Katalog jener Unterlagen erstellt, die den Behörden mit den Ansuchen um wasserrechtliche Bewilligung eines Vorhabens vorzulegen sind.
- Auflagenkataloge
In einem Bewilligungsverfahren können Auflagen vorgeschrieben werden, die bei der Errichtung und dem Betrieb einer Anlage zwingend zu beachten sind. Es wurden Auflagenkataloge erstellt, die auf beiden Seiten zu berücksichtigen sind.

Grundsätze zur Anwendung, Pflege und Weiterführung des Thermalwasser-Strömungsmodells

Das 2D Thermalwasser Strömungsmodell stellt ein grenzüberschreitendes Instrument zur fachlichen Beurteilung wasserwirtschaftlicher Fragen dar. Es wurde daher festgelegt, wie bei Anwendung, Pflege und Weiterführung des Modells im Detail vorzugehen ist und wie die Dokumentation der Berechnungsfälle und der Informationsaustausch zu erfolgen hat.

Grundsätze zum Austausch relevanter Informationen und Daten

Beide Seiten gehen davon aus, dass eine zielführende Bewirtschaftung des Tiefengrundwassers nur dann möglich ist, wenn sie jederzeit über den gleichen Informationsstand verfügen. Es wurden daher Regeln erarbeitet, wie und in welcher Form der Austausch relevanter Informationen und Daten zukünftig erfolgen soll.

Ausblick

Gemeinsames Ziel Bayerns und Österreichs war und ist es, das Thermalwasservorkommen des Malmkarsts im niederbayerisch-oberösterreichischen Molassebecken langfristig bestmöglich zu schützen. Dieses Ziel kann nur dann erreicht werden, wenn die gemeinsame Bewirtschaftung des grenzüberschreitenden Thermalwasservorkommens so erfolgt, dass

weder die natürlichen hydrogeologischen, die wasserwirtschaftlichen und die geothermischen Verhältnisse, noch bereits bestehende Nutzungen beeinträchtigt und der vorhandene Energievorrat über einen möglichst langen Zeitraum genutzt werden kann. Dafür ist es auch erforderlich, dass der Wissensstand laufend erweitert wird. Dementsprechend werden auch in Zukunft zur Beantwortung verschiedener Fragestellungen Untersuchungen und Studien durchzuführen sein.

Die Erfahrungen mit der Arbeit in der Expertengruppe Thermalwasser zeigten, dass jedenfalls auch weiterhin Arbeitssitzungen auf Expertenebene notwendig sind. Dadurch wird die Möglichkeit beibehalten, dass zahlreiche Probleme im gemeinsamen Gespräch erkannt, erörtert und dadurch Maßnahmen vorbereitet werden können, um diese Probleme zu lösen. Im Rahmen von regelmäßigen Sitzungen sind daher neben dem Austausch von Erfahrungen, Daten und Informationen auch eine Abstimmung von notwendigen Maßnahmen und eine einheitliche Betrachtung der wasserwirtschaftlichen Entwicklung im Bereich des Thermalwasservorkommens durchzuführen.

Mit der konsequenten weiteren Anwendung der in den Grundsatzpapieren festgehaltenen Anforderungen an bestehende und künftige Nutzungen wird eine nachhaltige wasserwirtschaftliche Entwicklung des Thermalwasservorkommens im niederbayerisch-oberösterreichischen Molassebecken auf beiden Seiten auch künftig sichergestellt.

Quellen

- BÜTTNER, W., KNEIDINGER, CH., ROTH, K., SAMEK, M., ÜBERWIMMER, F. & VOLLHOFER, O. (2002): Grundsatzpapiere zur Thermalwassernutzung im niederbayerisch-oberösterreichischen Molassebecken. – Ständigen Gewässerkommission nach dem Regensburger Vertrag, München – Wien – Linz.
- GOLDBRUNNER, J., HUBER, B., KOHL, T. & BAUJARD, C. (2007): Thermische Auswirkungen von Thermalwassernutzungen im oberösterreichisch-niederbayerischen Innviertel. – Endbericht ARGE „TAT“, Graz – Augsburg – Zürich.
- ROTH, K., VOLLHOFER, O. & SAMEK, M. (2001): German-Austrian cooperation in modelling and managing a transboundary deep ground-water aquifer for thermal-water use. – Proceedings of the IHP/OHP Int. Conf. on Hydrological Challenges in Transboundary Water Resources Management, 25.–27. September 2001, Koblenz.
- SCHULER, G. & GÖDECKE, H. (1999): Detailmodell zur Bilanzierung des Thermalwasservorkommens im Niederbayerisch-Oberösterreichischen Molassebecken. – unveröffentlichter Endbericht, Teil I: Hydrogeologisches Modell (Band I + II), Teil II: Thermalwasseraquifer-Strömungsmodell. – 353 S., Augsburg.
- VOLLHOFER, O. & SAMEK, M. (2008): German-Austrian Cooperation in Modelling a Transboundary Deep Groundwater Body. – Proceedings of the IWA World Water Congress and Exhibition, 7.–12. September, Vienna.

Das Projekt Transenergy – Projektziele und deren Umsetzung

GERHARD SCHUBERT¹

¹ Geologische Bundesanstalt, Neulinggasse 38, A-1030 Wien
gerhard.schubert@geologie.ac.at, www.geologie.ac.at

Einleitung

Weltweit gibt es einen wachsenden Bedarf an erneuerbaren Energien – nicht nur wegen der negativen klimatischen Auswirkungen von CO₂-Emissionen bei der Nutzung fossiler Brennstoffe, sondern auch wegen deren limitierten Vorkommen. Geothermie wird als eine der erneuerbaren Energien angesehen, die zum Energiemix der kommenden Dekaden einen signifikanten Beitrag leisten wird (Abbildung 1).

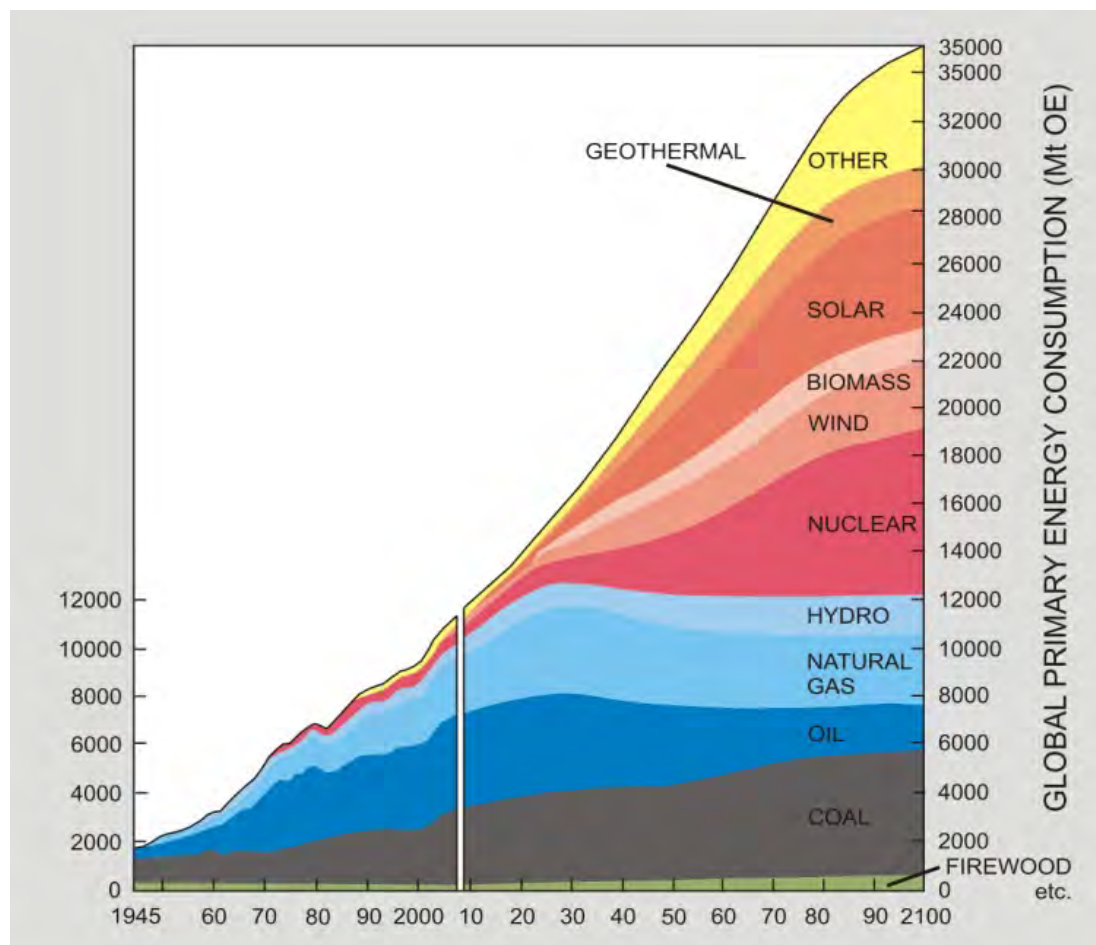


Abbildung 1.
Energiespektrum 1945 bis 2100 nach SCHOLLNBERGER (2006).

Im Pannonischen Becken und dessen Umfeld herrschen günstige Bedingungen für die Produktion geothermaler Energie vor, da hier zum einen ein erhöhter Wärmefluss gegeben ist (LENKEY et al., 2002) und zum anderen in großer Tiefe noch Grundwasserleiter vorhanden sind (aus heutiger Sicht sind im Projektgebiet derartige Thermalwässer das primäre Ziel einer geothermischen Nutzung). Abbildung 2 zeigt eine Wärmeflusskarte des Pannonischen Beckens. Diese Thermalwasserressourcen sind jedoch limitiert und der Erfolg ihrer Nutzung ist von einer nachhaltigen Bewirtschaftung abhängig. Dies trifft in besonderem Maße auf die

Thermalwasservorkommen im grenznahen Raum zu: Da hydrothermale Systeme nicht vor Staatsgrenzen halt machen, sondern an wasserwegsame geologische Strukturen gebunden sind, ergibt sich hier für die internationale Wasserwirtschaft eine besondere Herausforderung. Zukünftige Nutzungskonflikte, hervorgerufen durch neue geothermale Erschließungen, sind aber auch aufgrund der bereits bestehenden hohen Dichte an Thermalbädern zu erwarten (Abbildung 3).

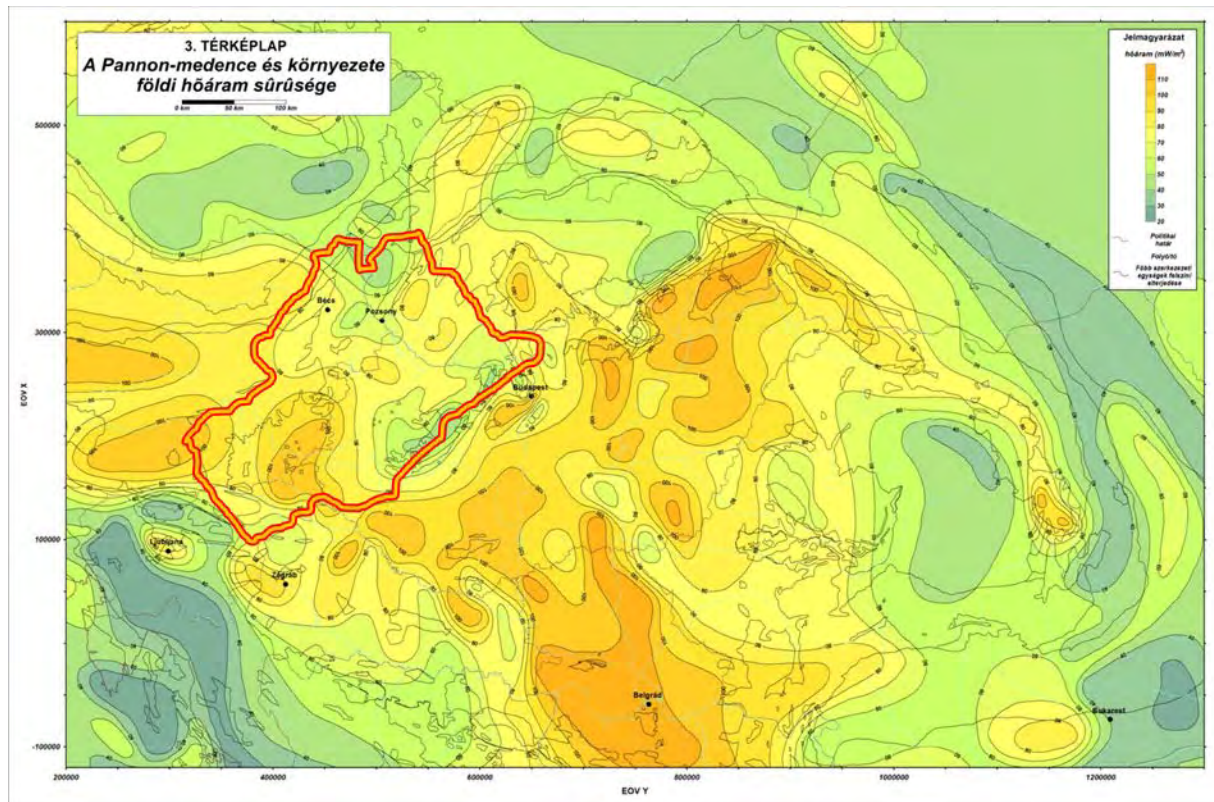


Abbildung 2.

Wärmeflusskarte des Pannonischen Beckens aus dem "Atlas of the present-day geodynamics of the Pannonian basin" (<http://geophysics.elte.hu>); gelbe und vor allem orange Farben symbolisieren einen erhöhten Wärmefluss, grüne einen geringen. Das Projektgebiet ist rot umgrenzt.

Das Projekt "TRANSENERGY – Transboundary Geothermal Energy Resources of Slovenia, Austria, Hungary and Slovakia" (es wird im Rahmen des CENTRAL-EUROPE-Programms des Europäischen Regionalförderungsfonds EFRE mitfinanziert) beschäftigt sich mit der Bewirtschaftung dieser grenzüberschreitenden Thermalwasservorkommen aus der Sicht der Geowissenschaften. Vier staatliche geologische Dienste haben sich zu einem Projektteam zusammengeschlossen, um die nachhaltigen Nutzung der Thermalwässer dieses Raumes zu fördern. Diese sind das ungarische Institut MÁFI (jetzt Teil des MFGI), der slowenische Dienst GeoZS, das slowakische Institut ŠGÚDŠ und die Geologische Bundesanstalt in Wien. Das Projekt startete im April 2010 und wird im Zeitraum März bis September 2013 seine Ergebnisse liefern. Die Zielgruppen des Projekts sind Entscheidungsträger, Behörden, Planer und Investoren und auch die breite Öffentlichkeit.

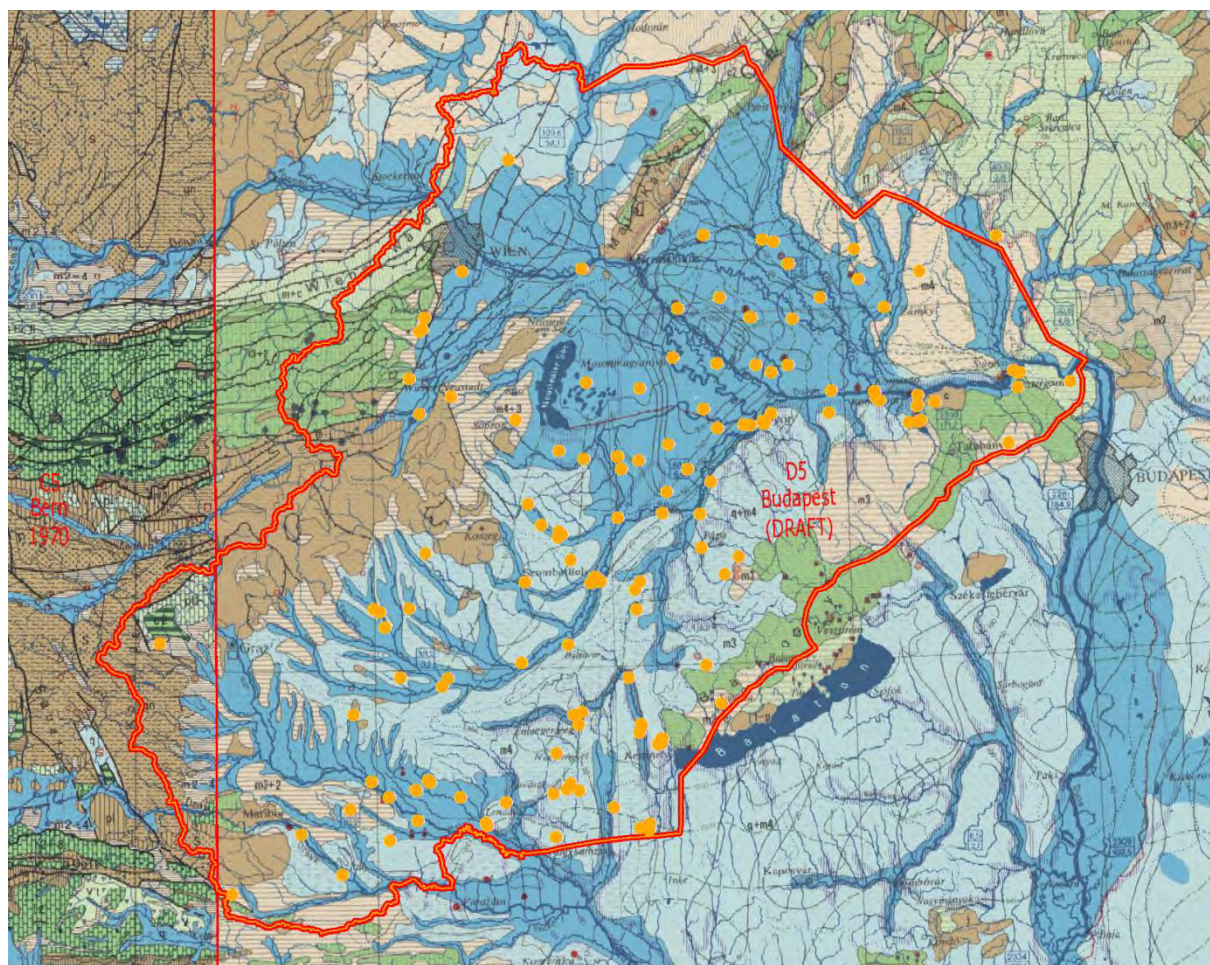


Abbildung 3.
Bestehende Thermalwassernutzungen im Projektgebiets (orange Punkte); den Hintergrund bilden die Kartenblätter C5 Bern und D5 Budapest der Internationalen Hydrogeologischen Karte von Europa 1:1,500.000 (WMS www.bgr.de/Service/groundwater/ihme1500/).

Das Projektgebiet und seine Herausforderungen bei der Bewirtschaftung der Thermalwässer

Das Projektgebiet umfasst den nordwestlichen Teil des Pannonischen Beckens sowie das angrenzende Wiener und Steirische Becken (Abbildung 3 und 6). In diesem Gebiet stoßen die Staaten Ungarn, Slowakei, Slowenien und Österreich aneinander. Aufgrund der günstigen geologischen Verhältnisse treten hier viele Thermalwasservorkommen auf und die Zahl der Nutzungen (zumeist Bäder, aber auch Fernwärmenutzungen, etc.) steigt ständig. Die berühmtesten Bäder dieser Region sind Hévíz in Ungarn und Baden südlich von Wien.

Die Thermalwasser-Aquifere bestehen zum einen aus der mächtigen Sedimentfülle der tertiären Becken dieses Raumes (bis über 8.000 m) und zum anderen aus mächtigen paläozoischen oder mesozoischen Karbonaten in deren Untergrund. Aufgrund der hydrodynamischen und hydrochemischen Verhältnisse können die Thermalwasservorkommen des Projektgebiets grob in zwei Typen unterschieden werden, wobei auch Übergänge gegeben sind: Stagnierende Thermalwässer mit einer hohen Mineralisation können geringer mineralisierten Thermalwasserzirkulationen gegenübergestellt werden. Im Wiener Becken beschrieb WESSELY (1983) diese beiden genannten Wassertypen beispielgebend (Abbildung 4 und 5).

Beide Arten von Thermalwässern zeichnen sich durch unterschiedliche Probleme bei deren Bewirtschaftung aus: Die gering mineralisierten, zirkulierenden Wässer erreichen keine so hohen Temperaturen wie die stagnierenden; bei ihrem Austritt an der Erdoberfläche weisen sie in der Regel kaum Temperaturen über 50°C auf. Weiters werden die natürlichen Auftriebe dieser Wässer zumeist schon in Bädern genutzt und daher ist hier das Risiko einer Übernutzung im Falle weiterer Thermalwassererschließungen besonders hoch.

Die stagnierenden Wässer sind hingegen für die Energieproduktion wesentlich interessanter – sie erreichen höhere Temperaturen und auch die Gefahr einer negativen Beeinflussung bestehender Nutzungen ist zumeist nicht gegeben, da solche kaum bestehen. Aber aufgrund der hohen Lösungsinhalte der stagnierenden Thermalwässer ergibt sich hier ein Risiko für die Umwelt und ihre Reinjektion ist nicht nur wegen der Erhaltung des Formationsdrucks sondern auch wegen des Umweltschutzes eine Notwendigkeit. Bei balneologischen Nutzungen wird von einer solchen Reinjektion abgesehen.

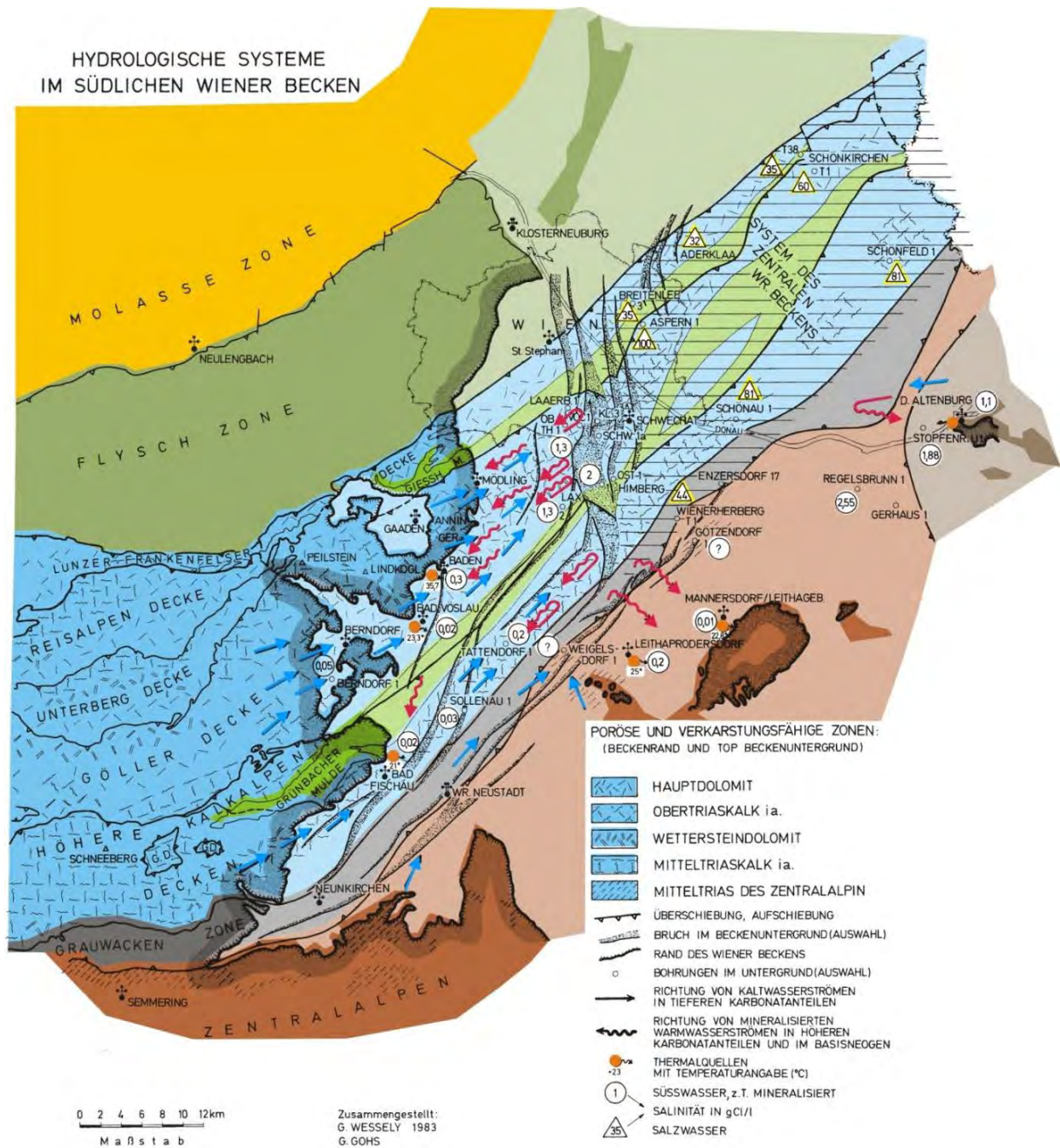


Abbildung 4.
 Prinzipskizze zu den Thermalwässern im südlichen Wiener Becken, leicht verändert nach WESSELY (1983); die randlichen Zirkulationssysteme zeichnen sich durch eine geringe Mineralisation aus (weiße Kreise), während es sich beim stagnierenden Thermalwasser im zentralen Bereich des Beckens um stark mineralisiertes Formationswasser handelt (weiße Dreiecke).

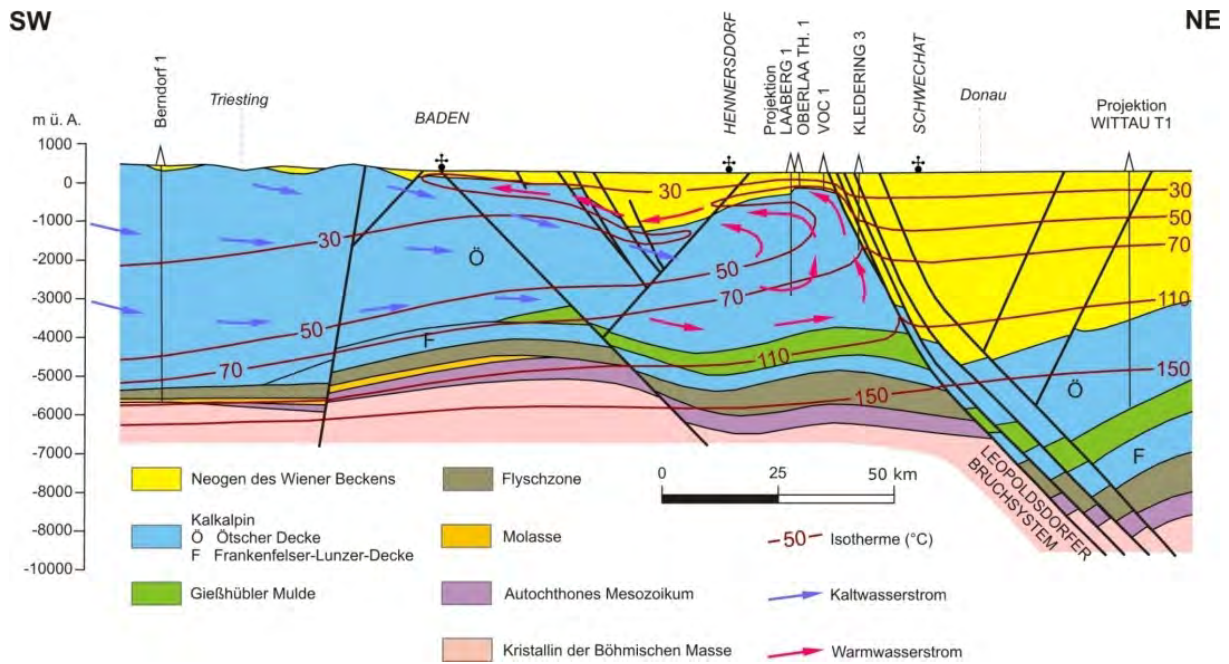


Abbildung 5.
Schnitt durch eine Thermalwasserzirkulation am Westrand des südlichen Wiener Beckens, leicht verändert nach WESSELY (1983).

