



Projekt TRANSTHERMAL

Geothermie der Ostalpen – Erfassung und zusammenfassende Darstellung des geothermischen Potenzials in Datenbanken, in einem Geothermieatlas und in GIS – basierten Kartenwerken im Bereich von Kärnten, Steiermark und Slowenien

INTERREG IIIA Austria – Slovenia

Nationaler Abschlussbericht für Österreich

Götzl G., Poltnig W., Domberger G., Lipiarski P.

Mit Beiträgen von:

Bäk R., Letouzé G., Lapanje A., Budkovič T., Hribenik K. & Rajver D.

156 S., 50 Abb., 7 Tab., 15 Beilagen

Wien – Graz – Klagenfurt, November 2007



Geologische Übersichtskarte

Zusammengestellt von W. Poltnig 2007 aus folgenden Unterlagen:

Bernhard ATZENHOFER, Rudolf BERKA, Maria HEINRICH, Johann HELLENSCHMIDT-ALBER, Gerhard LETOUZE-ZEZULA (Lit.), Irena LIPIARSKA, Piotr LIPIARSKI, Beatrix MOGHAMMER, Walter POLTNIG, Gerlinde POSCHTROZMÜLLER, Ralf SCHUSTER, Thomas UNTERSCHWEG: Digitale geologische Karte Kärnten - GIS-Generierung einer geologischen Arbeitskarte von Kärnten als Basis weiterführender rohstoff- und bergbauwirtsch. geologischer Bearbeitungen. Endbericht zum Projekt KC-25 der Bund-/Bundesländerkooperation - 29 Seiten, 17 Beilagen, 8 Abbildungen, 1 Anhang - Wien, November 2005

Basic geological map SFJRJ 1:100 000, scale 1: 100 000, source date: 1967-1998, date of digitizing: 1998-2003, date accuracy: 2003

Used sheets: Bojak (Vilach) in Ponteba, Celovec (Klagenfurt), Celje, Čakovec, Gorjoko, Kranj, Ljubljana, Maribor in Leibnitz, Nadkajana, Ravne na Koroskem, Rogatec, Slovenj Gradec and Varazdin. Digitization in frame of the project: Vzporedni geološki informacijski sistem, investor: RS MOP ARSO.

Beginning in 1996 - still in progress. Geological Survey of Slovenia.

Brenčič, M., Kumej, Š., Šinigoj, J., Budkovič, T. (2005): Program raziskav obmejnih vodonosnikov področja Karavank (priloga dosedanjih rezultatov raziskav za predstavitve javnosti): mejniki 1: mejniki 2 Ljubljana: Geološki zavod Slovenije

Buser, S.: Geoteknische Karte von Steiermark 1:250 000 (in visku - in print)

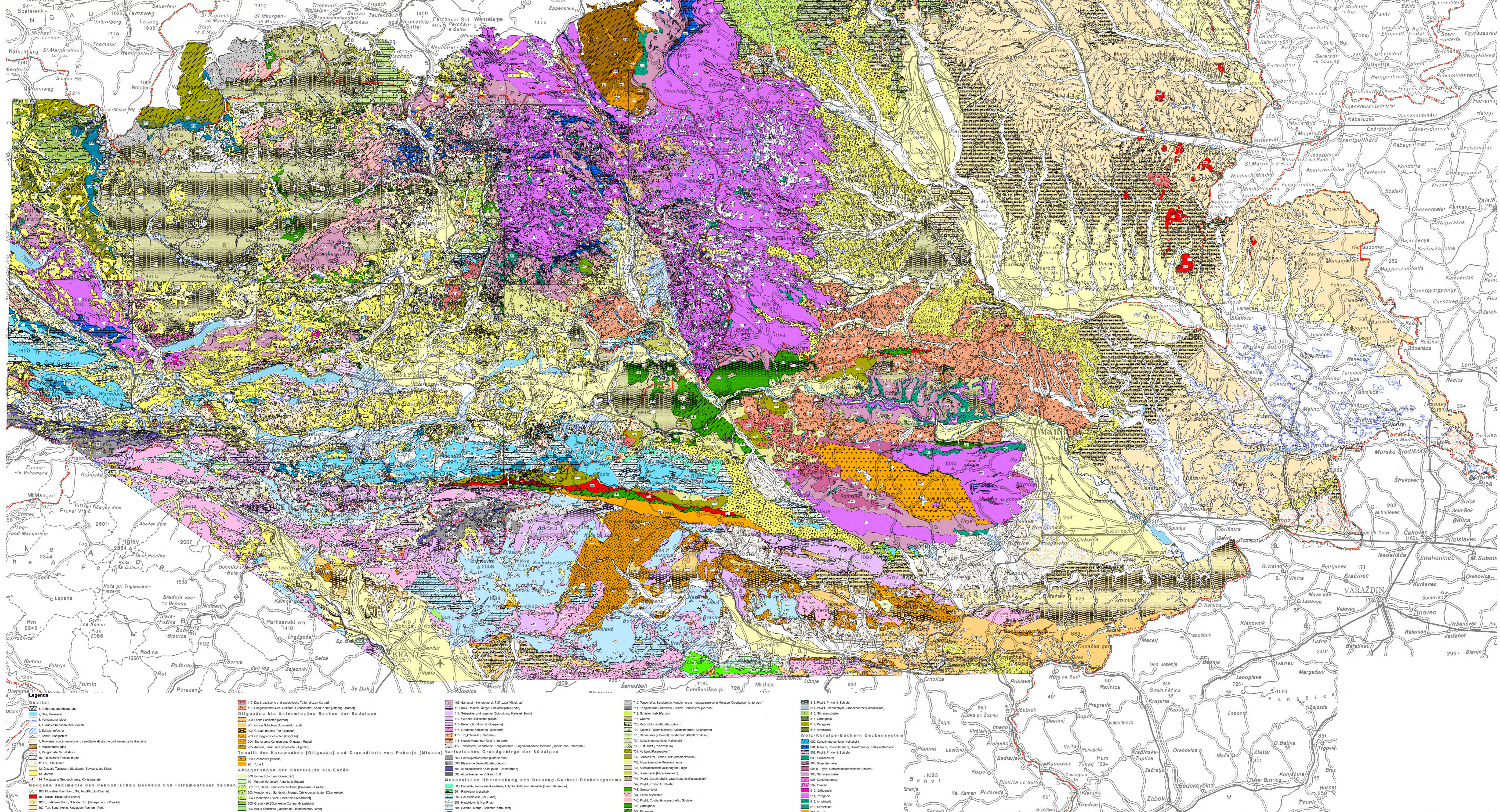
Poljak, M. (2007): Strukturno-tektonische Karte von Steiermark 1: 200 000.-GeoZS, Ljubljana

Poljak, M. (2007): Strukturno-tektonische Karte von Steiermark 1: 200 000. Toimäc. (62. str.) -GeoZS, Ljubljana

Schmid M.S., Fögenschuh B., Kessling E. & R. Schuster (2004): Tectonic map and overall architecture of the Alpine orogen - Eclog. Geol. Helv. 97/1, S. 93-117, Basel.

Schuster R. (2007): Manuskriptkarte der tektonischen Einheiten von Kärnten - Geol.B.A., Wien.

SCHWENDT, A.: Digitale geologische Karte der Steiermark 1:200 000 - Joanneum Research - Graz 1998



legende

<ul style="list-style-type: none"> 400. Quarzite 401. Amphibolit 402. Amphibolit 403. Amphibolit 404. Amphibolit 405. Amphibolit 406. Amphibolit 407. Amphibolit 408. Amphibolit 409. Amphibolit 410. Amphibolit 411. Amphibolit 412. Amphibolit 413. Amphibolit 414. Amphibolit 415. Amphibolit 416. Amphibolit 417. Amphibolit 418. Amphibolit 419. Amphibolit 420. Amphibolit 	<ul style="list-style-type: none"> 421. Amphibolit 422. Amphibolit 423. Amphibolit 424. Amphibolit 425. Amphibolit 426. Amphibolit 427. Amphibolit 428. Amphibolit 429. Amphibolit 430. Amphibolit 431. Amphibolit 432. Amphibolit 433. Amphibolit 434. Amphibolit 435. Amphibolit 436. Amphibolit 437. Amphibolit 438. Amphibolit 439. Amphibolit 440. Amphibolit 	<ul style="list-style-type: none"> 441. Amphibolit 442. Amphibolit 443. Amphibolit 444. Amphibolit 445. Amphibolit 446. Amphibolit 447. Amphibolit 448. Amphibolit 449. Amphibolit 450. Amphibolit 451. Amphibolit 452. Amphibolit 453. Amphibolit 454. Amphibolit 455. Amphibolit 456. Amphibolit 457. Amphibolit 458. Amphibolit 459. Amphibolit 460. Amphibolit 	<ul style="list-style-type: none"> 461. Amphibolit 462. Amphibolit 463. Amphibolit 464. Amphibolit 465. Amphibolit 466. Amphibolit 467. Amphibolit 468. Amphibolit 469. Amphibolit 470. Amphibolit 471. Amphibolit 472. Amphibolit 473. Amphibolit 474. Amphibolit 475. Amphibolit 476. Amphibolit 477. Amphibolit 478. Amphibolit 479. Amphibolit 480. Amphibolit
---	--	--	--

Beilage 1

Informationen zur Kartendarstellung, Datenquellen:

Kartengrundlage: OK500

Autoren: W. Poltnig, T. Budkovič

Unterstützt und finanziert durch:

- Kärnten
- Steiermark
- Geologische Bundesanstalt
- Geologische Übersichtskarte
- TRAMONTANA

Tektonische Übersicht

Zusammengestellt von W. Poltnig 2007 aus folgenden Unterlagen:

Bernhard ATZENHOFER, Rudolf BERKA, Maria HEINRICH, Johann HELLERSCHMIDT-ALBER, Gerhard LETOUZÉ-ZEZULA (Lg), Irena LIPIARSKI, Piotr LIPIARSKI, Beatrice MOSHAMMER, Walter POLTNIG, Gerardo POSCHTROZMÜLLER, Ralf SCHÜSTER, Thomas UNTERSCHWEG. Digitale geologische Karte Kärnten - GIS-Generierung einer geologischen Arbeitskarte von Kärnten als Basis weiterführender rostoff- und angewand-geologischer Bearbeitungen. Endbericht zum Projekt KO-25 der Bund-/Bundesländerkooperation - 29 Seiten, 17 Beilagen, 8 Abbildungen, 1 Anhang - Wien, November 2005

Basic geological map SFRJ 1:100 000, scale 1: 100 000, source date: 1967-1998, date of digitizing: 1998-2003, date accuracy: 2003. Used sheets: Beljak (Villach) in Porteba, Celovec (Klagenfurt), Celje, Cakovc, Gorniko, Kranj, Ljubljana, Maribor in Leibnitz, Nadkaniža, Ravne na Koroskem, Rogatec, Slovenj Gradec and Varaždin. Digitalisation in frame of the project: Vpostavitev geološke informacijskega sistema. Investor: RS MOP ARSO. Beginning in 1996 - still in progress. Geological Survey of Slovenia

Brenčič, M., Kumelj, Š., Šinigoj, J., Budkovič, T. (2006): Program raziskav obehjnih vodonosnikov področja Karavank: (priprava dosežanih rezultatov raziskav za predstavitev javnosti): mejnik 1: mejnik 2: Ljubljana: Geološki zavod Slovenije

Buser, S.: Geološka karta Slovenije 1:250 000 (v tisku - in print)

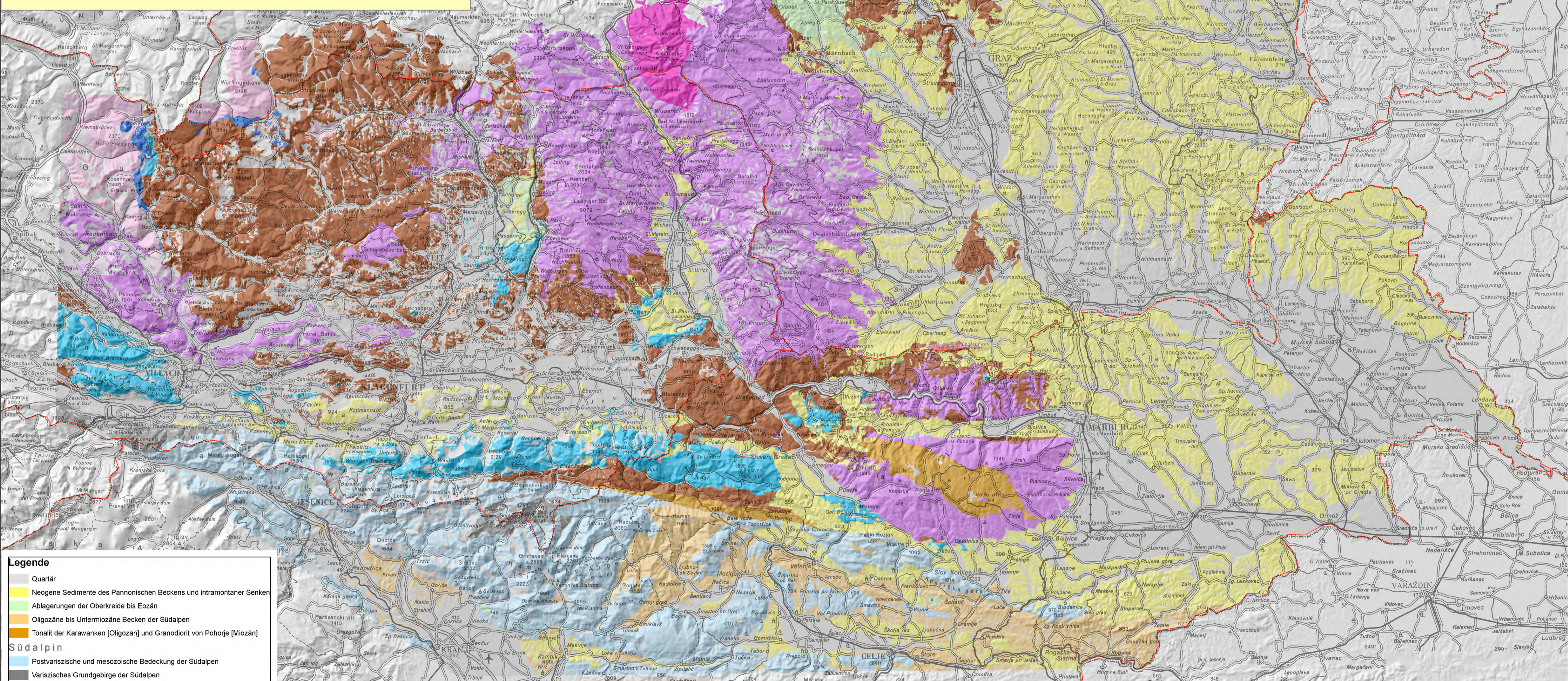
Poljak, M. (2007): Strukturno-tektonska karta Slovenije 1: 200 000.-GeoZS., Ljubljana

Poljak, M. (2007): Strukturno-tektonska karta Slovenije 1: 200 000. Tolmač, (52. str.)-GeoZS., Ljubljana

Schmid M.S., Fügenschuh B., Kissling E. & R. Schuster (2004): Tectonic map and overall architecture of the Alpine orogen - Geol. Geol. Helv., 97/1, S. 93-117, Basel.

Schuster R. (2007): Manuskriptkarte der tektonischen Einheiten von Kärnten - Geol. B.-A., Wien.

SCHWENDT, A.: Digitale geologische Karte der Steiermark 1:200.000.-Joanneum Research - Graz 1998



Legende

- Quartär
- Neogene Sedimente des Pannonischen Beckens und intramontaner Senken
- Ablagerungen der Oberkreide bis Eozän
- Oligozäne bis Untertertiäre Becken der Südalpen
- Tonalit der Karawanken [Oligozän] und Granodiorit von Pohorje [Miozän]

Südalpin

- Postvariszische und mesozoische Bedeckung der Südalpen
- Variszisches Grundgebirge der Südalpen

Oberostalpine Deckensysteme

- Mesozoische Überdeckung des Drauzug-Gurktal Deckensystems
- Drauzug-Gurktal - (Grazer Paläozoikum) Deckensystem
- Mesozoische Bedeckung des Ötztal-Bundschuh Deckensystems
- Ötztal-Bundschuh Deckensystem
- Wölz-Koralpe-Pohorje Deckensystem
- Silvretta-Seckau Deckensystem

Beilage 2

Informationen zur Kartendarstellung, Datenquellen:

Datengrundlage:
NASA-DHM
OK500

Autoren: W. Poltnig, T. Budkovič, R. Schuster

Unterstützt und finanziert durch:

Projektteam:

Übersicht über die tektonischen Einheiten

TRANSTHERMAL

0 5 10 20 30 40 50 Km

Informationen zur Kartendarstellung, Datenquellen:

Datengrundlage:
NASA-DHM
OK500

Autoren: W. Poltnig, T. Budkovič, R. Schuster

Unterstützt und finanziert durch:

Projektteam:

Übersicht über die tektonischen Einheiten

TRANSTHERMAL

Geologische Schnitte

Bearbeitung: T. Budkovič & W. Poltnig (2007) aus nachfolgenden Unterlagen:

Flügel, H.W., 1988: Geologische Karte des prätertiären Untergrundes. – Geologische Themenkarten der Republik Österreich, Steirisches Becken – Südburgenländische Schwelle 1:200.000. GBA, Wien.

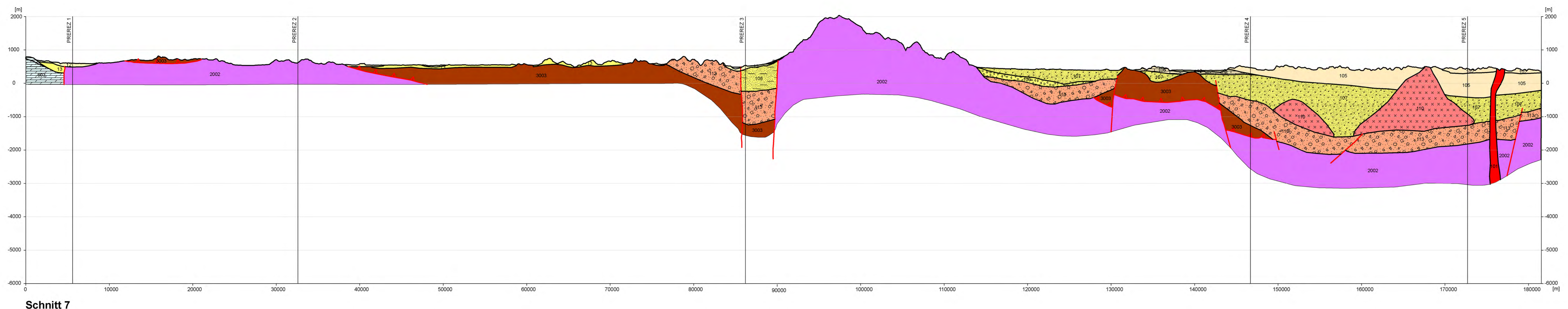
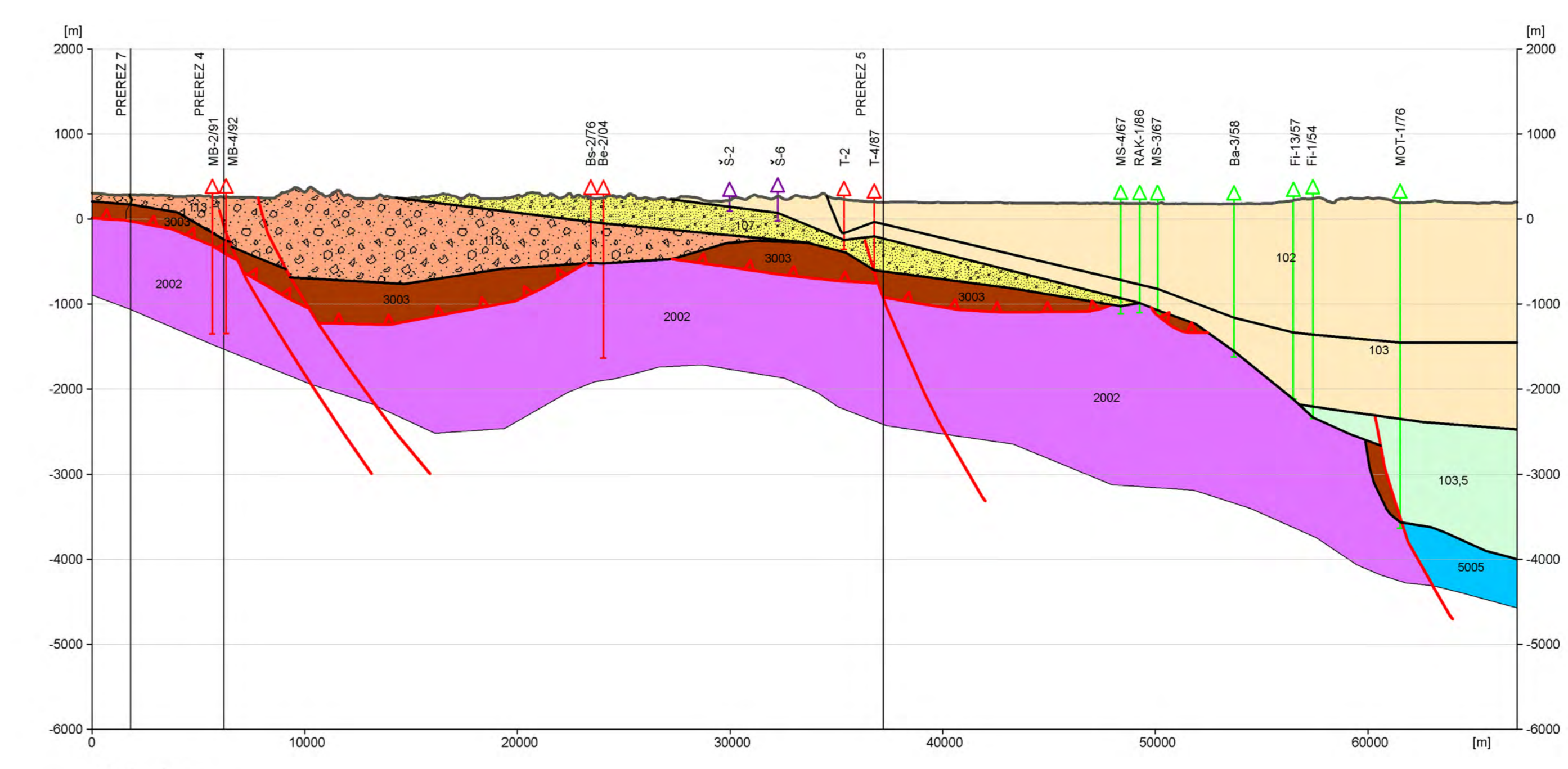
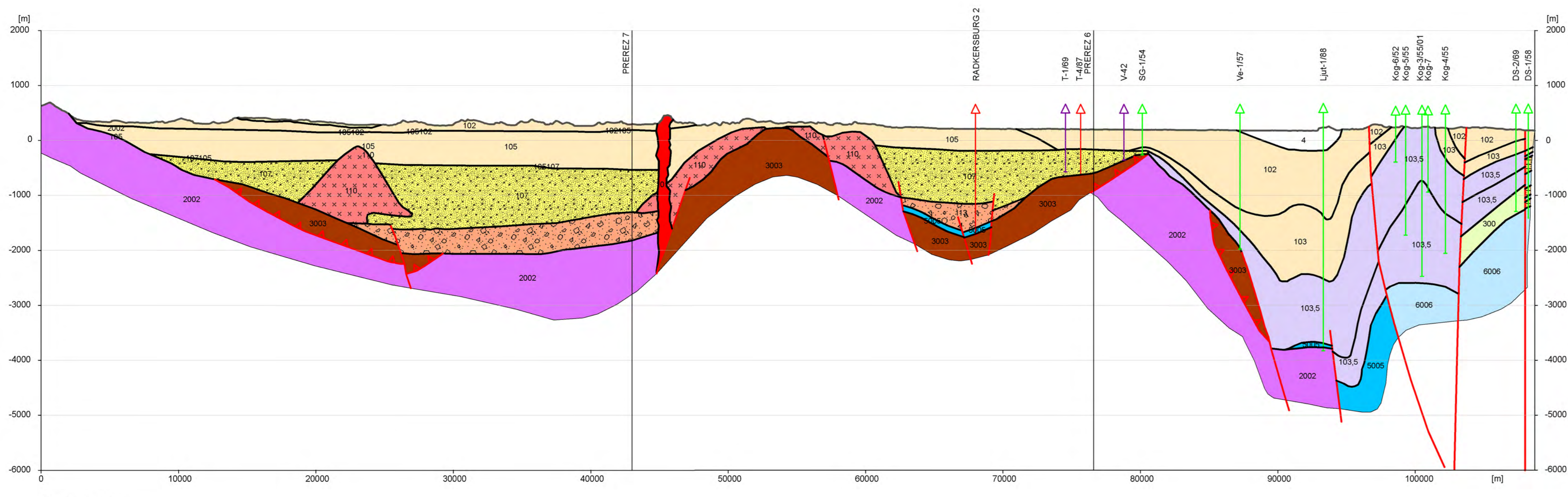
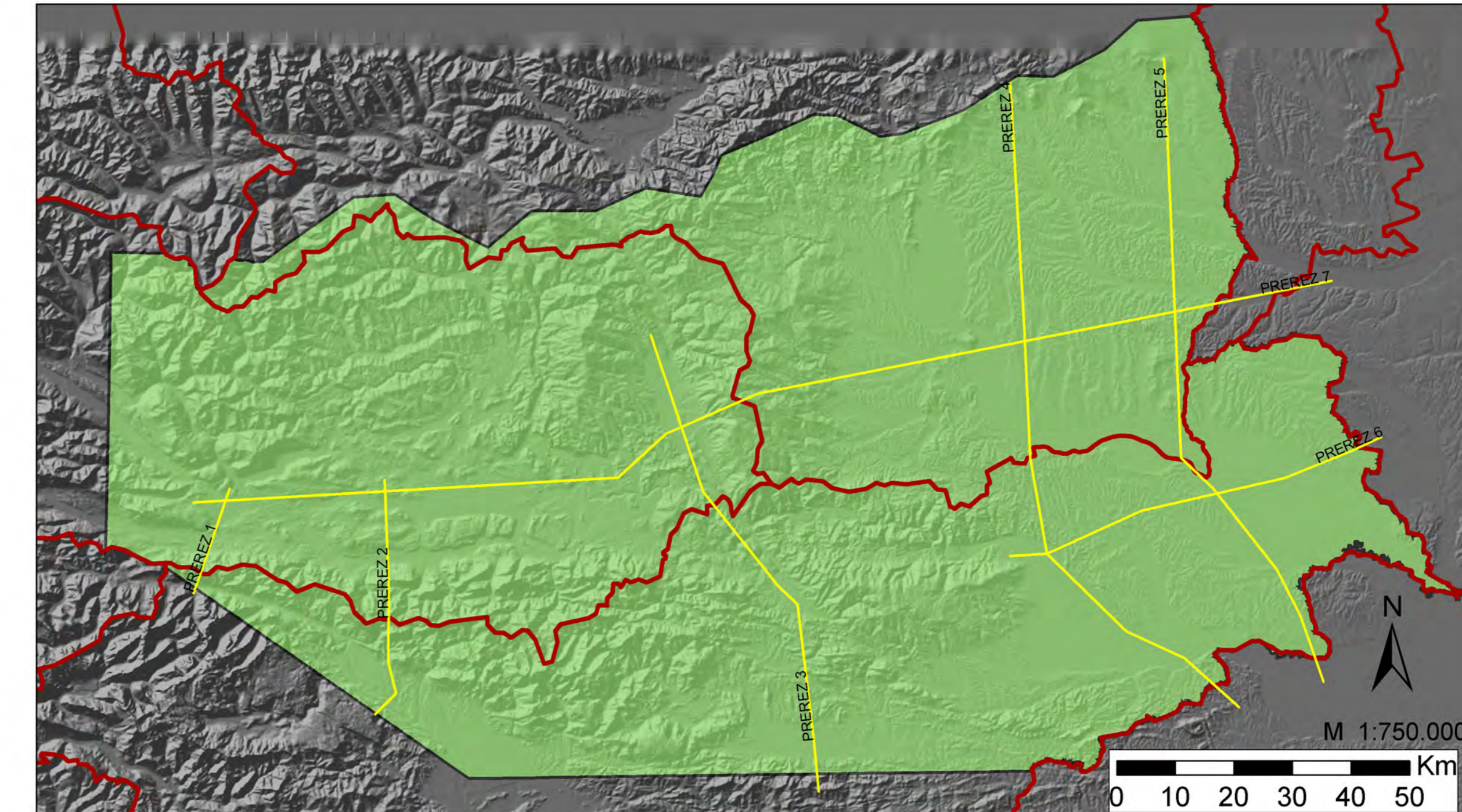
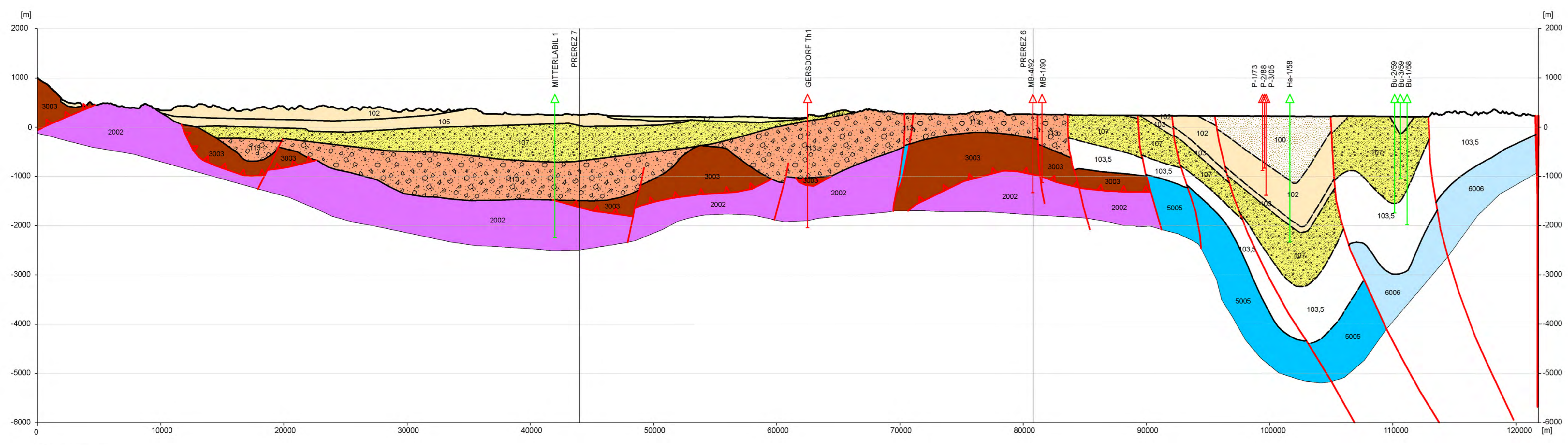
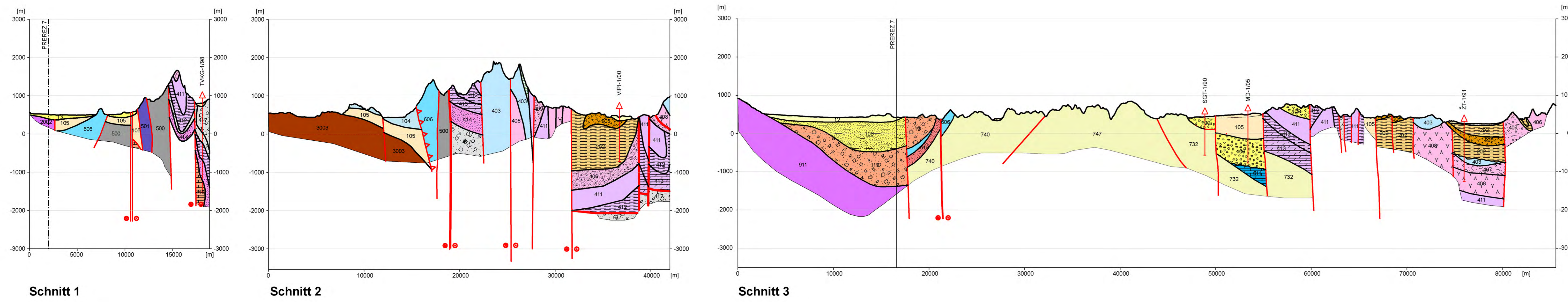
Jelen, B., Rifelj, H., Bavec, M. & Rajver, D., 2006: Opredeleitev dosedanjega konceptualnega geološkega modela »Murske depresije«. Interno poročilo, Arhiv Geološkega zavoda Slovenije.