Die Produkte des Projekts TRANSENERGY

Das Project TRANSENERGY hat das Ziel, Werkzeuge für eine nachhaltige und grenzübergreifende Bewirtschaftung der Thermalwasservorkommen des Projektgebiets bereitzustellen. Zum einen sollen profunde geowissenschaftliche Expertisen erstellt werden, in denen insbesondere auf die in Abbildung 6 dargestellten „Pilotgebieten“ eingegangen werden soll. Bei der Erstellung dieser Expertisen kommen neben herkömmlichen geologischen und hydrogeologischen Methoden auch geologische 3D-Modellierungen und numerische Modellierungsverfahren zur Anwendung. Im Detail sollen folgende geowissenschaftliche Expertisen mittels der Projekt-Website der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden:

- Karten zur aktuellen Nutzungssituation.
- Eine multilinguale, geowissenschaftliche Datenbank stellt umfangreiche Rohdaten bereit.
- Mittels eines Webviewers können die diversen geologischen, hydrogeologischen und thermischen Modelle zum Gesamtgebiet und den „Pilotgebieten“ visualisiert werden.
- Geowissenschaftliche Karten und Schnitte werden ebenfalls die Ergebnisse der Modellierung wiedergeben, nämlich die Tiefe und den lithologischen Aufbau der geologischen Einheiten, den quantitativen Status der Thermalwässer, ihre Temperatur und Chemie sowie das geothermale Potential und die geothermalen Ressourcen.
- Mittels Szenario-Modellen soll in den „Pilotgebieten“ die Produktivität von ausgewählten Thermalwasserkörpern demonstriert werden.
- Mittels einer Feasibility-Studie soll die Anwendbarkeit der erstellten Expertisen getestet werden.

Das Projekt wird zudem in Form eines Berichts eine aktuelle Übersicht zum rechtlichen Rahmen bei der Erschließung und Nutzung von Thermalwässern in den gegenständlichen Ländern erstellen und auf relevante EU-Gesetze hinweisen.

Darüber hinaus wird im Rahmen des Projekts auch ein Strategiepapier erstellt, das Empfehlungen für Entscheidungsträger hinsichtlich einer Verbesserung der Förderung von Geothermie sowie eine Reihung der interessantesten geothermalen Reservoirs und Empfehlungen hinsichtlich der Erstellung von Monitoring-Netzen enthält.



Abbildung 6.

Lage der Pilotgebiete „Wiener Becken“, „Donau Becken“, „Komarno-Sturova“, „Lutzmannsburg-Zsira“ und „Bad Radkersburg-Hodos“; in den dargestellten Arealen werden die hydrothermischen Gegebenheiten im Detail ausgewertet.

Quellen

LENKEY, L., DÖVÉNYI, P., HORVÁTH, F. & CLOETINGH, S.A.P.L. (2002): Geothermics of the Pannonian basin and its bearing on the Neotectonics. – EGU Stephan Mueller Special Publication Series, 3, 29–40.

Online: www.stephan-mueller-spec-publ-ser.net/3/29/2002/smsps-3-29-2002.pdf

SCHOLLNBERGER, W.E. (2006): From scarcity to plenty. Who shapes the future mix of primary energy? What might it be? – Oil Gas Eur. Mag., **32**, 8–20, Hamburg – Wien.

WESSELY, G. (1983): Zur Geologie und Hydrodynamik im südlichen Wiener Becken und seiner Randzone. – Mitt. Geol. Ges., **76**, 27–68, Wien.

<http://geophysics.elte.hu> [Zugriff am 3.8.2012]

www.bgr.de/Service/groundwater/ihme1500/ [Zugriff am 31.8.2012]

TRANSENERGY-Projektteam:

Annamária Nádor (Projektleiterin, (1))

(1) Magyar Földtani és Geofizikai Intézet (MFGI): www.mfgi.hu

Edit Babinszki, Nóra Gál, László Gyalog, János Halmai, Zsolt Kercksmár, Vera Maigut, Gyula Maros, László Orosz, Ágnes Rotár-Szalkai, Ildiko Selmeczi, Teodóra Szócs, György Tóth & Gábor Turczi

(2) Štátny geologický ústav Dionýza Štúra (ŠGÚDŠ): www.geology.sk

Ivan Baráth, František Bottlik, Radovan Černák, Erika Kováčová, Balázs Kronome, Peter Malík, Daniel Marcin, Slavomir Mikita, Anton Remšík & Jaromír Svasta

(3) Geologische Bundesanstalt (GBA): www.geologie.ac.at

Bernhard Atzenhofer, Rudolf Berka, Magdalena Bottig, Anna-Katharina Brüstle, Gregor Götzl, Thomas Hofmann, Christine Hörfarter, Stefan Hoyer, Gerhard Schubert, Julia Weilbold & Fatime Zekiri

(4) Geološki zavoda Slovenije (GeoZS): www.geo-zs.si/

Tadej Fuks, Katarina Hribernik, Špela Kumelj, Andrej Lapanje, Nina Mali, Martin Podboj, Mitja Požar, Joerg Prestor, Dušan Rajver, Helena Rifelj, Nina Rman, Barbara Simić, Jasna Šinigoj, Štefanija Štefanec & Mirka Trajanova

TRANSENERGY-Website: <http://transenergy-eu.geologie.ac.at>

Geologische und numerische Modellierungen im Transenergy-Gebiet – Herausforderungen und Ergebnisse

GREGOR GÖTZL¹, MAGDALENA BOTTIG¹, STEFAN HOYER¹ & FATIME ZEKIRI¹

¹ Geologische Bundesanstalt, Neulinggasse 38, A-1030 Wien
gregor.goetzl@geologie.ac.at, www.geologie.ac.at

Einleitung

Das Projekt "TRANSENERGY – Transboundary Geothermal Energy Resources of Slovenia, Austria, Hungary and Slovakia" (gefördert durch das CENTRAL-EUROPE-Programms des Europäischen Regionalförderungsfonds EFRE) behandelt die Bewirtschaftung grenzüberschreitender Thermalwasservorkommen im Grenzraum zwischen Österreich – Slowakei – Slowenien und Ungarn aus der Sicht der Geowissenschaften. Das Augenmerk der Studie TRANSENERGY wird hierbei auf die Nutzung natürlich auftretender Thermalwässer zu balneologischen und energetischen Zwecken, zusammengefasst unter dem Begriff „Hydrogeothermie“, gelegt.

Die damit verbundenen zentralen Aufgabenstellungen umfassen:

- i. Die Abbildung der gegenwärtigen Nutzungssituation.
- ii. Aufbau einer grenzüberschreitenden, harmonisierten Datenkompilation relevanter geowissenschaftlicher Basisdaten.
- iii. Die Abbildung der initialen und gegenwärtigen hydrogeothermischen Verhältnisse im Projektgebiet durch Karten und geowissenschaftliche Modelle. Hierbei wird zwischen überregionalen, das gesamte Projektgebiet abdeckenden Modellen (Maßstab 1:500.000) und regionalen Modellen mit höherer räumlicher Auflösung (Maßstab maximal 1:200.000) in besonderen Interessensgebieten (so genannten Pilotgebieten) unterschieden.
- iv. Die Erhebung von vorhandenen hydrogeothermalen Potenzialen.
- v. Die Erhebung potenzieller Nutzungskonflikte infolge einer nicht bilateral harmonisierten Thermalwasserbewirtschaftung. Besonderes Augenmerk wird hierbei auf eine Steigerung der Sensitivität von potenziellen Investoren und verantwortlichen Behörden durch die gezielte Modellierung von „was wäre wenn“ Szenarien gelegt.
- vi. Die Veröffentlichung der erarbeiteten Modelle in einem möglichst interaktiv anzulegenden Web-Portal.

Abgesehen von Aufgabenstellung (i) bilden geowissenschaftliche Modellierungen ein zentrales Bearbeitungswerkzeug zum Erreichen der Projektziele. Hierbei wird zwischen folgenden Teilaspekten unterschieden:

- a. Geologische Modellierung (2D, 3D).
- b. Hydrogeologische und Hydraulische Modellierung (2D, 3D).
- c. Geothermische Modellierung (1D bis 3D).

Die Anwendung numerischer Modellierungsmethoden besitzt gegenüber konventionellen Lösungen auf Grundlage konstruktiver Verfahren und statistischer Interpolationsmethoden die Vorteile der (1) erhöhten Transparenz durch Bezugnahme auf realen und teilweise

publizierten Eingangsdaten, (2) einer vereinfachten späteren Adaptierbarkeit bei eventueller Änderung der Datenlage sowie (3) einer verbesserten räumlichen Interpolation in Gebieten mit geringer Datendichte und unregelmäßiger Datenverteilung durch Berücksichtigung dreidimensionaler geometrischer Strukturen und physikalischer Gesetze.

Im Rahmen des Projekts TRANSENERGY wurden sämtliche Modellierungsaufgaben von Experten der involvierten geologischen Dienste unter regelmäßiger Absprache in Expertenworkshops durchgeführt.

Ausgangslage und Problemstellung

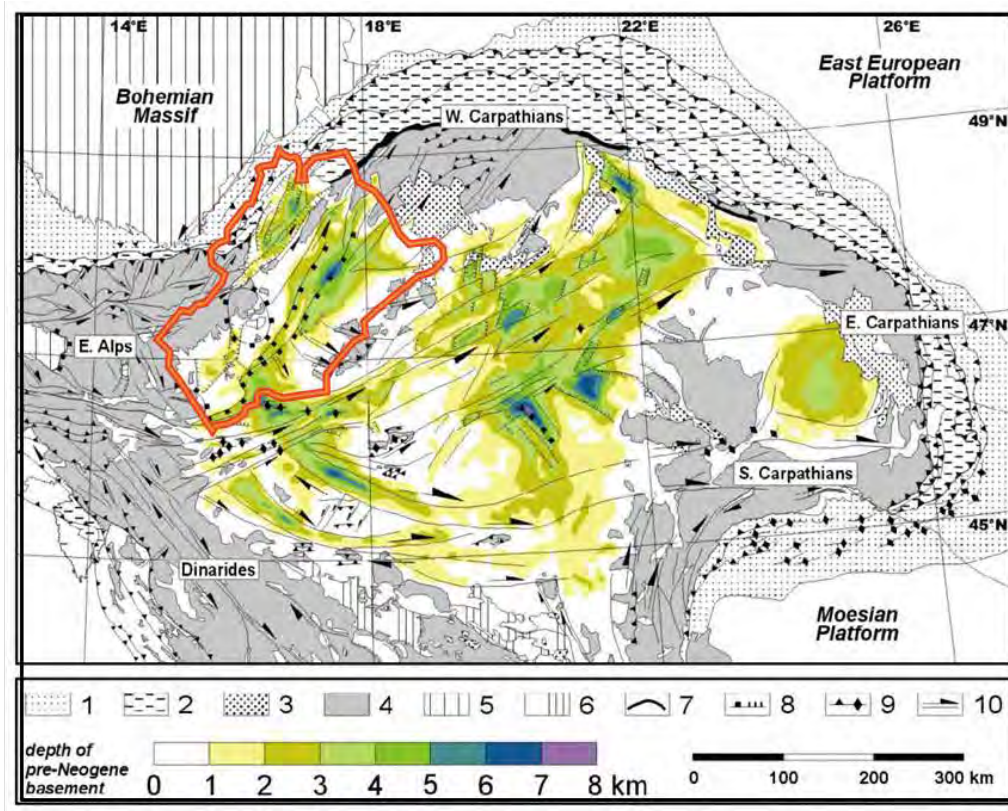
Die geothermischen Voraussetzungen im Projektgebiet und deren wirtschaftliche und energiewirtschaftliche Bedeutung

Umgeben von den Gebirgszügen der Ostalpen und der Westkarpaten beinhaltet das TRANSENERGY Gebiet das Westpannonische Becken, das Donau Becken, das Wiener Becken, das Steirische Becken und das Zala Becken. Sämtliche Becken stellen intramontane, neogene Sedimentbecken mit Verfüllungsmächtigkeiten bis über 7,000 Meter dar (Abbildung 1). Darüber hinaus weisen weite Teile des Projektgebiets erhöhte terrestrische Wärmeflüsse von über 100 mW/m² auf (Abbildung 1). Die Ursache der günstigen geothermischen Voraussetzungen liegt vorrangig in einer Aufwölbung der Asthenosphäre unter dem Pannonischen Becken infolge großtektonisch hervorgerufener Krustenverdünnung im Miozän (LENKEY, 1999). Nach LENKEY, 1999 (S. 128) nimmt die Mächtigkeit der Lithosphäre sukzessive in Richtung des Zentrums des Pannonischen Beckens ab und besitzt im Bereich des Békés Becken (südöstlich des Projektgebiets) ein Minimum von 40 km (

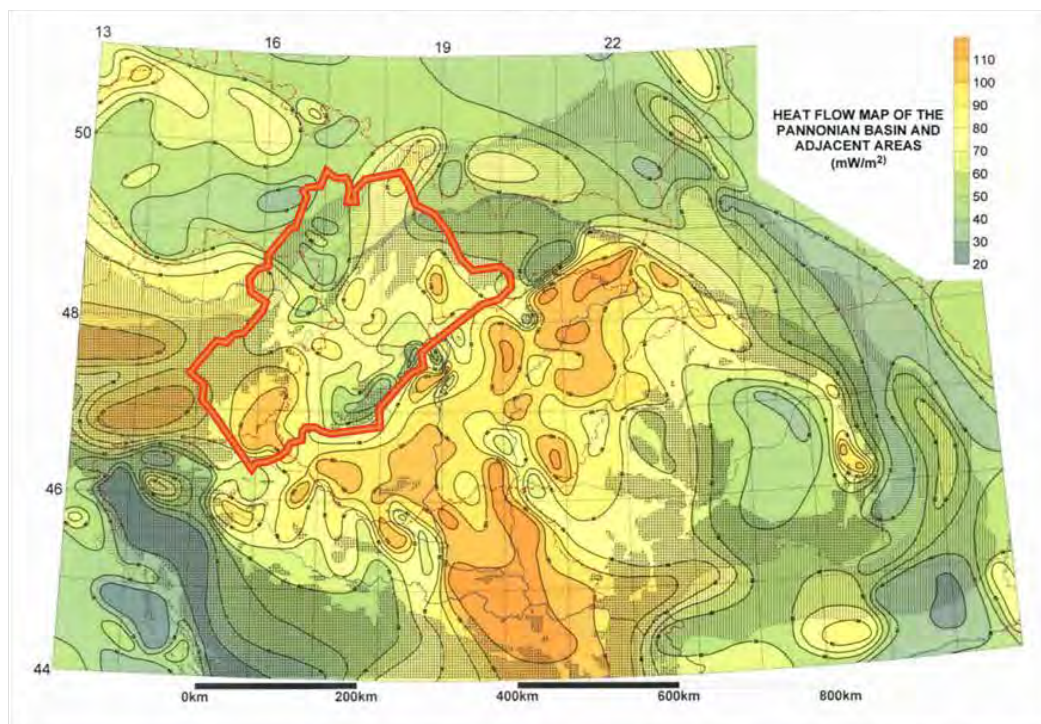
Abbildung 2). Darüber hinaus indizieren regional begrenzte geothermische Anomalien am südwestlichen Rand des Westpannonischen Beckens (Oststeirisches Becken und Zala Becken) vulkanische Beeinflussung. Hierauf wird separat im Kapitel Schlussfolgerung und Interpretation eingegangen.

Neben den krustentektonisch hervorgerufenen geothermischen Anomalien sind im Projektgebiet lokal bis regional begrenzte geothermische Anomalien infolge der Konvektion natürlicher Thermalwässer zu beobachten. Eine der signifikantesten positiven, durch Konvektion hervorgerufenen Temperaturanomalien im Projektgebiet sind im Gebiet der Therme Wien Oberlaa festgestellt worden. Pumpversuche im Beckenuntergrund im Intervall 374.7 bis 394.3 m unter GOK (Formation: Hauptdolomit, Obertrias) erbrachte Thermalwasser mit einer Austrittstemperatur von 53°C (WEBER, 1967). Dies korrespondiert mit einem scheinbaren geothermischen Gradienten von über 10°C/100m!

Negative geothermische Anomalien sind hingegen vor allem im Bereich der Einzugsgebiete der natürlich zirkulierenden Thermalwässer am Westrand des südlichen Wiener Beckens, im Bereich des Bakony Gebirges (Ungarisches Mittelgebirge) sowie am Südrand der Westkarpaten zu beobachten. In diesen Gebieten können Reduktionen des terrestrischen Wärmeflusses von durchschnittlich 75 bis 80 mW/m² auf unter 30 mW/m² (z.B. Bereich Berndorf bei Baden).



Oben: Tiefenlage des präneogenen Basements im Pannonischen Becken und dessen angrenzenden Gebieten (nach Kovac et al, 2000, überarbeitet).



Unten: Terrestrischer Wärmefluss im Pannonischen Becken und dessen angrenzenden Regionen (nach Lenkey, 2002 überarbeitet).

Abbildung 1.
 Übersicht Pannonisches Becken und dessen angrenzenden Regionen: Tiefenlage des präneogenen Beckenuntergrundes und terrestrischer Wärmefluss.

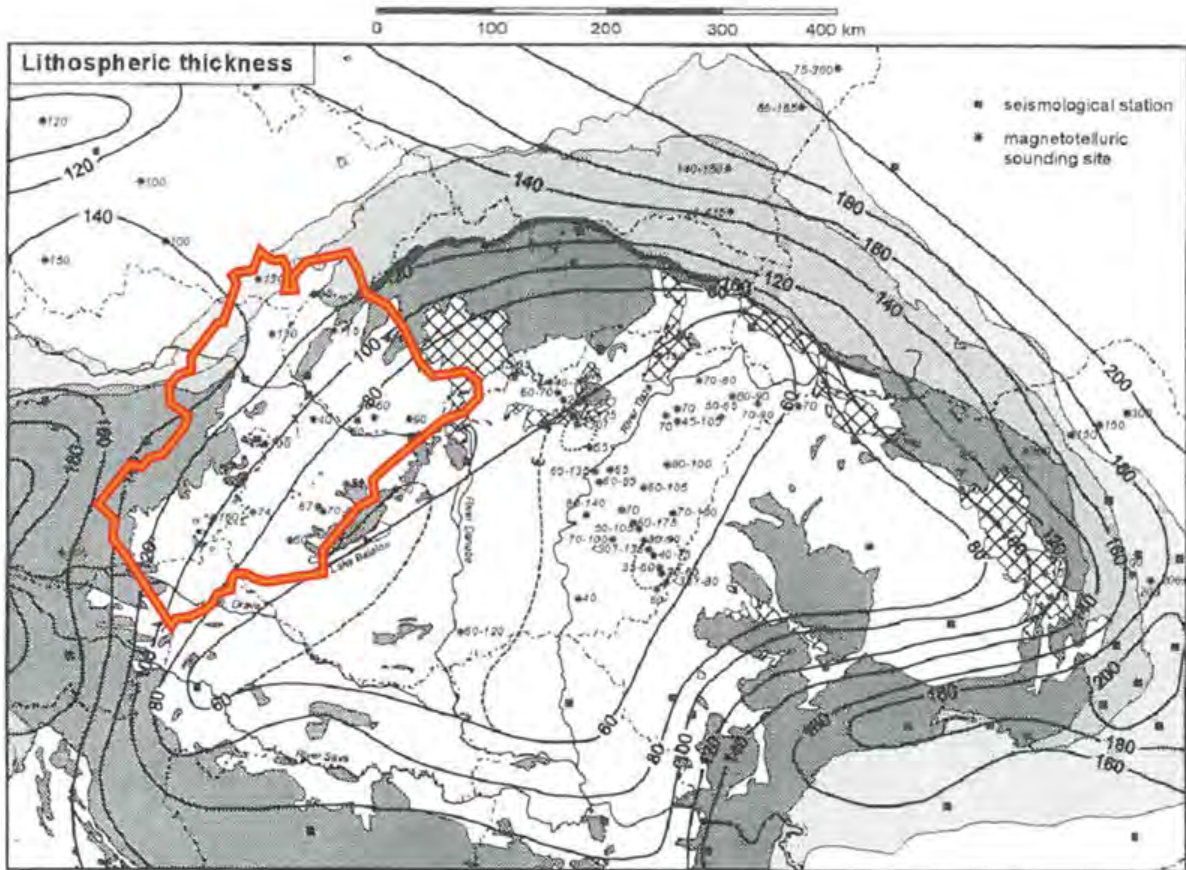


Abbildung 2.

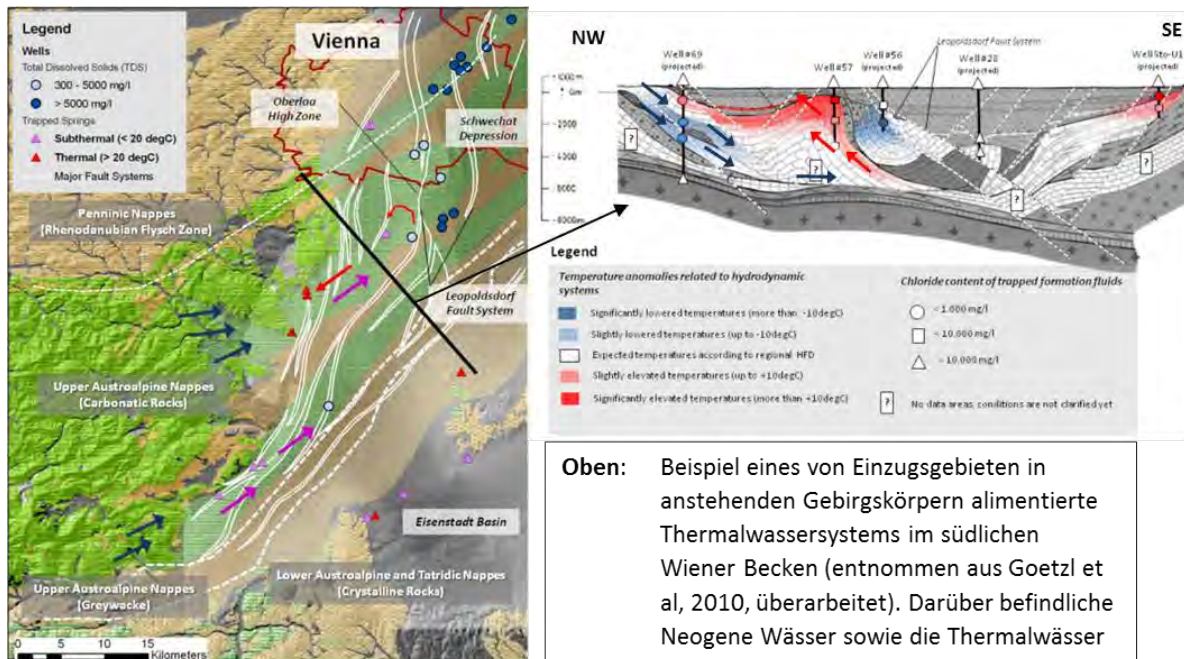
Mächtigkeit der Lithosphäre im Bereich des Pannonischen Beckens (entnommen aus LENKEY 1999, S. 128; bearbeitet).

Die Thermalwasservorkommen im TRANSENERGY Projektgebiet können aufgrund ihrer hydraulischen Verhältnisse in folgende Typen unterschieden werden:

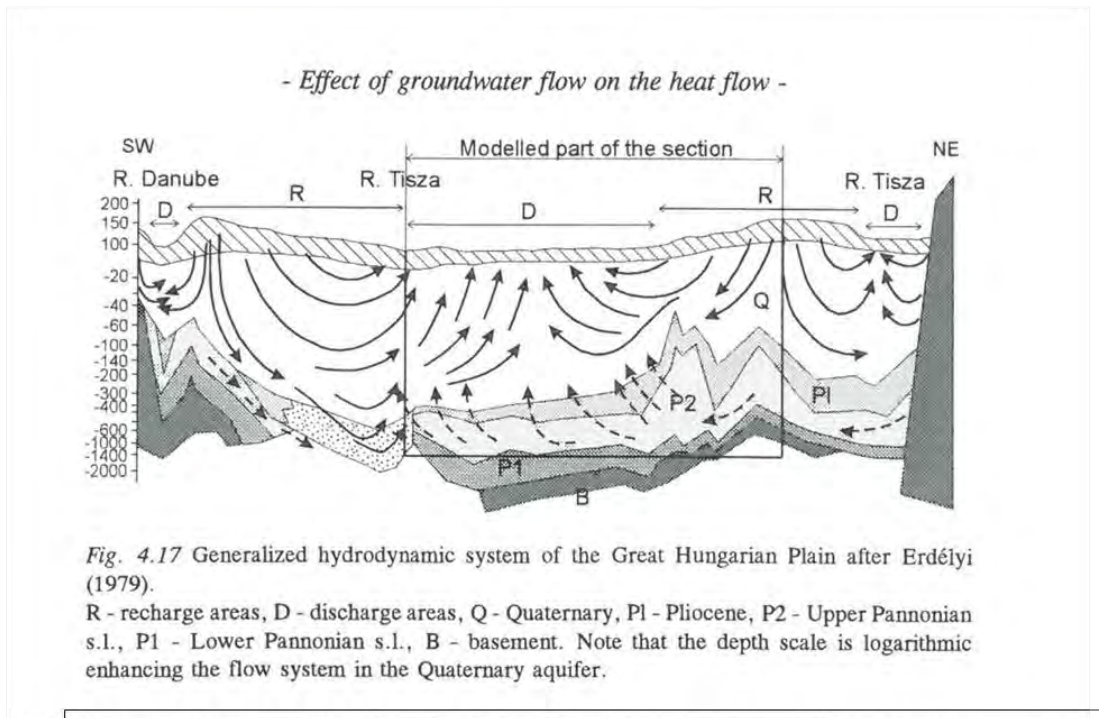
- i. *Statische, teilweise konnate Formationswässer* mit erhöhter Mineralisation und teilweise überhydrostatischen Druckverhältnissen.
- ii. *Hydrodynamische Zirkulationssysteme* mit *Einzugsgebieten* in an der Erdoberfläche anstehenden *Gebirgszügen*.
- iii. *Hydrodynamische Zirkulationssysteme* mit diffuser Alimentierung über *quartäre Sedimentschichten*.

Exemplarische Beispiele der Thermalwassertypen (Typ i.) bis (Typ iii.) sind der nachfolgenden Abbildung 3 zu entnehmen. Die Thermalwassertypen (Typ ii.) und (Typ iii.) zeichnen sich durch im Allgemeinen geringer Mineralisation, hydrostatische Druckbedingungen und oftmals aberrante Temperaturverhältnisse aus. Die statischen Formationswässer (Typ i.) weisen hingegen im Allgemeinen Wassertemperaturen auf, die dem regionalen geothermischen Regime entsprechen. Hydrodynamische Zirkulationssysteme mit diffuser Alimentierung über die lokal angrenzende Erdoberfläche (Typ ii.) ist vorrangig im Pannonischen Becken in jenen Arealen zu beobachten, die über mächtige, hydraulisch durchlässige Quartärfüllungen verfügen. In einigen Regionen, besonders im Wiener Becken, liegen statische Thermalwasserkörper in naher Umgebung zu hydrodynamischen Systemen. Die hierbei auftretenden hydraulischen Barrieren sind (a)

durch tektonische Störungen (z.B. Leopoldsdorfer Bruchsystem) oder (b) stratigrafische Barrieren (undurchlässige Sedimentpakete) gegeben.



Oben: Beispiel eines von Einzugsgebieten in anstehenden Gebirgskörpern alimentierte Thermalwassersystems im südlichen Wiener Becken (entnommen aus Goetzl et al, 2010, überarbeitet). Darüber befindliche Neogene Wässer sowie die Thermalwässer jenseits des Leopoldsdorfer Bruchsystems weisen jedoch konnate Verhältnisse auf.



Unten: Schematische Hydrogeologischer Schnitt durch das Pannonische Becken (entnommen aus Lenkey 1999, S.88). Thermalwassersysteme gemäß Typ (ii) – Alimentierung durch vor Ort durch das Quartär einsickernde Oberflächenwässer.

Abbildung 3.
 Exemplarische Darstellung verschiedener hydraulischer Thermalwassertypen im TRANSENERGY Projektgebiet.

Die Kombination gut durchlässiger Formationen, sowohl in den Beckenfüllungen als auch in deren Beckenuntergrund und erhöhter Wärmefluss machen natürlich vorhandene Thermalwässer zu einer bedeutenden Energiequelle und einem wichtigen Wirtschaftsfaktor. ÁRPÁSI (2003) sieht im Bereich des Pannonischen Beckens sogar das bedeutendste Thermalwasservorkommen Europas im gering bis moderaten Enthalpie Bereich (Temperaturniveau bis max. 150°C).