Poljak, M., 2007a: Strukturno-tektonska karta Slovenije 1:200.000 - GeoZS., Ljubljana.

Poljak, M., 2007b: Strukturno-tektonska karta Slovenije 1:200.000 Tolmač. (52. str.) -GeoZS., Ljubljana

Legende der lithologischen Einheiten siehe Geologische Übersichtskarte - Beilage 1

Legende zu den nicht differenzierbaren prätertiären Schichten in den Tertiärbecken siehe Tektonische Übersichtskarte - Beilage 2



Masstab:
 Masstab horizontal: 1:200.000
 Masstab vertikal: 1:50.000

Geologische Schnitte

Beilage 3

Unterstützt und finanziert durch:

Projektteam:

Kartengrundlage:
 NASA - DMSP
 Autoren:
 Budkovič, T., Poltnig, W.
 Digitale Bearbeitung:
 Mirovič, S.

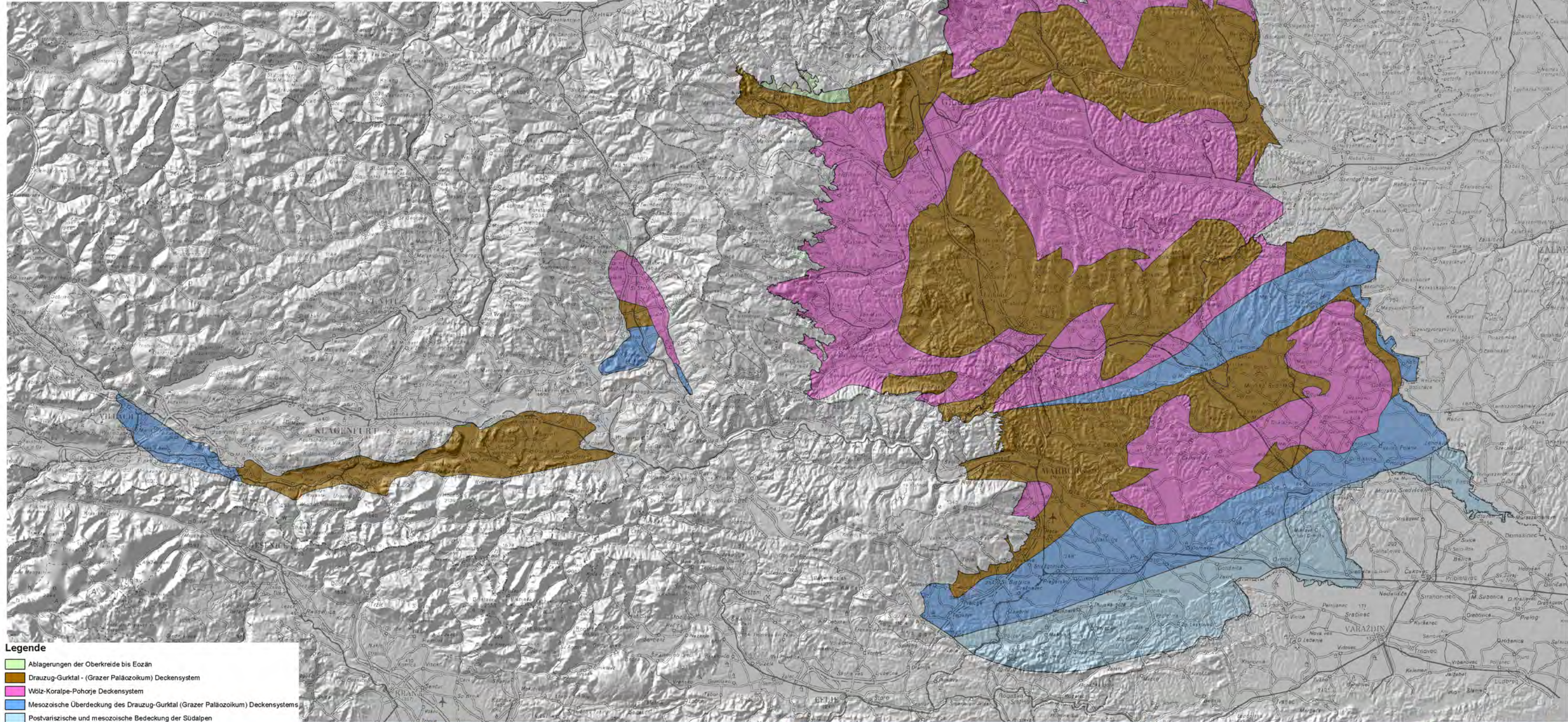
Präneogenes Grundgebirge

Literatur:

Flügel H.W. (1988): Geologische Karte des prätertiären Untergrundes.- Geologische Themenkarten der Republik Österreich, Steirisches Becken – Südburgenländische Schwelle 1:200.000.- Geol. B.-A., Wien.

Rajver, D., Kralj, P., Žlebnič, L., Drobne, F., Kranjc, S., 1994: Structural map of Mura depression, in scale 1 : 100 000. Project: Programme for the efficient energy use and use of renewable energy sources. Unpublished report (in Slovene), Institute for Geology, Geotechnics and Geophysics.

Jelen, B., Rifelj H., Bavec, M., Rajver, D., 2006: Definition of the so far existing conceptual geological model of »Mura depression«. Unpublished report (in Slovene), Geological Survey of Slovenia.



Legende

- Ablagerungen der Oberkreide bis Eozän
- Drauzug-Gurktal - (Grazer Paläozoikum) Deckensystem
- Wölz-Koralpe-Pohorje Deckensystem
- Mesozoische Überdeckung des Drauzug-Gurktal (Grazer Paläozoikum) Deckensystems
- Postvariszische und mesozoische Bedeckung der Südalpen

Beilage 4

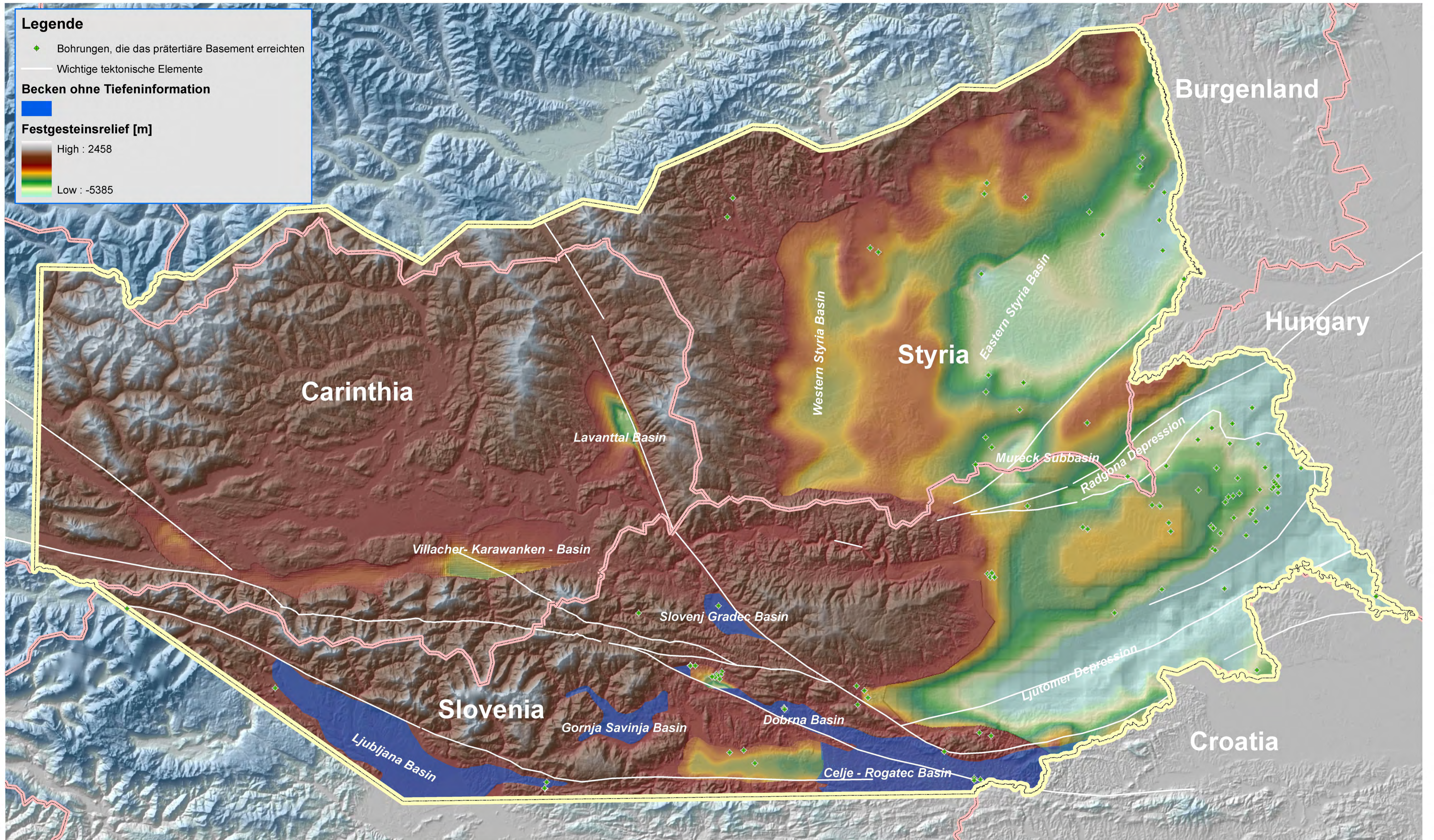
Informationen zur Kartendarstellung, Datenquellen:

Kartengrundlage:
NASA-DHM
OK500

Autoren: Walter Poltnig, Tomaž Budkovič
Datenquelle: GDB_Transthermal

Unterstützt und finanziert durch:

Präneogenes Grundgebirge



Legende

- ◆ Bohrungen, die das prätertiäre Basement erreichten
- Wichtige tektonische Elemente

Becken ohne Tiefeninformation

Festgesteinsrelief [m]

High : 2458

Low : -5385

Beilage 5

0 25 50 km

Informationen zur Kartendarstellung, Datenquellen:

Datenquellen:
 NASA-DHM
 ÖK500
 ESRI-ARCGIS (CD)

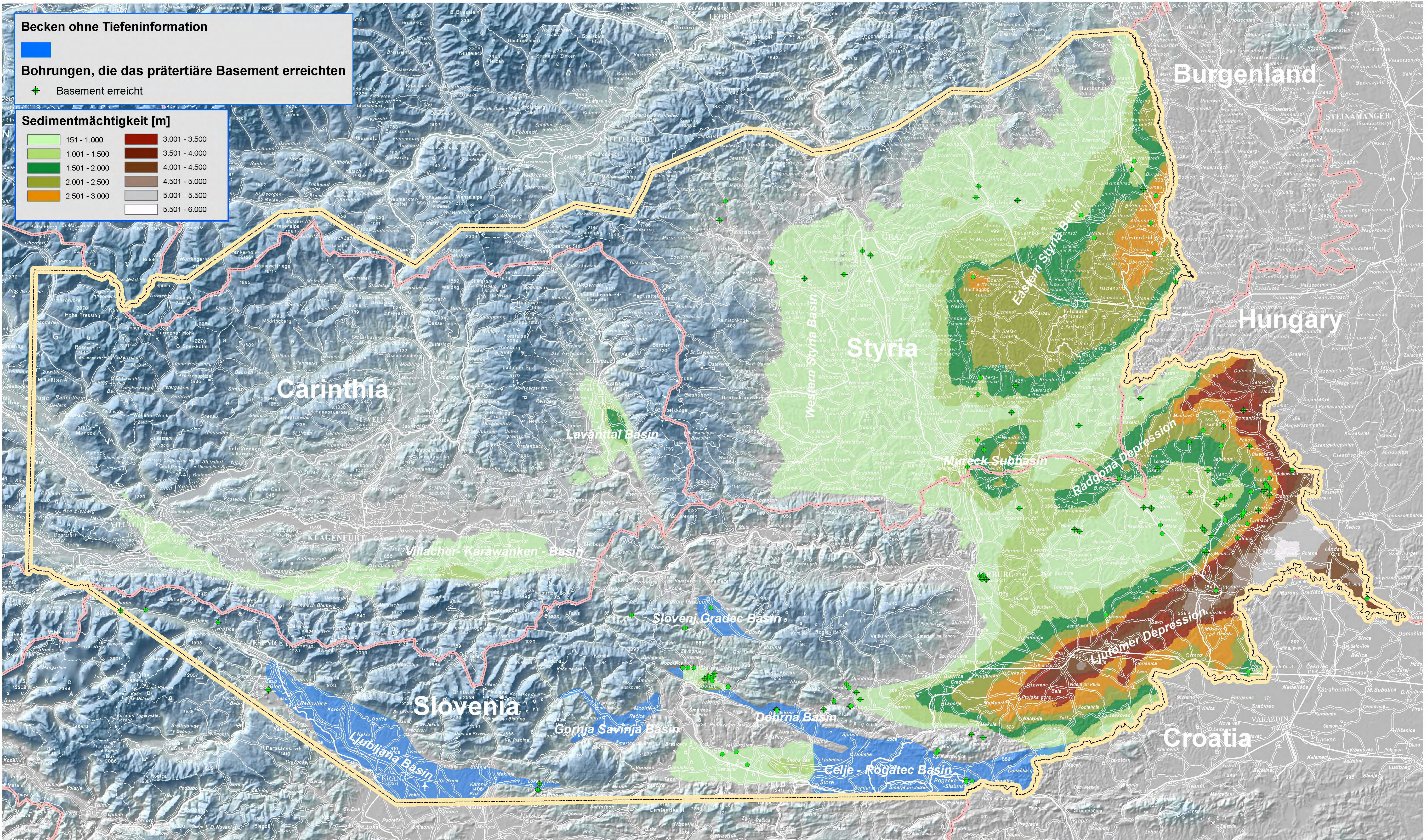
Autoren: Gunnar Domberger, Mitja Janza
 Datengrundlage: Andrej Lapanje, Dusan Rajver, Gunnar Domberger, Walter Poltnig, Gregor Götzl

Gestaltung: Gunnar Domberger

Unterstützt und finanziert durch: Projektteam:

**Relief des prätertiären
 Festgesteinsuntergrundes /
 Festgesteinsrelief**





Becken ohne Tiefeninformation

Bohrungen, die das prätertiäre Basement erreichen

Basement erreicht

Sedimentmächtigkeit [m]

151 - 1.000	3.001 - 3.500
1.001 - 1.500	3.501 - 4.000
1.501 - 2.000	4.001 - 4.500
2.001 - 2.500	4.501 - 5.000
2.501 - 3.000	5.001 - 5.500
	5.501 - 6.000

Beilage 6

Informationen zur Kartendarstellung, Datenquellen:

Datenquelle:
 NASA-DHM
 OK500
 ESRI-ARCGIS (CD)

Autoren: Gunnar Domberger, Mitja Janza
 Datengrundlage: Andrej Lapanje, Dusan Rajver, Gunnar Domberger, Walter Poltnig, Gregor Götzl

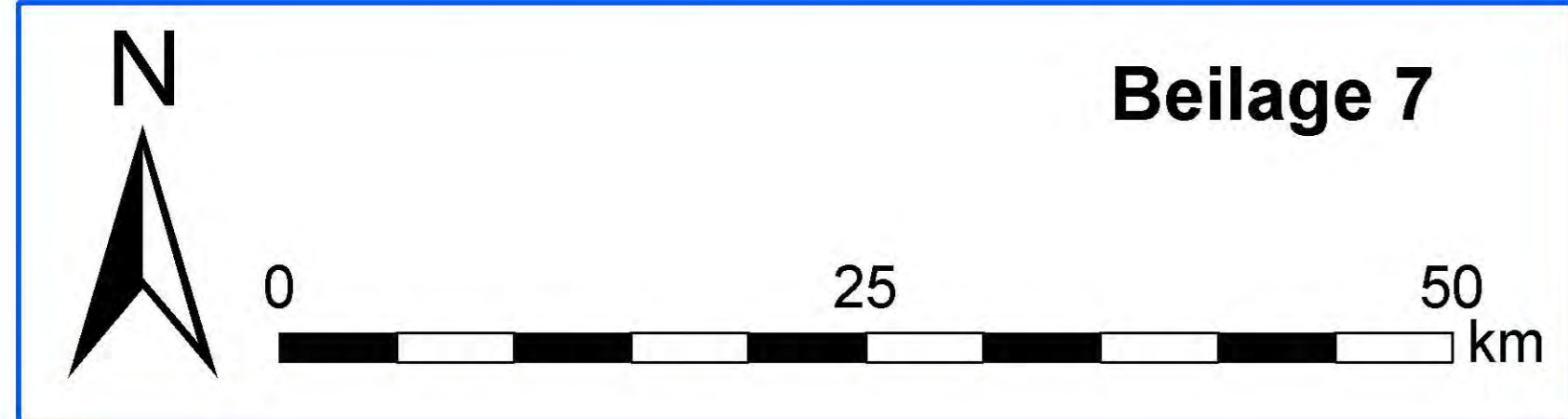
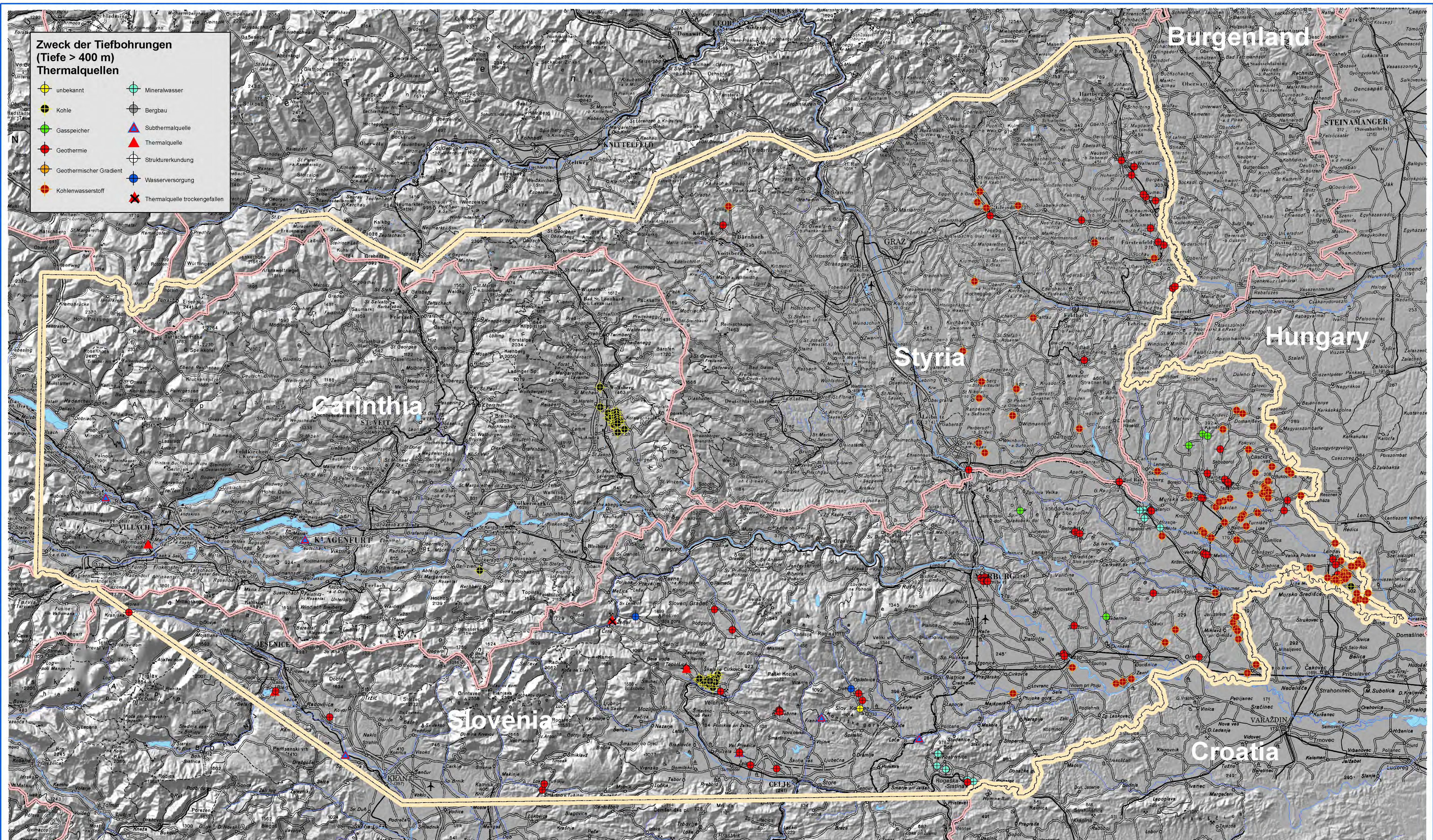
Gestaltung: Gunnar Domberger

Unterstützt und finanziert durch:

Projektteam:

**Mächtigkeit der
tertiären Sedimente**





Beilage 7

Informationen zur Kartendarstellung, Datenquellen:

Datenquellen:
 NASA-DHM
 OK500
 ESRI-ARCGIS (CD)