Geothermische Nutzungen besitzen im Projektgebiet eine traditionelle Anwendung, vor allem für balneologische Zwecke. Gegenwärtige Nutzerangaben liefern die Country-Updates im Rahmen der von der Internationalen Geothermischen Gesellschaft (IGA) organisierten Geothermie Weltkonferenz 2010 (GOLDBRUNNER, 2010; FENDEK & FENDEKOVA, 2010; RAJVER et al., 2010; TOTH, 2010) sowie projektspezifischen Erhebungen (RMAN & FUKS, 2012).

In Summe existieren im Projektgebiet 148 aktive Nutzungen, die pro Jahr zum Zeitpunkt 2011 in Summe 32.7 Mio. m³ Thermalwasser entnehmen und eine geothermische Gesamtkapazität von mehr als 250 MW_{TH}¹ aufwiesen. Der dominierende geothermische Nutzungszweck stellt die stoffliche Nutzung von Thermalwässern zur Versorgung von Wellness- und Heilbädern dar. Die Anwendung natürlicher Thermalwässer für räumliche, industrielle und agrartechnische Heizzwecke findet an 25 Standorten in Österreich, Slowenien und der Slowakei mit einer installierten Gesamtkapazität von 97 MW_{TH} statt. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt wird lediglich an einem Standort Elektrizität aus geothermischer Energie gewonnen. Hierbei handelt es sich um das Thermalbad Blumau in der Steiermark, wo über einen binären Zyklus mittels ORC Prozess Strom mit einer Gesamtkapazität von 250 kW_{EL} erzeugt wird (GOLDBRUNNER, 2005). Einen Sonderfall stellt die Gewinnung von Trink- und Brauchwasser aus geothermalen Reservoiren im erhöhten Umfang in Ungarn dar. Der Grund hierfür liegt in der zur beschriebenen besonderen Beschaffenheit der Thermalwasserzirkulationssysteme im Pannonischen Becken, in welchem in einigen Regionen, bedingt durch Alimentierung über mächtige, gut durchlässige quartäre Schichten, ein fließender Übergang zwischen Trinkwasser und trinkbarem Thermalwasser stattfindet.

Abschließend ist festzuhalten, dass zum gegenwärtigen Zeitpunkt die höchste Flächendichte geothermischer Nutzungen in Ungarn zu verzeichnen ist. Eine zukünftige Steigerung der Nachfrage geothermischer Nutzungen im TRANSENERGY Gebiet ist bei entsprechender Wirtschaftskonjunktur aufgrund der wachsenden Bedeutung dieser länderübergreifenden Region als Industrie- und Wirtschaftsstandort anzunehmen.

Potenzielle und bereits bestehende Nutzungs- und Umweltkonflikte sind im Projektgebiet durch folgende Sachverhalte gegeben:

- Überbeanspruchung gemeinsam genutzter Thermalwasserreservoirs: In den Regionen des Projektgebiets fehlen bislang sowohl nationale als auch international (zumeist bilateral) abgestimmte Thermalwassermanagementkonzepte. Dies äußert sich zum Beispiel durch den geringen Anteil geothermischer Nutzungen mit anschließender Reinjektion². Einige prominente Reservoirs haben zudem länderübergreifende Ausdehnungen oder länderübergreifende Einzugsgebiete. In

¹ Für den ungarischen Anteil des Projektgebiets liegen nur Schätzungen der kumulierten geothermischen Kapazität vor.

² Gemäß den projektspezifischen Erhebungen findet nur an 1.5% der aktiven Nutzungen eine Reinjektion thermisch genutzter Thermalwässer statt (RMAN & FUKS, 2012).

diesem Zusammenhang sind die Regionen Lutzmannsburg (AT) – Zsira (HU), Bad Radkersburg (AT) – Radgona (SLO) oder Kumarno (HU) – Sturovo (SK) zu erwähnen.

- Ineffiziente Nutzungen und fehlendes Abwassermanagement: Die projektspezifischen Erhebungen ergaben, dass in nahezu 95% der dokumentierten Nutzungen Abwassertemperaturen von über 20°C am Einlasspunkt in den Vorfluter zu verzeichnen sind. Dies betrifft besonders den Sektor Balneologie. So erbrachte zum Beispiel die Studie **Pantherm** die Erkenntnis (STRAKA, 2008), dass in den wenigsten Bädern Wärmerückgewinnung aus Abwässern stattfindet. Zudem werden die teilweise erhöht mineralisierten Abwässer ohne Reinigung in Vorfluter abgeführt.
- Konflikte mit anderen Nutzungstypen im Untergrund: Aufgrund der bereits angesprochenen besonderen Grundwasserverhältnisse im Pannonischen Becken sind in Ungarn bereits signifikante wechselseitige Beeinflussung zwischen der Trink- und Brauchwasserversorgung und geothermischen Nutzungen infolge von Druckspiegeländerungen zu verzeichnen. In der Region Kumarno – Sturovo (HU – SK) wirkt sich der lokal vorhandene Bergbau im Bereich des Ungarischen Mittelgebirges durch jahrzehntelanger Entwässerungsmaßnahmen bereits dramatisch auf die Thermal- und Grundwasserhydraulik der teilweise stark verkarsteten Reservoirs des Untergrundes aus. Im Bereich des zentralen und nördlichen Wiener Beckens sind bei einem zukünftigen Ausbau der Tiefen Geothermie Nutzungskonflikte mit der Kohlenwasserstoff- (KW-) Industrie (KW Gewinnung und/oder saisonale KW Speicherung) zu befürchten. Derzeit finden im Wiener Becken noch keine geothermische Nutzungen zu Energiegewinnungszwecke statt – eine erste Pilotanlage im Bereich Wien Aspern mit einer Gesamtkapazität von 39 MW_{TH} ist jedoch gerade in der Erkundungsphase (GOLDBRUNNER, 2010).

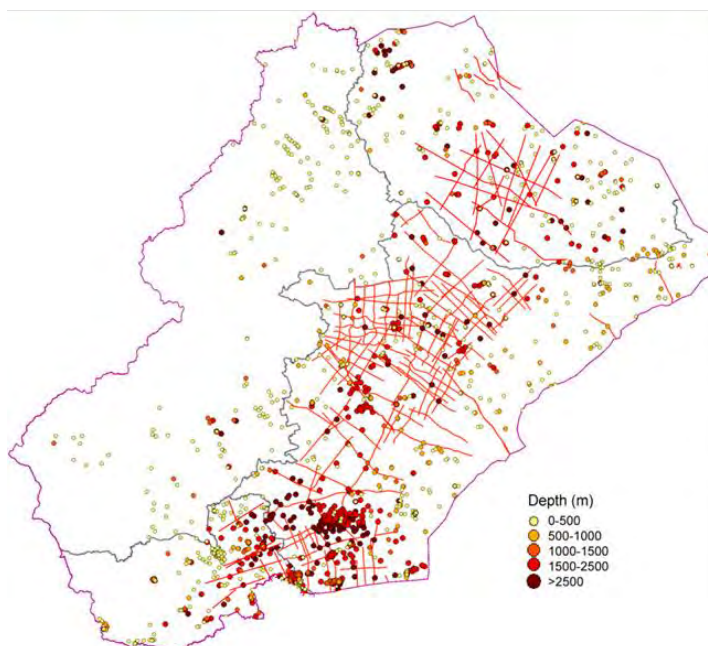
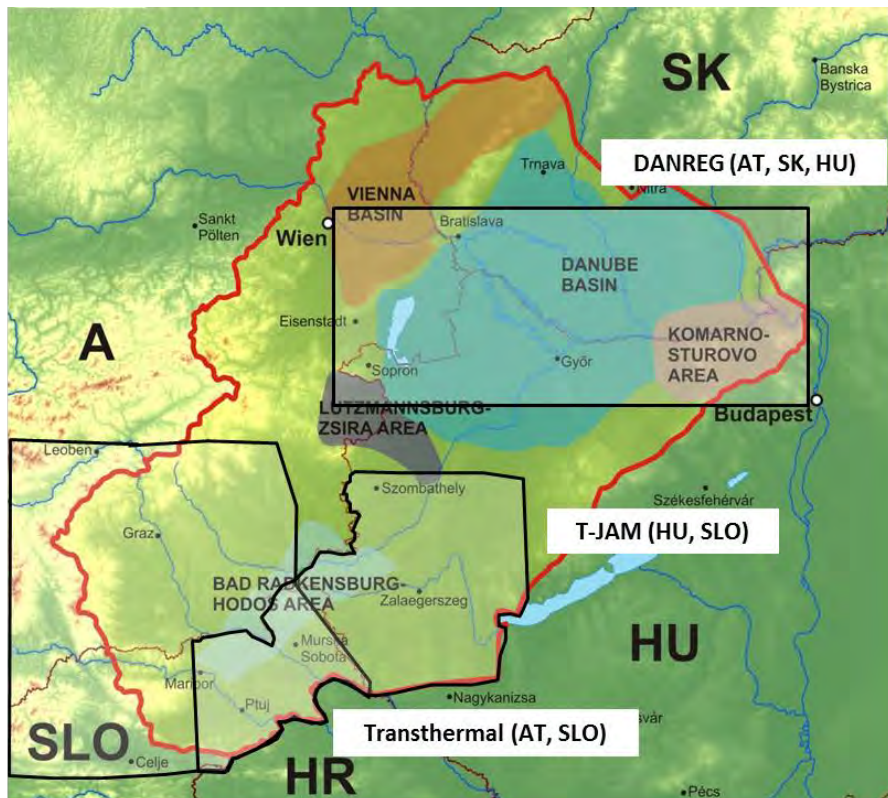
Datenlage und Kenntnisstand aus vorangegangenen Studien

Die geothermischen Voraussetzungen im TRANSENERGY Projektgebiet wurden bereits in zahlreichen vorangegangenen Studien und Projekten unter der Beschränkung auf Teilregionen oder Teilaspekte der Geothermie behandelt.

Auf internationalem Niveau decken geothermische Atlanten Grundaspekte der Geothermie in Maßstäben größer 1:500.000 ab (HURTER & HAENEL, 2002; HURTIG et al., 1992). Die hierfür benutzten Daten aus Österreich waren jedoch mit starken Unsicherheiten behaftet, zumal aufgrund des damaligen Fehlens einer einheitlichen geothermischen Datensammlung für Österreich teilweise unsichere Daten (z.B. thermische Untersuchungen in alpinen Seen) bzw. weit gestreute thermische Daten benutzt worden sind.

Abseits der internationalen geothermischen Atlanten wurden im TRANSENERGY Projektgebiet im Laufe der vergangenen 20 Jahre mehrere internationale Studien im Maßstab kleiner 1:500.000 durchgeführt (Abbildung 4). Im Rahmen der Studie DANREG wurden im Zeitraum 1987 bis 1997 in Zusammenarbeit der Länder Ungarn, Slowakei und Österreich unterschiedliche geowissenschaftliche Themenkarten erstellt, die in einem zusammenhängenden Kartenwerk publiziert wurden, welches die Region entlang der Donau zwischen Wien und Budapest abdeckt. Unter diesen Themenkarten befindet sich auch eine

Geothermische Potenzialkarte, siehe Abbildung 5 (KOLLMANN et al., 1998). Unter dem Begriff „Potenzial“ wurden maximal zu erwartende Thermalwassertemperaturen bis Erreichen des kristallinen Untergrunds der betroffenen Becken verstanden. Die Darstellung der maximal zu erwartenden Temperaturniveaus erfolgt in einem stark generalisierten 4-Farben Schema. In den Erläuterungen zur Geothermischen Potenzialkarte (REMSIK et al., 2000) werden zudem in einigen Teilregionen geothermische Potenziale angeführt, eine flächendeckende Quantifizierung des geothermischen Potenzials fehlt jedoch.



Oben:
Übersicht Projektgebiet inkl. Lage der Pilotgebiete, kombiniert mit den Bearbeitungsgebieten bereits abgeschlossener internationaler Studien.

Unten:
Verteilung benutzten, publizierbarer Tiefbohrungen und interpretierten seismischer Linien im Projektgebiet

Abbildung 4.
Überblick vorangegangener internationaler Studien und der Verteilung benutzter Tiefbohrungen und seismischer Linien im Projektgebiet.

Im Rahmen des von der EU-Interreg III finanzierten länderübergreifenden Projekts TRANSTHERMAL zwischen Österreich und Slowenien wurden im Zeitraum 2005 bis 2008 geothermische Karten für das Steirische Becken sowie den nordöstlichen Bereich von Slowenien erarbeitet (GOETZL et al., 2008).

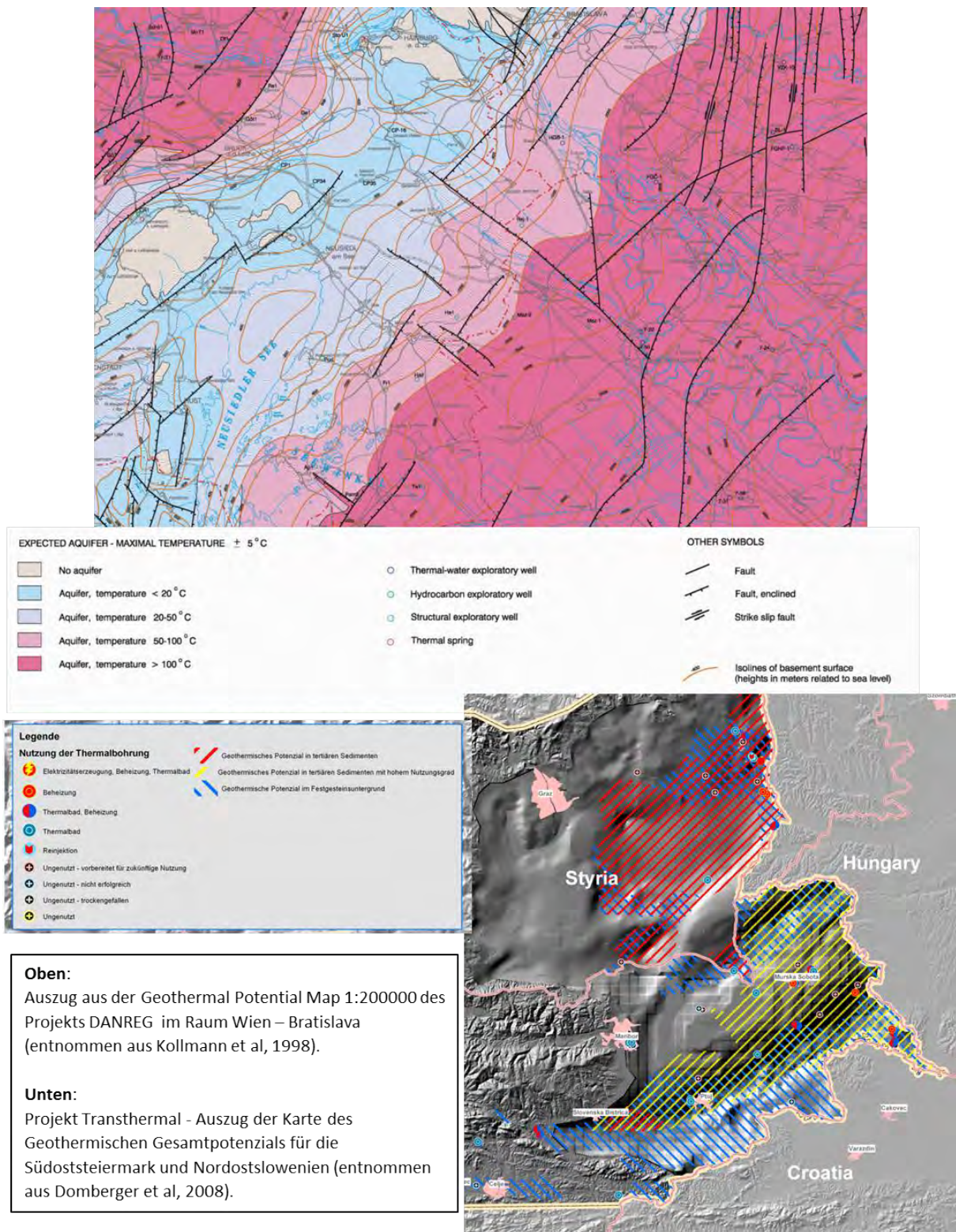


Abbildung 5.

Auszüge bestehender geothermischer Potenzialkarten im Projektgebiet, die im Rahmen der internationalen Forschungsstudien DANREG und TRANSTHERMAL erstellt worden sind.

Neben geothermischen Basiskarten (Wärmestrom sowie Temperaturverteilung in verschiedenen Tiefen) wurden auch qualitative geothermische Potenzialkarten kompiliert, die im Wesentlichen auf hydrogeologischen Gesichtspunkten unter Berücksichtigung der gegenwärtigen Nutzungsdichte beruhen (Abbildung 5).

Darüber hinaus wurde im Zeitraum 2009 bis 2011 die länderübergreifende Interreg III Studie T-JAM in Kooperation der Länder Ungarn und Slowenien durchgeführt (Abbildung 4). Der räumliche Fokus dieser geothermischen Potenzialstudie lag auf dem Mura-Zala Becken. Für dieses Gebiet wurden unter Vernachlässigung österreichischer Daten unter anderem Temperaturkarten und numerische hydraulische Modelle erstellt (siehe auch <http://en.t-jam.eu/project/>).

Im Bereich des österreichischen Anteils des TRANSENERGY Projektgebiets liegen mehrere nationale geothermische Studien mit zumeist lokalem bis regionalem Charakter vor. Im Bereich des Oststeirischen Beckens wurden auf Grundlage von Aufnahmen artesischer Brunnen (ZOJER, 1977; ZÖTL & ZOJER, 1979) Verteilungskarten der Tiefentemperatur (Teufe 1.000 Meter unter Gelände) sowie der geothermischen Tiefenstufe erstellt. Diese Karten spiegeln jedoch in erster Linie die oberflächennahen geothermischen Verhältnisse wider, zumal die maximale Tiefenlage der untersuchten artesischen Wasserhorizonte ca. 200 bis 300 m beträgt.

Im Bereich des Wiener Beckens liegen wiederum lokale bis regionale Temperaturkarten in unterschiedlichen Maßstäben, erstellt aus prozessierten Bohrlochtemperaturen der OMV AG vor (ZEKIRI, 2011; GMEINER, 1996; LEUTNER, 1990). Die erste Wärmestromkarte für das südliche und zentrale Wiener Becken wurde von GOETZL et al. (2010) publiziert. Vor Beginn der Studie TRANSENERGY standen jedoch noch keine flächendeckenden geothermischen Karten für das gesamte Wiener Becken inklusive slowakischer Anteil zur Verfügung.

Abschließend wird noch auf die zur Verfügung gestandene, frei publizierbare Datenlage in Form von Tiefbohrungen mit erhobenen Kenndaten zum geothermischen Regime eingegangen (Abbildung 4 unten). Aufgrund restriktiver Datenschutzbestimmungen liegt in Österreich nur eine geringe Anzahl publizierbarer Tiefbohrungen vor. Lediglich ca. 10% der projektintern erhobenen und untersuchten Tiefbohrungen, vorrangig zu Zwecken der Erdölexploration durchgeführt, dürfen publiziert werden. Dem gegenüber steht eine hohe Dichte an publizierbaren Tiefbohrungen in den ehemaligen Ostblockländern. Die Ursache hierfür liegt in dem Umstand, dass der Schwerpunkt der Tiefbohrstätigkeit in den Zeiten des Sozialismus liegt und die erhobenen Daten nach der politischen Wende in frei publizierbares Volkseigentum übergingen.

Es kann zusammengefasst werden, dass die zu Eingang der Studie TRANSENERGY bereits publizierten Karten und Modelle mit Ausnahme der internationalen, grobmaßstäblichen geothermischen Atlanten heterogene Inhalte und Datenquellen sowie nur lokalen bis regionalen Charakter aufwiesen.

Problemstellung und Lösungsansätze

Wie bereits in den vorangegangenen Abschnitten beschrieben, finden im TRANSENERGY Projektgebiet bereits intensive geothermische Nutzungen statt, die mittlerweile auch schon Spuren in Form von herabgesetzter Produktivität einzelner Thermalwasserreservoirs sowie

in Form von Umweltbelastungen in einigen Oberflächengerinnen hinterlassen haben. Die Ursachen hierfür liegen (i) in der fehlenden bilateralen oder multilateralen Harmonisierung in der geothermischen Bewirtschaftung grenzüberschreitender Reservoirs, (ii) im fehlenden Verständnis von Nutzern hinsichtlich der Sensitivität vieler Reservoirs hinsichtlich einer Überbeanspruchung sowie (iii) in nationalen, sowie internationalen Konflikten unterschiedlicher Nutzungen im Untergrund.

Um diesen Konfliktpotenzialen entgegenwirken zu können, wurden im Rahmen der Studie TRANSENERGY länderübergreifende Modelle über die geothermischen Verhältnisse im Untergrund erstellt, die auf harmonisierten Eingangsdaten sowie auf harmonisierten Ansätzen (siehe dazu auch das nachfolgende Kapitel) beruhen. Die sowohl statischen als auch dynamischen (numerischen) Modelle wurden bzw. werden in 2 unterschiedlichen Betrachtungsmaßstäben mit unterschiedlichen Inhalten und Herangehensweisen durchgeführt:

Im Rahmen von flächendeckenden überregionalen Modellen im Maßstab 1:500.000 werden die allgemeinen Rahmenbedingungen hinsichtlich der geothermischen Voraussetzungen und des gegenwärtigen Nutzungsgrads abgebildet. Hierauf basierend wurden in definierten Pilotgebieten (Abbildung 4) regionale Modelle im Maßstab 1:200.000 sowie 1:100.000 (Pilotgebiet Lutzmannsburg Zsira) erstellt, die einen detaillierten Einblick in geothermische Nutzungs- und Konfliktpotenziale erlauben. Sämtliche Pilotgebiete stellen Regionen mit relevanten geothermischen Nutzungskonflikten und dem Bedarf an einer harmonisierten und geordneten zukünftigen Thermalwasserbewirtschaftung dar. Zur Steigerung der Sensitivität der Öffentlichkeit hinsichtlich der Überbeanspruchung von geothermischen Ressourcen werden in diesen Pilotgebieten zudem „was wäre wenn“ Szenarien im Rahmen von gekoppelt thermisch-hydraulischen Simulationen durchgeführt. Die Verbreitung der erzielten Modelle erfolgt über ein projektspezifisches Web-Portal (<http://transenergy-eu.geologie.ac.at/>).

Die vorliegende Arbeit konzentriert sich in weiter Folge auf die Modellierungsarbeiten im überregionalen, flächendeckenden Maßstab.

Methodik und Vorgehensweise

Wie bereits im vorangegangenen Abschnitt erwähnt, werden im Rahmen der Studie TRANSENERGY geowissenschaftliche Modelle in zwei unterschiedlichen Betrachtungsmaßstäben (überregional 1:500.000 sowie regional in Pilotgebieten 1:200.000 bzw. 1:100.000). Des Weiteren wird zwischen statischen, initialen oder aktuellen Verhältnisse abbildende Modellen und dynamischen Szenariomodellen unterschieden. Die hierbei abzudeckenden, teilweise aufeinander aufbauenden Themenbereichen umspannen (a) den geologischen Aufbau des Untergrundes (Geologische Modelle), (b) die hydrogeologischen und hydraulischen Rahmenbedingungen (Hydrogeologische Modelle) sowie (c) die geothermischen Verhältnisse (Geothermische Modelle).

Die in Abbildung 6 angeführte Illustration beschreibt die allgemeine Herangehensweise, die eingesetzten Softwarepakete sind wiederum in Tabelle 1 angeführt.

In einem ersten Bearbeitungsschritt wurden flächendeckende Modelle der oben angeführten Themenfelder erstellt, die als 2D Karten und Schnitte ausgegeben worden sind

(Überregionale Modelle). Die Überregionalen Modelle dienen einerseits der allgemeinen Übersicht zu den geothermischen Voraussetzungen im Projektgebiet und wurden von nur einem jeweils verantwortlichen Partner erstellt. Darüber hinaus lieferten die Überregionalen Modelle wichtige Randbedingungen für die später erstellten Detailmodelle in den einzelnen Pilotgebieten.

Die geowissenschaftlichen Modelle in den Pilotgebieten wurden bereits vollständig in 3D entwickelt, besitzen aber weiterhin regionalen Charakter. Hierbei wird jedoch bereits auf die jeweils gebietsspezifischen Fragestellungen (z.B. geothermische Nutzungspotenziale im Wiener Becken) eingegangen. Die Erstellung der Modelle oblag in den verschiedenen Pilotgebieten bereits unterschiedlichen Partnern, die auf Grundlage eines harmonisierten Datensatzes teilweise unterschiedliche Ansätze und Softwarepakete benutzten. Die erstellten geowissenschaftlichen Detailmodelle umfassten vertiefende geologische Modelle, die auf einer Erweiterung der überregionalen Modelle beruhten. Darüber hinaus wurden geothermische Modelle errechnet, die sich aus einer stationär durchzuführenden thermisch-hydraulischen Modellrechnung ergaben. Die thermischen Randbedingungen (Wärmefluss und thermische Gesteinsparameter) sowie die hydraulischen Randbedingungen (Recharge- und Discharge Gebiete, hydraulische Gesteinseigenschaften) wurden den überregionalen Modellen entnommen.

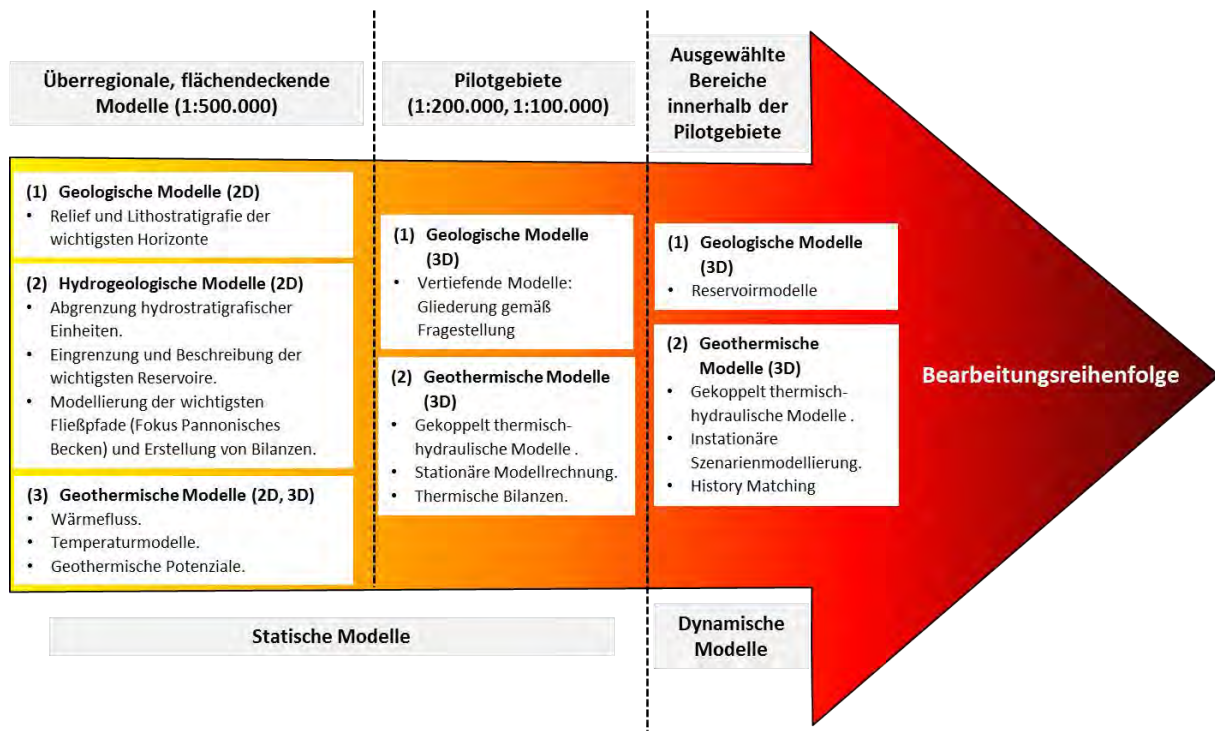


Abbildung 6.

Allgemeine Vorgehensweise in der Erstellung geowissenschaftlicher Modelle im Rahmen der Studie TRANSENERGY.

In einem abschließenden Bearbeitungsschritt der Studie TRANSENERGY werden auf Grundlage der regionalen Modelle in den unterschiedlichen Pilotgebieten Szenarien Modellierungen vorgenommen. Hierzu werden in ausgewählten Reservoirs innerhalb der Pilotgebiete Lokalmmodelle erstellt, die im Wesentlichen die jeweiligen Thermalwasserreservoirs und deren angrenzenden Einheiten umfassen. Im Rahmen zeitabhängiger (transienter) gekoppelt thermisch-hydraulischer Simulationen die

Auswirkungen geothermischer Nutzungen prognostiziert. In Gebieten mit bereits nachweisbarer Herabsetzung der Produktivität wird zu Kalibrierungszwecken auch „History Matching“ durchgeführt. Der Fokus der Szenarien Modellierung liegt auf der Anwendung von geothermischen Dubletten zur Regenerierung intensiv genutzter Reservoirs und für eine nachhaltige Bewirtschaftung.

Ein wesentlicher Aspekt der gewählten Projektstrategie bestand in möglichst harmonisierten und interoperablen Anwendung von Softwarepaketen zur Erstellung der geowissenschaftlichen Modelle. Zu diesem Zweck war ursprünglich vorgesehen, idente Softwarepakete anzuwenden. Dies konnte jedoch aus finanziellen und organisatorischen Gründen nur im Fall der geothermischen Modellierung durch gemeinschaftliche Anwendung der Finiten Elemente Softwarepaket FEFLOW™ realisiert werden. Um Datensätze zwischen den Partnern austauschen zu können wurden in weiterer Folge Softwarepakete benutzt, die in der Lage waren Datensätze in Esri Datenformate (*.shp oder *.flt) bzw. in ASCII Textformate zu exportieren (Tabelle 1).

Themenfeld	Überregionale Modelle	Pilotgebiete und Szenarien Modellierung
Geologische Modelle	<ul style="list-style-type: none">▪ Jewel Suite™ (HU)▪ Esri ArcGIS (HU)	<ul style="list-style-type: none">▪ Jewel Suite™ (HU, SLO)▪ Esri ArcGIS (HU, AT)▪ GOCAD (AT)
Hydrogeologische Modelle	<ul style="list-style-type: none">▪ MODFLOW™ (HU)	Siehe „Geothermische Modelle“
Geothermische Modelle	<ul style="list-style-type: none">▪ Surfer™ (2D Interpolation, AT, HU)▪ Comsol Multiphysics™ (Hintergrund Wärmefluss, HU)	<ul style="list-style-type: none">▪ FEFLOW™ (AT, HU, SLO, SK)▪ MODFLOW™ (SK, HU)▪ Comsol Multiphysics™ (AT)

Tabelle 1.
Übersicht der angewendeten Softwarepakete für die Erstellung der geowissenschaftlichen Modelle.

Auf die speziell angewendeten Berechnungs- und Modellierungsansätze wird aus Gründen der Übersicht im nachfolgenden Kapitel eingegangen.

Ergebnisse

Im folgenden Kapitel werden die bislang erarbeiteten geowissenschaftlichen Modelle exemplarisch vorgestellt. Sämtliche Ergebnisse können auf dem projektspezifischen Web-Portal (<http://transenergy-eu.geologie.ac.at>) sowohl in analoger Berichtsform als auch als interaktiver GIS Datenlayer eingesehen werden.

Überregionale geologische Modelle

Die flächendeckend für das gesamte Projektgebiet erstellten überregionalen geologischen Modelle dienen als geometrischer Rahmen für die nachfolgend erstellten hydrogeologischen und geothermischen Modelle. Ausgangspunkt der geologischen Modelle bildet eine vereinheitlichte Legende, die im Rahmen des Projekts TRANSENERGY auf Grundlage der

Geologischen Karte der Westkarpaten (LEXA et al., 2000), der DANREG Kartensammlung (PISTOTNIK et al., 2000) und auf den Ergebnissen des Projekts T-JAM (FODOR et al., 2011). Die neu kompilierte Legende umfasst 197 Legendeneinträge, die sich auf neun hydrostratigrafische Haupteinheiten bezieht (Tabelle 2). Es ist an dieser Stelle anzumerken, dass bei der Gliederung der Haupthorizonte tektonische Merkmale teilweise vernachlässigt worden sind. Dies äußert sich beispielsweise in der Abbildung der nur in Ungarn bedeutsamen Basis Senonium (Oberkreide – Santonium), zumal im Senonium im Untergrund des Pannonischen Beckens im Gegensatz zu den übrigen Regionen des Projektgebiets relevante Reservoire ausgebildet sind.

Im Allgemeinen ist zu erwähnen, dass die sich die erstellten geologischen Modelle jeweils auf die Basis der darüber befindlichen hydrostratigrafischen Haupteinheit beziehen. So zeigt zum Beispiel die Karte der Basis Sarmatium die liegenden hydrostratigrafischen Einheiten der darunter folgenden Zeitstufen. Die Untergliederung des Top Sarmatium ist in diesem Beispiel hingegen der Karte Basis Unterpannonium zu entnehmen.

Hydrostratigrafische Haupteinheit	Modellierte und interpretierte Horizonte (Kartenbeilage)
Holozäne bis pleistozäne Alluvia und quartäre Ablagerungen im Allgemeinen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geologische Karte der Oberfläche 1:200.000 (Beilage 1.1)
Oberpannonium	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Relief Basis Oberpannonium 1:500.000 (Beilage 1.2) ▪ Hydrostratigrafische Gliederung Oberpannonium 1:500.000 (Beilage 1.3)
Unterpannonium	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Relief Basis Unterpannonium 1:500.000 (Beilage 1.4) ▪ Hydrostratigrafische Gliederung Unterpannonium 1:500.000 (Beilage 1.5)
Sarmatium	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Relief Basis Sarmatium 1:500.000 (Beilage 1.6) ▪ Hydrostratigrafische Gliederung Sarmatium 1:500.000 (Beilage 1.7)
Badenium	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Relief Basis Badenium 1:500.000 (Beilage 1.8) ▪ Hydrostratigrafische Gliederung Badenium 1:500.000 (Beilage 1.9)
Prä-Badenium (Karpatum – Eggenburgium)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Relief Basis Prä-Badenium 1:500.000 (Beilage 1.10) ▪ Hydrostratigrafische Gliederung Prä-Badenium 1:500.000 (Beilage 1.11)
Paläogen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Relief Basis Paläogen 1:500.000 (Beilage 1.12) ▪ Hydrostratigrafische Gliederung Paläogen-Badenium 1:500.000 (Beilage 1.13)
Beckenuntergrund 1 (Oberkreide - Paläozoikum)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Relief Basis Tertiär 1:500.000 (Beilage 1.14) ▪ Hydrostratigrafische Gliederung Prätertiär 1:500.000 (Beilage 1.15)
Beckenuntergrund 2 (Ungarn) (Unterkreide – Paläozoikum)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Relief Basis Senonium 1:500.000 (Beilage 1.16) ▪ Hydrostratigrafische Gliederung Prä-Senonium 1:500.000 (Beilage 1.17)

Tabelle 2.
 Übersicht der hydrostratigrafischen Haupthorizonte und der darauf beziehenden modellierten Karten.

Die Datengrundlage der modellierten geologischen Horizonte stellten im ungarischen, slowenischen und slowakischen Projektgebiet neu interpretierte seismische Linien, zuvor harmonisierte Formationskontakte in Bohrungen sowie harmonisierte geologische Karten und Profilschnitte dar (Abbildung 4, unten). Die Eingangsdaten wurden anschließend in Esri ArcGIS™ und Jewel Suite™ durch den ungarischen Partner verarbeitet. Aus Datenschutzgründen wurde in Österreich eine andere Vorgehensweise gewählt. Eingangsdaten in Form von harmonisierten Formationskontakten in Bohrungen sowie geologische Karten und Schnitte wurden von der Geologischen Bundesanstalt mit Hilfe des Softwarepakets GOCAD™ zu Reliefmodellen interpoliert und anschließend dem ungarischen Partner (MFGI – Geologischer Dienst Ungarns) zur Implementierung in das Gesamtmodell in Form von Esri Datensätzen übergeben. Dies führte schließlich zu dreidimensionalen Teppichmodellen der Haupthorizonte, die abschließend hinsichtlich der Verbreitung der einzelnen hydrostratigrafischen Typen interpretiert und als zweidimensionale Karten ausgegeben wurden.

Die erarbeiteten geologischen Modelle werden im Nachfolgenden am Beispiel der Karte des prätertiären Beckenuntergrundes (Beilage 1.14, Abbildung 7) und anhand von 2 geologischen Schnitten durch das Projektgebiet (Beilage 1.18, Abbildung 8) vorgestellt:

Die Karte des prätertiären Untergrundes im Projektgebiet liefert einen groben Überblick der Verteilung der gemäß hydrostratigrafischen Gesichtspunkten interpretierten und harmonisierten Einheiten im Projektgebiet im Maßstab 1:500.000. Die zu Grunde liegende vereinheitlichte Legende benutzt eine sehr generalisierte tektonische Gliederung bestehend aus den Hauptelementen **(1) Einheiten der Böhmisches Masse** (Autochthoner Untergrund des Molassebeckens und Kristallin der Böhmisches Masse), **(2) Allochthone Ozeanische Ablagerungen** (Waschbergzone, Helvetikum, Penninikum: Flyschzone und Rechnitzer Fenster), **(3) Einheiten der ALCAPA Mikroplatte** (kristalline und sedimentäre Einheiten des Austroalpins, des Tatrikums, des Transdanubischen Gebirgszuges und der Karawanken), **(4) Südalpine Einheiten und Dinariden** in untergeordneter Verbreitung sowie **(5) Vulkanite und subvulkanische Plutonite**. Die Einheiten der ALCAPA Mikroplatte (3) besitzen jedoch die weiträumigste Verbreitung im Projektgebiet sowie die größte Variationsbreite an unterschiedlichen Formationen.

Ein wesentlicher Anteil des prätertiären Beckenuntergrundes wird von dichten kristallinen- (Austroalpines Kristallin, Index: *Pz_Azr*) und metamorphen Einheiten (Bük Formation und Grazer Paläozoikum in phyllitischer Ausbildung, Index: *Dmb* und *SD_G* sowie penninische Einheiten des Rechnitzer Fensters, Index: *JK1_Pe*) bedeckt. In diesem Areal sind Thermalwasserreservoire ausschließlich auf die neogene Beckenfüllung des Pannonischen Beckens beschränkt. Die Ausnahme bilden hydraulisch leitfähige Karbonate des Grazer Paläozoikums (Blumau Formation – *SD_BI*, Schöckelkalk Serie – nicht untergliedert in *DmB*). Der kristalline Sockel des Austroalpins und Tatrikums besitzt eine Südwest – Nordost streichende Hochzone mit Ausbissen im Bereich des Semmeringgebiets – Leithagebirges - Soproner Berge und Hainburger Berge. Sein Einfallen ist nach Südost moderat und nach Nordwest steil bis überkippt und entlang eines bis zu 50 km breiten Streifen liegen tertiäre Ablagerungen direkt auf kristallinem Grundgebirge, ehe der kristalline Sockel im Nordosten des Projektgebiets abrupt entlang einer tektonischen Störung abgesenkt wird und wiederum mesozoische Sedimenthüllen vorhanden sind (Abbildung 8). Die Struktur des kristallinen Sockels führt zu unterschiedlich ausgeprägten prätertiären Sedimentschichten des

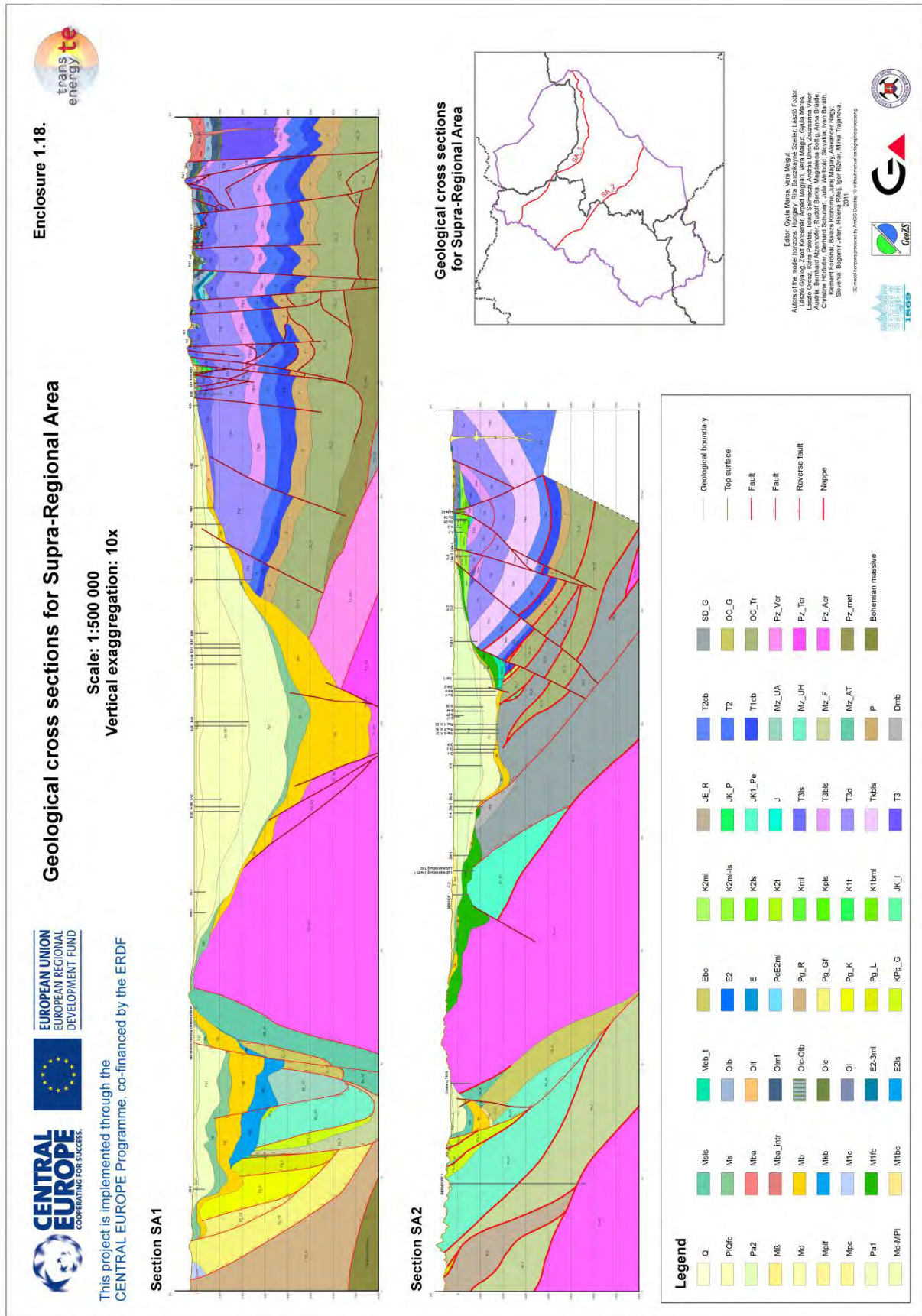


Abbildung 8.
 Beilage 1.18: Geologische Profilschnitte durch das Projektgebiet.

Areale nördlich des kristallinen Sockels:

Im Bereich des Oberostalpins im Wiener Becken bilden die obertriassischen und mitteltriassischen Karbonate des Bajuvarikums (*Mz_F*), Tirolikums (*Mz_UH*) und Juvavikums (*Mz_UA*) die wichtigsten Reservoirs. Sie besitzen zudem besondere Bedeutung, da sie sich grenzüberschreitend in den slowakischen Anteil des Wiener Beckens fortsetzen (Fatric Einheit *Mz_F* oder Hronic Einheit *Mz_UH*). Am Südrand des Wiener Beckens bilden hydraulisch leitfähige Karbonate (Muschelkalk Fazies) der sedimentären Hülle der Flanken des kristallinen Sockels (Austroalpin – Tatrikum, *Mz_AT*) lokal bis regional bedeutende Reservoirs aus. Auch diese Einheiten setzen sich in slowakisches Gebiet fort (Veporic Einheit *Mz-V*). Dort bedecken sie im Nordosten des Projektgebiets vollständig den abgesunkenen kristallinen Sockel.

Areale innerhalb des kristallinen Sockels:

Wie bereits angesprochen weisen, paläozoische Karbonate im Untergrund des Steirischen Beckens (*SD_BI*, *DmB*) relevante Thermalwasseraquifere auf. Eine Sonderstellung nehmen autochtone mesozoische Karbonate im Raum Bad Radkersburg – Hodos ein (*Pz-Mz*). Die tektonische Zuordnung sowie deren tatsächliche Ausbreitung sind aufgrund fehlender Daten nicht restlos geklärt. Sie sind primär an Grabenstrukturen gebunden und werden nach Osten durch mächtige Abschiebungen unterbrochen.

Areale südlich des kristallinen Sockels:

Die Areale südlich des kristallinen Sockels liegen größtenteils auf ungarischem Staatsgebiet. Slowenien besitzt geringe Anteile am südlichen Rand des Projektgebiets.

Im Bereich des Untergrunds des Pannonischen Beckens (Transdanubisches Gebirge) sind folgende Formationen vom Hangenden ins Liegende folgend von Relevanz:

Trias der ALCAPA Mikroplatte: Karbonate Untertrias bis Mitteltrias (z.B. Aszófő Dolomit, Iszkahegy Kalk oder Megyehegy Dolomit: *Tacb*); Karbonate der Obertrias (z.B. Hauptdolomit, Sédvölgy Dolomit - *T3d* und Dachstein-Kardosrét Kalk – *T3ls*)

Kreide bis Jura der ALCAPA Mikroplatte: Senonium (Ugod Kalkstein – *K2ls*)

Trias des Südalpins / Dinariden: Mitteltriassische Karbonate (*T23_SKcb*)

Generell ist anzumerken, dass der Beckenuntergrund des südlichen Areals gebietsweise tektonisch stark beansprucht und als Folge von Blattverschiebungen zergliedert ist. Unter Berücksichtigung ihrer räumlichen Verbreitung und Mächtigkeit stellen Karbonate des Senonium und der Obertrias die wichtigsten Thermalwasserreservoirs des Beckenuntergrundes dar.

Überregionale geothermische Modelle

Wie bereits in der vorliegenden Arbeit erwähnt, dienen die überregionalen geothermischen Modelle neben der Lieferung von thermischen Randbedingungen für die regionalen geothermischen Modelle in den Pilotgebieten der Schaffung eines Überblicks über die geothermischen Voraussetzungen und Nutzungspotenziale im Projektgebiet. Hierbei sollen generell hoffige Gebiete von ungeeigneten Gebieten unterschieden werden.

Im Zuge des Aufbaus überregionaler geothermischer Modelle wurden insgesamt 16 Karten im Maßstab 1:500.000 erarbeitet, die den Themengruppen *Wärmefluss – Temperaturverteilung in verschiedenen Tiefen – Tiefenkarten verschiedener Temperaturniveaus* sowie der Themengruppe *Potenzial- und Ressourcenkarten* zuzuordnen sind (Tabelle 3).

Themengruppe	Titel und Karteninhalt
Wärmefluss	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Karte der terrestrischen Wärmeflussdichte
Temperaturverteilungen in verschiedenen Teufen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Temperaturverteilung in einer Teufe von 1.000 Meter u. GOK ▪ Temperaturverteilung in einer Teufe von 2.500 Meter u. GOK ▪ Temperaturverteilung in einer Teufe von 5.000 Meter u. GOK
Teufenverteilungskarten verschiedener Temperaturniveaus	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Teufenverteilung der 50°C Isotherme ▪ Teufenverteilung der 100°C Isotherme ▪ Teufenverteilung der 150°C Isotherme
Potenzial- und Ressourcenkarten	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Heat in Place in sedimentären Beckenfüllungen ▪ Heat in Place in den obersten 50 Metern des Beckenuntergrundes ▪ Heat in Place in den obersten 5 km der Erdkruste ▪ Heat in Place in den obersten 7 km der Erdkruste ▪ Identifizierte geothermische Ressourcen in sedimentären Beckenfüllungen ▪ Identifizierte geothermische Ressourcen in den obersten 50 Metern des Beckenuntergrundes ▪ Identifizierte geothermische Ressourcen in den obersten 5 km der Erdkruste ▪ Identifizierte geothermische Ressourcen in den obersten 7 km der Erdkruste

Tabelle 3.
 Übersicht der erarbeiteten geothermischen Karten.

Die Grundlage der erarbeiteten Karten bildete vorrangig die 2D und 3D Interpolation zuvor harmonisierter thermischer Eingangsdaten mit Hilfe der Softwarepakete Surfer™ (2D) und Comsol Multiphysics™. Zu diesem Zweck wurden die aus Temperaturmessungen in Tiefbohrungen gewonnen geothermischen Kenndaten gemäß einheitlicher Prozessingstandards aufbereitet. Diese beruhten innerhalb der unterschiedlichen Bohrungen auf Inter- und Extrapolationsmethoden gemäß dem Wärmeleitungsgesetzes (Fourier Gesetz) oder der empirischen Intervall Methode (berücksichtigt bei der Interpolation auch implizit Wärmetransport durch Konvektion).

Die Potenzialgröße „Heat in Place“ (gespeicherter Wärmeinhalt) gibt den in einem Gebirgsblock enthaltenen flächenspezifischen Wärmeinhalt (Einheit J/m²) wieder und ist als physikalische Begrenzung des maximal entziehbaren Wärmeinhalts³ zu verstehen. Die Ressourcenkennzeichnende Größe „Identifizierte Geothermische Ressourcen“ ergibt sich

³ Es ist technisch nicht möglich den gesamten Wärmeinhalt eines Gebirgsblocks auf eine technische Referenztemperatur abzukühlen, da der primäre Wärmeentzug im Untergrund über Wärmeleitung erfolgt und dies einen sehr langsamen Prozess darstellt.

aus dem Produkt aus Heat in Place und einem technischen Gewinnungsfaktor⁴. Dieser Gewinnungsfaktor wurde im Zuge der überregionalen Modelle einheitlich auf 0.33 gesetzt, welcher gemäß HURTER & HAENEL (2002) als erste Abschätzung der Effizienz geothermischer Dubletten benutzt werden kann.

Im nachfolgenden werden wiederum exemplarisch die Karten „Tiefe der 100°C Isotherme“ (Abbildung 9), „Identifizierte geothermische Ressourcen in sedimentären Beckenfüllungen“ (Abbildung 10) sowie „Identifizierte geothermische Ressourcen in den obersten 5 km der Erdkruste“ (Abbildung 11) vorgestellt:

Karte der Tiefe der 100°C Isotherme

Die Teufenverteilungskarte der 100°C Isotherme wurde mittels 3D Interpolation aus den Temperaturverteilungskarten in verschiedenen Tiefen berechnet. Sie dient dazu eine Übersicht der unterschiedlichen Explorationstiefen zum Erreichen von Formationstemperaturen von mindestens 100°C zu vermitteln. Dieses Temperaturniveau kann als kritisches Niveau zur geothermischen Stromproduktion mittels binärer Zyklen (z.B. ORC Prozess) angesehen werden. Die Tiefe der 100°C Isotherme schwankt im Projektgebiet im Wertebereich von 1.500 bis 5.000 Meter unter Gelände (Variationsbreite Faktor 3). Da Bohrkosten einen erheblichen Anteil der Investitionskosten einer geothermischen Anlage darstellen und diese nichtlinear mit der Tiefe zunehmen, liefert die Verteilungskarte der 100°C Isotherme bereits wichtige Hinweise auf Gebiete mit wirtschaftlich günstigen Voraussetzungen für geothermische Anwendungen. Die günstigsten Gebiete liegen hierbei einerseits in den südlichen Arealen des Projektgebiets (Zala Becken, Steirisches Becken). Ungünstige Bereiche sind hingegen entlang der Abstiegswege meteorischer Wässer im Bereich des Transdanubischen Gebirgszuges sowie am Ostrand der Alpen gegeben.

Karte der Tiefe der identifizierten geothermischen Ressourcen in den sedimentären Beckenfüllungen

Die identifizierten geothermischen Ressourcen korrelieren mit dem gespeicherten Wärmehalt (Heat in Place), welcher wiederum mit der Mächtigkeit der Sedimentbecken und deren lithologischem Aufbau korreliert (Gesteinsparameter: Wärmeleitfähigkeit und effektive Porosität). Das Niveau der geothermischen Ressourcen wird wiederum von der angenommenen technischen Referenztemperatur (hier 25°C) bestimmt, wobei der Rechnung zu Grunde liegt, dass das Reservoir sukzessive auf die technische Referenztemperatur abgekühlt wird. Aufgrund der anzutreffenden Beckenstruktur sind die größten geothermischen Ressourcen in den Depozentren des Wiener Beckens und Donau Beckens sowie in den Grabenstrukturen des Mura-Zala Beckens zu erwarten. Aufgrund der enormen Tiefe des Donau Beckens (Profilschnitt Abbildung 8) sind die höchsten Ressourcen im Raum Győr berechnet worden. Es ist jedoch an dieser Stelle kritisch anzumerken, dass die Verbreitung von vermuteten und nachgewiesenen Thermalwasservorkommen in dieser hypothetischen Ressourcenkarte nicht berücksichtigt worden ist. Es ist daher von maximal möglichen geothermischen Ressourcen zu sprechen.

⁴ Der Gewinnungsfaktor 1 bedeutet, 100% des Wärmehalts kann genutzt werden.

Karte der Tiefe der identifizierten geothermischen Ressourcen in obersten 5 km der Erdkruste

Betrachtet man die Ressourcenkarte der obersten 5 km der Erdkruste, so ergibt sich ein differenziertes Bild, zumal in dieser Berechnungsweise sowohl sedimentäre Beckenfüllungen, als auch der prätertiäre Beckenuntergrund berücksichtigt worden ist. Ähnlich der Teufenkarte der 100°C Isotherme befinden sich die höffigsten Gebiete in dieser Darstellung im Bereich des Mura-Zala Beckens, des Steirischen Beckens sowie im Raum Heviz und Győr.

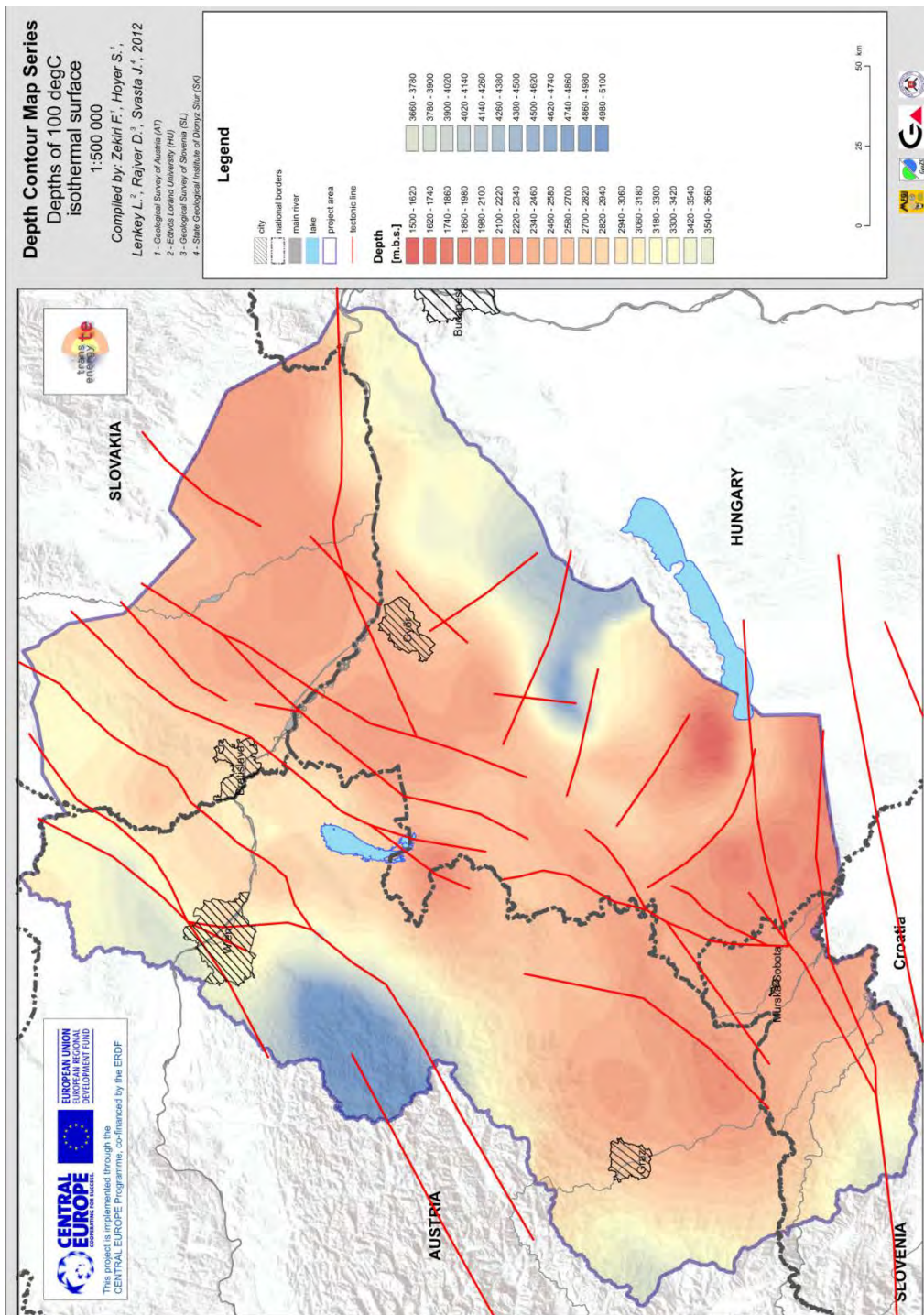


Abbildung 9.
Tiefe der 100°C Isotherme im TRANSENERGY Projektgebiet.