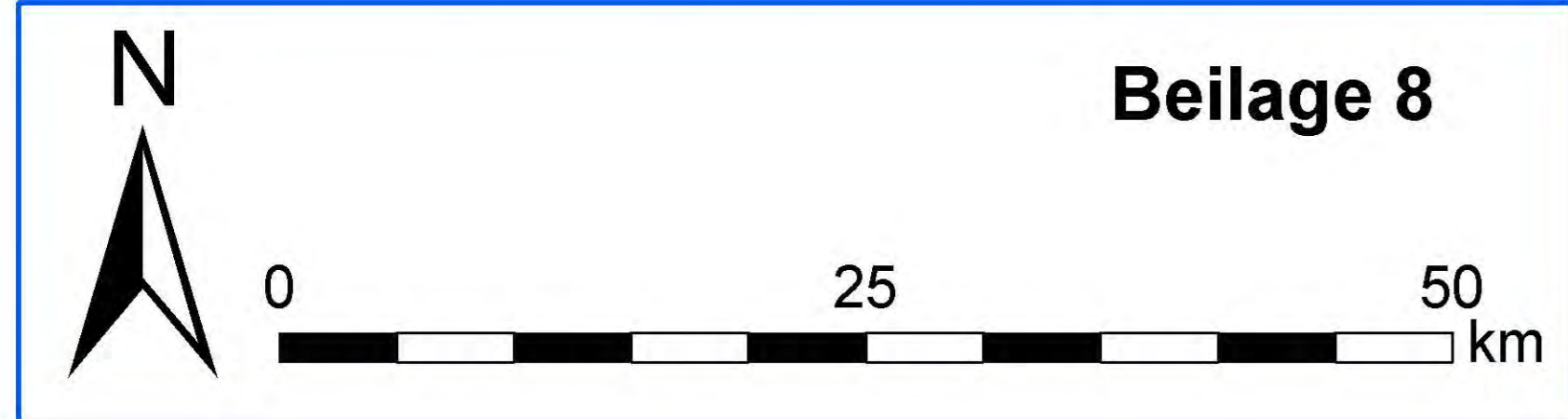
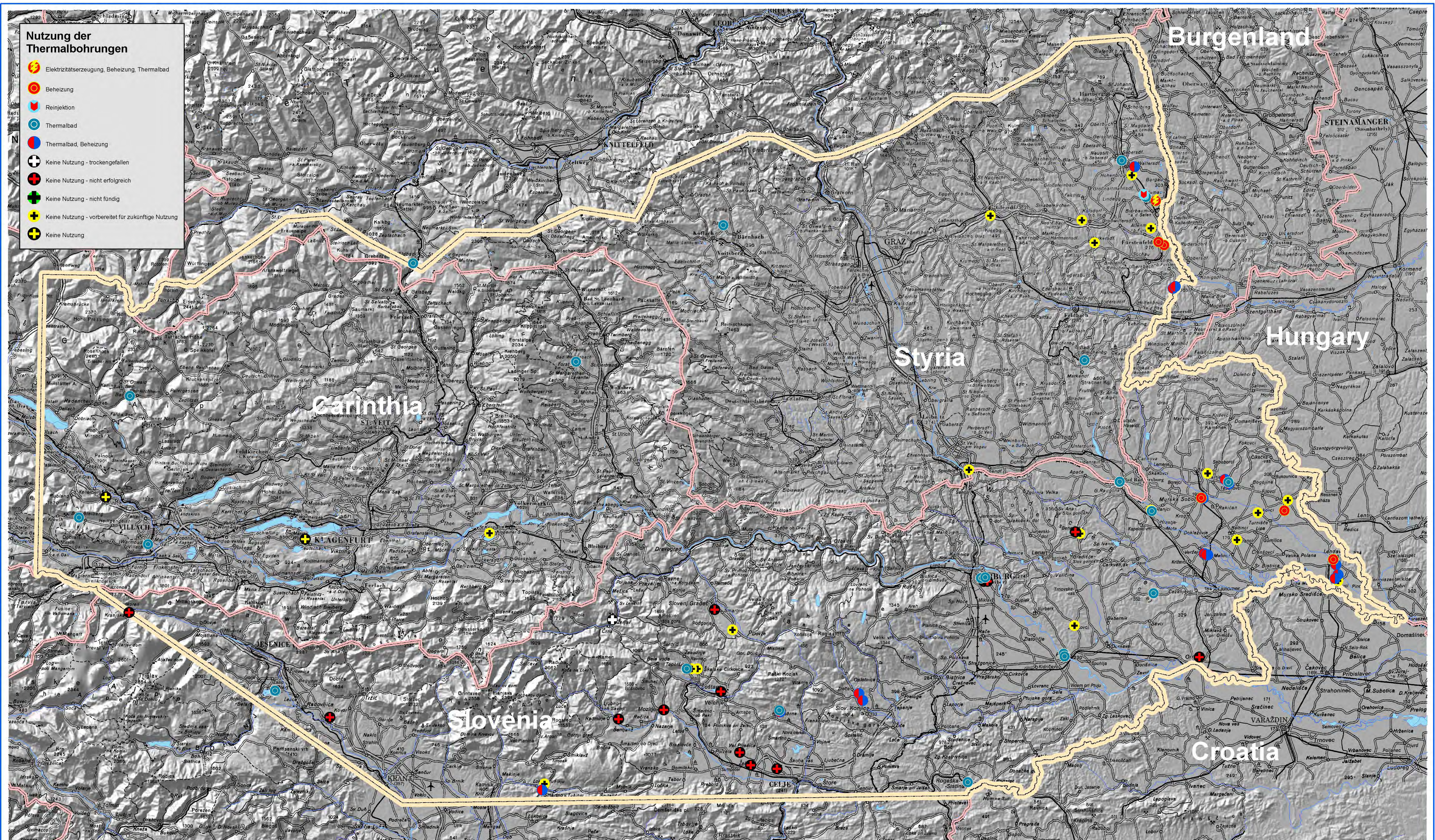
Autor: Gunnar Domberger
 Datengrundlage: Andrej Lapanje, Dusan Rajver, Gunnar Domberger, Walter Poltnig, Gregor Goltz

Gestaltung: Gunnar Domberger

Unterstützt und finanziert durch:

Projektteam:

Tiefbohrungen und natürliche Thermalquellen



Beilage 8

Informationen zur Kartendarstellung, Datenquellen:

Datenquellen:
 NASA-DHM
 OK500
 ESRI-ARCGIS (CD)

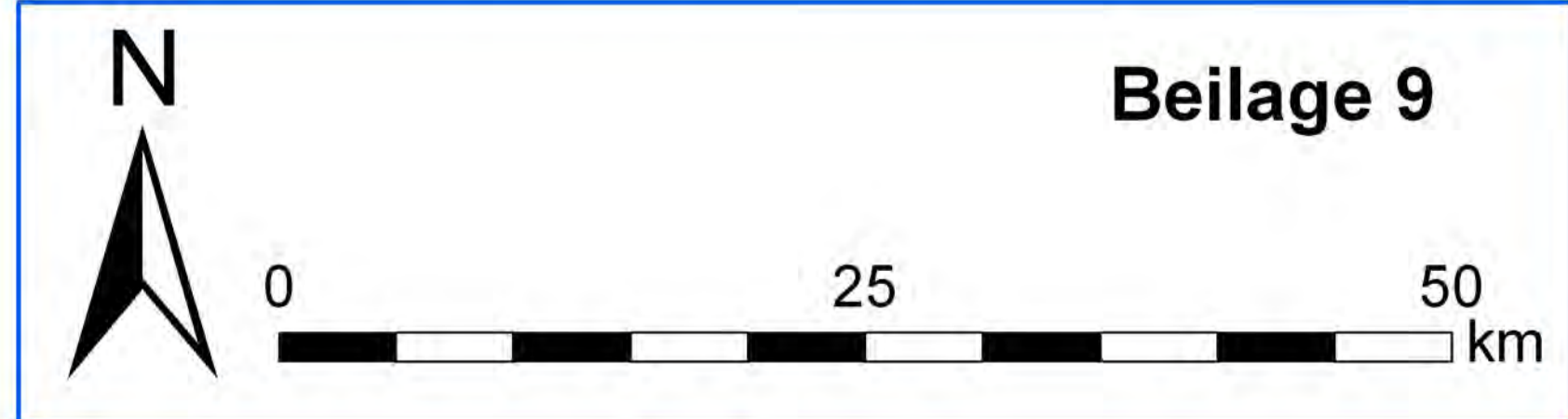
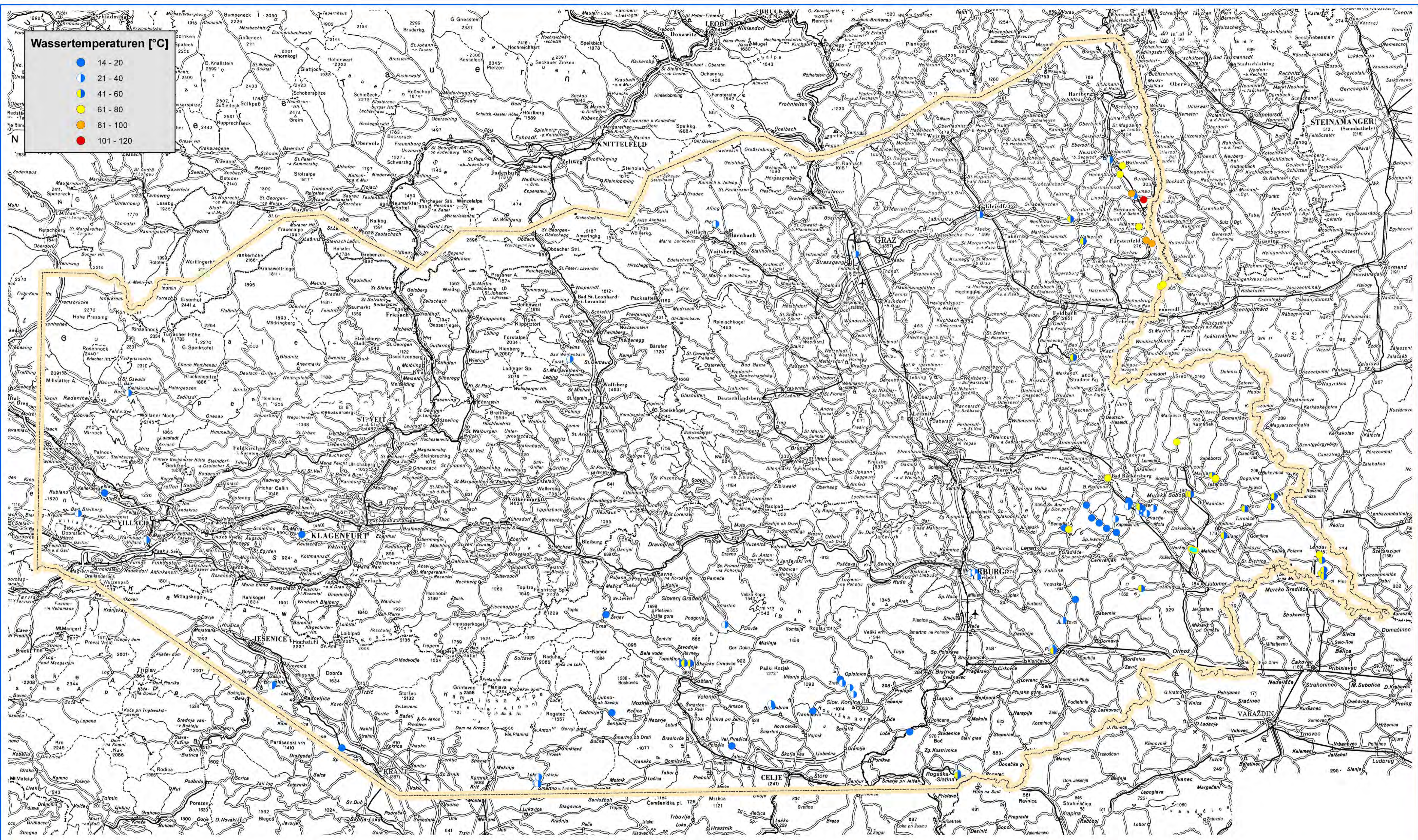
Autor: Gunnar Domberger
 Datengrundlage: Andrej Lapanje, Dusan Rajver, Gunnar Domberger, Walter Poltnig, Gregor Gotzi

Gestaltung: Gunnar Domberger

Unterstützt und finanziert durch:

Projektteam:

Derzeitige Nutzung von Thermalwasser



Beilage 9

Informationen zur Kartendarstellung, Datenquellen:

Datenquelle:
 NASA-DHM
 OK500
 ESRI-ARCGIS (CD)

Autor: Gunnar Domberger
 Datengrundlage: Andrej Lapanje, Dusan Rajver, Gunnar Domberger, Walter Poltnig, Gregor Gözl

Gestaltung: Gunnar Domberger

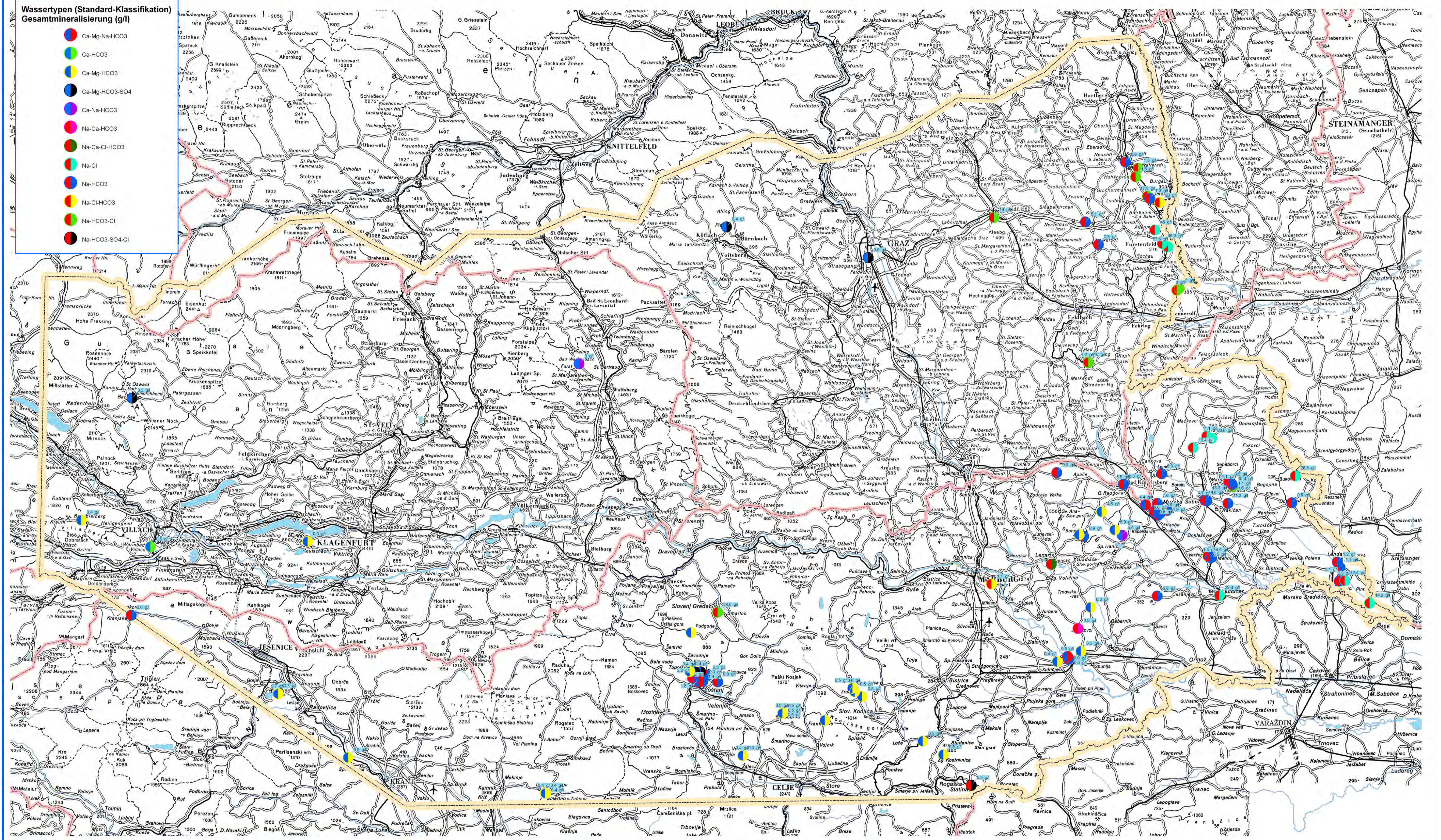
Unterstützt und finanziert durch: Projektteam:

Wassertemperaturen bei Thermalbohrungen und Thermalquellen



**Wassertypen (Standard-Klassifikation)
Gesamtmineralisierung (g/l)**

- Ca-Mg-Na-HCO3
- Ca-HCO3
- Ca-Mg-HCO3
- Ca-Mg-HCO3-SO4
- Ca-Na-HCO3
- Na-Ca-HCO3
- Na-Ca-Cl-HCO3
- Na-Cl
- Na-HCO3
- Na-Cl-HCO3
- Na-HCO3-Cl
- Na-HCO3-SO4-Cl



Beilage 10

N

0 25 50 km

Informationen zur Kartendarstellung, Datenquellen:

Datenquelle:
NASA-DEM
OK600
ESRI-ARCGIS (CD)

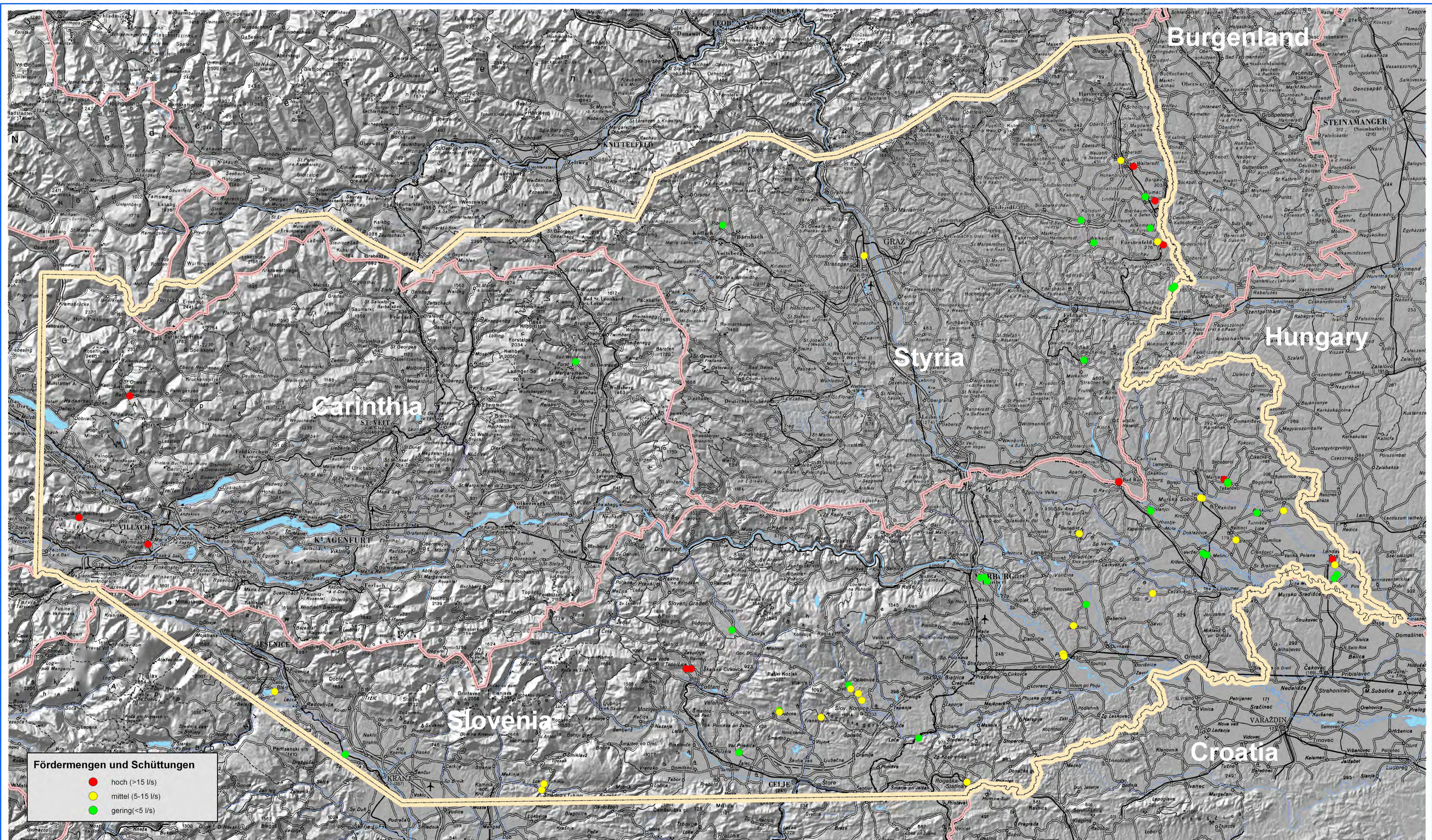
Autor: Gunnar Domberger
Datengrundlage: Andrej Lapanje, Gunnar Domberger, Walter Poltnig, Gregor Gözl

Gestaltung: Gunnar Domberger

Unterstützt und finanziert durch:

Projektteam:

**Hydrochemische
Typisierung der Wässer**



Fördermengen und Schüttungen

- hoch (>15 l/s)
- mittel (5-15 l/s)
- gering (<5 l/s)

Beilage 11

0 25 50 km

Informationen zur Kartendarstellung, Datenquellen:

Datenquellen:
 NASA-DHM
 OK500
 ESRI-ARCGIS (CD)

Autor: Gunnar Domberger
 Datengrundlage: Andrej Lapanje, Dusan Rajver, Gunnar Domberger, Walter Poltnig, Gregor Götzl

Gestaltung: Gunnar Domberger

Unterstützt und finanziert durch:

Projektteam:

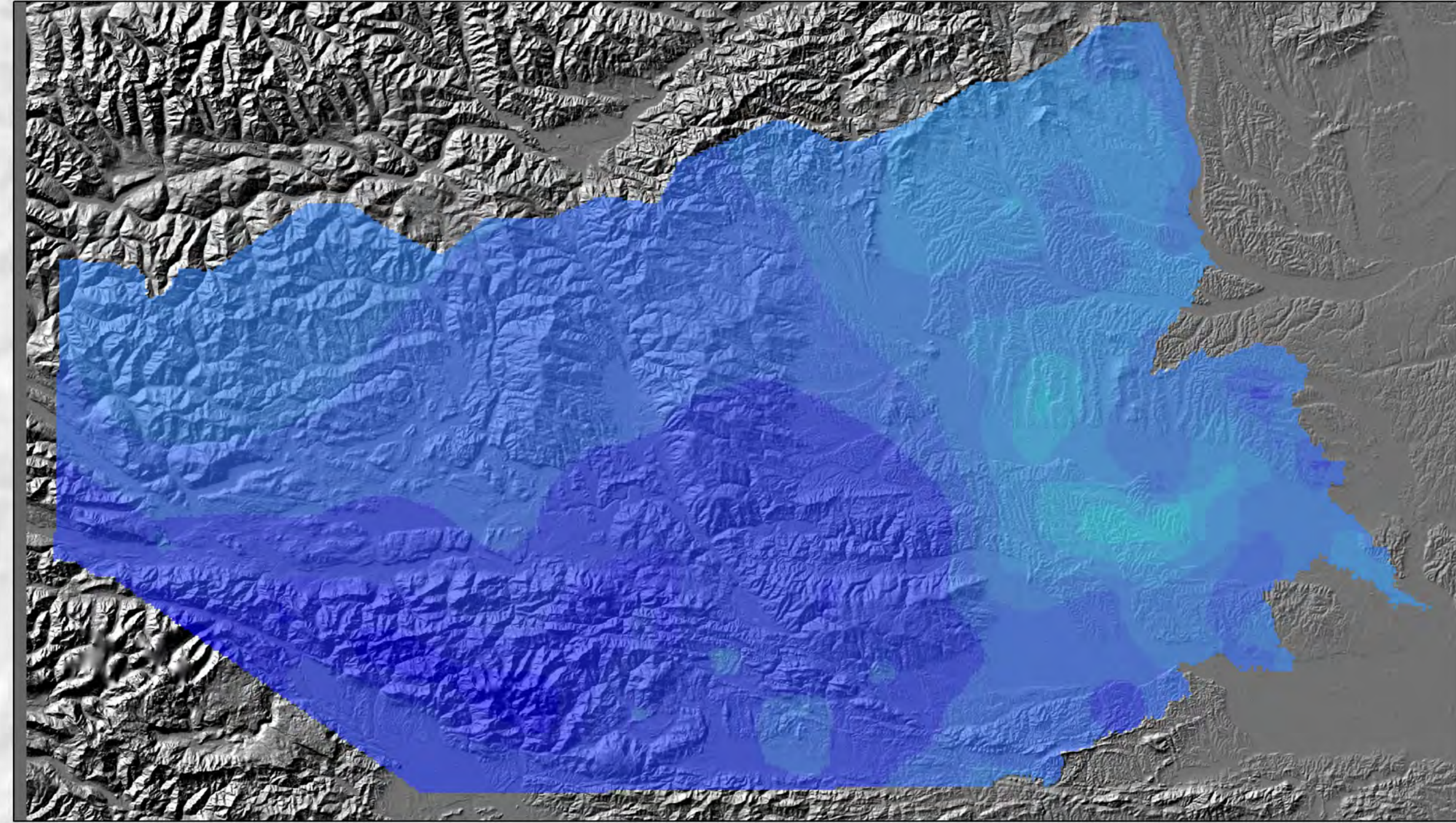
Thermalbohrungen und Thermalquellen

Fördermengen und Schüttungen

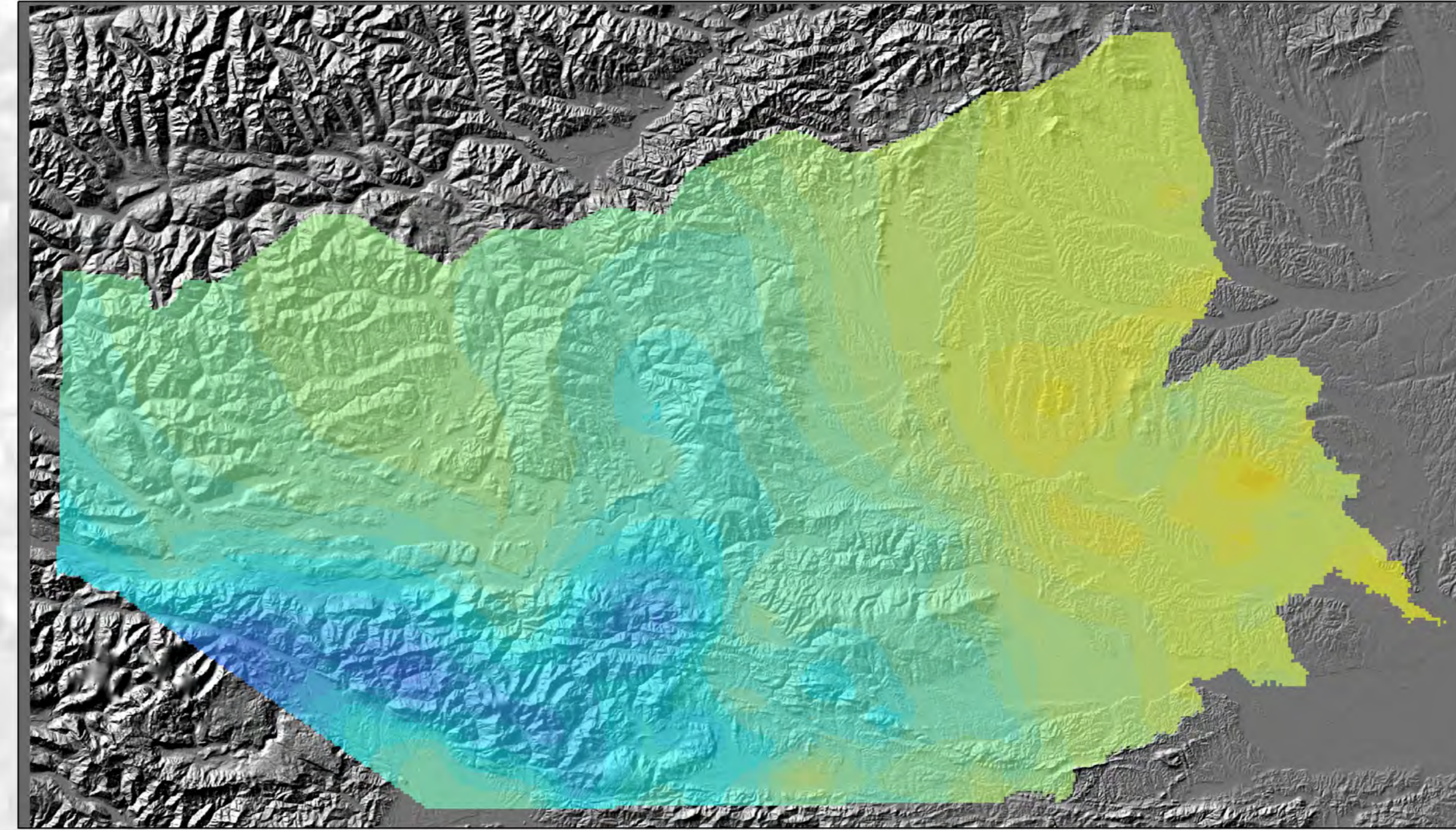
Geothermischer Atlas - Karten der Temperaturverteilung in den Tiefenabschnitten 250, 500, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000 Meter unter Gelände sowie Karte der Oberflächen - Wärmestromdichte