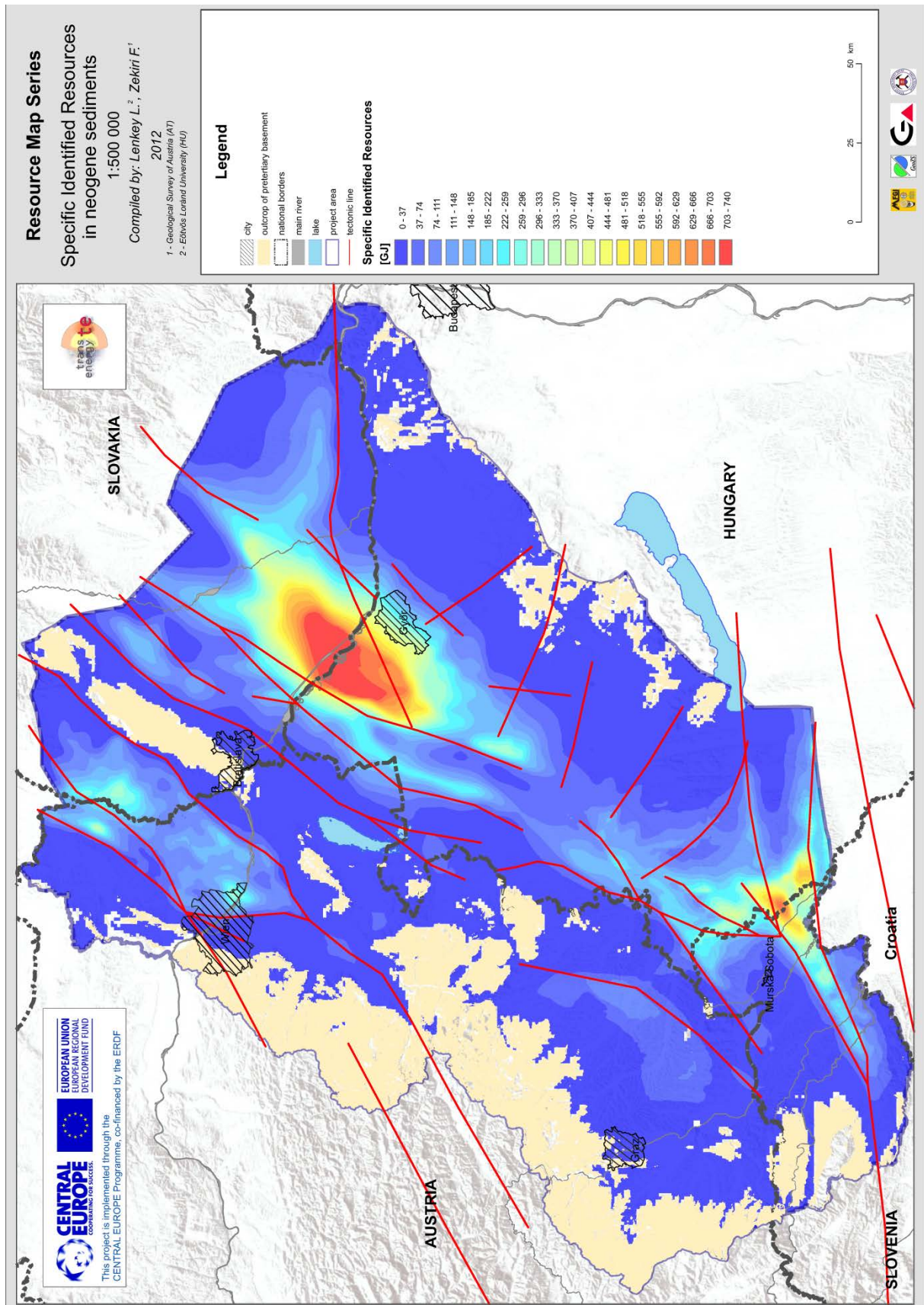


Abbildung 10.
 Karte der identifizierten geothermischen Ressourcen in den tertiären Beckenfüllungen.

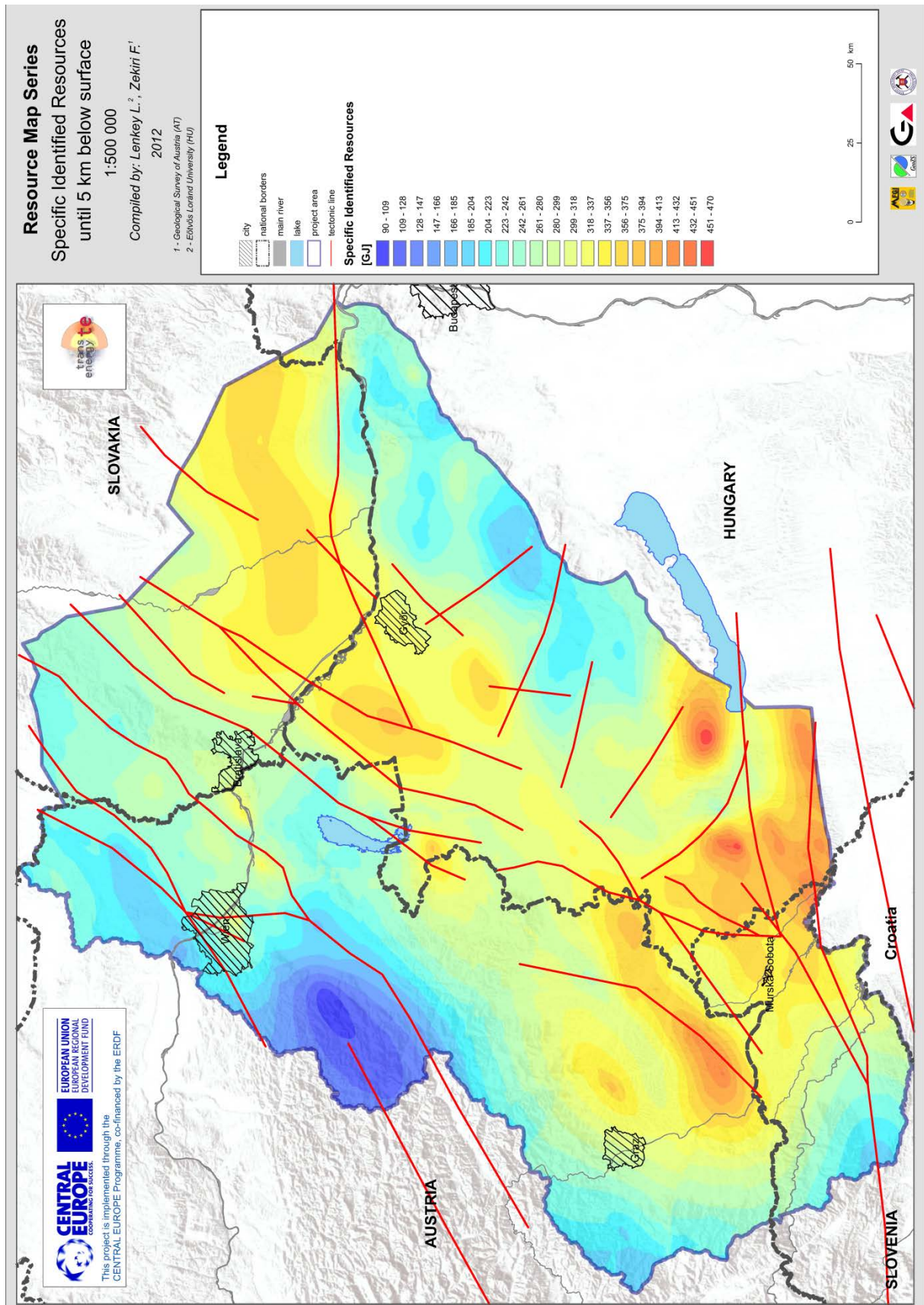


Abbildung 11.
 Karte der identifizierten geothermischen Ressourcen in den obersten 5 km des Untergrundes.

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die im Rahmen der Studie TRANSENERGY erstellten bzw. noch abzuschließenden geowissenschaftlichen Modelle dienen einer zukünftig möglichst national bzw. bilateral abgestimmten, nachhaltigen Bewirtschaftung der im Projektgebiet vorhandenen Thermalwässer. Dies wird erreicht durch:

- Abbildung der geothermischen Voraussetzungen und Nutzungspotenziale.
- Quantifizierung von Ressourcen.
- Abbildung und Bilanzierung der vorhandenen Thermalwässer.
- Ausweisung von Gebieten mit Nutzungs- und Konfliktpotenzialen.
- Steigerung der Verständnis von Nutzern, potenziellen Investoren und der interessierten Öffentlichkeit hinsichtlich der Begrenztheit der Ressource Thermalwasser durch „was wäre wenn“ Szenarien Modellierungen.

Der Aufbau der geowissenschaftlichen Modelle erfolgt in zwei unterschiedlichen Bearbeitungsmaßstäben: In einem überregionalen, flächendeckenden Maßstab von 1:200.000 und 1:500.000 (Überregionale Modelle) sowie in einem lokalen bis regionalen Maßstab (max. 1:200.000) in ausgewählten Pilotgebieten, in denen Anwendungs- aber auch Konfliktpotenziale gegeben sind (Regionalmodelle und Szenarienmodelle). Die geowissenschaftlichen Modelle umfassen hierbei die Themengebiete Geologie, Hydrogeologie und Geothermie.

Die Verbreitung der erzielten Modelle erfolgt hierbei in Form von analogen Karten und interaktiven Datenlayern auf einem projektspezifischen Web-Portal, welches unter der Adresse <http://transenergy-eu.geologie.ac.at> erreicht werden kann.

Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Arbeit sind die überregionalen geowissenschaftlichen Modelle weitgehend abgeschlossen, die lokalen bis regionalen Modelle gegenwärtig in Bearbeitung. Im Rahmen dieser Arbeit wurden geologische und geothermische Modelle vorgestellt.

Die geologischen Modelle wurden am Beispiel einer harmonisierten geologischen Karte des prätertiären Beckenuntergrundes sowie am Beispiel von 2 Profilschnitten durch das Projektgebiet vorgestellt. Beide Modelle liefern einen guten Überblick der Verbreitung Thermalwasser höffiger Formationen, durch die Harmonisierung internationaler Daten konnte zudem die Verbreitung länderübergreifender Reservoire, wie zum Beispiel die mesozoischen Karbonatzüge im Raum Bad Radkersburg – Hodos aktualisiert werden. Aufgrund des gewählten überregionalen Maßstabes ist eine detaillierte Ausweisung einzelner Thermalwasserkörper jedoch nicht möglich. Zudem ist die Kombination aus Bezugsniveau der Basis eines hangenden Schichtkomplexes mit der lithostratigrafischen Gliederung am Top des liegenden Schichtkomplexes eingangs verwirrend. Es ist an dieser Stelle anzumerken, dass sich die gewählte Darstellungsweise jedoch bei der interaktiven Darstellung der vorhandenen Layer in Web-basierten GIS Systemen jedoch bewährt.

Die vorgestellten geothermischen Modelle dienen vor allem der Ausweisung von Höffigkeitsgebieten geothermischer Nutzungen (z.B. Tiefenlage der 100°C Isotherme). Aus ressourcentechnischen Gründen musste sich die Berechnung der geothermischen Ressourcenkarten auf stark generalisierten Annahmen (einheitlicher technischer Gewinnungsfaktor) beschränken. Die erzielten Kenngrößen sind in diesem Zusammenhang

als maximal zu erwartende Obergrenzen zu verstehen. Weitere Verbesserungen der räumlichen Aussagekraft sind durch Verschneidung der Ressourcenkarten mit den geologischen Karten des Untergrundes zu erzielen – auch dies ist in den Web-basierten GIS Anwendungen des projektspezifischen Portals möglich.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass durch die Studie TRANSENERGY erstmals harmonisierte Datensätze und Modelle des Westpanonischen Raum durch Einbezug aller räumlich involvierten Staaten (Österreich, Ungarn, Slowakei und Slowenien) vorliegen.

Quellen

- ÁRPÁSI, M. (2003): Geothermal development in Hungary – country update report 2000–2002. – *Geothermics*, **32**, 371–377, Amsterdam.
- DOMBERGER, G., LAPANJE, A. & POLTNIG W. (2008): Geothermisches Potenzial (Festgesteinsuntergrund). – Endbericht der Studie Transthermal, Beilage 14, Geol. B.-A, Wien.
- FENDEK, M. & FENDEKOVA, M. (2010): Country Update of the Slovak Republic. – Proceedings of the World Geothermal Congress 25.–29. April 2010, Bali, Indonesia.
- FODOR, L., UHRIN, A., PALOTÁS, K., SELMECZI, I., NÁDOR, A., TÓTH-MAKK, Á., SCHAREK, P., RIŽNAR, I. & TRAJANOVA, M. (2011): Geological conceptual model within the framework of project T-JAM – Screening of the geothermal utilization, evaluation of the thermal groundwater bodies and preparation of the joint aquifer management plan in the Mura-Zala basin. – 70 p., Ljubljana – Budapest.
- GOETZL, G., LIPIARSKI, P., LETOUZÉ, G., LAPANJE, A., RAJVER, D., RMAN, N., HRIBERNIK, K., BUDKOVIC, T., DOMBERGER, G., POLTNIG, W., BAEK, R. & SUETTE, G. (2008): Transthermal – Trans-Border Geothermal Potential Study between Austria and Slovenia. – *IGA News, Newsletter of the International Geothermal Association*, **73**, 3–5, Reykjavik.
- GOETZL, G., FABER, R., JANDA, C., SCHUBERT, G. & ZEKIRI, F. (2010): Coupled geothermal – hydraulic 3D modeling of the Southern Vienna Basin. A state of the art decision planning tool for sustainable hydrothermal exploitation inside an environment of sensitive hydraulic circulation systems. – Proceedings World Geothermal Congress 2010, Bali, Indonesia, 25.–29. April 2010.
- GMEINER, B. (1996): Korrekturverfahren in der Geothermie an den Beispielen von IR-Oberflächentemperaturen und Bohrlochtemperaturmessungen. – Univ. Diss., Wien.
- GOLDBRUNNER, J. (2005): Bad Blumau (Styria, Austria) – The success story of combined use of geothermal energy. – *GHC Bulletin*, June 2005; p 27–30.
- GOLDBRUNNER, J. (2010): Austria – Country Update. – Proceedings World Geothermal Congress 2010, Bali, Indonesia, 25.–29. April 2010.
- HURTIG, E., CERMÁK, V., HAENEL, R. & ZUI, V. (Eds.) (1992): *Geothermal Atlas of Europe*, Gotha.

- HURTER, S. & HAENEL, R. (Eds.) (2002): Atlas of the geothermal resources in Europe. – Luxemburg, Office for Official Publications of the European Communities.
- KOLLMANN, W.F.H., ROTAR-SZALKAI, A., RERNSIK, A. & KOLLMANN, W.F.H. (Ed) (1998): Danube Region Environmental Geology Programme (DANREG): Danube Region Vienna – Bratislava – Budapest: Geothermal Potential Map 1:200.000. – MAFI, Polestar, Budapest.
- KOVAC, M., ZLINSKA, A., HALASOVA, E., HOLCOVA, K. & HUDACKOVA, N. (2000): Neogene sequence stratigraphy of the Western Carpathian Basins. – Mitt. Ges. d. Geologie- und Bergbaustud. in Österr., **43**, 75, Wien.
- LENKEY, L. (1999): Geothermics of the Pannonian Basin and its Bearing on the Tectonics of Basin Evolution. – Department of Sedimentary Geology, Faculty of Earth Sciences, University of Amsterdam; printed by FEBO, Enschede.
- LENKEY, L., DÖVÉNYI, P., HORVÁTH, F. & CLOETINGH, S.A.P.L. (2002): Geothermics of the Pannonian basin and its bearing on the Neotectonics. – EGU Stephan Mueller Special Publication Series, **3**, 29–40, European Geosciences Union.
- LEUTNER, M. (1990): Die Temperaturverteilung im Neogen des Wiener Beckens und dessen Untergrund. – Diplomarbeit, Montanuniversität Leoben.
- LEXA, J., BEZÁK, V., ELEČKO, M., MELLO, J., POLÁK, M., POTFAJ, M. & VOZÁR, J. (Eds.) (2000): Geological map of Western Carpathians and adjacent areas 1:500.000. – Geological Survey of Slovak Republic, Bratislava.
- PISTOTNIK, J., PRISTAS, J., ELECKO, M., KONECNY, V., VASS, D., VOZAR, J. & CSÁSZÁR, G., (Ed.) (2000): Surface Geological Map – Jb. Geol. B.-A., **142**, 421–445, Wien.
- RAJVER, D., LAPANJE, A. & RMAN, N. (2010): Geothermal Development in Slovenia: Country Update Report 2005–2009. – Proceedings World Geothermal Congress 2010, Bali, Indonesia, 25–29 April 2010.
- REMSIK, A., ROTARNE-SZALKAI, A., & KOLLMANN, W.F.H. (Ed.) (2000): Geothermal Potential Map. – Jb. Geol. B.-A., **142**, 535–544, Wien.
- RMAN, N. & FUKS, T. (2012): Transenergy – Database of users and database of current and potential utilization parameters, 29.02.2012. – <http://transenergy-eu.geologie.ac.at/> [Zugriff am 30.08.2012].
- STRAKA, W. (2008): Pantherm – Technologie-Netzwerk zur Implementierung einer integrativen Wärmeenergienutzung in Thermalbädern der Westpannonischen Region. – Endbericht Projektnummer 815098; Programm Circe der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft, 18.11.2008, Wien.
- TOTH, A. (2010): Hungary Country Update 2005–2009. – Proceedings World Geothermal Congress 2010, Bali, Indonesia, 25–29 April 2010.
- WEBER, F. (1967): Die Ergebnisse der geophysikalischen Messungen in der Mineralwassertiefbohrung Oberlaa. – Erdöl-Erdgas Zeitschrift, **83**, Wien.
- ZEKIRI, F. (2011): Erstellung von Temperaturkarten in verschiedenen Tiefen im südlichen Wiener Becken. – 218 S., Unveröff. Diplomarbeit Univ. Wien.

ZÖTL, J. & ZOJER, H. (1979): Bericht über die Erstellung einer Karte der geothermischen Tiefenstufe für den Bereich des südlichen Burgenlandes. – Bericht Bund/Bundesländer-Rohstoffprojekt B-A-006/79, Joanneum Research, Graz.

ZOJER H., (1977): Untersuchung der geothermischen Tiefenstufe mittels Temperaturmessungen bei artesischen Brunnen in der Oststeiermark und im südlichen Burgenland. – Verh. Geol. B.-A., 1977, 393–403, Wien.

Das Transenergy-Webportal – installierte Anwendungen und geplante Dienste

BERNHARD ATZENHOFER¹

¹ Geologische Bundesanstalt, Neulinggasse 38, A-1030 Wien
bernhard.atzenhofer@geologie.ac.at, www.geologie.ac.at

Einleitung

Ziel des Projekts „TRANSENERGY – Transboundary Geothermal Energy Resources of Slovenia, Austria, Hungary and Slovakia“ ist die Bereitstellung von Werkzeugen für eine nachhaltige und grenzübergreifende Bewirtschaftung der Thermalwasservorkommen im Projektgebiet. Zielgruppen des Projekts sind Entscheidungsträger, Behörden, Planer und Investoren und die breite Öffentlichkeit.

Eine Möglichkeit, die Ergebnisse des Projekts den genannten Zielgruppen zugänglich zu machen, bietet das Webportal <http://transenergy-eu.geologie.ac.at>.

Voraussetzungen zur Erstellung von Webdiensten

Die Erstellung eines Webauftritts erfordert schon zu Beginn des Projekts eine eingehende Bewertung der später zur Verfügung zu stellenden Inhalte. Die Darstellung statischer Inhalte auf einer Webseite ohne besondere weiterführende Interaktivität ist relativ einfach in der Erstellung. Demgegenüber bieten dynamische Webseiten die Möglichkeit, je nach Benutzeranforderung gezielt Inhalte aus Datenbanken abzurufen und zur Verfügung zu stellen (z.B. Webshop), erfordern jedoch einen höheren Aufwand.

Dynamische Inhalte benötigen neben dem üblichen „Webpace“ zusätzlich Datenbanksysteme mit entsprechender Aktualisierung der Inhalte, Wartung der zugehörigen Server-Landschaft und Programmierung der erforderlichen Abfragemöglichkeiten.

Realisierung

Die Bereitstellung von Dokumenten erfolgt in herkömmlicher Weise durch Ansicht oder Abspeichern direkt von der Webseite.

Aufgrund des Fehlens der finanziellen und personellen Möglichkeiten, einen Server für den erforderlichen Zeitraum des Projekts und darüber hinaus zu mieten und zu betreuen, erfolgte die Entscheidung für ein modernes und stabiles System zur Darstellung geographischer Inhalte, welches schon lange an der Geologischen Bundesanstalt erfolgreich zum Einsatz kommt und kompetent unterstützt wird. Die Firma „ESRI® – Environmental Systems Research Institute“ bietet die Möglichkeit, geographische Inhalte als Webservices in eigene Webseiten einzubinden.

Weiterführende Informationen dazu sind über die Webseite der Firma „ESRI®“ <http://www.arcgis.com/home/index.html> zu erhalten.

Webportal

Der Zugang zu Inhalten des Projektes TRANSENERGY erfolgt über die Adresse <http://transenergy-eu.geologie.ac.at>.

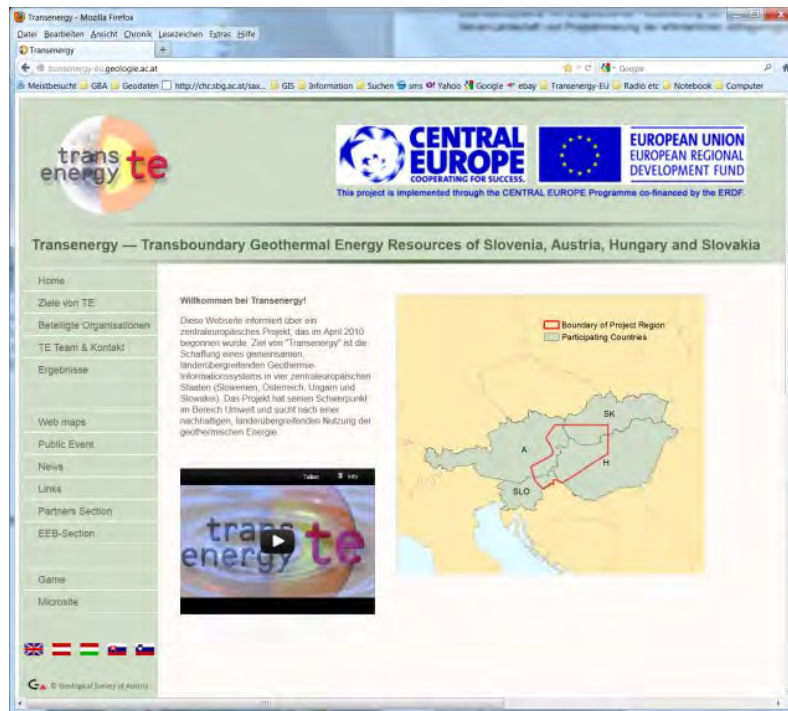


Abbildung 1.
Startseite Transenergy Webportal.

Nach Auswahl der gewünschten Sprachversion werden Informationen über die jeweiligen Menüpunkte erreicht. Die Punkte „Partners Section“ und „EEB-Section“ (External Evaluation Board) stehen nur den beteiligten Projektpartnern bzw. dem EEB zur Verfügung und beinhalten weiterführende Information, die nur die beiden Gruppen betreffen.

Die Darstellung geographischer Inhalte erfolgt durch Einbindung von Webservices in Webmaps.

Verfügbare Themengruppen

Zum aktuellen Zeitpunkt wurden folgende Themengruppen und Layerinhalte implementiert:

- Geographische Basisdaten
- Utilization Maps
 - Allgemeine Daten
 - Produktionsstatus
 - Hauptaquifere (über 10 Bohrlöcher)
 - Thermalwassernutzung und maximale Produktionstemperaturen
 - Abwasserbewirtschaftung

- Thermalwasserproduktion
- Produktionsverhalten
- Operatives Monitoring an Thermalbohrlöchern – Grundwasserspiegel / Druck
- Etc.

- Public Database
 - Allgemein
 - Geologie
 - Hydrogeologie
 - Geothermie
 - Gasanalysen
 - Wasseranalysen

- Geologische Karten
 - Geologische Karten des Untergrundes
 - Geologische Oberflächenkarte

- Geothermisches Potential
 - Heat Flow Density
 - Tiefentemperaturkarten
 - Karten der Isothermen

Ausblick

In weiterer Folge werden noch folgende Themengruppen hinzugefügt:

- Profile und Profilschnitte
- Geothermische Reservoirs
- 3D Visualisierungen

Thermalwasserexkursion Wiener Becken und Kleine Karpaten

BERND BÖCHZELT¹, PETER MALIK² & GERHARD SCHUBERT³

¹ Technisches Büro für Hydrogeologie und Geothermie, Ludersdorf 33, A 8200 Gleisdorf
office@hydro.or.at, www.hydro.or.at

² State Geological Institute of Dionyz Stur, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava 11
peter.malik@geology.sk, www.geology.sk

³ Geologische Bundesanstalt, Neulinggasse 38, A-1030 Wien
gerhard.schubert@geologie.ac.at, www.geologie.ac.at

Die Exkursion führt zu zwei grenznahen Thermalwasservorkommen östlich von Wien, nämlich zur St. Martinstherme in Frauenkirchen (Exkursionspunkt 1 in Abbildung 1), nach Bad Deutsch Altenburg (Exkursionspunkt 4 in Abbildung 1) und dem hydrologischen Einzugsgebiet des letzteren Thermalwasservorkommens (Exkursionspunkte 2 und 3 in Abbildung 1).



© BEV 2012, Vervielfältigt mit Genehmigung des BEV – Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen in Wien, T2012/89938.

Abbildung 1.

Lage der Exkursionspunkte:

- St. Martins Therme und Lodge in Frauenkirchen – Exkursionspunkt 1.
- Naturdenkmal Sandberg/Devínska Kobyla (Thebener Kogel) – Exkursionspunkt 2.
- Quellen beim Medené Hámre (Kupfer-Hammern), Borinka – Exkursionspunkt 3.
- Thermalwässer in Bad Deutsch-Altenburg – Exkursionspunkt 4.

St. Martins Therme und Lodge in Frauenkirchen: Die Produktionssonde Seewinkel Thermal 1 im nördlichen Burgenland (Geotechnisches Konzept der Thermalwasserschließung – Exkursionspunkt 1

BERND BÖCHZELT

Zusammenfassung

Die St. Martins Therme und Lodge wird durch die Thermalwasserbohrung Seewinkel Thermal 1 gespeist. Die Planung und Ausführung der Bohrung wurde durch eine Reihe von Vorgaben bestimmt, insbesondere die Temperatur am Sondenkopf, einer Mindestförderrate und ausreichende Gesamtmineralisation bei gleichzeitigem Minimalgehalt an organischen Verbindungen.

Die Geologie des Gebietes war aufgrund seismischer Erkundungen, einiger KW Explorationsbohrungen und einer Thermalwasser-Machbarkeitsstudie bereits vor der Bohrung ausreichend bekannt.

Innerhalb der Sedimente des Oberpannonium wurden drei Zielhorizonte definiert, welche die oben angeführten Anforderungen erfüllen könnten. Dabei war es notwendig die weitere Vorgehensweise so zu gestalten, dass ein Testen der Zutritte aus dem tiefstgelegenen Zielhorizonte bezüglich Mineralisation und ihrem Gehalt an Rohöl und anderen unerwünschten Verbindungen möglich war.

Durch eine Interpretation von Bohrklein und Logs wurden die Zielhorizonte festgelegt, anschließend die Bohrung verrohrt und am tiefst gelegenen Zielbereich perforiert. Die angetroffenen Wässer zeigten ideale Eigenschaften zur Nutzung für balneologische Zwecke.

Nach dem Eignungsnachweis der Bohrung wurde sie komplettiert und produziert seither bis zu 6 l/s an Thermalwasser mit einer Temperatur von bis zu 43,3°C am Sondenkopf bei einer Gesamtmineralisation von 1.200 mg/l.

Einführung

Um den Erfolg einer Thermalwassererkundung in Seewinkel (nördliches Burgenland) und somit der Thermalwasserversorgung der Therme St. Martin zu gewährleisten, wurde eine Mindesttemperatur von 35°C und eine Förderrate von 3 l/s festgesetzt. Das Ziel der Erkundung war das Erschließen von meteorischen Wässern, wobei ein Auftreten von unerwünschtem Formationswasser und von Kohlenwasserstoffen im unteren und mittleren Pannonium, möglicherweise sogar im Oberpannonium, nicht ausgeschlossen werden konnte.

Lage

Der Seewinkel liegt im östlichsten Bereich des nördlichen Burgenlands. Abbildung 1 zeigt die relative Lage zum Transenergy-Projektgebiet.

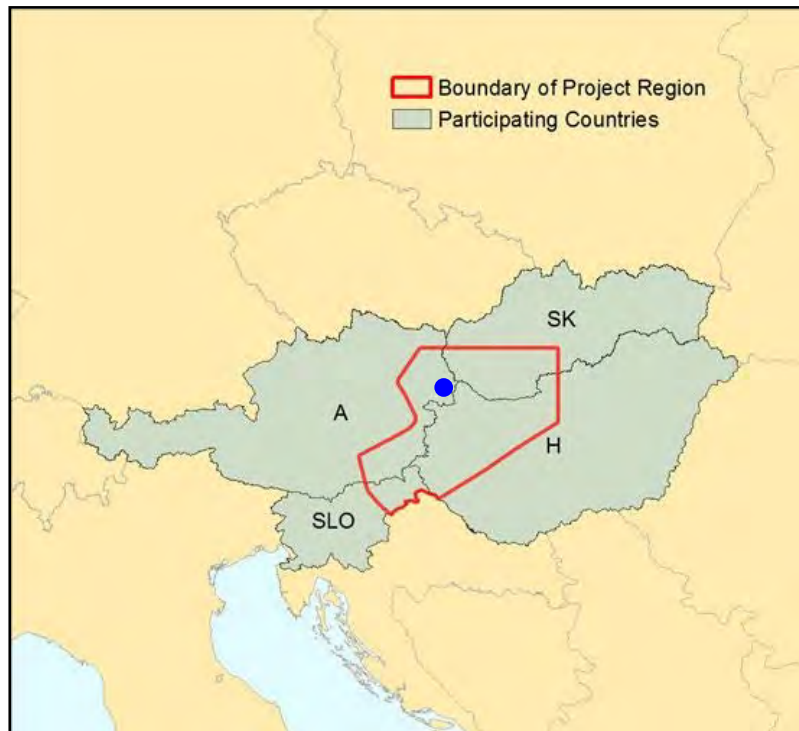


Abbildung 1.
Position der Bohrung Seewinkel Thermal 1 in einer schematischen Karte
des Transenergy Projektgebiets (Karte aus: <http://transenergy-eu.geologie.ac.at>).

Geologie des Arbeitsgebiets

Der Seewinkel liegt im Pannonischen Becken. Die Geologie ist in diesem Bereich aufgrund zahlreicher Kohlenwasserstoff-Erkundungsbohrungen der OMV gut dokumentiert. Keine davon war KW-fündig, jedoch trafen einige von ihnen hoch mineralisierte Wässer und Spuren von Gas an. Neogene Sedimente überlagern hier das metamorphe Gestein des Grundgebirges und erreichen im ungarischen Grenzbereich eine Tiefe von 3.750 m unter GOK. Im Gebiet der Bohrung selbst beträgt die Mächtigkeit des Neogens ungefähr 1.600 m (Abbildung 2).

Die Gesteine des Badenium werden durch feinklastische Sedimente repräsentiert, welche von Kalk- und Sandsteinschichten durchzogen werden. Die Sedimente des Sarmatium und Unterpannonium bestehen vorrangig aus Mergel in Wechsellagerung mit dünnen Sandsteinlagen. Die Gesteine des mittleren Pannonium werden hauptsächlich aus Mergel, Sand und Sandstein aufgebaut (OMV-TDG, 1972).

Die Sedimente des Oberpannonium im Bereich von 865 m bis 15 m unter GOK stellen eine Wechsellagerung aus Mergel, Ton und schluffigem Feinsand dar. Zwischen 775 m und 865 m treten feine Sandschichten mit geringem Schluffanteil auf (OMV-TDG, 1972; BÖCHZELT, 2006).

Abbildung 2 zeigt die Lage der Bohrung Seewinkel Thermal 1 und von benachbarten KW-Erkundungsbohrungen der OMV auf einer Karte des präneogenen Untergrunds von KRÖLL & WESSELY (1993), veröffentlicht durch die Geologische Bundesanstalt.

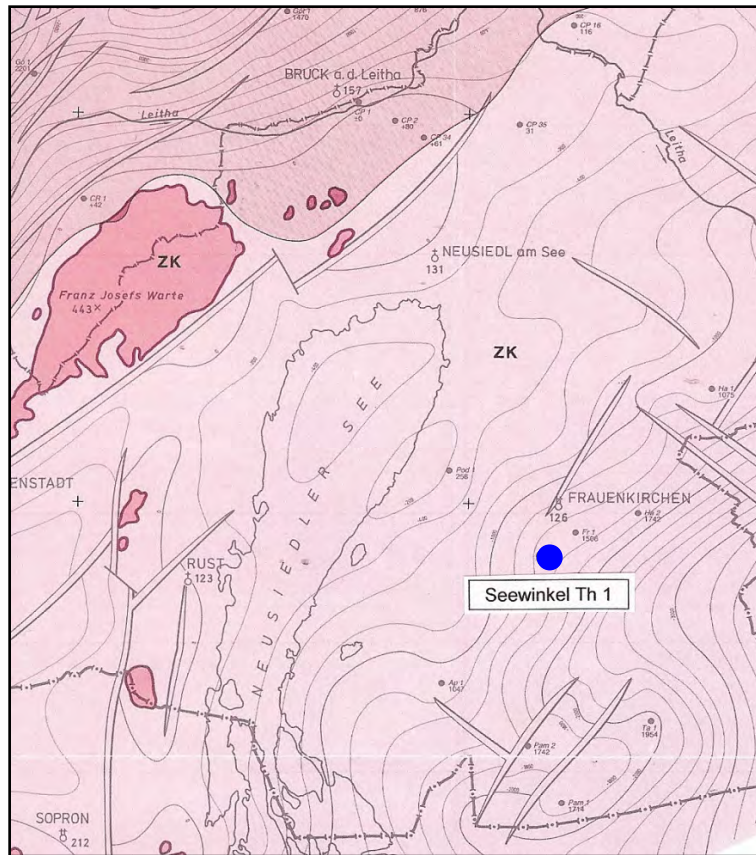


Abbildung 2.

Lage der Bohrung Seewinkel Thermal 1 auf einer Karte des präneogenen Untergrunds von KRÖLL & WESSELY (1993) Maßstab: schematisch.

Einschränkungen und erwünschte Eigenschaften

Um eine Thermenanlage zu versorgen ist die Erschließung von meteorischem Wasser mit möglichst hoher Temperatur, ausreichend aber nicht zu hohem Mineralgehalt sowie ohne Spuren von Rohöl oder anderen geruchsintensiven organischen Verbindungen von höchster Priorität.

Anforderungen:

- Temperatur > 35°C
- Förderrate > 3 l/s

Erwünschte Charakteristika der angetroffenen Wässer:

- Mineralisation zwischen 1 g/l und 10 g/l
- Keine organischen Verbindungen

Erkundungskonzept

Der geothermische Gradient von Seewinkel liegt bei 4,1 K / 100 m (GOLDBRUNNER, 2003), dies lässt auf eine Formationstemperatur von 35°C bei 590 m unter GOK schließen.

Während den Vorbereitungen zur Erschließung stellte sich heraus, dass die feinen Sandschichten des Oberpannonium zwischen 625 m und 900 m unter GOK den geeignetsten Zielbereich darstellen.

Eine Interpretation des Bohrloch-Logs zeigte drei mögliche Horizonte mit voraussichtlich ausreichender hydraulischer Leitfähigkeit (Tiefenangaben in m unter GOK):

Zielhorizont 1 von 827 m bis 864 m.

Zielhorizont 2 von 775 m bis 800 m.

Zielhorizont 3 von 670 m bis 710 m.

Die Formationstemperatur von Zielhorizont 1 wurde auf ca. 46°C geschätzt. Dennoch bestand so nahe zum Top des Mittelpannonium (bei 865 m) ein Risiko formationswasserführende Schichten, Spuren von Rohöl oder anderen organischen Verbindungen anzutreffen.

Die Temperatur von Zielhorizont 2 wurde mit 43°C noch immer als ausreichend angenommen und die Wässer wirkten verlässlicher bezüglich deren Gehalt an organischen Verbindungen und Gesamtmineralisation.

Die Formationstemperatur in Zielhorizont 3 in einer Tiefe von 670 m bis 710 m wurde mit 39°C angenommen. Die Temperatur am Sondenkopf könnte dabei, besonders bei geringen Produktionsraten, die 35°C bis 36°C Marke unterschreiten. Temperaturen so nahe oder genau an der benötigten Mindesttemperatur würden eine zusätzliche Aufheizung des Wassers erfordern, bevor es in der Therme eingesetzt werden könnte.

Um den ersten Zielhorizont zu beproben und den Gehalt an gelösten Stoffen im Wasser zu bestimmen, wurde die Bohrung mit einer 9,5/8" Rohrtour verrohrt und nach der Zementation im Bereich von 827 m bis 864 m perforiert.

Perforation und Test von Zielhorizont 1

Die Verrohrung wurde entlang einer Gesamtmächtigkeit von 24 m mit einer 7" Kanone HSD 12 spf perforiert, und zwar

von 827 m bis 832 m,

von 840 m bis 847 m und

von 852 m bis 864 m.

Die Gesamtmineralisation des erschlossenen Wassers beträgt 1.200 mg/l.

Komplettierung

Das perforierte Intervall wurde mit 4.1/2" Edelstahl Wickeldrahtfilter und einem Inside Casing Gravel Pack ausgebaut.

Ergebnisse des hydraulischen Tests

Schließdruck:	0,4 bar
Förderrate:	max. 6,0 l/s = 518 m ³ /d
Absenkung:	bei 6,0 l/s 24,8 m unter GOK
Temperatur am Sondenkopf:	bei 6,0 l/s 43,3°C
Wassertyp:	meteorisches Na ⁺ HCO ₃ ⁻ Cl ⁻ Thermalwasser
Mineralisation:	1,2 g/l

Schlussfolgerungen

Die Thermalwassererschließung in Seewinkel wurde erfolgreich durchgeführt:

- | | | |
|---------------------------|------------|-----------------------------|
| • Ausreichende Förderrate | 6,0 l/s | 2,5 l/s über Mindestvorgabe |
| • Maximale Temperatur | 43,3°C | 8,3 K über Mindestvorgabe |
| • Mineralisation | 1.200 mg/l | ideal |

ohne

- Gehalt an unerwünschten chemischen Verbindungen.
- Unerwünscht hoher Mineralisation.

Quellen

BÖCHZELT, B. (2006): Bohrung Seewinkel Thermal 1 – Hydrogeologischer Abschlussbericht und Ansuchen um wasserrechtliche Nutzungsbewilligung. – unpubl. Bericht, TB Böchzelt, Gleisdorf, 27.07.2006.

GOLDBRUNNER, J. (2003): „Seewinkeltherme“ für die Region Neusiedlersee – Geologische Feasibility Studie. – unpubl. Bericht. Geoteam, Gleisdorf, 13.08.2003.

KRÖLL, A. & WESSELY, G. (1993): Wiener Becken und angrenzende Gebiete. Strukturkarte – Basis der tertiären Beckenfüllung. – GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT (Hrsg): Wiener Becken und angrenzende Gebiete, Geologische Themenkarten der Republik Österreich, Wien.

OMV-TDG (1972): Aufschlussbohrung Frauenkirchen. – 1. unpubl. Bericht, OMV, 06.04.1972, Wien.

Naturdenkmal Sandberg/Devínska Kobyla (Thebener Kogel) – Exkursionspunkt 2

PETER MALIK & GERHARD SCHUBERT

Das Naturdenkmal Sandberg, eine aufgelassene Sandgrube und bedeutende Fossilfundstelle südlich Devínska Nová Ves (NAGY, 1997), bietet eine gute Aussicht über einen Teil des hydrologischen Einzugsgebiets des Thermalwasservorkommens von Bad Deutsch-Altenburg (Abbildung 1). Am Sandberg sind Sande des Badenium anstehend, die über mesozoische Sedimentgesteine der Devín-Einheit abgelagert wurden (Abbildung 3 sowie Abbildung 1 in Exkursionspunkt 3). Die Devín-Einheit ist die mesozoische Sedimentbedeckung der paläozoischen Phylonite und Granitoide im Süden der Kleinen Karpaten und stellt ein Äquivalent der mesozoischen Gesteine im Raum Bad Deutsch-Altenburg dar. Die Devín-Einheit – als auch die paläozoischen Gesteine in ihrem Liegenden – werden von der tiefsten Einheit der Kleinen Karpaten, der Borinka Einheit, unterlagert. Diese findet im Raum nördlich Borinka weite Verbreitung (Abbildung 3). Aufgrund des Umstandes, dass es sich beim Thermalwasser von Bad Deutsch-Altenburg um gering mineralisierte Wasser eines Ostrandsystems des Wiener Beckens handelt (WESSELY, 1983) und im Umfeld von Bad Deutsch-Altenburg nur in der Devín- und in der Borinka-Einheit im Untergrund geeignete Durchlässigkeiten zu erwarten sind, ist anzunehmen, dass das Rechargegebiet der Thermalwässer im Verbreitungsgebiet dieser beiden geologischen Einheiten zu finden ist.

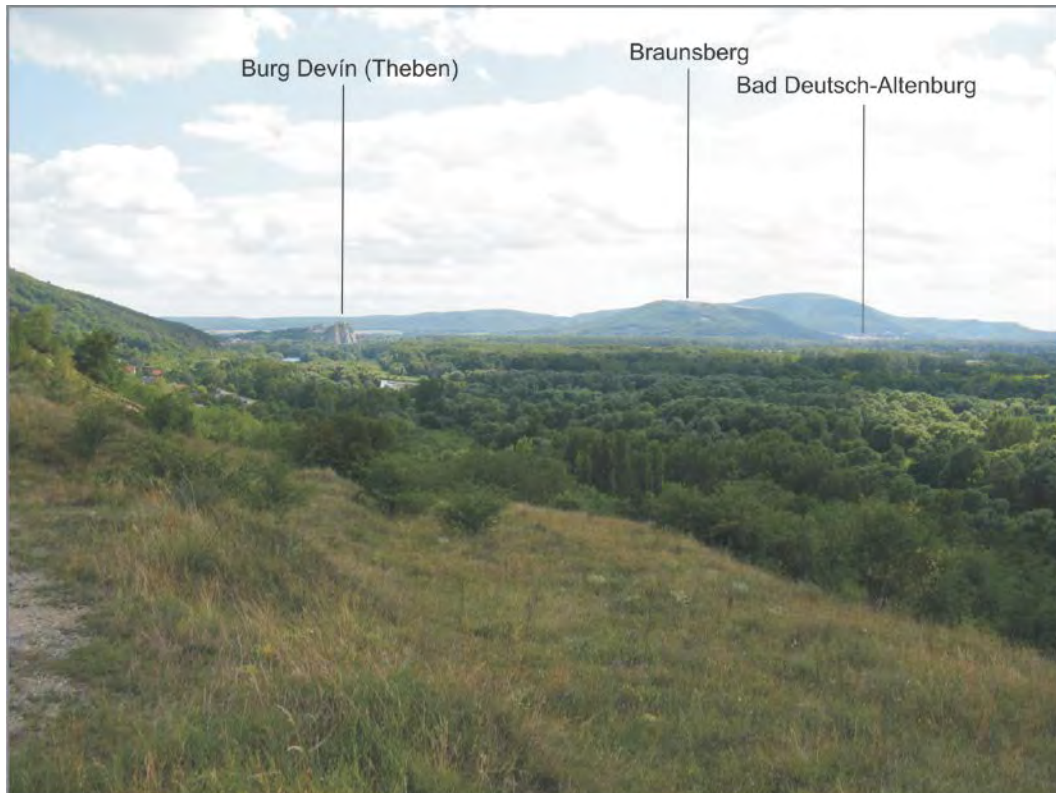


Abbildung 1.
Blick vom Sandberg in Richtung Süden.

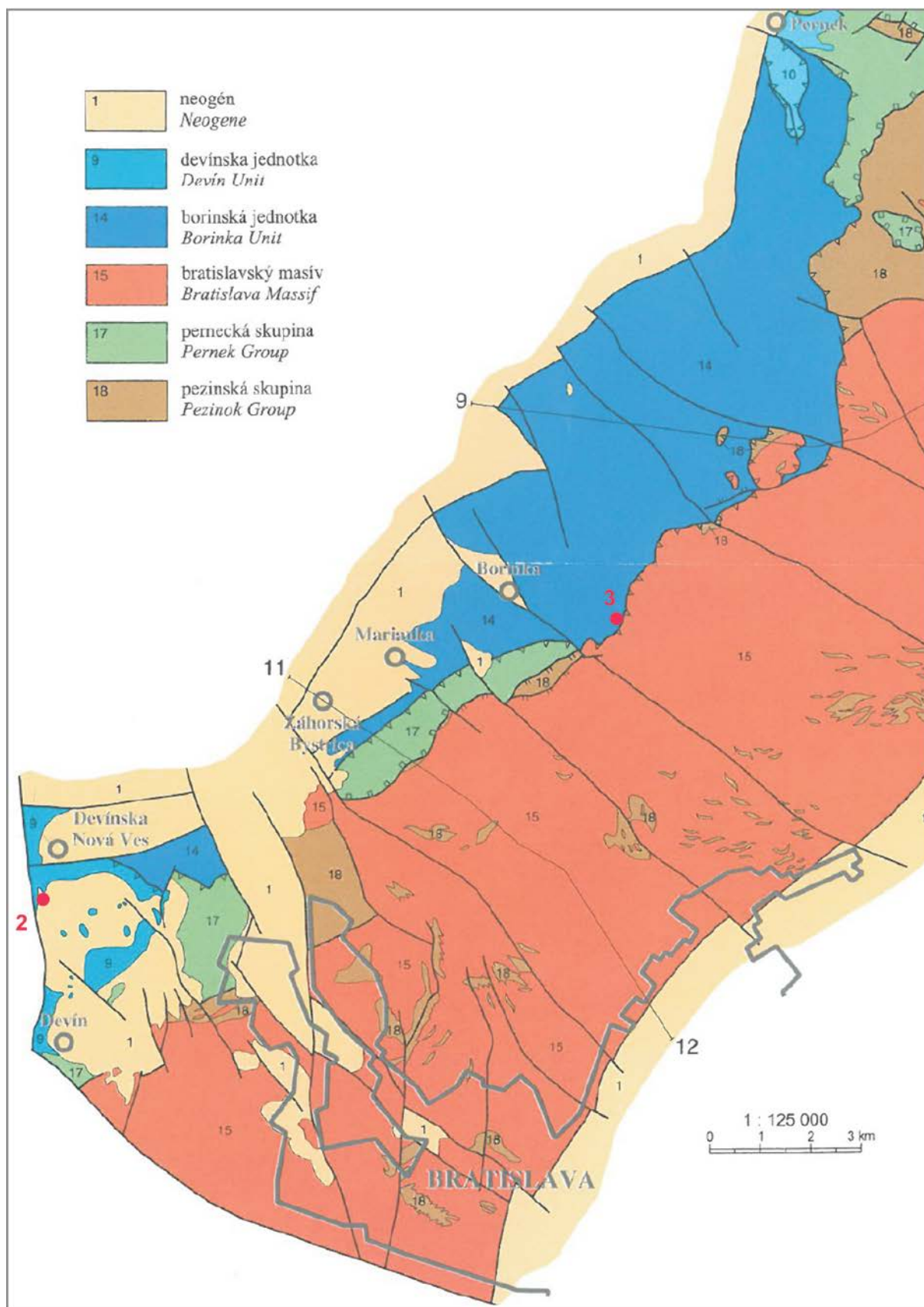


Abbildung 2.
Tektonische Skizze zum Exkursionsgebiet in den Kleinen Karpaten aus der „Geological Map of the Malé Karpaty Mts. 1:50.000“ (PLAŠIENKA et al., 2011).

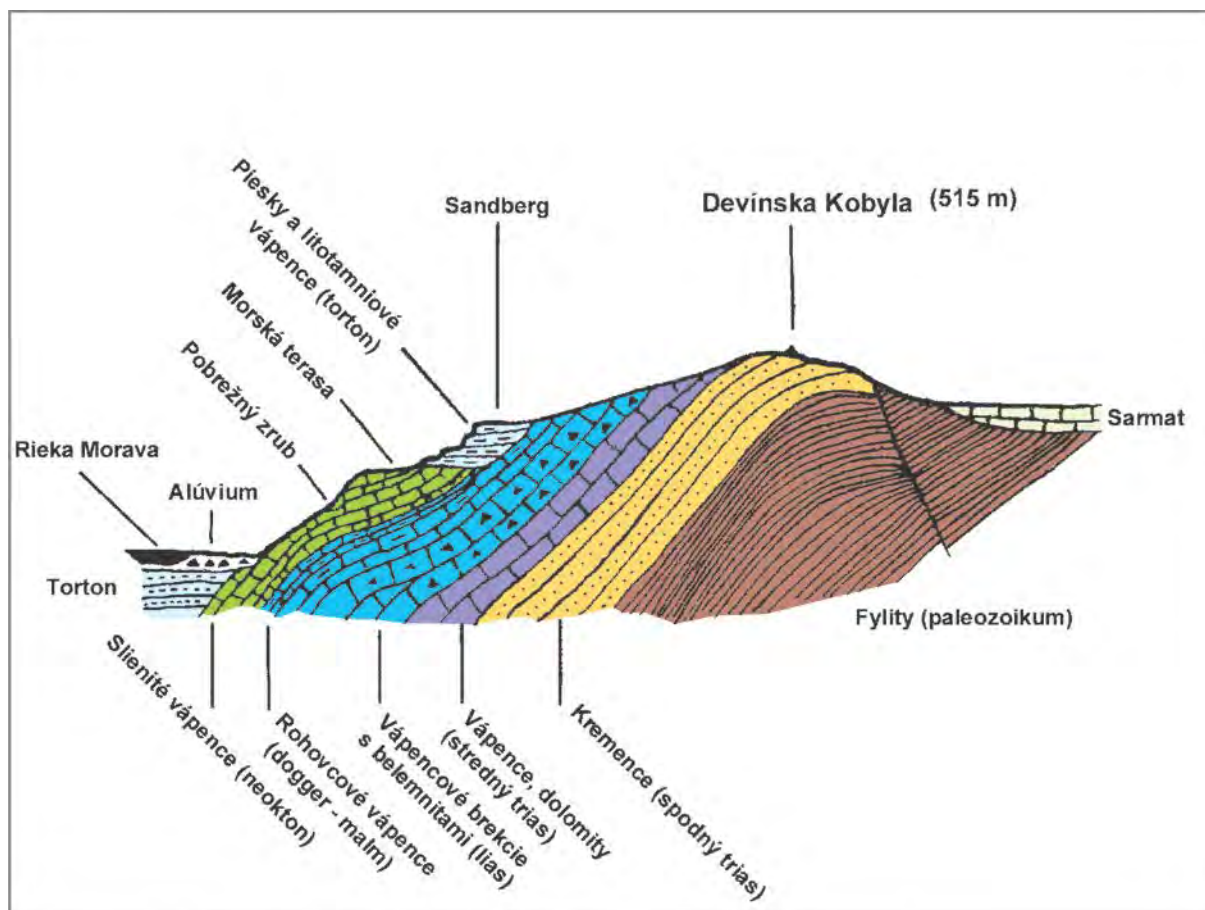


Abbildung 3.

Geologischer NW-SE-Schnitt durch den Devínska Kobyla und den Sandberg, verändert nach:
<http://sk.wikipedia.org/wiki/Sandberg> (01.08.2012).

Quellen

NAGY, A. (1997): Sandberg, sand pit. – In: SCHAREK, P. (Red.): DANREG Programme, Excursion Guide, May 28.–30., 1997. – Geological Institute of Hungary, S. 49, Budapest.

PLAŠIENKA, D., KOHÚT, M., PUTIŠ, M., BEZÁK, V., FILO, I., OLŠAVSKÝ, M., HAVRILA, M., BUČEK, S., MAGLAY, J., ELEČKO, M., FORDINÁL, K., NAGY, A., HRAŠKO, L., NÉMETH, Z., IVANIČKA, J., BROSKA, I. & POLÁK, M. (Ed.) (2011): Geological Map of the Malé Karpaty Mts. 1:50.000. – Štátny Geologický Ústav Dionýza Štúra, Bratislava.

WESSELY, G. (1983): Zur Geologie und Hydrodynamik im südlichen Wiener Becken und seiner Randzone. – Mitt. Österr. Geol. Ges., 76, 27–68, Wien.

Quellen beim Medené Hámre (Kupfer-Hammern), Borinka - Exkursionspunkt 3

PETER MALIK & GERHARD SCHUBERT

Etwa 2 km SE Borinka treten aus stark verkarsteten Karbonaten des Lias (Unterjura) zwei Quellen aus, von denen in Abbildung 1 die größere der beiden abgebildet ist. Deren durchschnittliche Schüttung beträgt etwa 100 l/s. Oberhalb der Quellen ist der Talboden von keinem permanenten Bach durchflossen. Weiter talaufwärts versickern die dem Tal zufließenden Wässer in Schlucklöchern und tragen so zur Grundwasserneubildung bei. Diese Situation (Schlucklöcher, Karstquellen) ist für das Verbreitungsgebiet der Borinka-Einheit (Abbildung 2 in Exkursionspunkt 2), in deren Verbreitungsgebiet vorwiegend jurassische Gesteine anstehen, typisch (HANZEL et al., 1999).

Es ist zu vermuten, dass die Konvektion der Thermalwässer von Bad-Deutsch-Altenburg vor allem in den triassischen und jurassischen Karbonaten der Borinka-Einheit (diese entspricht laut mündlicher Mitteilung Ralf Schuster vermutlich dem Unterostalpin) und der Devín-Einheit (diese setzt sich in den mesozoischen Gesteinen von Bad Deutsch-Altenburg fort) stattfindet. Die verkarsteten Karbonate der Borinka-Einheit, wie sie z.B. im Umfeld von Medené Hámre anstehen, bieten eine gute Wegsamkeit für den Recharge des Thermalwasseraquifers.



Abbildung 1.
Quelle beim Medené Hámre (Kupfer-Hammern).

Quelle

HANZEL, V., VRANA, K., ŠVASTA, J., KOHÚT, M., NAGY, A., MAGLAY, J., BUJNOVSKÝ, A. & MALÍK, P. (1999): Hydrogeologická a hydrogeochemická mapa Pezinských Karpát v mierke 1:50.000 [Hydrogeological and hydrogeochemical map of the pezinské Karpaty Mts. in the scale of 1:50 000]. – CD ROM/Manuskript, ŠGÚDŠ Bratislava.

Das Thermalwasser von Bad Deutsch-Altenburg – Exkursionspunkt 4

GERHARD SCHUBERT

Die seit Jahrhunderten genutzten Jod-Schwefel-Thermen von Bad Deutsch-Altenburg liegt im Nordwesten der Hainburger Berge. Diese sind der westlichste Ausläufer der Kleinen Karpaten. Die Hainburger Berge bilden einen Horst zwischen den neogenen Absenkungsräumen des Wiener und Pannonischen Beckens und werden von einem nach West bis Nordwesten einfallenden geologischen Komplex aufgebaut, dessen kristalline Basis aus Glimmerschiefern, Gneisen und Graniten besteht. Darüber folgt eine einige hundert Meter mächtige Sequenz aus permischen Porphyroiden, permoskythischen Quarziten und triassischen Karbonate. Vorkommen von Leithakalk um die Hainburger Berge sind Reste einer neogenen Küstenzone. Darüber folgen feinklastische neogene Sedimente. Die Hainburger Berge wurden ab dem oberen Pliozän gehoben und exhumiert. Vermutlich im jüngeren Würm wurde im Bereich der Donau der zuvor von wasserstauenden neogenen Sedimenten bedeckte Thermalwasseraquifer (dieser besteht aus den triassische Karbonaten und dem Leithakalk) freigelegt und zum Teil erodiert und in der Folge von Schotter überlagert (GANGL, 1990).