Authors: D. Rajver, M. Janža in G. Götzl
Sources: Geothermal databases of GBA and GeoZS

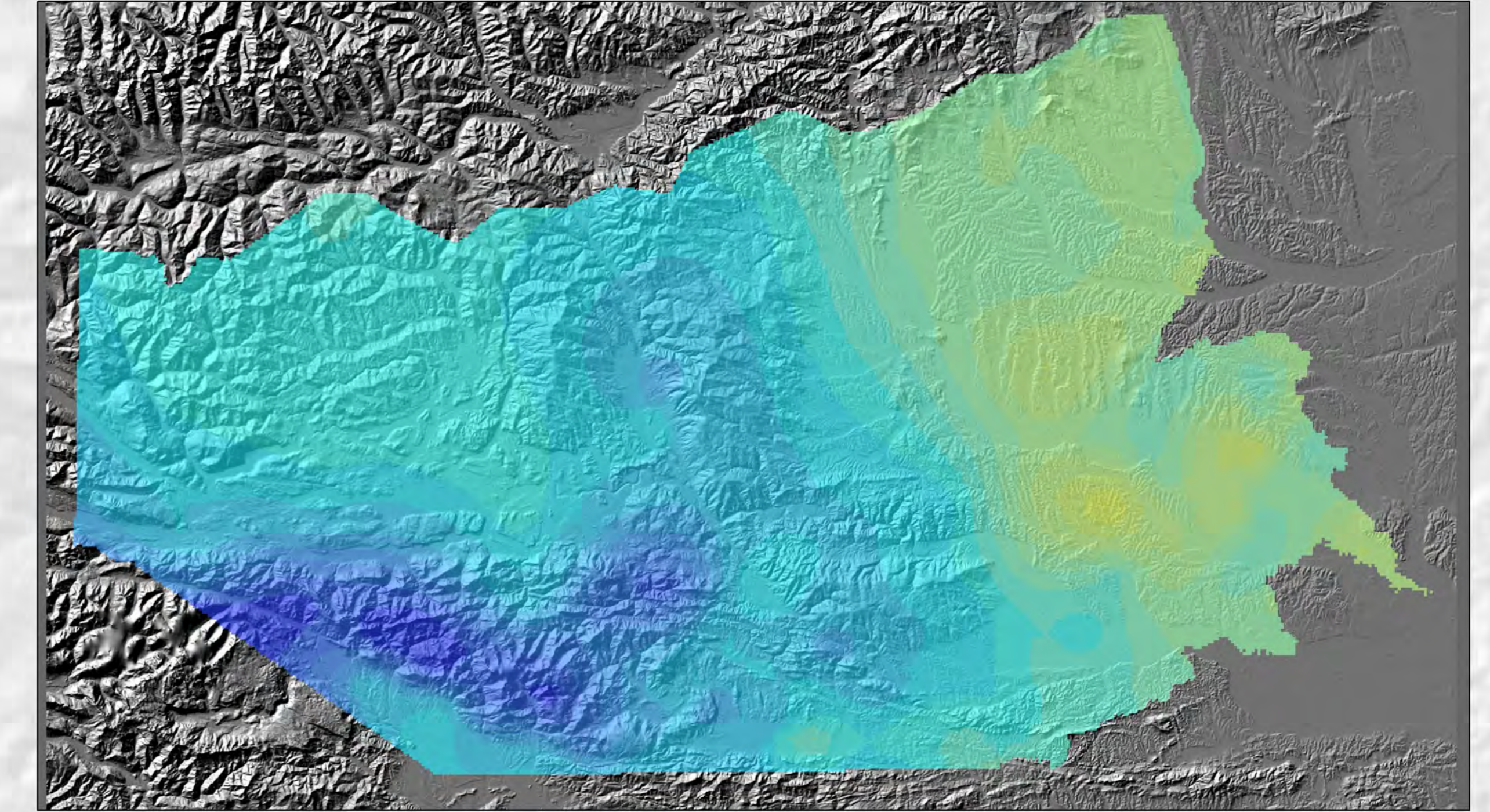
Temperaturverteilung: 250 Meter unter Gelände



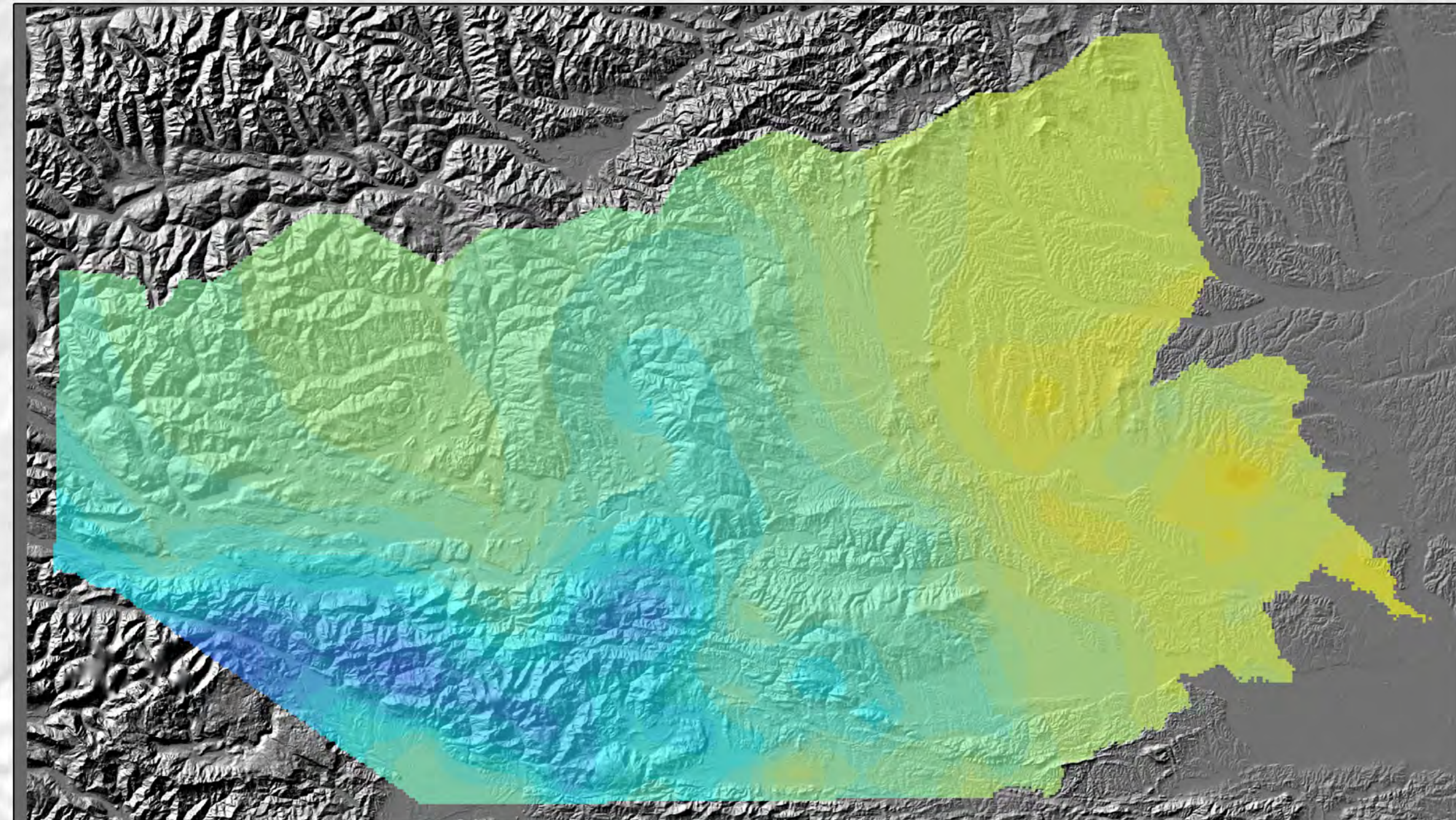
Temperaturverteilung: 500 Meter unter Gelände



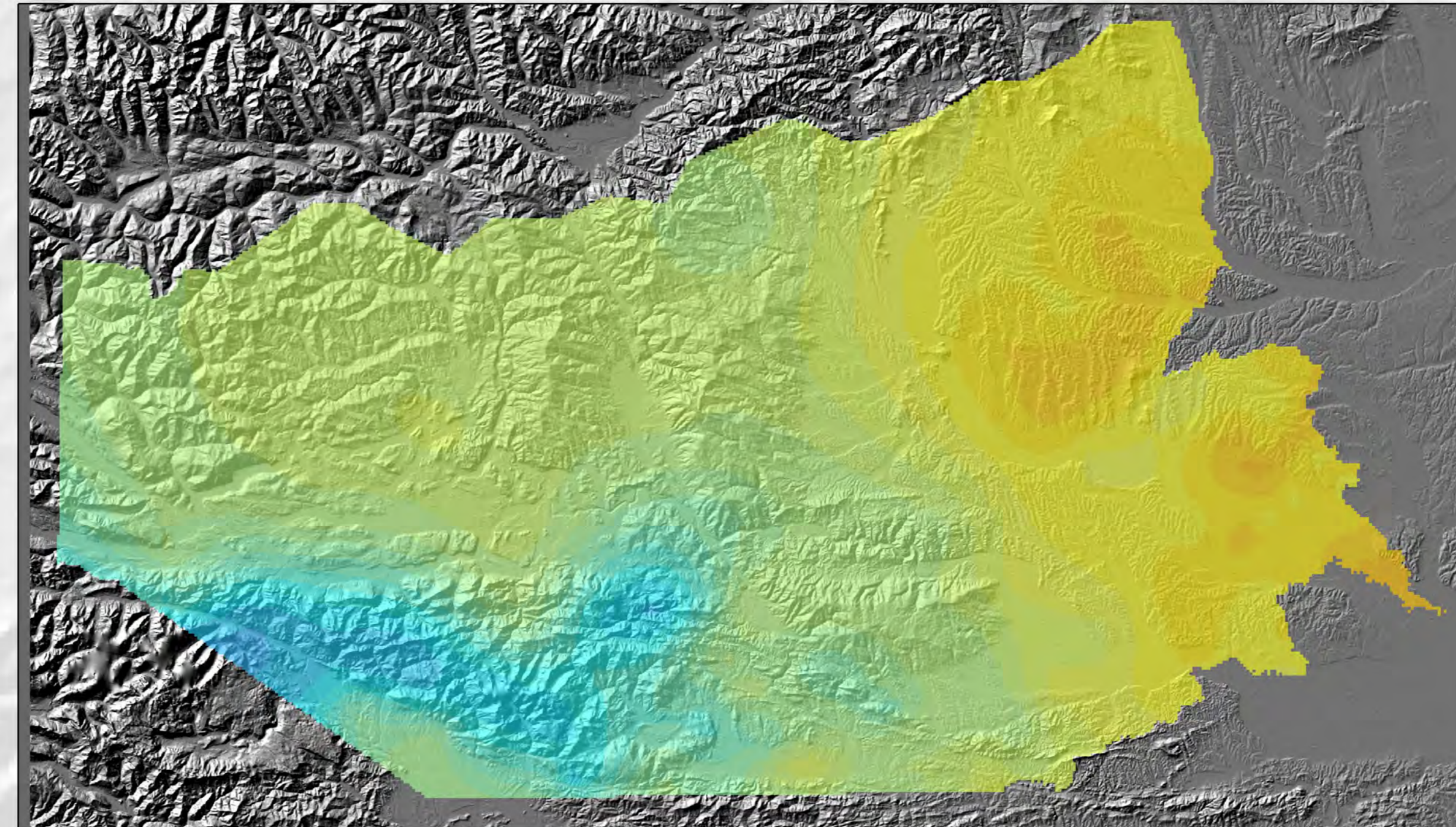
Temperaturverteilung: 1000 Meter unter Gelände



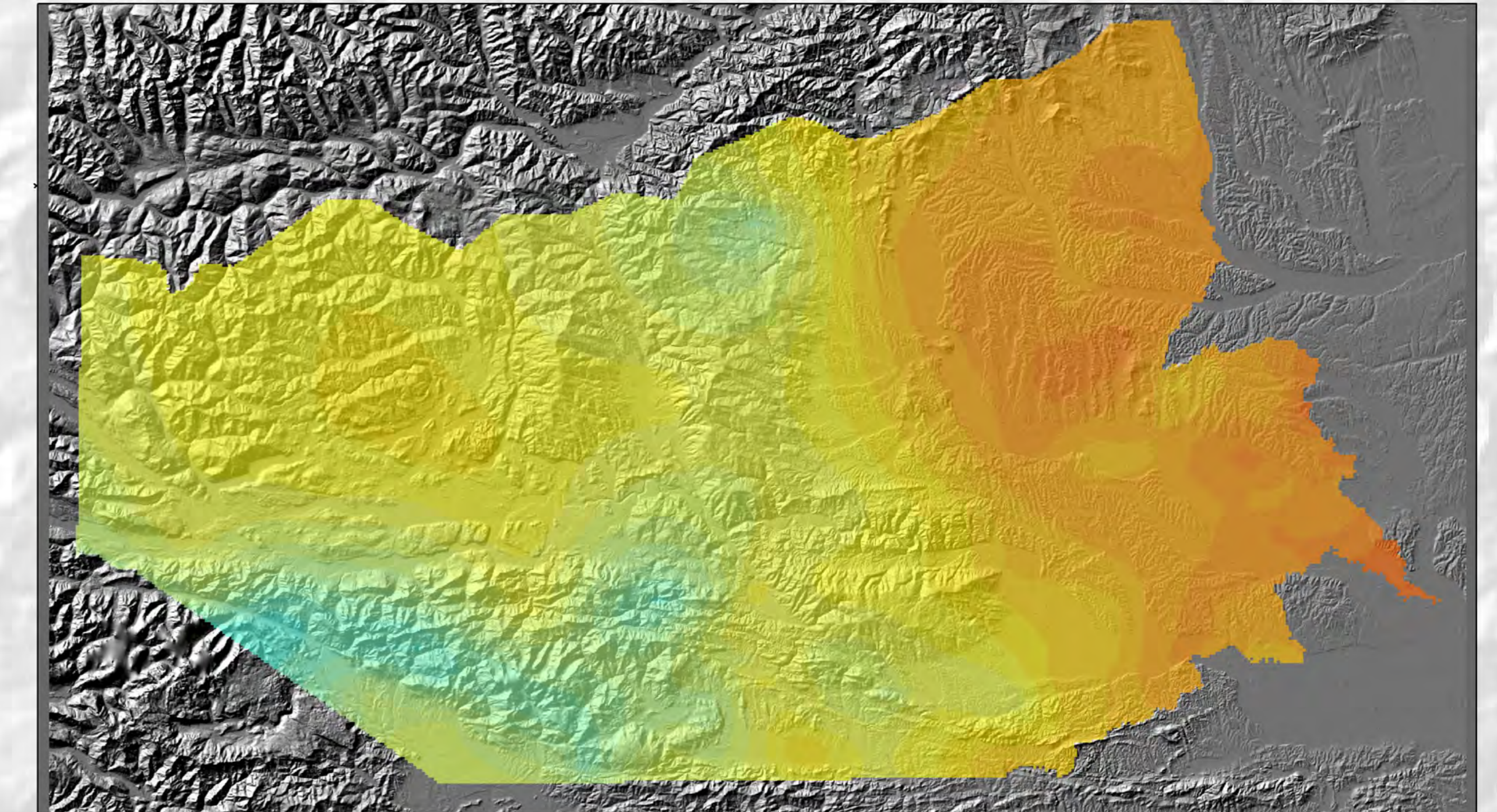
Temperaturverteilung: 1500 Meter unter Gelände



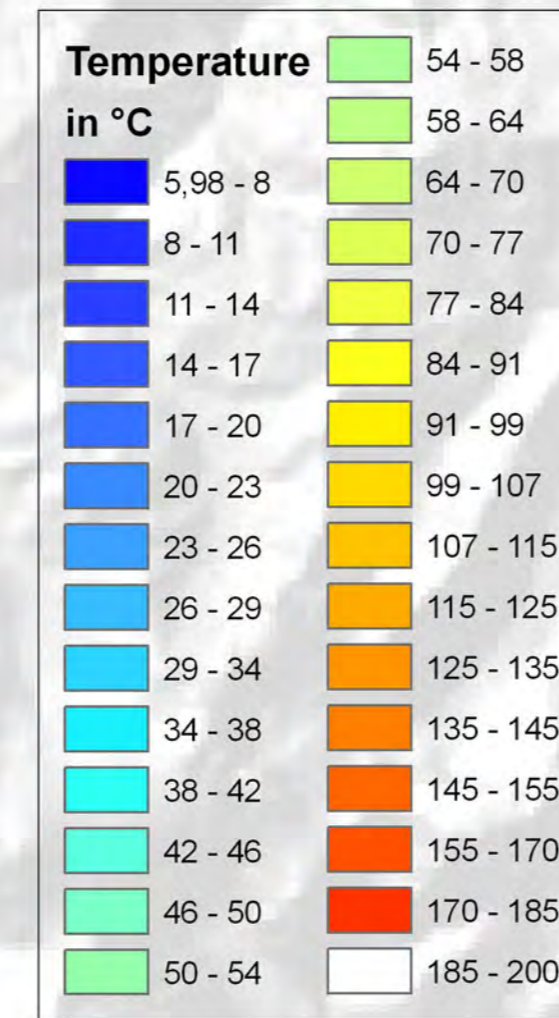
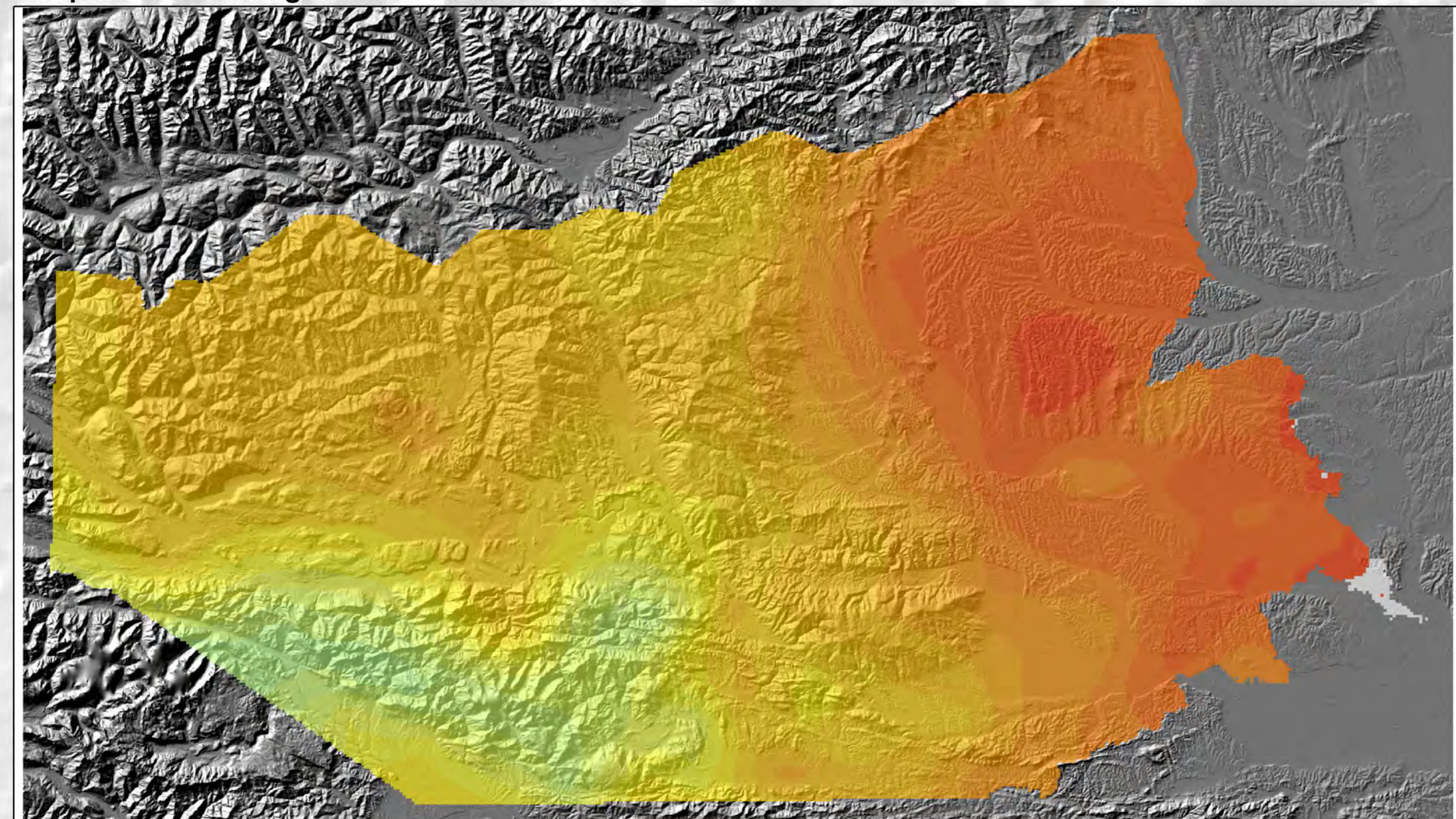
Temperaturverteilung: 2000 Meter unter Gelände



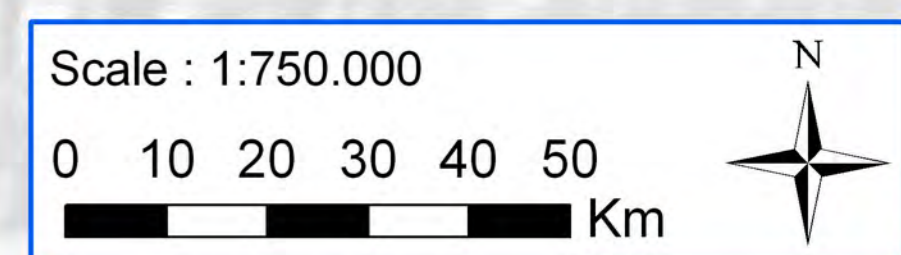
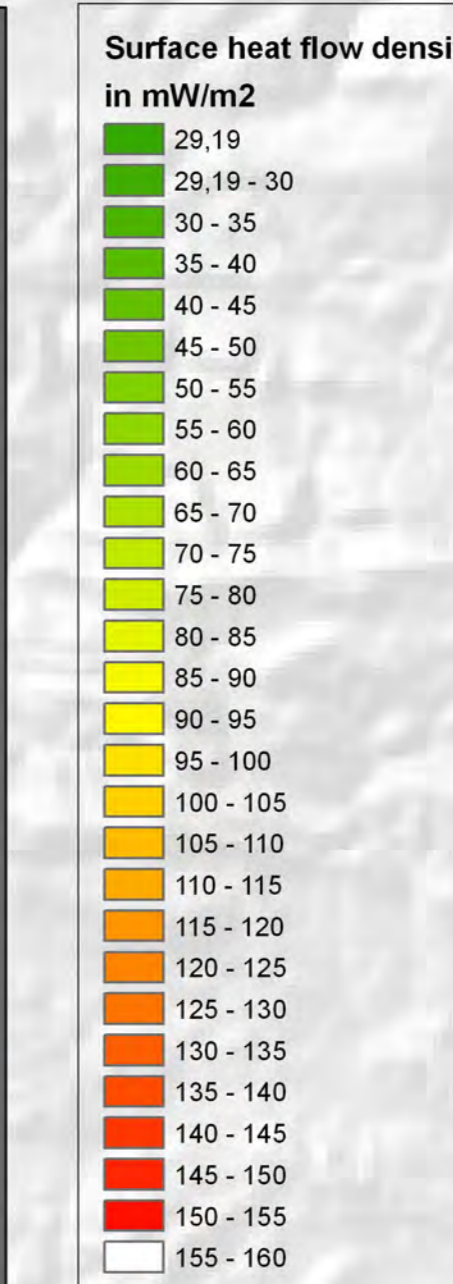
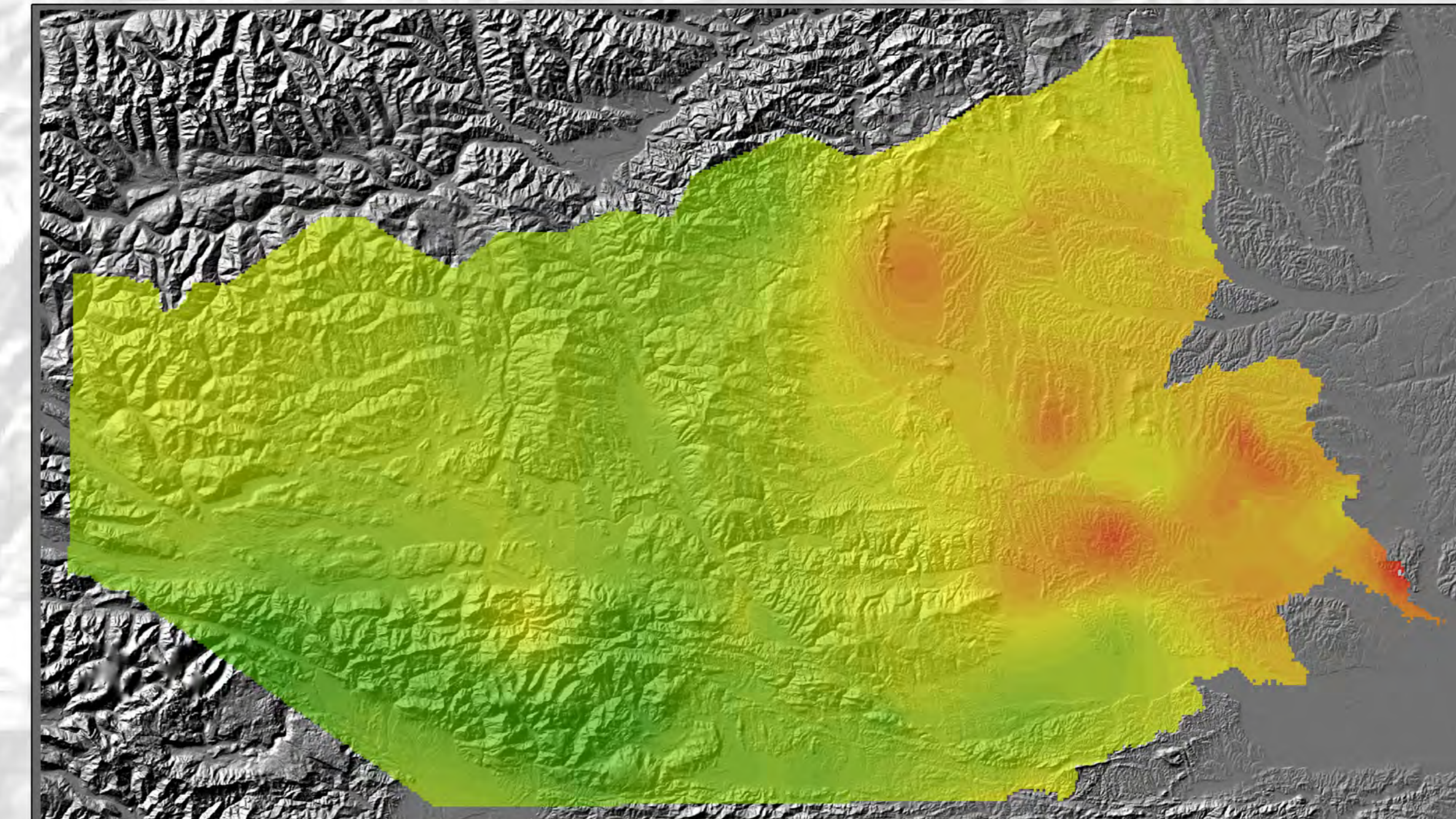
Temperaturverteilung: 3000 Meter unter Gelände



Temperaturverteilung: 4000 Meter unter Gelände



Oberflächen Wärmestromdichte



Temperaturverteilung in den Tiefen 250, 500, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000 m unter Gelände sowie Verteilung der Wärmestromdichte
Beilage 12



Map sources: NASA - DIVARPO
Authors: Rajver, D., Janža, M. in Götzl, G.
Design and layout: Moelet, S., Kamej, S.

Legende

Ungenutzte Thermalbohrungen

- ⊕ Nicht genutzt, Neogen
- Nicht genutzt, Paleogen
- ⊕ Nicht genutzt, vorbereitet, Neogen

Geothermische Potential in tertiären Sedimenten

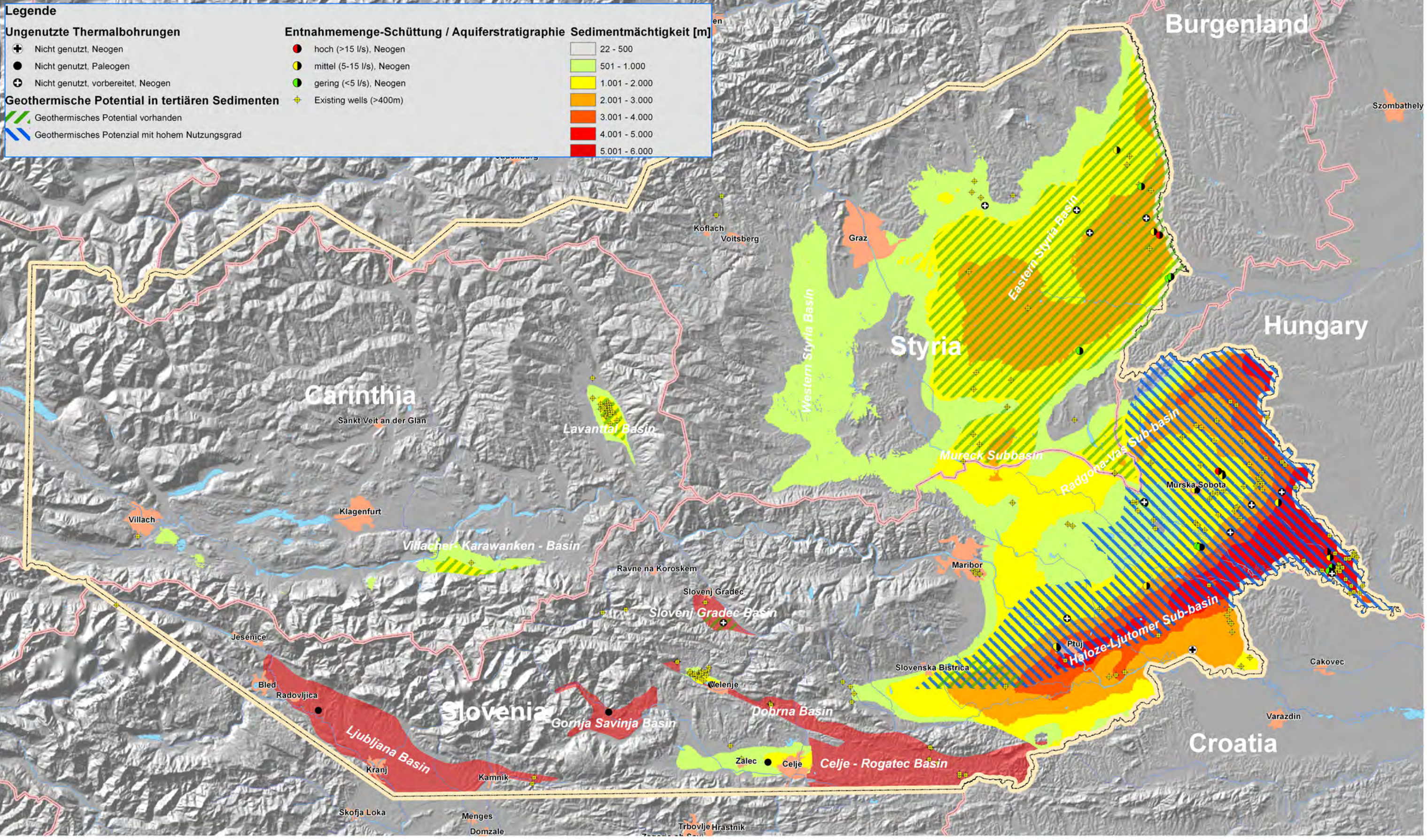
- ▨ Geothermisches Potential vorhanden
- ▨ Geothermisches Potenzial mit hohem Nutzungsgrad

Entnahmemenge-Schüttung / Aquiferstratigraphie Sedimentmächtigkeit [m]

- hoch (>15 l/s), Neogen
- mittel (5-15 l/s), Neogen
- gering (<5 l/s), Neogen
- ⊕ Existing wells (>400m)

Sedimentmächtigkeit [m]

- 22 - 500
- 501 - 1.000
- 1.001 - 2.000
- 2.001 - 3.000
- 3.001 - 4.000
- 4.001 - 5.000
- 5.001 - 6.000



Beilage 13

0 25 50 km

Informationen zur Kartendarstellung, Datenquellen:

Datenquellen:
 NASA-DHM
 OK500
 ESRI-ARCGIS (CD)

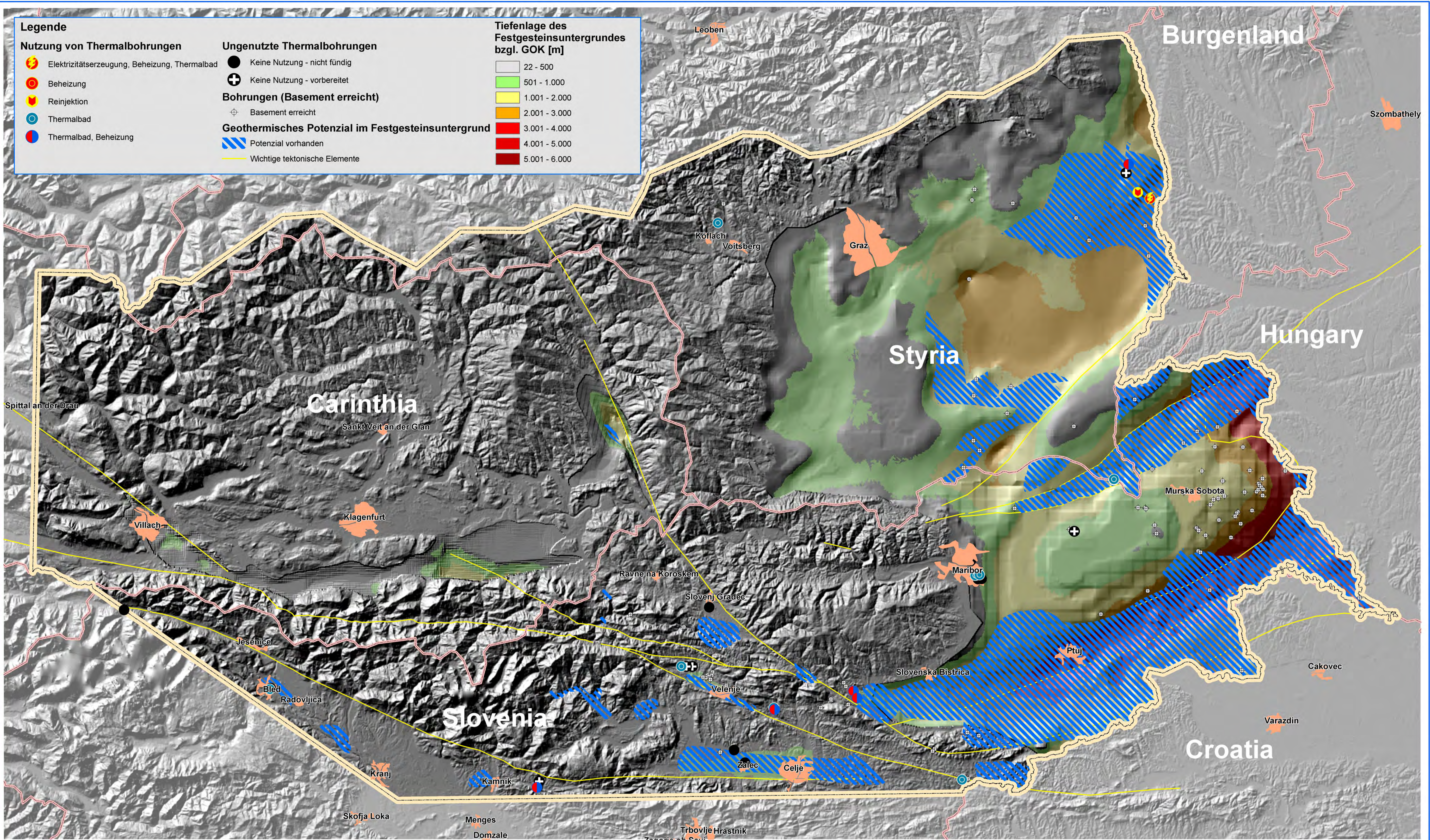
Autoren: Gunnar Domberger, Walter Poltnig, Andrej Lapanje
 Datengrundlage: Andrej Lapanje, Dusan Rajver, Gunnar Domberger, Walter Poltnig, Gregor Götzl

Gestaltung: Gunnar Domberger

Unterstützt und finanziert durch: Projektteam:

**Geothermisches Potenzial
 in tertiären Sedimenten
 (Neogen / Paleogen)**





Legende

Nutzung von Thermalbohrungen	Ungenutzte Thermalbohrungen	Tiefenlage des Festgesteinsuntergrundes bzgl. GOK [m]
Elektrizitätserzeugung, Beheizung, Thermalbad	Keine Nutzung - nicht fündig	22 - 500
Beheizung	Keine Nutzung - vorbereitet	501 - 1.000
Reinjektion	Bohrungen (Basement erreicht)	1.001 - 2.000
Thermalbad	Basement erreicht	2.001 - 3.000
Thermalbad, Beheizung	Geothermisches Potenzial im Festgesteinsuntergrund	3.001 - 4.000
	Potenzial vorhanden	4.001 - 5.000
	Wichtige tektonische Elemente	5.001 - 6.000

Beilage 14

Informationen zur Kartendarstellung, Datenquellen:

Datenquellen:
 NASA-DHM
 OK500
 ESRI-ARCGIS (GD)

Autoren: Gunnar Domberger, Andrej Lapanje, Walter Poltnig
 Datengrundlage: Andrej Lapanje, Gunnar Domberger, Walter Poltnig, Gregor Götzl

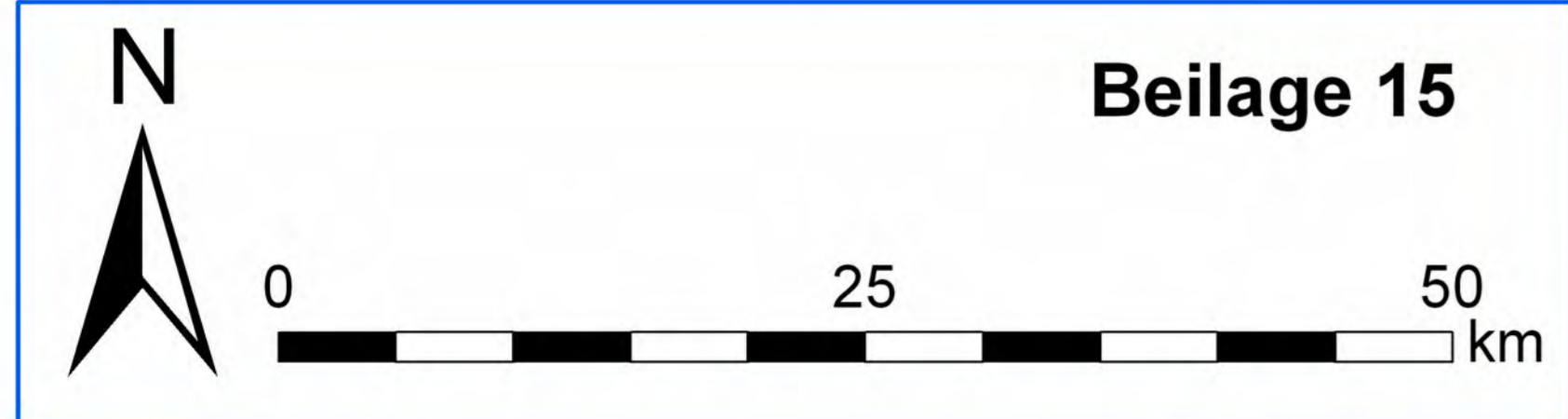
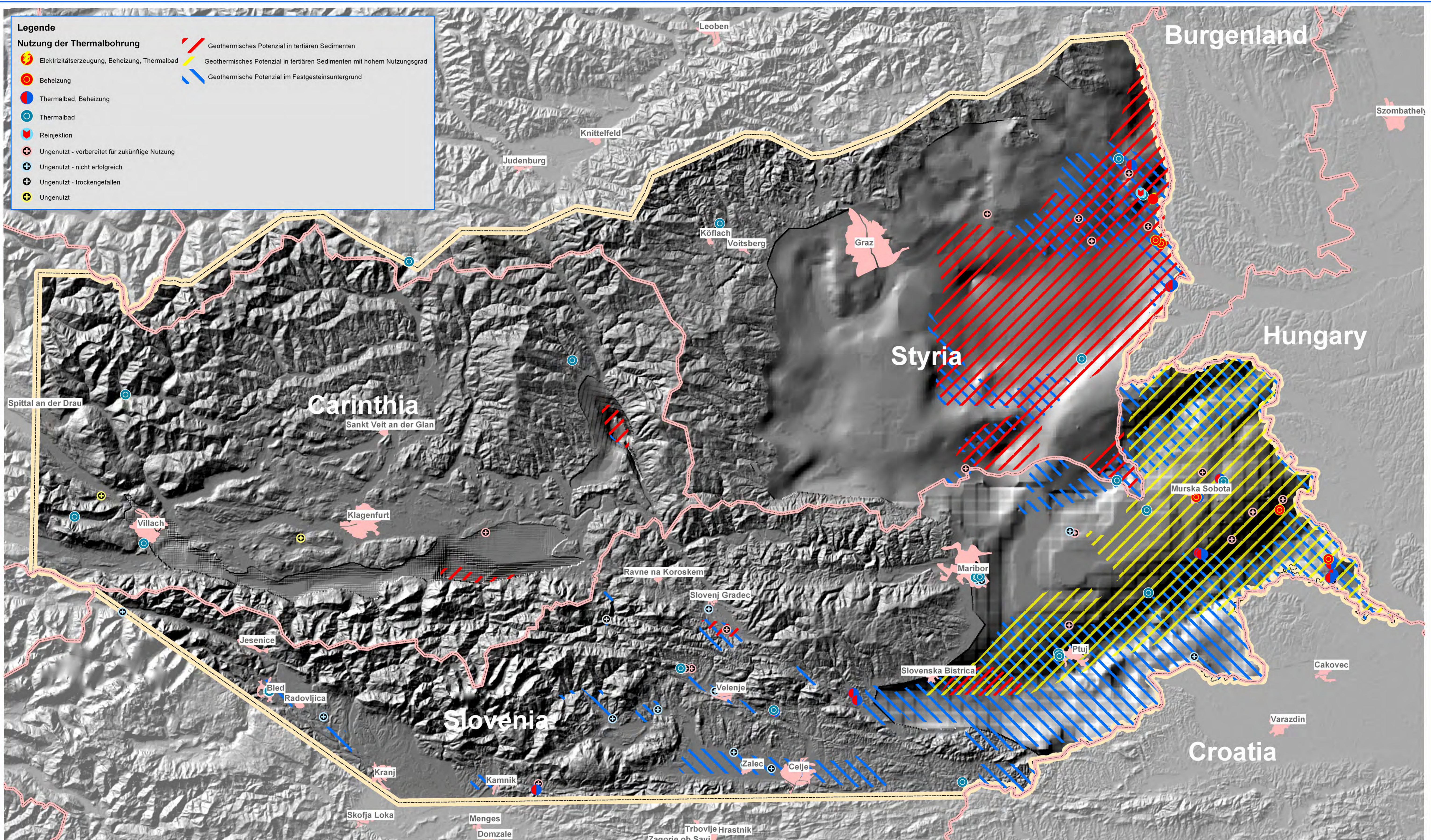
Gestaltung: Gunnar Domberger

Unterstützt und finanziert durch:

Projektteam:

Geothermisches Potenzial (Festgesteinsuntergrund)





Informationen zur Kartendarstellung, Datenquellen:

Datenquellen:
 NASA-DHM
 OK500
 ESRI-ARCGIS (CD)

Autoren: Gunnar Domberger, Andrej Lapanje, Walter Poltnig
 Datengrundlage: Andrej Lapanje, Gunnar Domberger, Walter Poltnig, Gregor Götzl

Gestaltung: Gunnar Domberger

Unterstützt und finanziert durch:

Projektteam:

Gesamtes geothermisches Potenzial
 (Sedimente und Festgesteinsuntergrund)





TRANSTHERMAL: Geothermie der Ostalpen – Erfassung und zusammenfassende Darstellung des geothermischen Potenzials in Datenbanken, ein einem Geothermieatlas und in GIS – basierten Kartenwerken im Bereich von Kärnten, Steiermark und Slowenien

TRANSTHERMAL: Geothermal potential of the border region between Austria and Slovenia – Evaluation of the geothermal potential based on a bilateral database and GIS – maps for the regions of Carinthia, Styria and Northern Slovenia

Projekt:

Community Initiative INTERREG IIIA AUSTRIA – SLOVENIA 2000 – 2006, common cross-border project TRANSTHERMAL

Projektträger:

Amt der Kärntner Landesregierung, Abt. 15 Umwelt, DI Harald Tschabuschnig
Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Abt. 19A Wasserwirtschaftliche Planung und Siedlungswasserwirtschaft, Dr. Gunther Suetter
RRA Koros'ka d.o.o., Slowenien, Karmen Sonjak

Projektleitung (Organisation):

AKL, Abt. 15 Umwelt, Uabt. Geologie und Bodenschutz, Dr. Richard Bäk (Österreich)
Geolos'ki Zavod, Mag. Andrej Lapanje (Slowenien)

Wissenschaftliche Projektleitung

Dr. G. Letouzé¹, Dr. W. Poltnig² (Österreich), Mag. Andrej Lapanje³ (Slowenien)

Redaktion Nationaler Abschlussbericht:

G. Götzl¹



Arbeitsgruppe:

T. Budkovič ³	Geologie
G. Domberger ²	Hydrogeologie, Kartographie
G. Götzl ¹	Projektkoordination, Geothermie, Datenbank
K. Hribenik ³	Datenbank
S. Kumelj ³	Datenbank, Kartographie
A. Lapanje ³	Projektkoordination, Hydrogeologie
P. Lipiarski ¹	ADV – ARC/INFO
P. Meglič ³	Kartographie
S. Mozetič ³	Kartographie
A. Löwenstein ¹	Datenbank, Literatur
W. Poltnig ²	Projektleitung, Geologie, Kartographie
D. Rajver ³	Geothermie
N. Rman ³	Datenbank, Hydrochemie

¹ Geologische Bundesanstalt, Neulinggasse 38, 1030 Wien

² Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH, Elisabethstrasse 16/11, 8010Graz

³ Geolokiški Zavod Slovenije, Dimičeva 14, 1000 Ljubljana

Die Projektdurchführung erfolgte im Auftrag des Amtes der Kärntner Landesregierung und des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung.

Co-operation activities are part-financed by the EU in the framework of the Community Initiative INTERREG IIIA AUSTRIA - SLOVENIA for the period 2000 to 2006



Vorwort

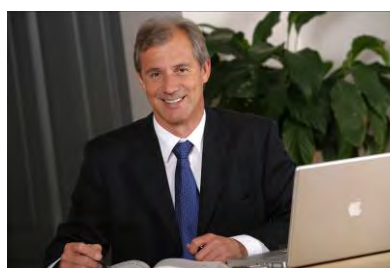
Im Energiekonzept von Kärnten wird der verstärkten Nutzung alternativer Energien wesentliche Bedeutung beigemessen. Eine dieser Alternativenergien stellt die geothermische Energie dar, die im niedrigerenergetischen Bereich (Wasserwärmepumpen, Tiefensonden bis 100 m) bereits verstärkt für Heizung und Warmwasseraufbereitung genutzt wird. Das nutzbare geothermische Potenzial wird aber wesentlich von den geologisch/hydrogeologischen Rahmenbedingungen bestimmt, weshalb nach Stand der Technik dieses Energiepotenzial nur bei entsprechend günstigen Rahmenbedingungen wirtschaftlich nutzbar ist. Dem Wissen um das raumabhängige geothermische Potenzial kommt für eine zukünftige wirtschaftliche Nutzung neben der technologischen Weiterentwicklung entscheidende Bedeutung zu.

Deshalb wurde gemeinsam mit dem Bundesland Steiermark und dem südlichen Nachbarn Slowenien ein INTERREG Projekt gestartet, um das geothermische Potenzial in der Grenzregion Südkärnten, Südsteiermark und Nordslowenien zu analysieren und grenzübergreifend darzustellen. Die Analyse stützt sich auf die durch geothermische Nutzungen innerhalb der vergangenen Dekade in den Regionen Südoststeiermark, Südburgenland, Nordostslowenien und Südwestungarn gewonnenen Informationen, die in einer multilingualen Datenbank mit Fokus auf natürliche Thermalwasservorkommen gesammelt und dokumentiert wurden. Ausgehend von einer grenzüberschreitenden Darstellung der geologischen Rahmenbedingungen und zusammenführenden Bearbeitung der geologischen Datenbasis (geologische Karten, geologische Profile) erfolgte eine Analyse des geothermischen Potenzials im Untersuchungsgebiet. Mit Hilfe der Überlagerung und Kombination verschiedener geologischer Information und geothermischer Untergrundeigenschaften sowie der Einbeziehung von Bestandsbohrungen und Thermalwassernutzungen wurde ein themenbezogenes Kartenwerk erstellt, das eine Interpretation des geothermischen Potenziales zulässt.

Die Ergebnisse des Projektes werden im Kärnten Atlas allgemein zugänglich gemacht, womit eine weitere Dienstleistung für eine nachhaltige Entwicklung und ein wesentlicher Beitrag für eine zukünftige nachhaltige Nutzung des geothermischen Potenziales erbracht wurde.



LR Ing. Reinhart Rohr
Ref. Umwelt und Energierecht



LR Dr. Josef Martinz
Ref. EU-Koordinationsstelle





INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	7
2	Untersuchungsgebiet	9
3	Datenerhebung	11
3.1	Einleitung	11
3.2	Slowenische Datenquellen	12
3.3	Österreichische Datenquellen	13
4	Projektspezifische Datenbank	16
4.1	Einleitung	16
4.2	Allgemeine Datenbankstruktur	16
4.3	Inhalt der projektspezifischen Datenbank	28
4.4	Parameterdefinitionen	33
5	GIS – unterstützte Datenbank	38
5.1	Allgemeine Datenquellen.....	38
5.2	Koordinaten Systeme	39
5.3	GeoDataBase	39
5.4	Rasterdaten	40
6	Geologie.....	41
6.1	Datenherkunft und Methodik	41
6.2	Attribute der geologischen Polygone.....	42
6.3	Kompilierung der geologischen und tektonischen Übersichtskarte (Beilage 1, Beilage 2).....	44
6.4	Lithologie des Untergrundes der Neogenbecken Kärntens, der Steiermark und des Mura-Zala Beckens in Slowenien (Beilage 4)	47
6.5	Geologische Schnitte (Beilage 3)	48
7	Geothermales Regime	51
7.1	Einleitung	51
7.2	Datengrundlage für den österreichischen Anteil des Projektgebiets	51
7.3	Datenaufbereitung und Analyse	62
7.4	Ergebnisse.....	71
7.5	Diskussion und Schlussfolgerung	86
8	Geothermales Potenzial	95
8.1	Relief der Festgesteinsoberfläche.....	96
8.2	Lithologischen Einheiten im Bereich des prätertiären Untergrundes	97
8.3	Mächtigkeit der Sedimentgesteine in den Becken	97
8.4	Geothermisches Potenzial in den Sedimentbecken.....	98
8.5	Geothermisches Potenzial im Festgesteinsuntergrund.....	99
8.6	Gesamtes geothermisches Potential.....	100
9	Gegenwärtige Bewirtschaftung geothermaler Ressourcen	101
9.1	Nutzung von Thermalwasservorkommen im TRANSTHERMAL Gebiet.....	101
9.2	Wassertemperaturen	102



9.3	Wassertypen – Hydrochemische Eigenschaften der Wässer	103
9.4	Förderraten, Quellschüttungen.....	103
10	Schlussfolgerungen	105
11	Literaturnachweis.....	109
	Beilagenverzeichnis.....	114
	Literaturspiegel	115



1 Einleitung

(Götzl G., Bäk R., Letouzé G. & Lapanje A.)

Die Grenzregion zwischen Österreich, Slowenien und Ungarn stellt eine der wichtigsten Thermenregionen Mitteleuropas dar. Die stoffliche Nutzung natürlicher Thermalwässer in Kur- und Erholungsbädern (Spa – Betriebe) ist innerhalb der vergangenen Dekade in den Regionen Südoststeiermark, Südburgenland, Nordostslowenien und Südwestungarn zu einem wesentlichen Wirtschaftsmotor herangewachsen. Als Beispiele von Spa – Betrieben sind unter Anderem anzuführen:

- Südoststeiermark: *Bad Radkersburg, Loipersdorf, Bad Blumau, Bad Waltersdorf*
- Südburgenland: *Stegersbach, Bad Tatzmannsdorf*
- Nordostslowenien: *Moravska toplice, Radenci, Rogaska Slatina, Lendava*
- Südwestungarn: *Kehidakustany, Heviz*

In Anbetracht der sukzessiven Volatilität der Preise für fossile Energieträger und der zunehmend gesteigerten öffentlichen Sensibilisierung hinsichtlich des Einsatzes umweltneutraler, alternativer Energiequellen ist zudem die energetische Nutzung der Geothermie für Heizzwecke und Stromgewinnung zunehmend von Interesse. Erste Demonstrationsanlagen existieren bereits in der Südoststeiermark (*Blumau, Fūstenfeld*).

Der westliche Anteil des Grenzraums zwischen den Staaten Österreich und Slowenien, im Wesentlichen umfasst durch die Regionen Südostkärnten und Koroška stellt eine Region mit untergeordneter geothermaler Nutzung dar, welche sich in erster Linie auf den Betrieb von Thermalbädern beschränkt (z.B. *Warmbad Villach, Bad Kleinkirchheim, Bad Bleiberg, Bled*). Die Ursache hierfür liegt in verminderten geothermalen Nutzungspotenzialen, die sich aus erhöhten Fündigkeitsrisiken bedingt durch komplexe hydrogeologische Rahmenbedingungen sowie aus einem gegenüber der Ostregion deutlich geminderten Wärmefluss ergeben.