Das Thermalwasservorkommen von Bad Deutsch-Altenburg wurde im Rahmen von zwei Wasserkraftwerksprojekten eingehend untersucht. Während des letzten Projekts, das von 1981 bis 1984 dauerte, wurden durch die DoKW (Österreichische Donaukraftwerke AG) in Bad Deutsch-Altenburg 78 Bohrungen abgeteuft (GANGL, 1990). Die hier wiedergegebenen Kenntnisse basieren hauptsächlich auf diesen Untersuchungen.

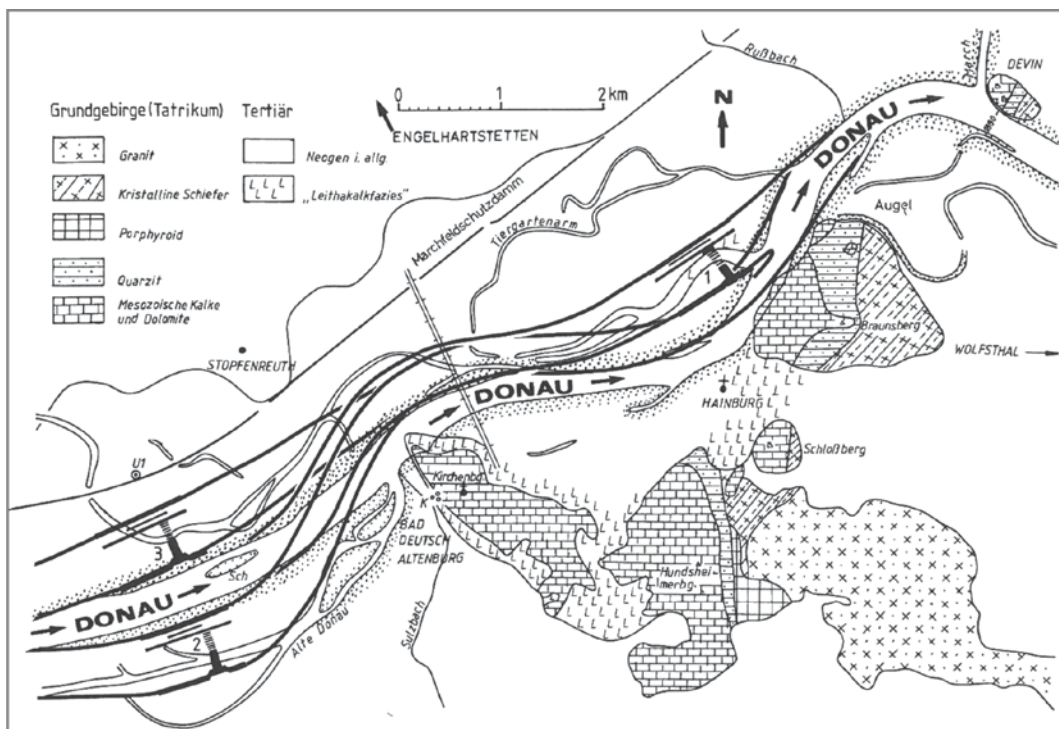


Abbildung 1.
Geologische Karte der Umgebung von Hainburg mit DoKW-Einreichprojekt (1) und weiteren Varianten aus GANGL (1990); U1 ist die ÖMV-Bohrung Stopfenreuth, K sind die Thermalwasserbrunnen in Bad Deutsch-Altenburg.

Der Thermalwasserauftrieb von Bad Deutsch-Altenburg ist demnach an der Westseite des NW-SE orientierten, aus triassischen Karbonate bestehenden Karbonatsporns des Kirchberges situiert (Abbildung 1), der sich, wie die Bohrungen zeigten, als karbonatische Erhöhung in Nordrichtung unter der Donau fortsetzt und von neogenem Leithakalk ummantelt wird (Abbildung 2 und 3). Nicht nur die triassischen Karbonate, sondern auch dieser Leithakalk ist verkarstet und beide zusammen bilden eine hydrogeologische Einheit, in der das Thermalwasser aufsteigt. Der Temperaturverlauf im Horizontalschnitt 130 m ü. A. lässt die zentrale Aufstiegszone zwischen den Heilquellen und der Bohrung Nr. 534 (Abbildung 3) erkennen.

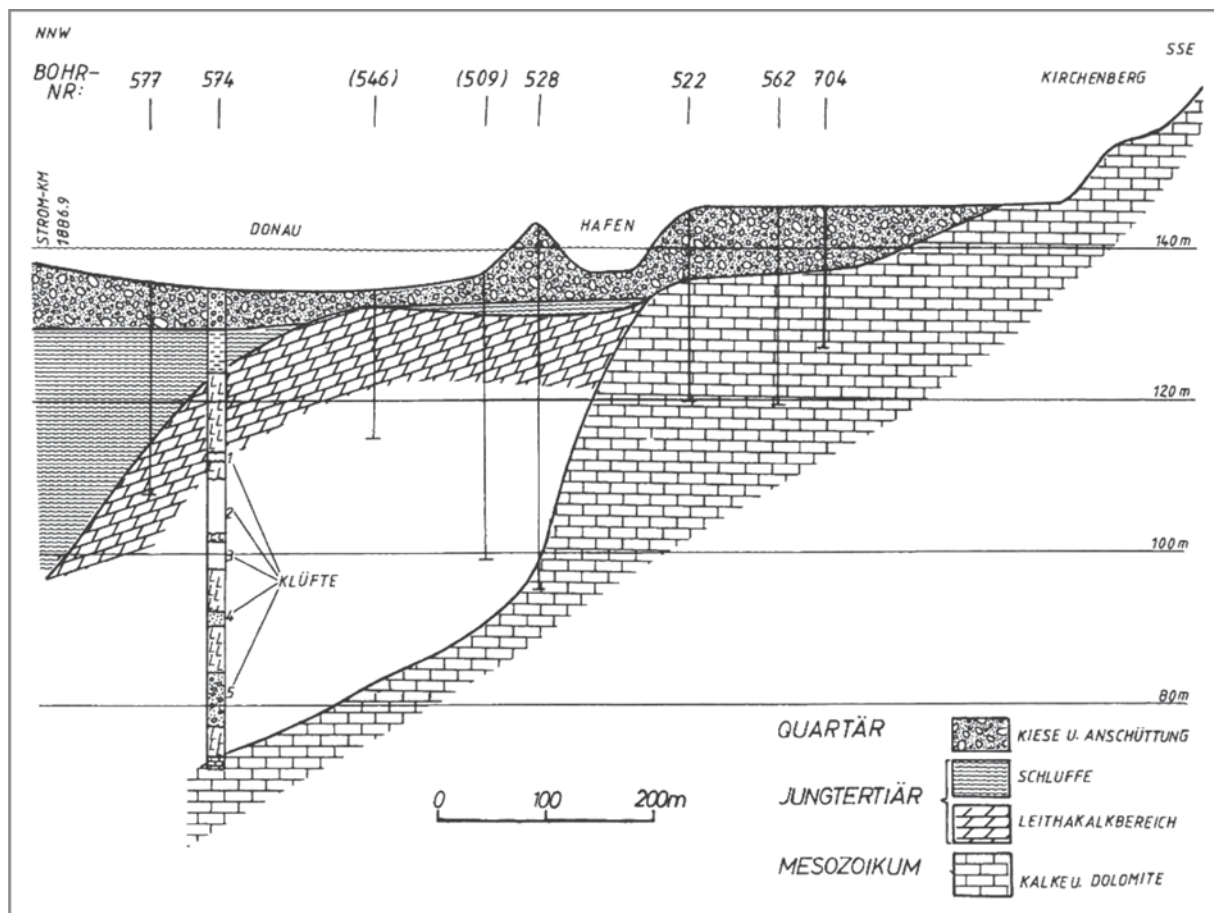


Abbildung 2.

Geologischer Schnitt quer zur Donau aus GANGL (1990); hier setzt sich der Karstaquifer des Kirchberges nach Norden unter die Donau fort.

Nach GANGL (1990) wird der gesamte Abfluss des Thermalwassers von Bad Deutsch-Altenburg auf mehrere Zehner Liter geschätzt. Die mittlere Temperatur des Aufstiegsbereiches liegt bei über 25°C. Mit dem Thermalwasser mischen sich jüngere Grundwässer der Umgebung.

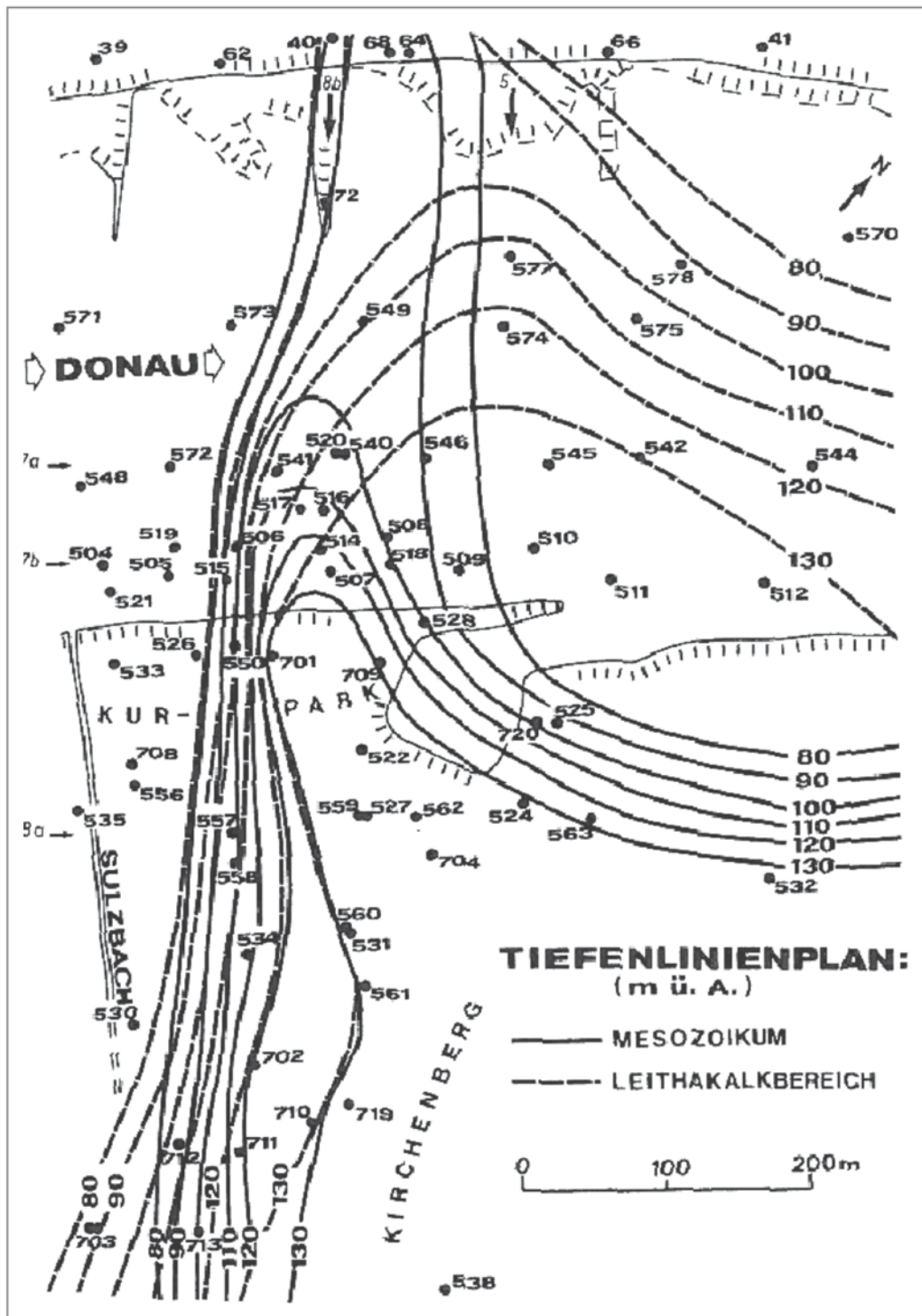


Abbildung 3.
Tiefenlinien der Oberfläche der mesozoischen Karbonate und des Leithakalkes in Bad Deutsch-Altensburg aus GANGL (1990).

Nach HACKER & ZÖTL (1993, S. 272) ist der Wassertypus des Thermalwassers von Bad Deutsch-Altensburg eine Natrium-Calcium-Chlorid-Hydrogenkarbonat-Mineraltherme. In Tabelle 1 ist eine Auswahl der auf S. 272 und 273 in derselben Publikation wiedergegebenen Analysewerte zum Direktionsbrunnen dargestellt.

pH-Wert	6,40	Gasförmige Bestandteile:	
Temperatur	24,6 °C	Freies CO ₂	367 mg/l
		Freier H ₂ S	42,8 mg/l
		O ₂	< 0,1 mg/l
Radionuklide:			
Rn	29,20 Bq/l		
¹⁴ C	9,20 % modern		
Kationen:		Anionen:	
Na ⁺	750,1 mg/l	Cl ⁻	1022,0 mg/l
K ⁺	56,2 mg/l	SO ₄ ²⁻	192,3 mg/l
NH ₄ ⁺	2,22 mg/l	NO ₂ ²⁻	0,00 mg/l
Mg ²⁺	81,6 mg/l	NO ₃ ⁻	0,12 mg/l
Ca ²⁺	318,2 mg/l	HCO ₃ ⁻	760,0 mg/l
Fe ²⁺	0,07 mg/l	HS ⁻	14,5 mg/l

Tabelle 1.

Wasseranalyse Direktionsbrunnen (HACKER & ZÖTL, 1993, S. 272–273).

WESSELY (1983, S. 64) vermutet das Einzugsgebiet der Thermalwässer am Ostrand des südlichen Wiener Beckens – zu diesen gehört auch das Thermalwasser von Bad Deutsch Altenburg – in den angrenzenden Tatriden bzw. Zentralalpin sowie in beckenrandnahen neogenen Sedimenten. Nach der Infiltration bewegen sich die Wässer abwärts. Sie werden dabei nicht nur aufgewärmt, sondern auch ihr Lösungsinhalt angereichert. Anschließend steigen sie an der Unterseite wasserstauender Gesteine wieder an die Oberfläche auf. Auf S. 61 führt WESSELY (1983) an, dass die Bohrung Stopfenreuth 1 – diese ist gut zwei Kilometer westlich von Bad Deutsch-Altenburg situiert (Abbildung 1) – in der Strecke 466 bis 485 m getestet wurde und ein mit Bad Deutsch-Altenburg vergleichbares Wasser mit einer Temperatur von 50°C angetroffen wurde. Offenbar wurde hier ein solcher Aufstiegsbereich des besagten Thermalwassers angetroffen.

Vermutlich ist das Rechargegebiet von Bad Deutsch-Altenburg, wie bei den Exkursionspunkten 2 und 3 angeführt, in den Karbonaten der Borinka- und Devín-Einheit der Kleinen Karpaten zu suchen.

Quellen

GANGL, G. (1990): Hydrogeologische Untersuchungen an den Heilquellen von Deutsch-Altenburg (Niederösterreich) im Rahmen der Vorarbeiten für das Donaukraftwerk Hainburg. – Österr. Wasserwirtschaft, **42**/1–2, 1–17, Wien.

HACKER, P. & ZÖTL, J. (1993): Chemismus des Thermalwassers. – In: ZÖTL, J. & GOLDBRUNNER, J.: Die Mineral- und Heilwässer Österreichs. – 272–274, Wien.

WESSELY, G. (1983): Zur Geologie und Hydrodynamik im südlichen Wiener Becken und seiner Randzone. – Mitt. Österr. Geol. Ges., **76**, 27–68, Wien.

Mineralwässer aus dem Projektgebiet

ANNA-KATHARINA BRÜSTLE¹⁾, RADOVAN ČERNÁK²⁾, NÓRA GÁL³⁾ & NINA RMAN⁴⁾

¹⁾ Geologische Bundesanstalt, Neulinggasse 38, A-1030 Wien
Anna-Katharina.Bruestle@geologie.ac.at, www.geologie.ac.at

²⁾ State Geological Institute of Dionyz Stur, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava 11
radovan.cernak@geology.sk, www.geology.sk

³⁾ Geological and Geophysical Institute of Hungary, Stefánia út 14, H-1143 Budapest
gal.nora@mfgi.hu, www.mfgi.hu

⁴⁾ Geological Survey of Slovenia, Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana
Nina.Rman@GEO-ZS.SI, www.geo-zs.si/

Folgende Mineralwässer werden vorgestellt

Slowakei

Brusnianska & Slatina

Slowenien

Donat Mg & Radenska

Ungarn

Natur Aqua & Visegrádi

Österreich

Juvina & Vöslauer









Mineralwasser	Lithologie	Stratigraphie	Tiefe [m]	Na+ [mg/l]	K+ [mg/l]	Mg++ [mg/l]	Ca++ [mg/l]	NH4++ [mg/l]	Cl- [mg/l]	SO4-- [mg/l]	HCO3- [mg/l]	NO3- [mg/l]	TDS [mg/l]
Brusnianka 	Veporic Formation	Mittel-Obertrias	44,3 - 85	123,82	18,16	92,68	273,55	<0,01	40,27	600	770,1	<0,5	1958
Slatina 	Sedimente	Baden	31,5 – 33,3	117	42	42,8	144	0,46	132	188	728	0,19	1464
Donat Mg 	Andesitischer Tuff	Oligozän	277	1700	17	1030	360	-	66	2300	8020	--	13838
Radenska 	Sandige, kiesige Schichten	Pliozän	Artesisch	390	64	87	230	0,80	44	76	2370	--	3391,2
Visegrádi 	Plattform-Karbonate	Obertrias	1187 – 1301	54	7,6	54	153	n.n.	58	78	708	n.n.	1140
NaturAqua 	Riff-Karbonate	Oberkreide	687,5 – 690,5	16	2	38	74	n.n.	14	92	339	n.n.	636
Vöslauer 	Weitersteinkalk	Mitteltrias	Artesisch	13,2	1,8	39,40	115,10	--	18,90	223,50	256,20	--	686
Juvina 	Sande	Baden	Gaslift	330,30	16,80	58,20	253,10	--	61	102	1686	--	2800

Tabelle 1.

Übersicht der Mineralwässer (Daten: Firmendaten, Websites und etc.).

Brusnianka (Slowakei)

ANNA-KATHARINA BRÜSTLE & RADOVAN ČERNÁK

Hydrogeologische Gegebenheiten und Quell-Ursprung

Der Ursprung des Heil- und Mineralwassers Brusnianka liegt bei der Brusno Therme im oberen Bereich des Hron Flusstales (Region Horné Pohronie) im Bezirk Banská Bystrica. Das schmale Tal des Hron ist im Norden vom Gebirgszug des Nízke Tatry (2.000 m a.s.l.) umgeben und wird im Süden durch das Massiv der Veporské vrchy Berge (1.400 m a.s.l.) begrenzt. Die Mineralwasseraustritte sind an die tektonisch gestörten mesozoischen Gesteine der Veporic Formation (KLAGO, 1989) gebunden. Es entspringen sechs Mineralwasserquellen bei der Therme Brusno, deren Chemismus vom Typ HCO₃-Ca-Mg über HCO₃-SO₄-Ca-Na-Mg bis hin zu SO₄-HCO₃-Ca-Na-Mg reicht (KRAHULEC et al., 1977). Die Bohrung BC-1 „Ondrej“ dient als Erschließungs- und Abfüllquelle des Brusnianka Mineralwassers. Sie hat eine Tiefe von 118 m, wobei das für das Mineralwasser genutzte Intervall zwischen 44,3 m und 85 m liegt. Der zulässige Überfluss beträgt 1,25 l/s (Bewilligung durch die Aufsichtsbehörde der Thermen und Quellen – IKŽ).

Tiefe (m)	Lithologie	Stratigraphie
0 – 1,2	Boden	Quartär
1,2 – 5,6	Sandiger Kies, Sand	
5,6 – 118	Klüftiger Dolomit, dolomitischer Sand	Mittel- bis Obertrias

Tabelle 1.

Geologisches Bohrlochprofil/BC-1 (STRUŇÁK, 1963).

Mineralwasseranalyse, Geschmack und gesundheitsfördernde Wirkung



Abbildung 1.
Flaschendesign Brusnianka Mineralwasser
(www.brusnianka.sk [abgefragt am 30.8.2012]).

Kationen	Masse [mg/l]
Natrium (Na ⁺)	123,82
Kalium (K ⁺)	18,16
Magnesium (Mg ⁺⁺)	92,68
Kalzium (Ca ⁺⁺)	273,55
Ammonium (NH ₄ ⁺⁺)	<0,01

Anionen	Masse [mg/l]
Chlorid (Cl ⁻)	40,27
Sulfat (SO ₄ ⁻⁻)	600
Hydrogenkarbonat (HCO ₃ ⁻)	770,1
Fluor (F ⁻)	1,45
Nitrat (NO ₃ ⁻)	<0,5
Gesamtmineralisation (TDS)	1958

Gelöste gasförmige Stoffe	Masse [mg/l]
Kohlensäure	888

Tabelle 2.

Auszug aus der Wasser-Vollanalyse
Bohrloch BC-1 „Ondrej“. (Daten: zVg).

Das Mineralwasser Brusnianska wird bei Erkrankungen der Gallenblase, der Bauchspeicheldrüse und der Leber eingesetzt. Therapeutische Effekte konnten bei chronischer Entzündung der Gallenblase, Bildung von Gallensteinen und Funktionsstörungen der Gallenblase erzielt werden. Der Genuss von Brusnianska Mineralwasser wird während der Regenerationsphase von Hepatitis und chronischer Entzündung der Bauchspeicherdüse empfohlen.

Nutzungsgeschichte

Die ersten Thermengebäude in Brusno wurden im Jahr 1829 gebaut, als eine therapeutische Nutzung zur Behandlung von Patienten mit Erkrankungen der Verdauungsorgane einsetzte. Die Therme, die im Laufe der Zeit verschiedenste Eigentümer hatte, ging im Jahr 1947 in den Besitz der Stahlbetriebe in Podbrezová als Reha-Zentrum über. Aufgrund von hydrogeologischen Untersuchungen wurden in den 80er Jahren des 20. Jahrhunderts einige neue Mineralwasserquellen entdeckt. Für therapeutische Zwecke werden dieser Tage die Quellen „Ludovít“, „Pavla“ und „Ondrej“ (BC-1) genutzt, wobei letztere ausschließlich zur Abfüllung des Mineralwassers dient.



Abbildung 2.
Quelle Ondrej (BC-1) bei Therme Brusno. (Bild: zVg).

Quellen

KLAGO, M. (1989): Brusno – ochranné pásma, vyhládavací prieskum. – Geofond, Bratislava. A.č. 68182.

KRAHULEC, P., REBRO, A., UHLIARIK, J. & ZEMAN, J., (1977): Minerálne vody Slovenska I, Balneografia a krenografia, vydavateľstvo Osveta, Martin, I. zväzok 456 strán.

STRUŇÁK, V. (1963): Brusno - kúpele - hydrogeologický prieskum minerálnych prameňov. Záverečná správa. – Geofond, Bratislava. A.č. 12098.

www.brusnianska.sk [abgefragt am 30.8.2012].

Slatina (Slowakei)

ANNA-KATHARINA BRÜSTLE & RADOVAN ČERNÁK

Hydrogeologische Gegebenheiten und Quell-Ursprung

Der Ursprung des Tafelwassers Slatina liegt im Dorf Slatina in der Nähe der Therme Dudince. Dort gibt es fünf dokumentierte Mineralwasserquellen der Typen $\text{HCO}_3\text{-Cl-Na-Ca}$ und $\text{HCO}_3\text{-Cl-Ca-Na-Mg}$. Die Wasseraustritte sind an tektonisch gestörte Sedimente des Badenium geknüpft, mit mesozoischen Gesteinen im Untergrund. Zur Abfüllung werden die Bohrungen BB-1 (Tiefe: 34 m) und BB-2 (Tiefe: 33 m) genutzt, die eine zugelassene Förderrate von 1,5 l/s (Absenkung: 5,80 m) und 1,5 l/s (Absenkung: 6 m) besitzen (Bewilligung durch die Aufsichtsbehörde der Thermen und Quellen – IKŽ). Das Nutzungsintervall der Bohrung BB-2 liegt in der Tiefe von 31,5 m bis 33,3 m.

Tiefe (m)	Lithologie	Stratigraphie
0 – 2	Sandiger Boden	Quartär
2 – 8	Grobkörniger Kies und Sand	
8 – 15	Tuffite	Neogen
15 – 31,6	Ton	
31,6 – 32	Verformte und kaolinisierte Tuffite	
32 – 33,3	Konglomerat	

Tabelle 1.

Geologisches Bohrlochprofil/BB-2 (VANDROVÁ & MATEJČEKOVÁ, 1989).

Mineralwasseranalyse, Geschmack und gesundheitsfördernde Wirkung



Abbildung 1.

Flaschendesign Slatina Mineralwasser
 (www.slatina.sk [abgefragt am 30.8.2012]).

Kationen	Masse [mg/l]
Natrium (Na+)	117
Kalium (K+)	42
Magnesium (Mg++)	42,8
Kalzium (Ca++)	144
Ammonium (NH4++)	0,46

Anionen	Masse [mg/l]
Chlorid (Cl-)	132
Sulfat (SO4--)	188
Hydrogenkarbonat (HCO3-)	728
Fluor (F-)	2,9
Nitrat (NO3-)	0,19

Gesamtmineralisation (TDS)	1464
----------------------------	------

Gelöste gasförmige Stoffe	Masse [mg/l]
Kohlensäure	1798

Tabelle 2.

Auszug aus der Wasser-Vollanalyse der Bohrung BB-2. (Daten: zVg).

Slatina Mineralwasser hat einen nachgewiesenen positiven Effekt bei Magen-Darm-Erkrankungen, Diabetes und Gichtbeschwerden. Es wirkt der Bildung von Nieren- und Gallensteinen entgegen und hilft bei Katarrhen der oberen Atemwege.

Nutzungsgeschichte

Es ist historisch belegt, dass bereits Mitte des 19. Jahrhunderts 10.800 Flaschen Slatina-Mineralwasser pro Jahr (KOCH, 1843) abgefüllt und ausgeliefert wurden. Das Wasser wurde zu dieser Zeit auch für eine lokale Thermenanlage verwendet. Die Therme wurde 1945 außer Betrieb genommen, das Mineralwasser jedoch weiter abgefüllt. Ab 1956 wurde die Abfüllung vom staatlich geführten Unternehmen „Západoslovenské žriedla“ im Dorf Santovka durchgeführt. Nach seiner Privatisierung im Jahr 1995 wechselte das Unternehmen mehrmals den Besitzer, was sich auch in der Qualität des Mineralwassers bemerkbar machte. Die Betreiber hielten sich nicht an die vorgegebenen Fördermengen – eine Verminderung der Mineralisation und des CO₂-Gehaltes waren die Folge (MELIORIS, 1995). 2010 wurden 6 Mio. Liter an Slatina umgesetzt, was dem 8. Platz der weltweit meistverkauften Mineralwässer entspricht.



Abbildung 2.
Bohrloch BB-2 in Slatina (Bild:zVg).

Quellen

KOCH, J., E. (1843): Abhandlung über Mineralquellen in allgemein wissenschaftlicher Beziehung und Beschreibung aller in der Oesterreichischen Monarchie bekannten Bäder und Gesundbrunnen. Wien (Pichler).

MELIORIS, L. (1995): Minerálne vody "Levickej žriedelnej línie" a ich ochrana. – Podzemná voda, 1, 75–88.

VANDROVÁ, G. & MATEJČEKOVÁ, E. (1989): Slatina – vyčistenie zdroja BB-2. Vyhľadávaci geologický prieskum (doplnenie). – Geofond, Bratislava. A. č. 66813.

www.slatina.sk [abgefragt am 30.8.2012].