Das zuvor angesprochene geothermale Wirtschaftspotenzial im Osten des Grenzraums zwischen Österreich und Slowenien und die damit verbundenen wirtschaftlichen Interessen bergen jedoch auch Risiken:

- Die intensive Nutzung natürlicher Thermalwasserhorizonte kann zu Überbeanspruchung und Leistungsminderungen führen. Dies ist vor Allem dann problematisch wenn grenzüberschreitende Aquifersysteme, wie etwa im Raum Bad Radkersburg, vorliegen und keine einheitliche, grenzüberschreitende Aquiferbewirtschaftung stattfindet.
- Wirtschaftlich erfolgreiche Beispiele geothermalen Nutzung (hauptsächlich in Form von Thermalbädern) veranlassen Gemeinden und Investoren in Gebieten mit geringeren Nutzungspotenzialen zur Explorationsvorhaben, die sich in vielen Fällen später als unrentable



erweisen. Durch Unkenntnis der geothermalen Rahmenbedingungen gepaart mit übertriebenen Erwartungen entsteht somit volkswirtschaftlicher Schaden.

Obgleich im Laufe der vergangenen 20 Jahre eine Unzahl an zumeist auf den lokalen Raum beschränkten geothermalen Studien im Grenzraum zwischen Österreich und Slowenien stattgefunden hat, liegen bis dato keine gebietsumfassenden Daten aus dieser Region vor.

Aus diesem Grund hat sich die bilaterale Interreg IIIA Studie TRANSTHERMAL zum Ziel gesetzt geothermisch - relevante Meta- und Kenndaten aus der Grenzregion Österreich – Slowenien zu erheben und in einer grenzüberschreitenden Datenbank zu sammeln. Darauf aufbauend wurden mit Hilfe von GIS – Applikationen themenspezifische geothermische Karten des Untersuchungsgebiets erarbeitet. Durch die Verbreitung der erzielten Erkenntnisse in Form eines geothermischen Atlas sowie in elektronischer Form einer Internet Homepage soll TRANSTHERMAL einen wesentlichen Beitrag für in Zukunft nachhaltige und wirtschaftlich sinnvolle Nutzung natürlicher Thermalwässer im Grenzraum zwischen Österreich und Slowenien liefern.



2 Untersuchungsgebiet

(Poltnig W., Lapanje A.)

Das Untersuchungsgebiet liegt in der Grenzregion von Österreich und Slowenien und umfasst den nördlichen Anteil Sloweniens, den östlichen Anteil Kärntens und den südlichen Anteil der Steiermark. (siehe Abbildung 2-1).

Die bisherigen Untersuchungen in Slowenien erfolgten im Gebiet von Pomurje, Podravje und Koroška und teilweise im Gebiet Savinja, Zentralslowenien und Gorenjska. Die Grenze des Untersuchungsgebietes verläuft entlang des Südrandes des Save Tales von Rateče nach Kranj und von dort in einer geraden Linie Richtung Osten zur Staatsgrenze zu Kroatien in der Nähe von Rogaška Slatina. Der westliche und zentrale Teil des Untersuchungsgebietes in Slowenien ist gebirgig und umfasst die Karawanken, die Steiner Alpen und einen kleinen Teil der Julischen Alpen. Zwischen den Gebirgsstöcken liegen intramontane Becken wie das Ljubljana Becken und das Savinja und Šalek Tal. Der Ostteil des Landes ist flach und gehört zu den Ausläufern des Pannonischen Beckens.

Der westliche Teil Kärntens ist vorwiegend gebirgig. Inneralpine Becken gibt es im östlichen Teil. Hier sind auch einige natürliche Thermalwasseraustritte bekannt. In der Steiermark ist der nördliche Anteil vorwiegend gebirgig. Ein großes miozänes Becken existiert im südlichen und östlichen Teil mit einer Fortsetzung Richtung Slowenien und Ungarn.

Die westliche Grenze des Untersuchungsgebietes in Österreich verläuft entlang einer geraden Süd-Nord verlaufenden Linie westlich von Villach, die nördliche Begrenzung folgte der Landesgrenze von Kärnten zur Steiermark und setzt sich nach Osten bis zur steirisch – burgenländischen Grenze fort, während die östliche Begrenzung dem Verlauf der Landesgrenze Steiermark – Burgenland nach Süden folgt.

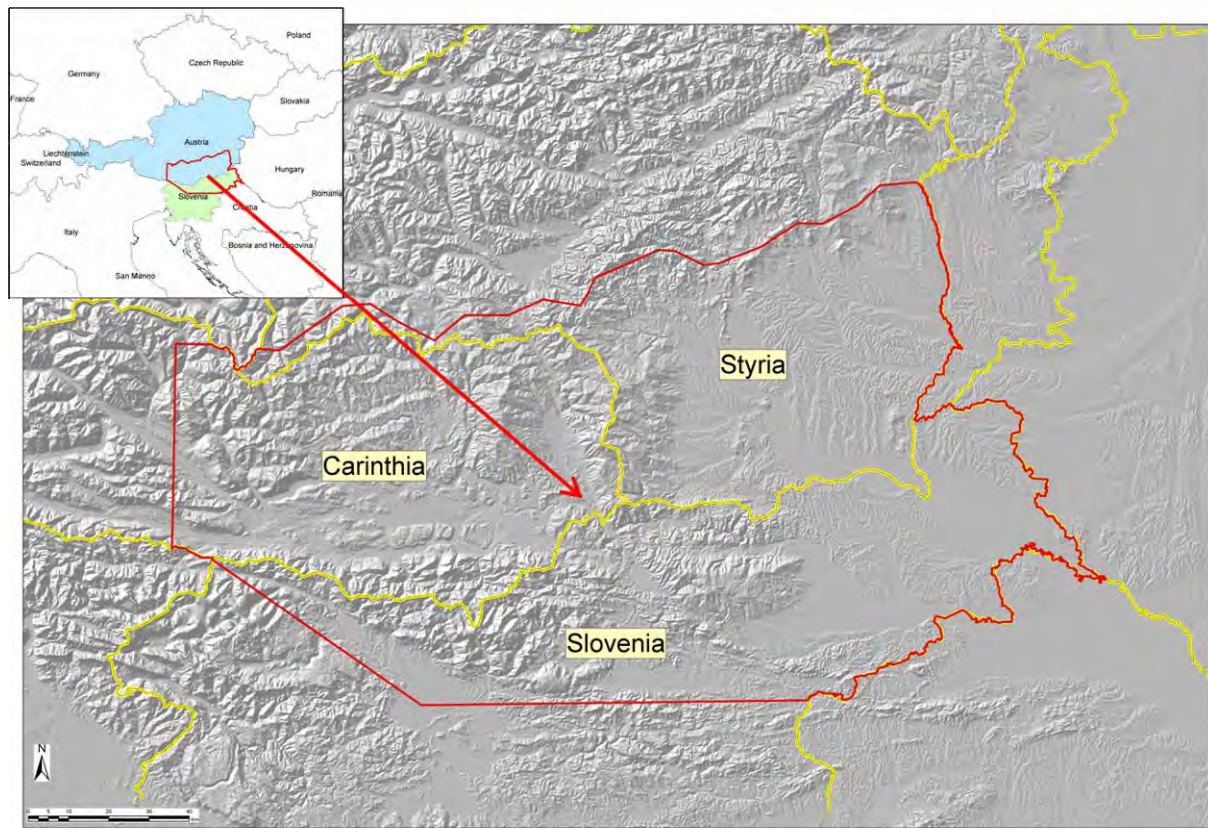


Fig. 2-1 Lage des Untersuchungsgebietes in der Grenzregion von Österreich und Slowenien



3 Datenerhebung

(Götzl G. & Domberger G.)

3.1 Einleitung

Der Aufbau einer länderübergreifenden slowenisch- österreichischen geothermalen Datenkompilation stellte ein wesentliches Teilziel der Studie TRANSTHERMAL dar. Im Zuge der Projekteingangsphase wurden deshalb im Rahmen von internen Workshops projektrelevante Themenbereiche sowie potenzielle Datenquellen identifiziert, die in weiterer Folge zu recherchieren und in einer gemeinsamen, länderübergreifenden Datenbank zu archivieren sind. Die wesentliche Aufgabe bestand hierbei jene Informationen auszuwählen, die in der Lage sind das rezente geothermale Regime, dessen gegenwärtigen Erschließungs- und Nutzungsgrad sowie zukünftige Nutzungspotenziale aufzuzeigen. Ein nicht minder bedeutender Aspekt stellte auch die Erhebung von Produktionsdaten dar, die einen Hinweis auf bereits bestehende bzw. zukünftig zu erwartende Konfliktpotenziale durch hydrothermale Überbeanspruchung ermöglichen.

Folgende Potenziellen Daten- / Informationsquellen wurden identifiziert und der projektspezifischen Datenbank als Objektgruppe hinzugefügt:

- Tiefbohrungen und Brunnen sofern diese über projektrelevante Daten verfügten
- Natürliche Quellaustritte (gefasst oder ungefasst), sofern eine erhöhte Mineralisation oder eine nicht mit dem Jahresgang korrelierende Austrittstemperatur vorlag
- Geothermische Untersuchungen bzw. Messkampagnen an der Erdoberfläche (Infrarotaufnahme, Temperaturgradientenmessungen in ultraseichten Bohrungen) sowie untertägige Temperaturmessungen in Stollen-, Tunnelanlagen
- Publiziertes geologisches und hydrogeologisches Kartenmaterial (siehe auch Abschnitt 6)
- Geophysikalische Messkampagnen in ausgewerteter Form zur Beantwortung struktureologischer Fragestellungen

In Kontext zu den zuvor angesprochenen Datenquellen wurden im Rahmen der Studie TRANSTHERMAL Meta- und Kenndaten zu den folgenden Themenbereichen erhoben:

- Geothermie / Terrestrisches Temperaturregime



- Hydrogeologie / Hydraulik
- Hydrochemie
- Strukturgeologie / Lithologie / Stratigraphie
- Petrophysik
- Wasserwirtschaft / Thermalaquiferbewirtschaftung

Eine detaillierte Übersicht der erhobenen Meta- und Kenndaten ist dem Abschnitt 4.2 zu entnehmen. Es ist vorab festzuhalten dass Tiefbohrungen und Brunnen die primären Datenquellen der im Zuge von TRANSTHERMAL erhobenen Kenndaten repräsentieren.

3.2 Slowenische Datenquellen

Der Geologische Dienst von Slowenien (GeoZS) verfügt bereits über eine breite Sammlung geothermaler Daten in Form von lokalen Datenbanken, Katasterdaten und Literatursammlungen. Im Rahmen der Aktivitäten des Projekts TRANSTHERMAL bestand die wesentliche Aufgabe in der Auswahl projektrelevanter Informationen für den slowenischen Anteil des grenzüberschreitenden Untersuchungsgebiets, wobei im Wesentlichen auf folgende Fragestellungen fokussiert worden ist:

- Exploration natürlicher Thermalwässer
- Strukturgeologische Erkundungsmaßnahmen

Nach Abschluss der Archivrecherchen konnten für den Slowenischen Anteil des Projektgebiets etwa 300 relevante Literaturquellen zu 283 spezifischen Datenquellen (in erster Linie Tiefbohrungen und natürliche Quellaustritte) erhoben werden. Die hieraus gewonnenen Informationen bilden die slowenischen Basisdaten des Projekts TRANSTHERMAL.

Die räumliche Verteilung der zur Verfügung stehenden Basisdaten weist eine hohe Informationsdichte im östlichen Anteil des Projektgebiets im Bereich der slowenischen Anteile des Pannonischen Beckens auf. Aus geothermischer Sicht sind die Regionen Pomurje, Radenci, Šaleška und Rogaška Slatina sehr gut erschlossen. Neben Thermal- und Mineralwasserbohrungen stellen in diesen Regionen vor allem Kohle- und Kohlenwasserstofferkundungsbohrungen wesentliche Informationsquellen dar. Der westliche Anteil des slowenischen Projektgebiets ist bislang bei weitem weniger umfassend untersucht worden. Geothermale Nutzung ist in dieser Region vornehmlich auf oberflächennahe Thermalwasseraustritte beschränkt. Es liegen in dieser Region nur wenige Tiefbohrungen vor, die projektrelevante Informationen beinhalten. Für die westliche Berandung der Grenzregion zwischen Kärnten und Slowenien liegen lediglich Temperaturdaten aus seichten



Erkundungsbohrungen vor, die im Zuge des Vortriebs des A11 – Karawankentunnels niedergebracht worden sind.

3.3 Österreichische Datenquellen

Im Gegensatz zu der bereits durch den Geologischen Dienst Slowenien (Geo-ZS) gut organisierten und bereits teilweise verfügbaren geothermalen und hydrogeologischen Datenkompilationen auf slowenischer Seite musste auf österreichischer Seite eine entsprechende Datensammlung in Gemeinschaftsarbeit von Joanneum Research und der Geologischen Bundesanstalt aufgebaut werden. Für Teilregionen des österreichischen Anteils des gemeinsamen Projektgebiets, im Speziellen für das Steirisch - Südburgenländische Becken, stand bereits eine umfassende Datenkompilation aus dem Projekt NANUTIWA (vgl. DOMBERGER et al. 2004) zur Verfügung, auf die zurückgegriffen werden konnte. Speziell für den Themenbereich Geothermie bzw. terrestrisches Temperaturfeld mussten zusätzliche Daten aus der Kohlenwasserstoffindustrie erhoben werden.

Die Datenerhebung erfolgte stufenweise: In einem ersten Schritt wurden, basierend auf eine eingangs durchgeführte Literaturstudie potentielle Datenquellen identifiziert und entsprechende Metainformationen (Lage, Übersicht der durchgeführten Untersuchungsmethoden und der hieraus zur Verfügung stehenden Kenndaten) gesammelt. Darauf aufbauend wurden anschließend spezifische Kenndaten erhoben.

Im Zuge der Datenrecherche wurde auf österreichischer Seite auf folgende Informationsquellen zurückgegriffen:

- Bibliothek der Geologischen Bundesanstalt
- Einschlägige Archive der Geologischen Bundesanstalt (FA Rohstoffgeologie, FA Hydrogeologie)
- Archiv des Amtes der Kärntner Landesregierung (Abteilung 15 – Umweltschutz und Technik)
- Archive der Forschungsgesellschaft Joanneum Research

Speziell für den Aufgabenbereich der geothermalen Datenerhebung wurden von Seiten folgender privatwirtschaftlichen Betriebe Daten zur Verfügung gestellt:

- OMV AG
- RAG
- GKB





Diesen Firmen sei an dieser Stelle bester Dank für die Bereitstellung der benötigten thermischen Daten ausgesprochen.

Die überwiegende Mehrheit der erhobenen Kenndaten konnten ohne weitere Bearbeitung aus den diversen Literaturquellen übernommen und in die projektspezifische Datenbank implementiert werden. Zusätzliche Datenbearbeitungen bzw. Datenprozessierung mussten lediglich für folgende Parameter durchgeführt werden:

- Bohrlochtemperaturen (siehe auch Abschnitt 7.3)
- Hydrochemische Kenndaten

In einem abschließenden Schritt wurden interpretierte Kenndaten [derived results] aus den zuvor erhobenen Rohdaten gewonnen. Im Wesentlichen wurden folgende Parameter abgeleitet:

- Hochstein Aquifer Typus (siehe auch Abschnitt 4.4)
- Jäckli Aquifer Klassifizierung (siehe auch Abschnitt 4.4)
- Diverse Tiefentemperaturen sowie gemittelte Wärmestromdichten (siehe Abschnitt 7)

Wie bereits eingangs erwähnt repräsentierten Tiefbohrungen und Brunnen die wichtigsten Datenquellen der erhobenen und in der projektspezifischen Datenbank archivierten Untergrundkenndaten. Generell ist die zur Verfügung stehende Datenlage zwischen dem kärntner- und steirischen Anteil des Projektgebiets sehr unterschiedlich verteilt, sowohl was die Datendichte als auch die Art der Datenquelle betrifft. Die Ursache hierfür liegt in den unterschiedlichen geologischen Rahmenbedingungen und den hieraus resultierenden Naturraumpotenzialen in diesen beiden Regionen. Im Steirischen Becken liegen Kohlenwasserstoff- (KW-) Explorationsbohrungen sowie tiefreichende Thermalwasserbohrungen vor. Hinsichtlich geothermaler Fragestellungen beinhalten gerade diese beiden Datenquellentypen wesentliche Kenndaten zu unterschiedlichen Themengebieten (Thermik, Hydrologie, Strukturgeologie...) zumeist in hoher Informationsdichte. Im Gegensatz hierzu stehen in Kärnten abgesehen von Tiefbohrungen der Kohleexploration in einzelnen Beckenregionen (insbesondere im Lavanttal) lediglich Bohrungen mit einer allgemein niedrigen geothermalen Informationsgüte vor. Es existiert zwar eine nicht unerhebliche Anzahl an Erkundungsbohrungen der Mineral- und Erzexploration, die jedoch in der Regel keine Messdaten über das terrestrische Temperaturfeld aufweisen. In dieser Region sind jedoch natürliche Thermalwasseranomaliezonen (z.B. Warmbad Villach, Bad Weißenbach, Bad Kleinkirchheim) vorhanden, die durch Thermalwasserbohrungen und Thermalwasserbrunnen erschlossen worden sind und im Allgemeinen eine hohe Informationsdichte aufweisen. Auf die speziell für geothermale Fragestellungen zur Verfügung stehende Datenlage soll jedoch im Rahmen des Abschnitts 7.2



detailliert eingegangen werden. Eine Übersicht der im Rahmen des Projekts TRANSTHERMAL zur Verfügung gestandenen Datenquellen ist weiters der Beilage 7 zu entnehmen.

4 Projektspezifische Datenbank

(Lipiarski P., Götzl G. & Lapanje A.)

4.1 Einleitung

Ein wesentliches Teilziel des Projekts TRANSTHERMAL ist die Schaffung einer GIS-fähigen Geothermie-Datenbank als Ausgangsbasis für die Prospektion künftiger, wirtschaftlich nutzbarer geothermischer Ressourcen sowie für die Überwachung und den Schutz bereits genutzter Ressourcen (hyperthermale Tiefenaquifere). Darauf basierend wurden themenbezogene Karten des Projektgebietes (z.B. Tiefentemperaturkarten) erstellt. Temperatur, Lage und Eigenschaft von bekannten Tiefenaquifer-Systemen, Strukturgeologie, Topographie und Lithologie der kristallinen Basis, zu erwartende geothermische Ressourcen, bestehende Wärmekraftwerke und SPA-Betriebe sind auf diesen in weiterer Folge dargestellt.

4.2 Allgemeine Datenbankstruktur

Eines der ersten Ziele des Projektes „Transthermal“ war die Erstellung einer „Geothermie-Datenbank“ (MS Access, GIS-fähig), welche strukturgeologische Informationen, modellierte und gemessene Temperaturdaten, hydrologische Informationen der Tiefenaquifere sowie das nutzbare geothermische Potenzial enthält. Es sollte eine gemeinsame Datenbank für Kärnten, Steiermark und Slowenien sein, die in 3 Sprachen bedient werden kann (Deutsch, Englisch, Slowenisch). Die Datenbank sollte nach Möglichkeit zentral geführt werden, wurde aber vorerst in drei gespiegelte Eingabedatenbanken geteilt (Geologische Bundesanstalt, Joanneum Research, Geologischer Dienst Slowenien), die später ohne technische Probleme zusammengeführt werden konnten.

Es gab von Anfang an 3 Partner, die zu dem Aufbau der Datenbank beigetragen haben: GBA, Joanneum Research und Geološki zavod Slovenije (Geological Survey of Slovenia). Die Datenbankexperten aller drei Institutionen lieferten ihre Vorstellungen, für die Durchführung der Arbeiten war die Geologische Bundesanstalt verantwortlich. Nach mehrstündigen Gesprächen wurden erste Entwürfe erstellt.

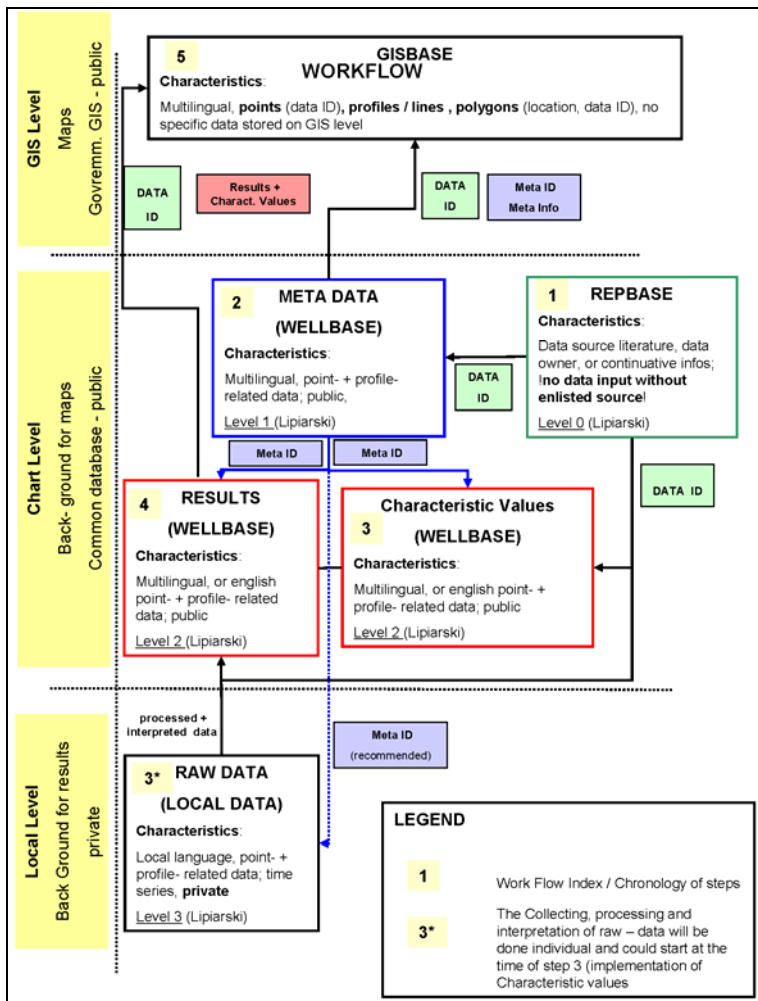


Fig. 4-1 Work Flow der Datenbank „Transthermal“
Grafik: G. Götzl (GBA)

Letztendlich einigte man sich auf eine Datenbank, die aus 4 Stufen besteht. Diese Stufen (Ebenen) beginnen mit Überblicksdaten (Metadaten) und gehen immer mehr ins Detail bis hin zu Messergebnissen.

1. Ebene: Quelldatenverzeichnis (REPBASE)

Hier können alle Quellen (Archive, Literatur, Projekte, Datenbanken) verwaltet werden. Diese Ebene hat folgende Attribute:

AUTOR, TITEL (*hier auch Archivname*), JAHR, KATEGORIE (*Literatur, Archiv, Datenbank, Kompilation usw.*).

Es wird auch eine sog. „Interne Hierarchie“ eingebaut, diese erlaubt es, die Quellen untereinander zu verknüpfen. So können z.B. mehrere Literaturzitate einem bereits eingetragenen Archiv zugeordnet werden.



2. Ebene: META-GIS-Ebene (LOCBASE)

Es gibt 3 GIS-Layers für Metadatenverwaltung: Punkte, Linien und Polygone. Hier werden z.B. Bohrpunkte, Quellen, Brunnen (Punkte), Schnitte, Profile (Linien) sowie Projektgebiete und geologische Flächen (Polygone) im GIS abgelegt. Als Format kommen ESRI Shapefile und/ oder ESRI Personal Geodatabase in Frage.

Zu jedem geometrischen Element gibt es auch einen Eintrag in der META-Datenbanktabelle. Dort werden die Daten auch beschlagwortet (3-Sprachen-Thesaurus).

3. Ebene: Projektrelevante Daten in Meta-Format (WELLBASE)

Diese Ebene sammelt alle projektrelevanten Daten, die mit Hilfe eines 3-sprachigen Thesaurus an eine gemeinsame Norm angepasst werden. Thesaurus-Daten dürfen nur zentral verwaltet werden.

4. Ebene: Ergebnisdaten

Alle projektrelevanten Ergebnisse werden hier gespeichert. Die Parameter und Einheiten werden einem Thesaurus entnommen. Dies garantiert die Einheitlichkeit der Daten im Hinblick auf spätere Internet-Applikationen.

Alle Arbeitsdatenbanken, Bohrungsdatenbanken, geophysikalischen Messdaten usw. bleiben weiter im „Rohzustand“ erhalten, werden weder zentral geführt noch übersetzt und können (im Ganzen oder nur teilweise) – müssen aber nicht – als Einzeldateien geliefert werden.

Basierend auf dieser theoretischen Grundlage wurde mit Hilfe von MS Access[®] eine relationale Datenbankstruktur entwickelt.

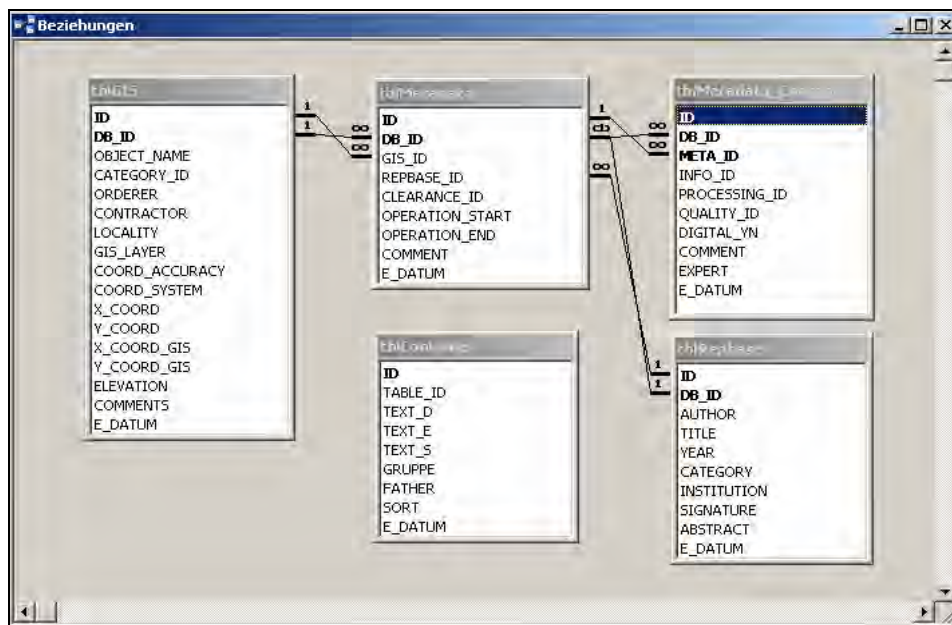


Fig. 4-2 Beziehungen der Datenbank „Transthermal“

Die Datenbank wurde auf fünf Tabellen reduziert. Vier davon entsprechen den zuvor angeführten theoretischen Ebenen des Datenmanagements, die fünfte repräsentiert den Datenbank Thesaurus (Container).

Der Thesaurus ist das eigentliche „Kernstück“ der Datenbank – er beinhaltet alle Begriffe, die in der gesamten Datenbank vorkommen, und ist derzeit auf 3 Sprachen ausgelegt (Deutsch, Englisch, Slowenisch). Er kann aber leicht um weitere Sprachen ergänzt werden. Durch diese Tabelle sind Dateneingaben und Abfragen in mehreren Sprachen möglich.

Innerhalb des Thesaurus wurden auch Beziehungen (Vater-Sohn-Beziehungen) definiert, die interne hierarchische Strukturen ermöglichen. Zusätzlich sind hierdurch auch Abhängigkeitskriterien zwischen verschiedenen Parametern leicht zu definieren.