Donat Mg (Slowenien)

ANNA-KATHARINA BRÜSTLE & NINA RMAN

Hydrogeologische Gegebenheiten und Quell-Ursprung

Die Ursprungsquellen des Donat Mg Mineralwassers befinden sich in Rogaska Slatina. In diesem Gebiet – nordwestlich des Donačabruches – treten sehr alte, vermutlich **unterpermische** (285 Millionen Jahre) Gesteine auf (Kalkstein mit geringem Anteil an Quarzsandstein und Tonschiefer). Diese Kalksteinlagen werden durch Störungen von den sonst vorherrschenden Gesteinen des Tertiär getrennt. In den tertiären Formationen dominiert andesitischer Tuff, der die bedeutendste wasserführende Schicht für Donat Mg Mineralwasser darstellt. Dieser tritt in einem schmalen Gürtel zwischen Gabernik im Westen und Zg. Sečovo im Osten an die Oberfläche. Erkundungsbohrungen zeigten, dass die Tuffsteine im ganzen Gebiet zwischen der Donačka Bruchzone im Norden und der Šoštanj Bruchzone im Süden zu finden sind. Diese oligozänen Kluft-Aquifere speichern hochmineralisiertes CO₂-hältiges Wasser, das durch mächtige Mergelschichten von seichteren wasserführenden Schichten getrennt wird.

Die beiden Mineralwässer Donat Mg und Tempel steigen mit natürlichem Gasdruck auf und werden über Rohrleitungen (getrennt vom CO₂) bis zur Abfüllanlage gepumpt. Die ersten seichten Fassungen der Tempel-Mineralquelle wurden 1730 gebaut. Spätere Quellfassungen im Jahre 1907 führten zur Erschließung einer weiteren Mineralwassertype, nämlich Donat Mg. Dieses wird über eine 277 m tiefe Bohrung (RgS-2) gewonnen.

Mineralwasseranalyse, Geschmack und gesundheitsfördernde Wirkung



Abbildung 1.
Flaschendesign Donat Mineralwasser
(www.rogaska.at/page.asp/-/hilfebei.htm
[abgefragt am 30.8.2012]).

Kationen	Masse [mg/l]	
Natrium (Na ⁺)	1700	
Kalium (K ⁺)	17	
Magnesium (Mg ⁺⁺)	1030	
Kalzium (Ca ⁺⁺)	350	
Anionen		
Masse [mg/l]		
Chlorid (Cl ⁻)	66	
Sulfat (SO ₄ ⁻⁻)	2300	
Hydrogenkarbonat	8020	
Gesamtmineralisation	13838	
Gelöste	gasförmige	Masse [mg/l]
Kohlensäure		<3500
Wassertyp		Mg-Na-HCO ₃ -

Tabelle 1.
Auszug aus der Wasser-Vollanalyse der Bohrung RgS-2 (Daten: zVg).

Für Donat Mg ist die außerordentlich hohe Mineralisation typisch – mehr als 13 g gelöste Mineralstoffe in einem Liter, davon mehr als 1 g Magnesium, ca. 350 mg Kalzium und noch

eine Reihe andere, für die Gesundheit zuträgliche Elemente und Verbindungen. Charakteristisch ist auch der sehr niedrige Gehalt an Kochsalz (128 mg/l).

Wegen seiner physikalischen Eigenschaften und aufgrund ausreichender balneologischer Erfahrungen und medizinischer Erkenntnisse wird es sowohl zu therapeutischen Zwecken als auch zur Prävention verwendet.

Donat Mg wird empfohlen bei diversen Magen- und Darmbeschwerden und kann bei Herzproblemen (z.B. Herzrhythmusstörungen und Herzkrämpfen) unterstützend eingesetzt werden, da es den erhöhten Cholesterinspiegel und das Harnsäureniveau senkt. Donat Mg wirkt der Entstehung von Nierensteinen und Osteoporose entgegen. Weiters fördert der tägliche Genuss von Donat Mg den Stoffwechsel des Körpers und unterstützt somit die Fettverbrennung. Aufgrund seiner chemischen Zusammensetzung wird Magnesiummangel, der auf sportliche Betätigung, Stress und unausgewogenen Ernährung zurückgeführt werden kann, kompensiert.

Dialysepatienten und Patienten mit schwerem Nierenversagen/Niereninsuffizienz wird von Donat Mg abgeraten.

Nutzungsgeschichte

Ausgrabungen im umliegenden Bereich weisen auf keltische und römische Siedlungen hin, die bereits die natürlichen Quellen zu nutzen wussten. Erste schriftliche Aufzeichnungen über Wasseraustritte in diesem Gebiet reichen in das Jahr 1141 zurück, die erste Wasseranalyse wurde 1572 durchgeführt.

In den Jahren um 1670 füllte Paul de Sorbait, Arzt und Professor an der Medizinischen Fakultät in Wien, das Mineralwasser erstmals in Flaschen und brachte es an den Kaiserhof in Wien. Das Mineralwasser erhielt, aufgrund seines Einsatzes zu Therapiezwecken, große Aufmerksamkeit, weshalb im Jahr 1676 die erste Unterkunft an den Quellen von Baron Peter Courty errichtet wurde. 1685 verfasste Dr. Johann Benedikt Gründe die erste wissenschaftliche Einzeldarstellung „Roitschocrene“ der Rogaska Slatina Quellen. Die Entwicklung von Rogaska Slatina als Kurort begann im frühen 19. Jahrhundert und führte dazu, dass das Mineralwasser aus Rogaska das am drittmeisten verkaufte Wasser der Welt wurde. 1893 gewann es – aufgrund seiner außerordentlichen Qualität – eine Medaille auf der „World's Columbian Exposition“ in Chicago. Bis zur Abgrenzung der Donat Mg Quelle 1907 wurden mindestens 2 Milliarden Liter an Tempel-Mineralwasser abgefüllt und danach eine weitere halbe Milliarde an Donat Mg. Die Gewinnung dieses Mineralwassers ist jedoch aufgrund von Korrosion und seiner Tendenz zur Krustenbildung eine technologische Herausforderung.

Quellen

NOSAN, A. (1975): Nov vrelec mineralne vode v Spodnji Kostrivnici. – Geologija, **18**, 311–313.

www.donatmg.net/en [abgefragt am 30.8.2012].

www.geologija-revija.si/dokument.aspx?id=331 [abgefragt am 30.8.2012].

www.rogaska.at/page.asp/-/hilfebei.htm [abgefragt am 30.8.2012].

http://en.wikipedia.org/wiki/Donat_Mg [abgefragt am 30.8.2012].

Radenska Classic (Slowenien)

ANNA-KATHARINA BRÜSTLE & NINA RMAN

Hydrologische Gegebenheiten und Quell-Ursprung

Die Radenska Mineralquellen und Mofetten sind seit Jahrhunderten bekannt. Es handelt sich dabei um natürliche Austritte tiefer gelegener artesischer Wässer, die durch den Gaslift-Effekt entlang von Kluftsystemen und Falten aufsteigen. Sandige und kiesige wasserführende Schichten des Pliozäns, die pleistozäne, paläometeorische Mineralwässer führen, sind in eine Reihe von hydrogeologischen Einheiten unterteilt, die wiederum von schlecht durchlässigen Störungen und Tonschichten getrennt werden. Im Gegensatz dazu dienen einige Störungen als Fließwege für Wasser und CO₂. Die Mineralwasseraquifere sind durch mächtige Tonschichten vor der Oberflächenverschmutzung geschützt. Radenska Classic Mineralwasser wird aus neun Quellen gewonnen, V74-A, V-N, V-L, V-H, V-J, V7-A, V-G, V-K in V-E, die gemeinsam die Bezeichnung Kraljevi Vrelec tragen.

Mineralwasseranalyse, Geschmack und gesundheitsfördernde Wirkung



Abbildung 1.
Quellfassung des Radenska Mineralwassers in Radenci
(www.rogaska.de/Raweb/mineralien.htm).

Kationen	Masse [mg/l]
Lithium	0,76
Natrium	390
Kalium	64
Ammonium	0,80
Magnesium	87
Kalzium	230
Strontium	2,30
Barium	0,18
Eisen	8,65
Mangan	0,28
Summe	783,97

Anionen	Masse [mg/l]
Fluorid	0,57
Chlorid	44
Sulfat	76
Hydrogenkarbonat	2370
Hydrogenphosphat	0,30
Summe	2490

Undissoziierte Stoffe	Masse [mg/l]
Kieselsäure	64,50
Borsäure	1,98

Gesamtmineralisation (TDS) 3391,2

Gelöste gasförmige Stoffe	Masse [mg/l]
Kohlensäure	<3500

Wassertyp Na-HCO₃

Tabelle 1.
Wasseranalyse erstellt von: Gesundheitsamt Maribor,
62000 Maribor; Slovenia; Datum: 15.3.2004
(www.rogaska.de/Raweb/mineralien.htm).

1 Liter Radenska enthält über 3.000 mg Mineralien und Spurenelemente. Durch den Genuss von Radenska Mineralwasser wird der Körper mit der richtigen Menge an Mineralien, besonders an Kalzium und Magnesium, die in dem optimalen Verhältnis von 2:1 vorhanden sind, versorgt. Keines der Mineralien fällt jedoch geschmacklich besonders auf, sodass Radenska einen ausgezeichneten abgerundeten Geschmack aufweist. Der quelleneigene Gehalt an Kohlensäure sorgt neben seinen durstlöschenden Eigenschaften dafür, dass die natürlich auftretenden Mineralien gelöst und daher für den Körper verfügbar bleiben.

Nutzungsgeschichte



Abbildung 2.
Aufnahme vom Quellenbereich in Radenci aus dem Jahr 1893
(www.radenska.de/Rabweb/quelle.htm).

Die erste Flasche wurde 1869 in dem bekannten Kurort Radenci abgefüllt. Dadurch wurde bereits im 19. Jahrhundert die Versorgung des kaiserlich-königlichen Hofes in Wien und des päpstlichen Hofes im Vatikan mit Mineralwasser ermöglicht. Radenska Mineralwasser war außerdem das offizielle Wasser bei den XIV. Olympischen Winterspielen in Sarajevo 1984 und während der EU-Präsidentschaft Sloweniens. Heute wird Radenska Mineralwasser weltweit in 30 Länder exportiert.

Quellen

NOSAN, A. (1973): Termalni in mineralni vrelci v Sloveniji. – *Geologija*, **16**, 6–81.

www.geologija-revija.si/dokument.aspx?id=241.

www.radenska.si [abgefragt am 30.8.2012].

www.rogaska.de/Raweb/quelle.htm [abgefragt am 30.8.2012].

NaturAqua (Ungarn)

ANNA-KATHARINA BRÜSTLE & NÓRA GÁL

Hydrogeologische Gegebenheiten und Quell-Ursprung

Die Wasser-Prospektionsbohrung Zalaszentgrót K-72 wurde 2005 abgeteuft und befindet sich im Westen Ungarns in der Nähe des Ortes Zalaszentgrót. Sie erschloss einen Riff-Karbonat Aquifer der Oberkreide, dessen Gesteine zwischen 75 und 80 Mio. Jahre alt sind. Auch dieser Aquifer ist, wie der Karbonataquifer des Mineralwassers Visegrádi, Teil des "Hauptkarstwasser Aquifersystems" der Gebirgszüge jenseits der Donau. Die wasserführenden Riff-Karbonate werden von mächtigen Sedimentschichten mit variabler Wasserdurchlässigkeit bedeckt. Das Einzugsgebiet der Wässer ist das östlich der Bohrung zutage tretende Karst-Plateau. Die Bohrung Zalaszentgrót K-72 erreicht eine Tiefe von 690.5 m – der genutzte Bereich der Bohrung liegt zwischen 687.5 und 690.5 m unter GOK.

Tiefe (m)	Lithologie	Stratigraphie
0–2	Löss	Quartär
2–5	Sedimente	Pleistozän
5–237	Sand	Oberes Miozän
237–314	Delta-Sandstein	
314–514	Sublitoraler Ton und Mergel	
514–670,5	Schlier, toniger Mergel	Unteres – mittleres Miozän
670,5–692	Riffkarbonate	Oberkreide

Tabelle 1.
 Geologisches Bohrlochprofil von Zalaszentgrót K-72.

Mineralwasseranalyse, Geschmack und gesundheitsfördernde Wirkung



Abbildung 1.
 Flaschendesign Natur Aqua Mineralwasser
 (www.cocacola.hu/termek/naturaqua/naturaqua-belso-hidratacio).

Kationen	Masse [mg/l]
Natrium (Na ⁺)	16
Kalium (K ⁺)	2
Magnesium (Mg ⁺⁺)	38
Kalzium (Ca ⁺⁺)	74
Ammonium (NH ₄ ⁺⁺)	n.n.
Anionen	Masse [mg/l]
Chlorid (Cl ⁻)	14
Sulfat (SO ₄ ⁻⁻)	92
Hydrogenkarbonat (HCO ₃ ⁻)	339
Nitrat (NO ₃ ⁻)	n.n.
Gesamtmineralisation (TDS)	636

Tabelle 2.
 Auszug aus der Wassers-Vollanalyse der Bohrung Zalaszentgrót K-72 (Daten:zVg).

Das erschlossene thermale Wasser hat eine Temperatur von 32,3°C. Radiokarbondatierungen weisen darauf hin, dass das geförderte Mineralwasser während der letzten Eiszeit infiltrierte. Der Wassertyp entspricht einer Calcium–Magnesium–Hydrogenkarbonat–Sulfat Quelle, mit geringem Anteil an Natrium und Kalium. Das NaturAqua Mineralwasser ist nicht als Heilwasser ausgewiesen und findet auch keine medizinische Anwendung.

Nutzungsgeschichte

Das Ziel der Bohrung war eine nachfolgende Förderung und Abfüllung von Mineralwasser. Nach der Abteufung der Bohrung 2005 wurde das erschlossene Wasser als Mineralwasser deklariert (Lizenz: 413-3/2005) und wird seither unter der Marke NaturAqua von Coca Cola Beverages Hungary vertrieben.

Quelle

www.coca-cola.hu/termekek/naturaqua/naturaqua-belso-hidratacio [abgefragt am 30.8.2012].

Visegrádi (Ungarn)

ANNA-KATHARINA BRÜSTLE & NÓRA GÁL

Hydrogeologische Gegebenheiten und Quell-Ursprung

Die Mineralwasser-Prospektionsbohrung Visegrád K-7 wurde im Jahre 1973 abgeteuft. Sie befindet sich, ebenso wie die Abfüllanlage, im Visegrád – Lepence Tal im nördlichen Teil von Zentralungarn an der Donau. Die Bohrung erschloss einen Karbonataquifer aus der Obertrias, dessen Gesteine zwischen 200 und 202 Mio. Jahre alt sind. Dieser karbonatische Aquifer ist Teil des regionalen „Hauptkarstwasser Aquifersystems“ der Gebirgszüge jenseits der Donau. Die Karbonate werden von mächtigen Sedimenten und vulkanischen Schichten mit geringer Wasserdurchlässigkeit überlagert. Das Haupteinzugsgebiet des Aquifers sind nördlich (Duna balparti rögök), südlich und westlich (Pilis, Gerecse) der Bohrung und die Oberfläche tretenden Karbonatblöcke der Obere Trias. Visegrád K-7 reicht bis in eine Tiefe von 1.301,7 m – das genutzte Tiefenintervall liegt zwischen 1.187 und 1.301 m unter GOK (Tabelle 1).

Tiefe (m)	Lithologie	Stratigraphie
0–2	Fluss-Sedimente	Quartär
2–10	Sedimente	Pleistozän
10–466	Stratovulkanische Schichten	Unteres – mittlere Miozän
466–737	Lagunen Sandstein	Mittleres Oligozän
737–763	Litoraler Sandstein	Unteres Oligozän
763–1170	Ton	Unteres – mittleres Miozän
1170–1301,7	Plattform-Karbonate	Obere Trias

Tabelle 1.
Geologisches Bohrlochprofil von Visegrád K-7.

Mineralwasseranalyse, Geschmack und gesundheitsfördernde Wirkung



Abbildung 1.
Flaschendesign Visegrádi Mineralwasser
(www.visegradi.hu).

Kationen	Masse [mg/l]
Natrium (Na ⁺)	54
Kalium (K ⁺)	7,6
Magnesium (Mg ⁺⁺)	54
Kalzium (Ca ⁺⁺)	153
Ammonium (NH ₄ ⁺⁺)	n.n.
Anionen	Masse [mg/l]
Chlorid (Cl ⁻)	58
Sulfat (SO ₄ ⁻⁻)	78
Hydrogenkarbonat (HCO ₃ ⁻)	708
Nitrat (NO ₃ ⁻)	n.n.
Gesamtmineralisation (TDS)	1140

Tabelle 2.
Auszug aus der Wasser-Vollanalyse der Bohrung
Visegrádi K-7 (Daten: zVg).

Das geförderte Wasser gehört aufgrund seiner Temperatur von 39°C zu den Thermalwässern. Das Wasser hat den Typ Calcium – Magnesium – Hydrogenkarbonat, mit geringem Natrium- und Kaliumgehalt (Tabelle 2) und ist bekannt für seine lindernde Wirkung bei Entzündungen (http://www.thermaltours.hu/furdo_de.php?akt_furdo=171).

Nutzungsgeschichte

Das Ziel der Prospektionsbohrung im Jahr 1973 war, den Außenpool der ungarischen Wasseruntersuchungs- und Bohrfirma VIKUV mit Thermalwasser zu versorgen. Diese Firma gründete in weiterer Folge 1978 auch die Therme. Ende der 1990er Jahre entwickelte sich aus dem ehemaligen Außenbecken ein balneologisches Zentrum, der 2004 mit dem neuen Hotelkomplex Danubius erweitert wurde.



Abbildung 2.
Die Thermenanlage im Lepence-Tal in Visegrád
(http://www.thermaltours.hu/furdo_de.php?akt_furdo=171).

Die erste Abfüllanlage wurde im Jänner 1997 von Pilisi Parkerdő Ltd. in Zusammenarbeit Castrum Ltd. gebaut. Heute ist die Anlage im Besitz von Pet Pack Ltd.

Im Jahr 1994 wurde das geförderte Wasser als Mineralwasser deklariert (Lizenz: 80/GYF/1994) und seit 2002 wird es, aufgrund seiner entzündungshemmenden Wirkung, medizinisch eingesetzt (Lizenz: 51/GYF/2002).

Quellen

www.visegradi.hu [abgefragt am 30.8.2012].

www.thermaltours.hu/furdo_de.php?akt_furdo=171 [abgefragt am 2.9.2012].

JUVINA (JUnge – VItal – NATürlich) (Österreich)

ANNA-KATHARINA BRÜSTLE

Hydrogeologische Gegebenheiten und Quell-Ursprung

Das Mineralsäuerling-Vorkommen von Deutschkreutz liegt an der Nordflanke der als „Senke von Deutschkreutz“ bezeichneten Untergrundstruktur, nahe einer SW-NW-streichenden Verwerfung (ZÖTL & GOLDBRUNNER, 1993).

Die JUVINA-Quelle wurde in den Jahren 1961/62 gefasst und wird aus Sanden des Badenium aus einer Tiefe von 15–17 m (ZÖTL & GOLDBRUNNER, 1993) gespeist. In der Nähe der JUVINA-Quelle treten vier weitere, ältere Quellen aus (Alte Rudolfsquelle, Neue Rudolfsquelle, Grabenquelle und Esterházybrünnl). Diese Quellen beziehen ihre Wässer aus einer Tiefe von lediglich 3–5 m (STEHLIK, 1966).

Einzugsgebiete der JUVINA-Quelle sind das Ödenburger Gebirge sowie der Harkauer Kogel. Mineralisiertes Grundwasser wird durch das an der Verwerfung aufsteigende Kohlendioxid nach oben geführt und tritt als Säuerling aus. Erst später wurden die natürlich austretenden Quellen in flachen Schächten und seichten Bohrungen gefasst.

Derzeit werden für die Mineralwasserabfüllung die Quellen JUVINA I und JUVINA II genutzt.

Mineralwasseranalyse, Geschmack und gesundheitsfördernde Wirkung



Abbildung 1.
Flaschendesign JUVINA Mineralwasser
(www.juvina.at).

Kationen	Masse [mg/l]
Natrium (Na ⁺)	330,30
Kalium (K ⁺)	16,80
Magnesium (Mg ⁺⁺)	58,20
Kalzium (Ca ⁺⁺)	253,1

Anionen	Masse [mg/l]
Chlorid (Cl ⁻)	61,00
Sulfat (SO ₄ ⁻⁻)	102,00
Hydrogenkarbonat (HCO ₃ ⁻)	1686,00

Tabelle 1.
Auszug aus der Wasser-Vollanalyse JUVINA-Quelle, 2007 (www.juvina.at).

Bei den JUVINA-Quellen handelt es sich um Natrium-Magnesium-Calcium-Hydrogencarbonat-Säuerlinge.

Der Mineralstoffgehalt von JUVINA sorgt für einen ausgewogenen Säure-Basen-Haushalt im Körper und ist auch ideal für Haut, Haare und Nägel. Die hohen Kalzium- und Magnesiumgehalte sorgen für einen geregelten Ablauf der Herzfunktionen, des Stoffwechsels sowie der Muskelfunktionen und sind des Weiteren am Knochen – und

Zahnaufbau beteiligt. Natrium besitzt in Kombination mit Hydrogenkarbonat eine blutdrucksenkende Wirkung. Magnesium fördert die Konzentration und Leistung für Beruf, Schule und Sport.

Nutzungsgeschichte

Die JUVINA-Quelle wurde 1961/62 als Flachbohrung gefasst – sie erreicht eine Endteufe von 22,5 m. Da auch die älteren Quellen in der Umgebung einen ähnlichen Chemismus haben, spricht man zusammenfassend von der „Geschichte des Deutschkreutzer Sauerbrunnen“ (STEHLIK, 1966).

Erstmals beschrieb H.J. von Crantz 1777 die damalige Quelle als „Keresztur. Säuerling in Ungarn“. Der Ursprung der Marke JUVINA liegt in den sogenannten Wirtschaftswunderjahren der Nachkriegszeit (www.juvina.at).

Die Gemeinde Deutschkreutz und die Heilmittelwerke Wien Ges. m. b. H. schlossen 1960 einen Vertrag ab der es ermöglichte, das Quellgebiet auch über den lokalen Bedarf hinaus zu vermarkten. Eine zweite Quelle mit dem Namen JUVINA II wurde 1980 gebohrt und bis auf 100 m abgeteuft.

Quellen

STEHLIK, A. (1966): Balneologisches Gutachten über die JUVINA – Quelle in Deutschkreutz zwecks Anerkennung der Quelle zum Heilvorkommen, Wien, September 1966.

ZÖTL, J. & GOLDBRUNNER, J. (1993): Die Mineral- und Heilwässer Österreichs. – 324 + 5 S., Wien.

www.juvina.at [abgefragt am 30.8.2012].

Vöslauer (Österreich)

ANNA-KATHARINA BRÜSTLE

Hydrogeologische Gegebenheiten und Quell-Ursprung

Bad Vöslau liegt 35 km südlich von Wien an der Thermenlinie, die als Grenze zwischen dem bergigen Wienerwald und dem flachen Wiener Becken verläuft. Das Vöslauer Mineralwasser tritt artesisch gespannt aus einer Tiefe von 660 m an die Oberfläche und wird direkt am Quellenort in Bad Vöslau abgefüllt.

Derzeit werden für die Mineralwasserabfüllung die Ursprungsquellen VI und VII genutzt. Abbildung 1 zeigt eine schematische Darstellung des geologischen Profils der Ursprungsquelle, aus dem das 15.000 Jahre alte Wasser gewonnen wird.

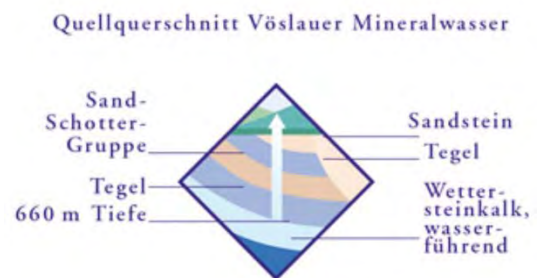


Abbildung 1.
Geologisches Profil der Ursprungsquelle (schematisch)
(www.voelslauer.com/web/Voelslauer-Quelle).

Mineralwasseranalyse, Geschmack und gesundheitsfördernde Wirkung



Abbildung 2.
Flaschendesign Vöslauer Mineralwasser
(www.voelslauer.com).

Kationen	Masse [mg/l]
Natrium (Na ⁺)	13,20
Kalium (K ⁺)	1,80
Magnesium (Mg ⁺⁺)	39,40
Kalzium (Ca ⁺⁺)	115,10
Anionen	Masse [mg/l]
Chlorid (Cl ⁻)	18,90
Sulfat (SO ₄ ⁻⁻)	223,50
Hydrogenkarbonat (HCO ₃ ⁻)	256,20
m-Kieselsäure (H ₂ SiO ₃)	15,40
Gesamtmineralisation (TDS)	686,00

Tabelle 1.
Auszug aus der Wasser-Vollanalyse der Ursprungsquelle VI; 2007 (www.voelslauer.com).

Die Vöslauer Ursprungsquelle VII liefert akritisches Calcium-Magnesium-Hydrogencarbonat-Sulfat Thermalwasser mit einer Temperatur von 24°C. Durch seine ausgewogene Mineralisierung und seinen natriumarmen Charakter hat werden ihm

stark vitalisierende Eigenschaften zugesprochen, die sich bei Störungen des Stoffwechsels bewährt haben.

Das Kurzentrum Bad Vöslau empfiehlt den Einsatz des Vöslauer Heil- und Mineralwassers bei Erkrankungen des Bewegungsapparates ebenso wie zur Nachbehandlung verschiedener Verletzungen. Auch bei chronischen Erschöpfungs- und Ermüdungserscheinungen in der Rekonvaleszenz sowie bei der Weiter- und Nachbehandlung nach bestimmten Erkrankungen des Nervensystems (Lähmungen, Cerebralinsult, etc.) lieferten Thermalwasseranwendungen bereits Erfolge. Des Weiteren konnte eine positive Wirkung bei funktionellen Herz-Kreislaufkrankungen und Durchblutungsstörungen dokumentiert werden.

Nutzungsgeschichte

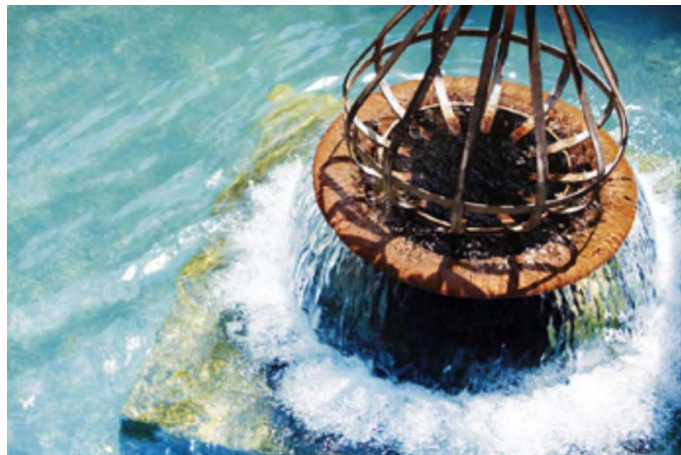


Abbildung 3.
Quellfassung der Ursprungsquelle im Thermalbad Vöslau
(www.voeshlauer.com/web/Voeslauer-Quelle).

Die Bad Vöslauer Heil- und Mineralwasserquellen gelten als eine der ältesten Quellen Europas. Seit über 2000 Jahren gibt es in diesem Siedlungsgebiet Thermalbäder, da bereits im römischen Reich dem hier zutage tretenden Wasser eine heilende Wirkung nachgesagt wurde. Erstmals schriftlich erwähnt wurden die Austritte als Feselover-Quelle 1136 n.Chr. Im Jahr 1825 wurde die erste Wasseranalyse durchgeführt, die seine Heilwirkung offiziell bestätigte. Daraufhin wurde durch Dr. Johann Malfatti, dem Leibarzt Beethovens, eine erste Quellfassung in die Wege geleitet, um weiterführende wissenschaftliche Studien zu ermöglichen.

1873 wurde das Vöslauer Thermalbad, das vom Wiener Ringstraßen-Architekten Teophil Hansen geplant wurde, in seiner heutigen Form eröffnet. Im Bad befindet sich bis heute die gefasste Ursprungsquelle.

Seit 1936, dem Gründungsjahr der heutigen Vöslauer AG durch die Zentralsparkasse, wird das Wasser in Flaschen abgefüllt. Aufgrund seiner Innovativität, seiner Sortenvielfalt und zahlreicher Gebindeformate erfreut sich die Marke großer Beliebtheit.

Quellen

www.kurzentrum.com/bad-voeshlauer/heilvorkommen.html [abgefragt am 30.8.2012].

www.voeshlauer.com/web/Voeslauer-Quelle [abgefragt am 30.8.2012].

www.thermalbad-voeshlauer.at [abgefragt am 30.8.2012].