ID	TABLE_ID	TEXT_D	TEXT_E	TEXT_S	GRUPPE	FATHER	SORT
189	Meta_Content	Seismik	Seismics	seizmika	,17,11,		65
190	Meta_Content	Petrophysik	Petrophysics	petrofizika	,8,9,10,15,16,18,19,20,21		125
191	Meta_Content	Radiometrie	Radiometry	radiometrija	,11,12,17,		90
192	Meta_Content	Sonstige Verfahren	Other method	druga metoda	,11,12,13,17,		115
193	Meta_Content	Bohrloch - Logging	Borehole Logging	karotaža vrtine	,8,9,18,19,20,21,		35
194	Meta_Content	Geologisches Profil	Geological Profile	geološki profil	,8,9,18,19,20,21,	193	40
195	Meta_Content	Klebelog Bohrklein	Klebelog Cuttings		,8,9,18,19,20,21,	193	41
197	Parameter	Total Measured Depth (MD)	Total Measured Depth (MD)	Total Measured Depth	260	278	0
198	Parameter	True Vertical Depth (TVD)	True Vertical Depth (TVD)	True Vertical Depth (T	260	278	0
199	Parameter	Maximale Inkination (Bohrloch)	Maximum Inclination	Maximum Inclination	261	278	0
200	Parameter	Nutzungsstatus	State of Utilization	State of Utilization	277	278	0
201	Parameter	Minimaler Bohrdurchmesser	minimum borehole diamete	minimum borehole diar	262	278	0
202	Parameter	Lithologie des Bohrlotiefsten	Lithology at Final Depth	Lithology at Final Dept	277	279	0
203	Parameter	Zeitstufe des Bohrlotiefsten	Time Scale at Final Depth	Time Scale at Final De	277	279	0
204	Parameter	Tiefe des prätertiären Grundgebirg	Depth Pretertiary Basemer	Depth Pretertiary Base	260	279	0

Fig. 4-3 Auszug aus der Tabelle tblContainer (Thesaurus der Datenbank „Transthermal“).

Die Spalte TABLE_ID dient als so genannte „Domäne“ – also alle Zeilen mit derselben TABLE_ID entsprechen einer Tabelle im weiteren Sinn. Datenbanktechnisch sind solche „virtuelle Tabellen“ als Views (Abfragen) realisiert, was wiederum dem eigentlichen Sinn einer relationalen Datenbank entspricht.

Die drei weiteren Spalten (TEXT_D, TEXT_E, TEXT_S) beinhalten die jeweiligen Fachbegriffe in den drei Projektsprachen. Für jede weitere Sprache muss die Tabelle um eine neue Spalte ergänzt werden.

Die Spalte GRUPPE definiert die internen Beziehungen innerhalb des Thesaurus. Dadurch lassen sich Zusammenhänge definieren, wie z.B. alle Messparameter, die zu einer Bohrung gehören, oder alle Einheiten, die einen bestimmten Parameter haben. Diese Konstruktion ist dazu gedacht, Begriffe aus verschiedenen Domänen miteinander zu verbinden.

Im Feld FATHER wird eine direkte hierarchische Beziehung zwischen Begriffen innerhalb einer Domäne definiert. Das Feld SORT ist optional und sortiert die Begriffe innerhalb einer Domäne.



ID	TEXT_D1	TEXT_E1	TEXT_S1	FATHER	SORT
179	Bohrloch Ausbau	Borehole Completion	oprema vrtime		1
107	Verrohrungsschema	Casing	cevitev	179	2
108	Zementationsarbeiten	Cementation	cementacija	179	3
188	Temperaturmessung	Temperature Measurement	temperaturna meritev		20
178	Kontinuierliches Log	Continuous log	temperaturna karotaža	188	21
166	Temperatur Auslauf	Temperature discharge	temperaturna iztekajoče vode	188	22
160	Bottom Hole Temp.	Bottom hole temperature	temperaturna dna vrtime	188	23
161	Formationstemperatur	Formation temperature	temperaturna formacije	188	25
159	Aquifertemperatur	Aquifer temperature	temperaturna vodonosnika	188	26
165	Stollenwässer	Gallery water	jamska voda	188	27
169	Tunnelwässer	Tunnel water	voda v predoru	188	28
164	Stollenwand	Gallery wall	stena rova	188	29
168	Tunnelwand	Tunnel wall	stena predora	188	30

Fig. 4-4 Auszug aus der Tabelle tblContainer
 Die Vorrückung der Begriffe zeigt die hierarchische Struktur innerhalb einer Domäne (in dem Fall „Meta-Content“).

Feldname	Felddatentyp
ID	AutoWert
DB_ID	Text
AUTHOR	Text
TITLE	Text
YEAR	Text
CATEGORY	Zahl
INSTITUTION	Text
SIGNATURE	Text
ABSTRACT	Memo
E_DATUM	Datum/Uhrzeit

Die Tabelle tblRepbases entspricht der Ebene 1 des Datenbankkonzeptes und ist eigentlich eine Zitate- Datenbank der verwendeten Literatur-, Archiv- und sonstigen Informationsquellen. Jedes Zitat wird mit Autor, Titel, Jahr, Institution, Signatur (Bibliothekshinweis) und Zusammenfassung gespeichert.

Feldname	Felddatentyp
ID	AutoWert
DB_ID	Text
GIS_ID	Zahl
REPBASE_ID	Zahl
CLEARANCE_ID	Zahl
OPERATION_START	Text
OPERATION_END	Text
COMMENT	Memo
E_DATUM	Datum/Uhrzeit

In der Tabelle tblMetadata werden alle für das Projekt relevanten Verfahren (Messungen) mit Bezug auf die zuvor eingegebene Literatur (REPBASE_ID) als Metadatensätze eingegeben. Aus dieser Tabelle kann man entnehmen, wann (OPERATION_START ... END), wo (GIS_ID mit Koordinate) und durch wen (REPBASE_ID) eine Messung stattfand. Das Feld CLEARANCE_ID zeigt die Vertraulichkeitsstufe der Information.



tblMetadata_Content : Tabelle	
Feldname	Felddatentyp
ID	AutoWert
DB_ID	Text
META_ID	Zahl
INFO_ID	Zahl
PROCESSING_ID	Zahl
QUALITY_ID	Zahl
DIGITAL_YN	Ja/Nein
COMMENT	Text
EXPERT	Ja/Nein
E_DATUM	Datum/Uhrzeit

Die Tabelle tblMetadata_Content umfasst allgemeine Metainformationen über die zur Verfügung stehenden Messverfahren, etwa welcher Parameter (INFO_ID) in welcher Qualität (QUALITY_ID) wie bearbeitet (PROCESSING_ID) aus welcher Meta-Informationsebene (META_ID) vorliegt.

tblResults : Tabelle	
Feldname	Felddatentyp
ID	AutoWert
DB_ID	Text
META_ID	Zahl
LAYER_TOP	Zahl
LAYER_BOTTOM	Zahl
PARAMETER_ID	Zahl
UNIT_ID	Zahl
VALUE	Text
VALUE_NUM	Zahl
COMMENT	Text

In der Tabelle tblResults werden alle projektrelevanten Ergebnisse abgelegt. Jeder Ergebniswert wird durch PARAMETER_ID (Messparameter), UNIT_ID (Messeinheit), VALUE (Textwert), VALUE_NUM (numerischer Wert) und hinsichtlich Tiefenangaben LAYER_TOP und LAYER_BOTTOM definiert.

Applikation Transthermal

Die Applikation wurde mit MS Access© entwickelt. Durch eine Einstiegsmaske werden dem Benutzer Bediener- und Sprache zur Auswahl gestellt. Die Wahl des Benutzers (Geologische Bundesanstalt – GBA, Joanneum Research – JR sowie Geologischer Dienst Slowenien – SI) ist sehr wichtig, weil hierdurch später eingegebene Datenbankinformationen einem spezifischen Projektpartner zugeordnet werden können.



Fig. 4-5 Einstiegsmaske der projektspezifischen Datenbank „Transthermal“

Als Sprachen stehen Deutsch, Englisch und Slowenisch zu Auswahl. Die Sprache kann auch während der Arbeit mit der Datenbank geändert werden, was überhaupt keinen Einfluss auf die eigentliche Datenbankeingabe hat – es werden nur die ID der Parameter gespeichert, die Übersetzung erfolgt auf Thesaurus-Ebene.

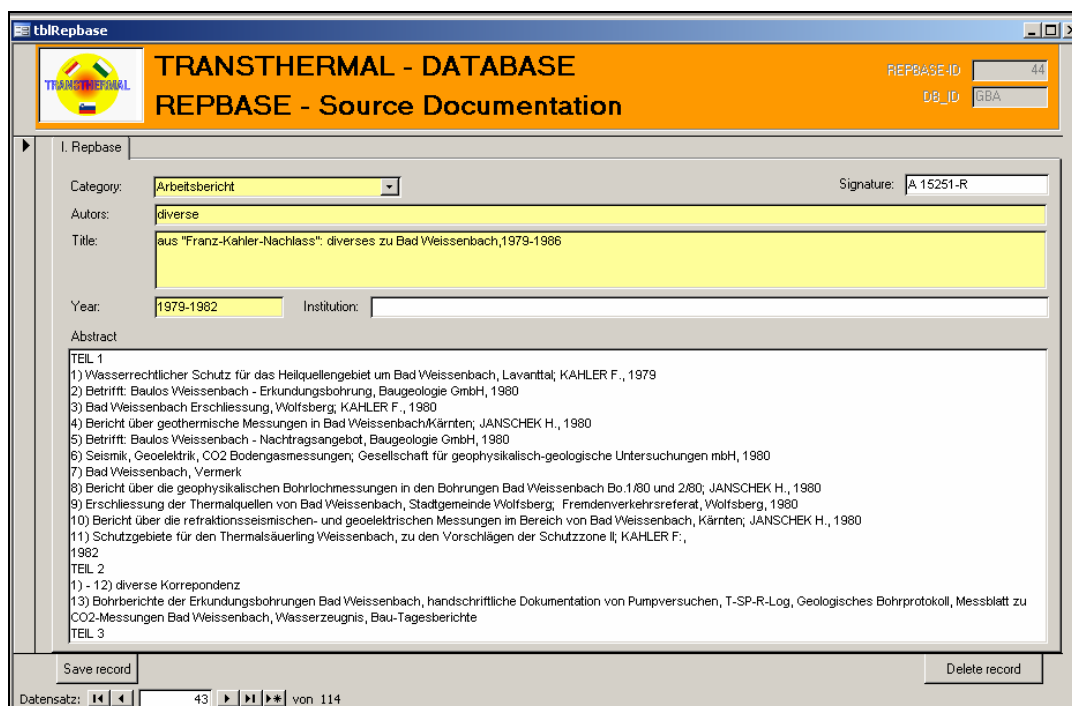
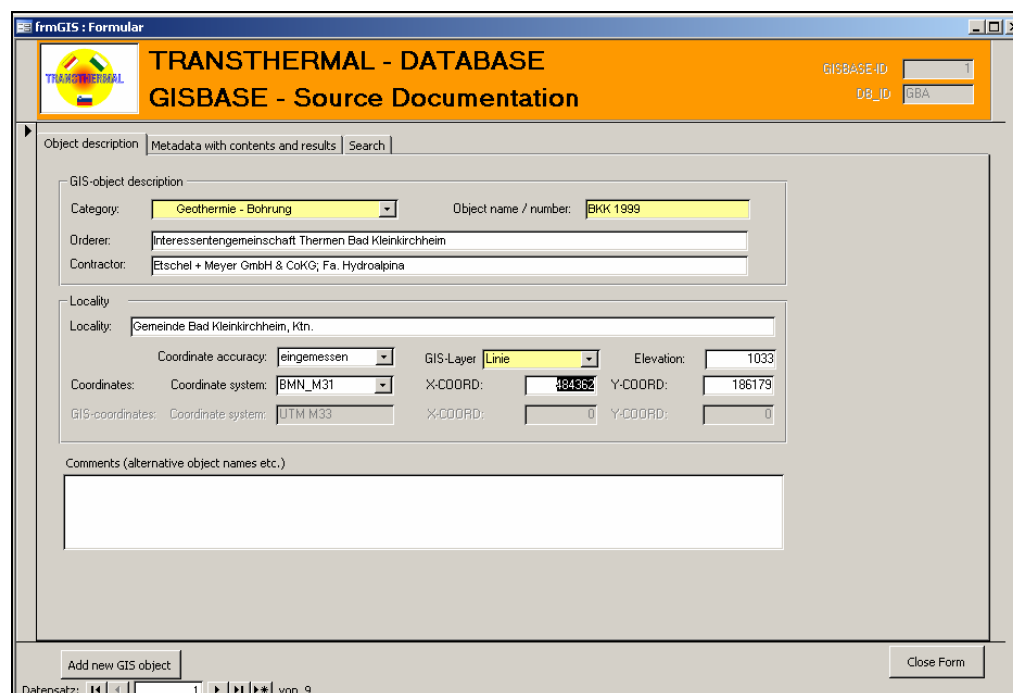


Fig. 4-6 Eingabemaske REPBASE (Ebene 1)

In die Eingabemaske REPBASE werden Informationen über sämtliche benutzten Literaturquellen des Projektes eingegeben. Die gelb unterlegten Felder sind eingabepflichtig, die weißen sind optional einzugeben.

ID	TEXT_D	TEXT_E	TEXT_S
1	Publikation	literature	literatura
2	Projekt	project	projekt
3	Archiv	archive	arhiv
4	Datenbank	database	podatkovna baza
5	Gutachten	expertise	strokovno mnenje
6	Arbeitsbericht	report	poročilo
7	Karte	map	karta
88	Vortrag / Proceedings	proceedings	zbornik

Die Informations - Kategorisierung kommt direkt aus dem 3-sprachigen Thesaurus.



TRANSTHERMAL - DATABASE
GISBASE - Source Documentation

GISBASE ID: 1
 DB_ID: GBA

Object description | Metadata with contents and results | Search

GIS-object description

Category: **Geothermie - Bohrung** Object name / number: **BKK 1999**

Orderer: Interessentengemeinschaft Thermen Bad Kleinkirchheim

Contractor: Etschel + Meyer GmbH & CoKG, Fa. Hydroalpina

Locality

Locality: Gemeinde Bad Kleinkirchheim, Ktn.

Coordinate accuracy: eingemessen GIS-Layer: Linie Elevation: 1033

Coordinates: Coordinate system: BMN_M31 X-COORD: 184962 Y-COORD: 186179

GIS-coordinates: Coordinate system: UTM_M33 X-COORD: 0 Y-COORD: 0

Comments (alternative object names etc.)

Add new GIS object Close Form

Datensatz: 1 von 9

Fig. 4-7 Eingabemaske LOCBASE (2. Ebene)

Die Eingabemaske LOCBASE (Object description) hat nur wenige Pflichtfelder. Dazu gehören Objektname (z.B. Bohrungsnummer), Objektkategorie (Bohrung, Quelle, Geophysik usw.) und Typ des GIS-Layers (Punkt, Linie, Polygon). Punktinformationen verfügen normalerweise über das Koordinatenpaar, für die Linien und Polygone kann diese Information optional (als Mittelpunktskoordinate) eingegeben werden. Weiters können auch Auftraggeber, Auftragnehmer, Lokalität und Bemerkungen eingetragen werden.



frmGIS - Formular

TRANSTHERMAL - DATABASE GISBASE - Source Documentation

GISBASE_ID: 1
DB_ID: GBA

Object description: Metadata with contents and results Search

Metadata-Source: Metadata-Contents Results

ID	Type of Information	Processing	Quality	Digital?	Expert?	Comment
1	Verrohrungsschema	k.A.	k.A.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	Zementationsarbeiten	k.A.	k.A.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	Pumpversuch	k.A.	k.A.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	4 Versuche mit Mammutpumpe: Kurzversuch, La
4	Bottom Hole Temp.	k.A.	k.A.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	Strukturlog	k.A.	k.A.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Formations-Micro-Scanner
6	Lithologielog	k.A.	k.A.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Gamma Ray
7	Fluidlog	k.A.	k.A.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Flowmeter
8	Wasseranalyse	k.A.	k.A.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	Isotopenchemie	k.A.	k.A.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	Aquifertemperatur	k.A.	k.A.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	Geologisches Profil	k.A.	k.A.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	Kontinuierliches Log	k.A.	k.A.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Messung 13.4.2000, 14.4.2000, 30.8.2000 (unter
13	Kontrolllog	k.A.	k.A.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Orientiertes 4-Armkaliber, Flächenorientierungsm
14	Klebelog Bohrklein	prozessiert	k.A.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Delete content

Change for next report

Add new GIS object

Datensatz: 1 von 9

Close Form

Fig. 4-8 Eingabemaske METADATA-CONTENTS (3. Ebene)

Zu jedem im Zuge der Phase 2 (LOCBASE) eingegebenen Objekt (Bohrung, geophysikalische Messung, Quelle usw.) können nun ein oder mehrere Dateninhalte zugeordnet werden. Alle hier verwendeten Parameter müssen jedoch zuerst in den Thesaurus eingegeben sein.

Es werden weiters der Typ der Information, Bearbeitungsstand (roh, korrigiert, prozessiert), Qualität (sehr gut, gut, brauchbar, unbrauchbar), digitale Verfügbarkeit (ja/nein), Freigabestatus (Experte/User) sowie freie Textkommentare eingetragen. Diese Daten können jedem durch das GIS festgelegten Punkt auch mehrmals, je nach Anzahl der Informationsquellen, zugeordnet werden.



frmGIS : Formular

TRANSTHERMAL - DATABASE
GISBASE - Source Documentation

GISBASE-ID: 1
DB_ID: GBA

Object description Metadata with contents and results Search

Metadata-Source Metadata-Contents Results

ID	Layer top [m]	Layer bottom [m]	Parameter	Value	Value num	Unit	Comment
236	0	130	Total Measured Depth (MD)	130	130	m b s	Tiefe geschätzt
237	130	130	Lithologie des Bohrlochtiefsten	Dolomit		without	Stangalm Trias
238			Lithologie des prätertiären Grundgebirges	Dolomit		without	Stangalm Trias
239			Zeitstufe des Bohrlochtiefsten	Trias		without	
240		130	Aquifer: Lithologie	Dolomit		without	Stangalm Trias, an Störungsz
241		130	Aquifer: Zeitstufe	Trias		without	
242	0	0	Maximale Austrittstemperatur	29.6	29.6	[°C]	Produktionsrate 4.6l/s
243			Nutzungstyp	thermal st		without	
244	125	125	Maximaltemperatur	31.2	31.2	[°C]	2. Zustrom Bereich
245	108	108	Maximaltemperatur	30.6	30.6	[°C]	1. Zustrom Bereich
247			Nutzungsstatus	21	21	without	
Wert					0		

Delete result

Change for next report

Add new GIS object

Datensatz: 1 von 9

Close Form

Fig. 4-9 Eingabemaske RESULTS (4. Ebene)

Die Ergebnisse der projektrelevanten Messungen können – genauso wie die Metadaten über Inhalte – jedem GIS-Objekt unter Berücksichtigung der Informationsquelle zugeordnet werden. Die Parameter können numerisch (z.B. Tiefe, Temperatur), alphanumerisch (z.B. Lithologie, Nutzungstyp), oder numerisch als Listenelement (z.B. Nutzungsstatus) eingetragen werden. In die Spalte „Wert“ wird die Ursprungsformatierung eingegeben, in die Spalte „Wert Numerisch“ nur Zahlenwerte, die später zu Berechnungen herangezogen werden können. Textparameter bekommen keine Einheitszuordnung („without unit“). Das Feld „Kommentar“ kann für optionale Ergänzungen zu den eingegebenen Kenndaten benutzt werden.



frmGIS : Formular

TRANSTHERMAL - DATABASE
GISBASE - Source Documentation

GISBASE-ID:
 DB_ID:

Object description | Metadata with contents and results | Search

DB_ID	ID	CONTENT	PROCESSING	QUALITY	OBJECT_NAME	LOCALITY
GBA	1	Verrohrungsschema	k.A.	k.A.	BKK 1999	Gemeinde Bad K
GBA	1	Zementationsarbeiten	k.A.	k.A.	BKK 1999	Gemeinde Bad K
GBA	1	Pumpversuch	k.A.	k.A.	BKK 1999	Gemeinde Bad K
GBA	1	Bottom Hole Temp.	k.A.	k.A.	BKK 1999	Gemeinde Bad K
GBA	1	Strukturlog	k.A.	k.A.	BKK 1999	Gemeinde Bad K
GBA	1	Lithologielog	k.A.	k.A.	BKK 1999	Gemeinde Bad K
GBA	1	Fluidlog	k.A.	k.A.	BKK 1999	Gemeinde Bad K
GBA	1	Wasseranalyse	k.A.	k.A.	BKK 1999	Gemeinde Bad K
GBA	1	Isotopenchemie	k.A.	k.A.	BKK 1999	Gemeinde Bad K
GBA	1	Aquifertemperatur	k.A.	k.A.	BKK 1999	Gemeinde Bad K
GBA	1	Geologisches Profil	k.A.	k.A.	BKK 1999	Gemeinde Bad K
GBA	1	Kontinuierliches Log	k.A.	k.A.	BKK 1999	Gemeinde Bad K
GBA	1	Kontrolllog	k.A.	k.A.	BKK 1999	Gemeinde Bad K
GBA	1	Klebelog Bohrklein	prozessiert	k.A.	BKK 1999	Gemeinde Bad K
GBA	1	Temperatur Auslauf	k.A.	k.A.	BKK 1999	Gemeinde Bad K
GBA	1	Verrohrungsschema	k.A.	k.A.	BKK 1999	Gemeinde Bad K
GBA	1	Kontinuierliches Log	k.A.	k.A.	BKK 1999	Gemeinde Bad K

Double click the line to record browse

Sort field: Found: 88 von 88

Fulltext-search: Set Filter
 Delete Filter

Add new GIS object

Datensatz: 1 von 9

Fig. 4-10 Suchmaske der Applikation „Transthermal“

Es ist möglich, die Datenbank „Transthermal“ in einem Volltextmodus abzufragen. Dazu wurde eine spezielle Abfrage entwickelt, die im Hintergrund läuft und alle möglichen Datenbankparameter vereint. Für jede in der Datenbank verwendete Sprache gibt es eine solche Abfrage. Der Benutzer kann ein beliebiges Suchkriterium eingeben (bis zu 3 Kriterien, mit AND oder OR miteinander verbunden), dieser Suchtext wird an die jeweilige Abfrage weitergeleitet (je nach Sprache, die im Einstiegsmenü ausgewählt worden ist), und als Ergebnis kommen nur die Datensätze zurück, die dem Kriterium entsprechen. Suchkriterien können Namen, Parameternamen, Lokalitäten, Koordinaten, Ergebnisse usw. sein.

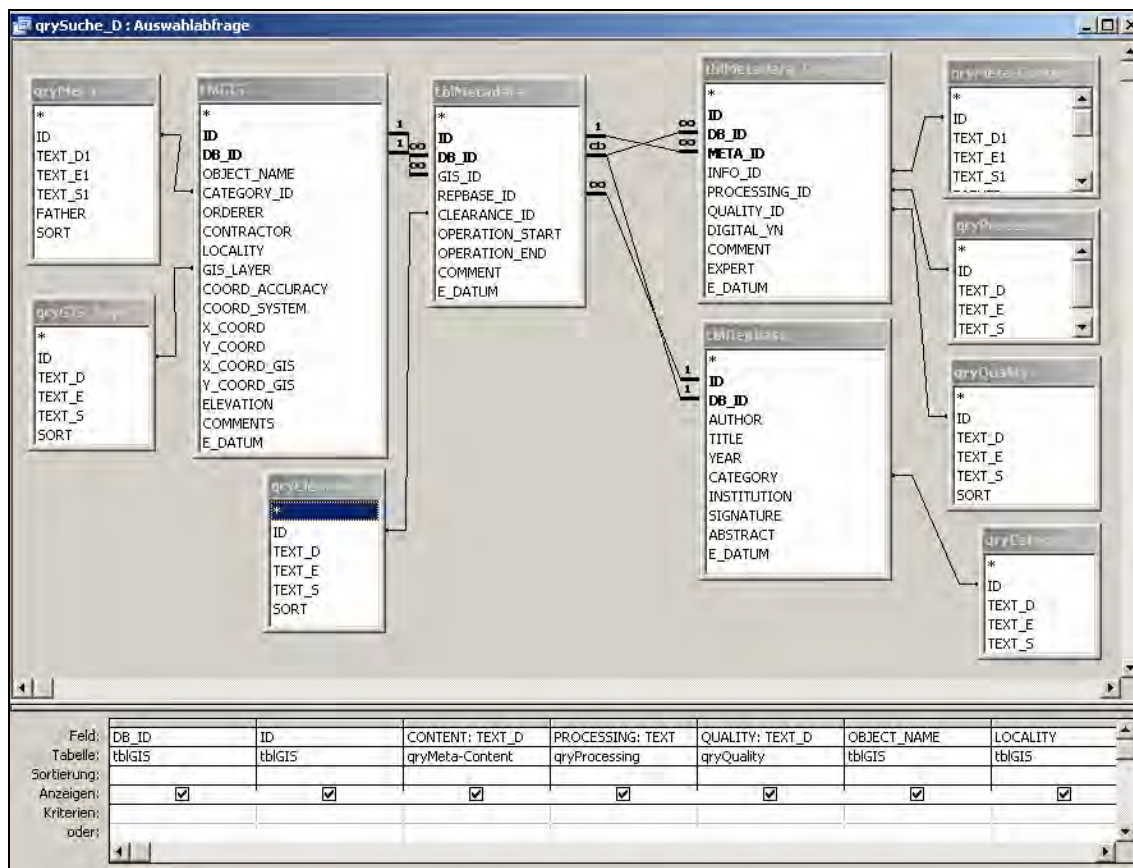


Fig. 4-11 Suchabfrage (Sprache: Deutsch) für das Abfrageformular, diese Abfrage bedient sich mehrerer aus dem Thesaurus stammender Queries

Durch die Zusammenführung und Vereinheitlichung des relevanten Datenmaterials aus Österreich und Slowenien wird eine grenzüberschreitende Geothermie-Datenbank zur Verfügung gestellt und ein geothermischer Atlas GIS unterstützt erstellt. Die Datenbank soll einerseits zukünftige geothermische Untersuchungen in dem Projektgebiet erleichtern und andererseits der Überwachung und dem Schutz bereits genutzter grenznaher geothermischer Ressourcen (hyperthermaler Tiefenaquifere) dienen. Eine gemeinsam erstellte und gemeinsam genutzte Geothermie-Datenbank legt somit den Grundstein für eine ökonomische und nachhaltige Nutzung der vorhandenen geothermischen Ressourcen, vor allem im Fall von grenzüberschreitenden, gemeinsam genutzten Tiefenaquifers.

4.3 Inhalt der projektspezifischen Datenbank

In dem nachfolgenden Abschnitt wird auf den Dateninhalt der im Zuge von TRANSTHERMAL aufgebauten projektspezifischen Geothermie Datenbank eingegangen. Hierbei sollen im Wesentlichen folgende Aspekte behandelt werden:



- Erhobene Datenquellen
- Befüllung der Datenbank Tabellen
- Erhebung von Kenn- und Resultatwerten

Im Rahmen des Abschnitts „ANHANG A: Literaturspiegel“ ist zudem eine Übersicht projektrelevanter Literaturzitate unter Berücksichtigung der hierzu assoziierten Datenquellen (GIS Objekte) angeführt.

Im Zuge der auf Österreichischer und Slowenischer Seite durchgeführten Recherchetätigkeiten konnten für das TRANSTHERMAL Projektgebiet 571 relevante Datenquellen erhoben werden, die sich zu einem überwiegenden Anteil aus Tiefbohrungen und Tiefbrunnen zusammensetzen. Aus Gründen der Übersicht wurden die erhobenen Tiefbohrungen in Unterkategorien gegliedert. Diese Gliederung wurde jedoch nur auf Österreichischer Seite übernommen. Unter Berücksichtigung von Kohlebohrungen, deren Informationsgehalt sich im Wesentlichen auf strukturgeologische Kenndaten beschränkte, liegen aus Österreich 288 und aus Slowenien 283 Datenquellen vor, die in weiterer Folge in den mit der Projektdatenbank verknüpften GIS – Anwendungen als Punktobjekte verknüpft worden sind. Neben Tiefbohrungen wurden in der Projektdatenbank auch 4 flächenhafte geothermische Erkundungskampagnen (Temperaturmessungen in ultraseichten Bohrungen) sowie 13 natürliche Quellaustritte implementiert.

TEXT_E	Number of Points
Balneology	18
Coal well	154
Drilling (unspecified)	8
Geothermal drilling	38
Geothermal Survey	4
Hydrocarbon drilling	43
Natural spring	13
Research drilling	7
Water Supply	3
Well (unspecified)	283
total	571

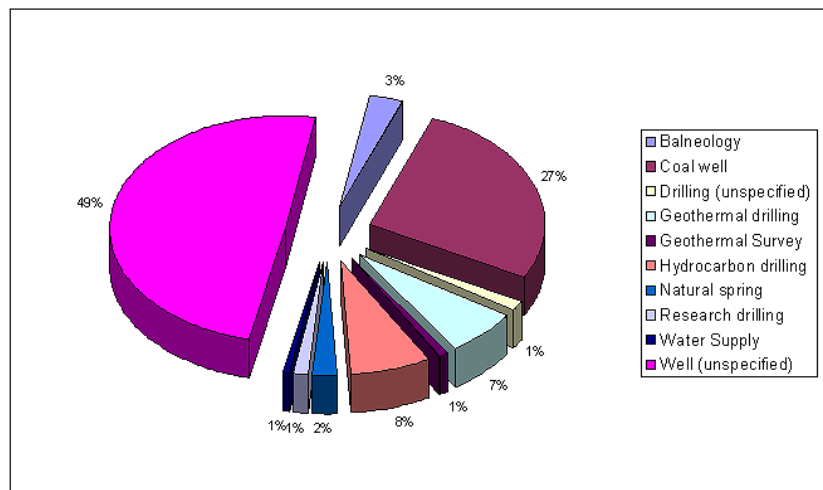


Fig. 4-12 **Übersichtsstatistik der im Rahmen des Projekts TRANSTHERMAL erhobenen relevanten Datenquellen (Datensatz Österreich – Slowenien)**

Der Fokus der benutzten Datenquellen wurde auf Tiefbohrungen gesetzt, die in weiterer Folge in Unterkategorien gegliedert worden sind. Innerhalb des Österreichischen Anteils des Projektgebiets existieren 43 Thermalwassererkundungsbohrungen. Eine Untergliederung des Slowenischen Datensatzes in Bohrungsklassen liegt leider nicht vor.



Im Rahmen der Projektaktivitäten wurden insgesamt 13029 Datenbankeinträge getätigt, wobei 9354 Einträge (~70%) aus Slowenien und 3675 Einträge (~30%) aus Österreich stammen. Anhand der zuvor angeführten statistischen Kennzahlen wird deutlich ersichtlich, dass für den Slowenischen Anteil des Projektgebiets trotz nahezu gleicher Anzahl an Datenobjekten weitaus mehr projektrelevante Informationen vorliegen und hieraus ein gegenüber dem Österreichischen Anteil gesteigerter geothermaler Explorationsgrad vorliegt. Dies äußert sich auch deutlich an der Anzahl der zu den jeweiligen Projektgebieten vorliegenden Literaturzitate (300 Zitate in Slowenien zu 142 Literaturzitate in Österreich).

Table	Austria (GBA + JR)	Slovenia (GeoZS)	AUT + SLO
tblGIS	288	283	571
tblGISResults	282	261	543
tblMetadata	357	783	1140
tblMetadata_Content	460	1865	2325
tblRepbse	142	300	442
tblResults	2146	5862	8008
Total	3675	9354	13029

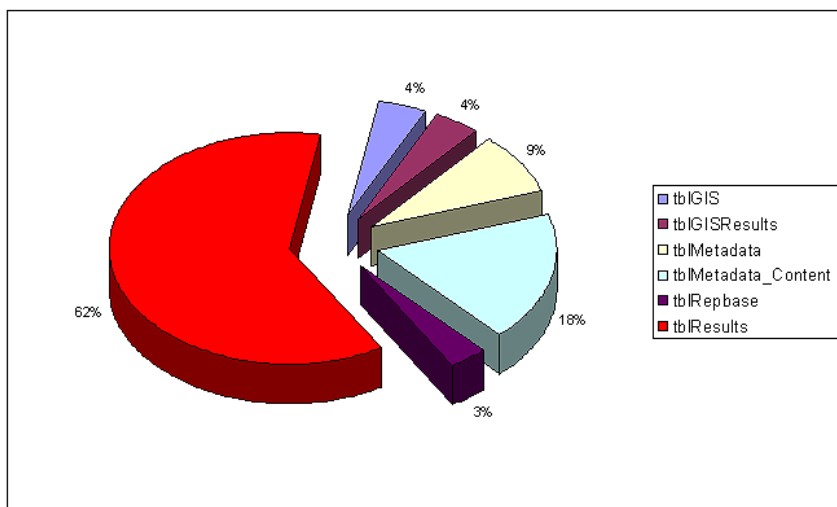


Fig. 4-13 Übersichtstatistik der Tabellenbefüllung (Datensatz Österreich – Slowenien)
 Dargestellt sind die Datenbankelemente „tblGIS“ (Datenobjekte), „tblGISResults“ (Kenndaten und Resultatwerte Joanneum Research), „tblMetadata“ (Metainformationen zu Datenobjekte), „tblMetadata_Content“ (Objektspezifischer Überblick verfügbarer Untersuchungsverfahren), „tblRepbse“ (Literaturdatenbank) und „tblResults“ (Resultatwerte GBA, GeoZS). Nähere Angaben zu der benutzten Datenbankstruktur sind auch dem Abschnitt 4.2 zu entnehmen.



In einem abschließenden Schritt geben die Tabellen 4-1 bis 4-5 einen Überblick der im Rahmen des Projekts TRANSTHERMAL erhobenen Kenndaten bzw. daraus abgeleiteten Resultatwerte:

Tabelle 4-1 Überblickstatistik der erhobenen Kenndaten (1)
Geology, Hydrogeology & Tectonic

Parameter	N
Aquifer: Lithology	296
Lithology at Final Depth	133
Aquifer: Time Scale	123
Reservoir Type (Hochstein class.) - (derived)	63
Time Scale at Final Depth	55
Depth Pretertiary Basement	37
Lithology of Pretertiary Basement	34
Depth Crystalline Basement	28
Aquifer: Thickness (brutto)	27
Used Aquifer: Lithology	9

Tabelle 4-2 Überblickstatistik der erhobenen Kenndaten (2)
Hydraulic Regime & Hydrochemistry

Parameter	N
Production rate (consent)	274
Cl - Content	238
Ca - Content	230
Mg - Content	230
HCO ₃ - Content	228
Total dissolved Solids (TDS)	225
Jäckli Watertype String	224
Na - Content	216
pH - Value	202
K - Content	201
SO ₄ - Content	196
D'Amore A	156
D'Amore B	156
D'Amore C	156
D'Amore D	156
D'Amore E	156
D'Amore F	156



Used Aquifer: Permeability	155
Major Gas Component	152
SiO ₂ - Content	105
Aquifer pressure: steady state condition	67
Further Substance of Content	63
Used Aquifer: Transmissivity	60
Depth of dynamic water table	48
Density of Thermal Water	40
Gas - Water ratio	5

**Tabelle 4-3 Überblickstatistik der erhobenen Kenndaten (3)
Geothermal Regime**

Parameter	N
Maximum outflow temperature	276
Temperature in depth of 250 m b.s.	230
Temperature in depth of 500 m b.s.	218
Temperature in depth of 1000 m b.s.	205
Maximum observed Temperature	191
Temperature in depth of 1500 m b.s.	190
K-Mg - Temp.	182
Temperature in depth of 2000 m b.s.	177
Temperature in depth of 3000 m b.s.	148
Na-K-Ca - Temp.	137
Temperature in depth of 4000 m b.s.	133
Temperature in depth of 5000 m b.s.	130
Quartz - Temp.	99
Mean Temperature Gradient (Total drilling section)	47
Mean Temperature Gradient - Tertiary Sediments	44
Mean Annual Surface Temperature	38
Mean Temperature Gradient - Pretertiary Basement	23
Temperature at Pre-Tertiary Basement	22
Temperature in depth of 2500 m b.s.	13

**Tabelle 4-4 Überblickstatistik der erhobenen Kenndaten (4)
Petrophysical Parameters**

Parameter	N
Used Aquifer: effective Porosity	68
Used Aquifer: Total porosity	49



**Tabelle 4-5 Überblickstatistik der erhobenen Kenndaten (5)
General Technical Parameters (drilling-, utilization aspects)**

Parameter	N
True Vertical Depth (TVD)	230
Perforated Section	142
Total Measured Depth (MD)	59
Minimum borehole diameter	32
State of Utilization	19
Maximum Inclination	3
Type of Utilization	2
Installed capacity: heating	1

Abschließend sei bezüglich des Literaturspiegels projektrelevanter Zitate auf den Abschnitt „ANHANG A: Literaturspiegel“ verwiesen. Dieser Literaturspiegel enthält neben dem Kurzzitat der jeweiligen Literaturquelle auch einen Querverweis auf die jeweilige Anzahl der zugeordneten Datenquellen (GIS Objekte).

4.4 Parameterdefinitionen

In dem nun folgenden Abschnitt sollen spezielle Parameter der projektspezifischen Geothermie - Datenbank erläutert werden, ohne jedoch den Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben.

Themenbereich Thermik

Parameter: Mittlere jährliche Oberflächentemperatur

Die mittlere jährliche Oberflächentemperatur ist kein geothermaler Kennwert im eigentlichen Sinn, sondern wird in erster Linie für die Berechnung Geothermaler Gradienten benötigt.

Die gemittelte Oberflächentemperatur wurde unter Abhängigkeit der absoluten Höhenlage eines Untersuchungspunktes, extrapoliert auf eine Tiefe von 0.2 Meter unter GOK mit Hilfe nachfolgend angeführter Schätzformel berechnet.

$$T_0 = 12.43 - 0.0053 * h \quad (4-1)$$

Die empirisch gewonnene Schätzformel (4-1) wurde vom Geologischen Dienst Slowenien zur Verfügung gestellt und ist den regionalen klimatischen Verhältnisse im Grenzraum Österreich – Slowenien angepasst.



Parameter: Geothermaler Gradient

Der Geothermale Gradient entspricht dem durch das terrestrische Wärmefeld hervorgerufenen Temperaturgradienten [$^{\circ}\text{C}/\text{m}$], häufig auch in [$^{\circ}\text{C}/100\text{m}$] angegeben. Die oft zitierte „Geothermale Tiefenstufe“ entspricht wiederum dem Reziprokwert des Geothermalen Gradienten [$\text{m}/^{\circ}\text{C}$]. Im Rahmen der Studie TRANSTHERMAL wurden aus den vorliegenden thermischen Datensätzen Temperaturgradienten für gesamte Bohrabschnitte, tertiäre Beckenfüllungen sowie für Abschnitte des prätertiären Beckenuntergrunds erarbeitet.

Themenbereich Hydrologie und Hydrochemie

Parameter: Hochstein Reservoir Typ

Gemäß Hochstein (1988) lassen sich geothermale Reservoirs je nach vorliegendem Temperaturbereich und Aquifersystem in verschiedene Typen klassifizieren, wobei für die vorliegende Untersuchungsregion aufgrund von fehlendem rezenten Vulkanismus lediglich folgende Reservoir-Klassen in Betracht gezogen werden können:

Reservoir Typ 1: Geothermale Reservoirs in porösen Beckenhorizonten

Reservoir Typ1 liegt im Untersuchungsgebiet der Studie TRANSTHERMAL vornehmlich in klastischen, porösen tertiären Beckensedimenten vor und zeichnet sich durch ein geringes advektives Potenzial aus, spielt jedoch im Rahmen der bis dato statt findenden geothermalen Nutzung eine bedeutende Rolle.

Reservoir Typ 2: Kluft- und Karstwasserhorizonte in Abschnitten des Beckenuntergrunds

Dieser Reservoirtyp ist auf den kompakten Untergrund von Tertiärbecken beschränkt. Es handelt sich hierbei primär um Kluft- oder Karstflächengebundene Zirkulationssysteme, die durch Tiefbohrungen im Beckenuntergrund gefasst werden. Eine hydraulische Verbindung zur Erdoberfläche ist bei dieser Klasse in den meisten Fällen gegeben. Im Bereich von Infiltrationspfaden liegen reduzierte geothermale Verhältnisse vor. Im Bereich von Aufstiegspfaden, die in vielen Fällen an strukturellen Hochlagen des Beckenuntergrunds gekoppelt sind, können erhöhte geothermale Verhältnisse beobachtet werden (siehe auch Abbildung 4-14). Dieser Reservoirtyp ist vor allem im Bereich des Steirischen Beckens von Bedeutung.

Reservoir Typ 3: Lokale oberflächennahe, Störungszonen- gebundene Thermalwasseraustritte

Reservoir Typ 3 ist in Gebieten mit anstehendem Grundgebirge zu beobachten. Hierbei handelt es sich vorderrangig um lokal eng begrenzte Thermalwassersysteme, die zudem bis an oder nahezu an die Erdoberfläche dringen. Eine wirtschaftliche Nutzung dieser Reservoir Systeme ist in nahezu allen Fällen auf den Betrieb von Thermalbädern beschränkt.

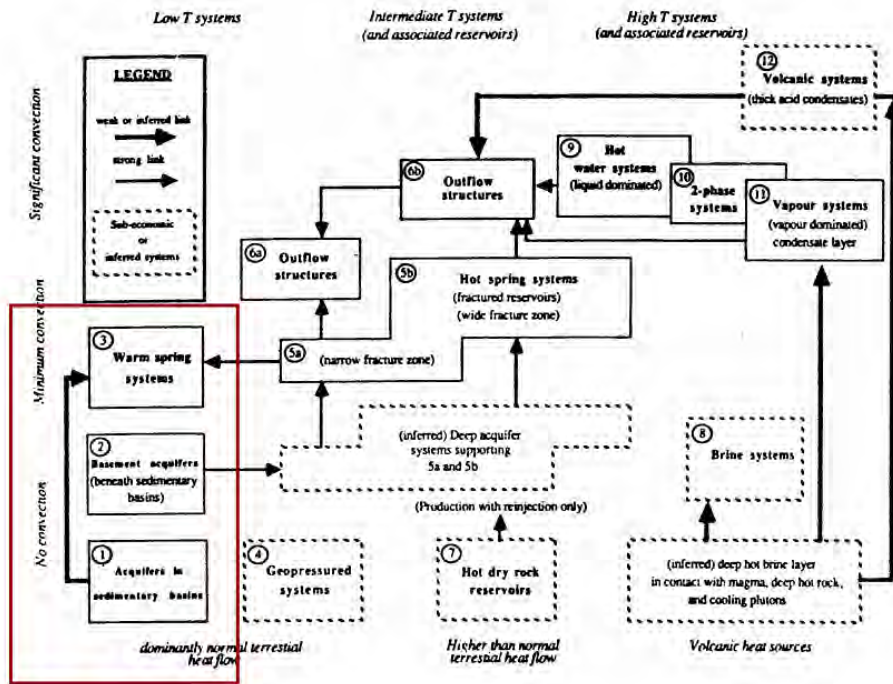


Fig. 4-14 Übersicht verschiedener geothermaler Reservoirsysteme (entnommen aus Hochstein 1988, überarbeitet)

Der rot umrandete Bereich umfasst Reservoirsysteme, die im Grenzraum Österreich – Slowenien anzutreffen sind. Diese werden repräsentiert durch poröse Wasserhorizonte im Bereich sedimentärer Becken (Typ 1), Aquifere im Beckenuntergrund (Typ 2) sowie Warmwassersysteme, die an lokal begrenzte Exfiltrationspfade gekoppelt sind (Typ 3).

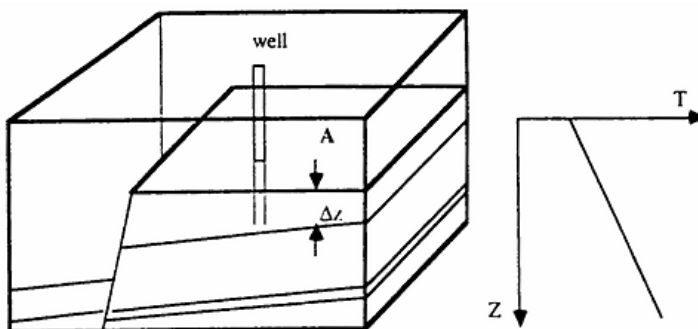


Fig. 4-15 Hochstein Reservoir Typ 1: Wasserhorizonte in porösen Beckenhorizonten

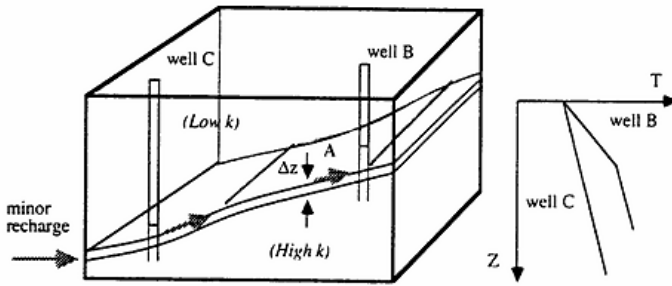


Fig. 4-16 Hochstein Reservoir Typ 2: Kluft- und Karst- Wasserhorizonte im Beckenuntergrund

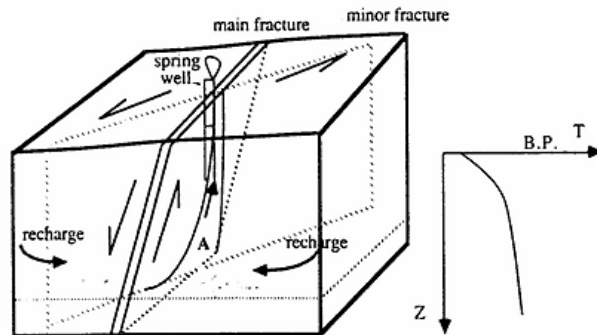


Fig. 4-17 Hochstein Reservoir Typ 3: Störungszonen- gebundene, oberflächennahe Thermalwasser Austrittsbereiche

Parameter: D'Amore Aquifer – Klassifikation

Gemäß D'Amore et al. (1983) lassen sich analysierte Tiefenwässer gemäß den unterschiedlich auftretenden Verhältnisse an gelösten Hauptionen in verschiedene Klassen unterteilen, die in einen statistischen Zusammenhang mit dem lithologischen Aufbau der diesbezüglichen Reservoirgesteine gesetzt werden können. Hierbei ist prinzipiell zwischen folgenden (D'Amore-) Parametern zu unterscheiden:

D'Amore – A

$$A = \frac{100}{\Sigma(-)} (HCO_3 - SO_4) \tag{4-2}$$

D'Amore – B



$$B = 100 \left(\frac{SO_4}{\Sigma(-)} - \frac{Na}{\Sigma(+)} \right) \quad (4-3)$$

D'Amore – C

$$C = 100 \left(\frac{Na}{\Sigma(+)} - \frac{Cl}{\Sigma(-)} \right) \quad (4-4)$$

D'Amore – D

$$D = 100 \left(\frac{Na - Mg}{\Sigma(+)} \right) \quad (4-5)$$

D'Amore – E

$$E = 100 \left(\frac{Ca + Mg}{\Sigma(+)} - \frac{HCO_3}{\Sigma(-)} \right) \quad (4-6)$$

D'Amore – F

$$F = 100 \left(\frac{Ca - Na - K}{\Sigma(+)} \right) \quad (4-7)$$

Sämtliche Mengenanteile der zu berücksichtigenden Hauptionen müssen hierfür in der Einheit [mval/l] vorliegen.

Parameter: Geothermometrisch bestimmte Bildungstemperaturen

Aus dem Zusammensetzungsverhältnis einiger Hauptionen sowie anhand des Quarz- Anteils lassen sich auf Grundlage empirisch ermittelter Berechnungsformeln Bildungstemperaturen von Tiefenwässern abschätzen. Diese Bildungstemperaturen lassen sich in weiterer Folge zur Abschätzung maximaler (advektiver-) Zirkulationstiefen von Thermalwassersystemen bei Kenntnis der lokalen geothermischen Verhältnisse benutzen.

Voraussetzungen für die Anwendbarkeit von so genannten Geothermometern sind:

- keine Vermischung der untersuchten Wässer mit Frischwässern
- rascher Aufstieg der untersuchten Wässer vom Primärreservoir in die erschlossenen Sekundärreservoir

Im Rahmen der Studie TRANSTHERMAL wurden folgende Geothermometer eingesetzt:



Quarz- Geothermometer – [No Steam Loss]: (Fournier 1977)

Gültigkeitsbereich 0°C – 250°C

$$T(^{\circ}\text{C}) = \frac{1309}{5.19 - \log c} - 273 \quad (4-8)$$

Kalium- Magnesium Geothermometer: (Giggenbach 1988)

$$T_{K-Mg} = \frac{4410}{13.9 - \log\left(\frac{c_K^2}{c_{Mg}}\right)} - 273 \quad (4-9)$$

Natrium – Kalium – Calcium Geothermometer: (Fournier & Truesdell 1973)

$$T_{Na-K-Ca} = \frac{1647}{\log\left(\frac{cNa}{cK}\right) + \beta * \log\left(\frac{\sqrt{cCa}}{cNa}\right) + 2.24} - 273.15 \quad (4-10)$$

5 GIS – unterstützte Datenbank

(Domberger G.)

5.1 Allgemeine Datenquellen

Die von den Auftraggebern zur Verfügung gestellten GIS-Basisdaten lagen in unterschiedlichen Formaten vor.

Nach einer Inventarisierung der GIS-Basisdaten und einer Vereinheitlichung der Datenformate der Vektordaten erfolgte nach Festlegung eines projektspezifischen Koordinatenausschnittes für die Kartenerstellung (clippen) eine Zusammenführung (mergen) der GIS Basisdaten der Länder. Dadurch wurde eine einheitliche Kartengrundlage für das gesamte Projekt geschaffen, die bisher nicht vorlag. Neben der Verarbeitung der GIS-Basisdaten wurden von den Projektpartnern eigene Themen im Zuge der Projektbearbeitung erstellt. Die Dokumentation der erstellten GIS-Datasets liegt dem Bericht als Beilage GIS-Daten-Grundlagen bei.



5.2 Koordinaten Systeme

Die verwendeten Koordinatensysteme der Originaldaten sind Slowenisches Gauß-Krüger System, Bundesmeldenetz Österreich, Österreichisches Gauß-Krüger System.

Alle wichtigen GIS-Datensätze wurden in das Koordinatensystem WGS_1994_UTM_Zone_33N konvertiert.

5.3 GeoDataBase

Die Basis für die GIS-Umsetzung und Darstellung von Bohrungen und Quellen (Punktdaten), sowie von einer Vielzahl von weiteren Vektordatensätzen stellt die GeoDataBase (GDB) dar. Die GDB ist eine MS Access Datenbank, welche verschiedene Vektortypen beinhaltet und organisiert und aufgrund der speziellen Struktur eine hohe Kompatibilität und Funktionalität mit dem gesamten GIS besitzt.

Viele der dargestellten und in Karten umgesetzten GIS-Themen greifen auf die GDB zurück.

Folgende Themen und Datensätze sind in der GDB gespeichert.

- Bohrungen und Quellen: Diese Quellen und Bohrungen lagen bisher in verschiedenen getrennten Datenbanken der involvierten Organisationen (GBA, JR, GZS) vor und wurden in der GDB gespeichert
- Ländergrenzen und Staatsgrenzen (ESRI-Daten CD)
- Grenzen bedeutender Städte (ESRI-Daten CD)
- Bedeutende Flüsse (ESRI-Daten CD)
- Grenze des Untersuchungsgebietes (im Rahmen des Projektes TRANSTHERMAL erstellt)
- Geologische Karte (im Rahmen des Projektes TRANSTHERMAL zusammengeführt und vereinheitlicht)
- Tektonische Strukturen (im Rahmen des Projektes TRANSTHERMAL zusammengeführt und vereinheitlicht)
- Lithologische Einheiten des prätertertiären Untergrundes (im Rahmen des Projektes TRANSTHERMAL zusammengeführt und vereinheitlicht).

Die GDB enthält daher unterschiedliche fachliche Themen in Vektordatensätzen (Punktt Themen, Linienthemen, Flächenthemen).



5.4 Rasterdaten

DHM – Digitales Höhenmodell

Das verwendete DHM hat eine originale Rasterweite von 90x90m. Die Quelle dieses DHM ist das Internet CGIAR-CSI GeoPortal. Das CGIAR-CSI GeoPortal stellt SRTM 90m DHM für die gesamte Welt bereit. Die Daten des verwendeten DHM wurden ursprünglich von der NASA erstellt. Das DHM stellt die Basis einiger fachlicher Auswertungen (z.B. Geologisch-tektonische Störungen – Lineamente, Berechnung der Sedimentmächtigkeiten) dar.

Topographien

Die topografische Grundlage des GIS-Projektes bildet die ÖK500. Diese deckt auch den gesamten slowenischen Anteil des Projektgebietes ab. Die Genauigkeit der ÖK500 entspricht den geforderten Übersichtsdarstellungen im TRANSTHERMAL-Projekt sehr gut.

Relief der Festgesteinsgrenze

Ein zentraler Bestandteil der hydrogeologisch-geothermischen Auswertungen stellt im Bereich der Sedimentbecken das Relief des prätertiären Festgesteinsuntergrunds dar. Im Rahmen des Projektes TRANSTHERMAL erfolgte eine Kombination vom DHM und dem Festgesteinsuntergrund im Bereich der Sedimentbecken. Damit liegt ein projektweiter, zusammenhängender Datensatz des Festgesteinsreliefs in den Becken und außerhalb der Becken vor.

In einzelnen Becken- und Beckenteilen lagen keine ausreichenden Informationen vor. Diese Becken wurden daher nicht eingebunden.

Die Informationen zu den Becken lagen aus verschiedenen Publikationen, Projekten und Studien vor. Die Informationen aus den verschiedenen Unterlagen wurden verglichen und die Beckenstrukturen zu einem plausiblen Relief zusammengeführt. In Beilage 5 ist diese neue Kompilation für das TRANSTHERMAL-Gebiet dargestellt.

Folgende Projekte bildeten eine wesentliche Grundlage für diese Kompilation:

NANUTIWA-Bearbeitungsteam - Domberger, G. (Projektleitung), Erhart-Schuppek, W., Kriegl, Chr., Meyer, J., Niederbacher, P., Schreilechner, M., Vasvari V., (2004): NANUTIWA - Hydrogeologische Grundlagen für eine nachhaltige Nutzung der Tiefengrundwässer im Bereich des Oststeirischen und Pannonischen Beckens, Unveröffentlichter Bericht im Auftrag des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung, Amtes der Burgenländischen Landesregierung, Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit – Vorversion – 523 S.- Graz



6 Geologie

(Poltnig W. & Budkovič T.)

Im Projektgebiet wurden aus Gründen der Vergleichbarkeit der unterschiedlichen geologischen Karten von Slowenien, Steiermark und Kärnten die geologischen Einheiten vereinfachend zusammengefasst. Das Ziel ist die Erstellung einer Generallegende für den Maßstab 1:200.000. Die damit darstellbare grenzüberschreitende geologische Übersichtskarte ermöglicht die Erstellung von grenzüberschreitenden geologischen Schnitten, die geologische Interpretation der Neogen- und Paläogenbecken sowie des präeneogenen Grundgebirge..

6.1 Datenherkunft und Methodik

Die verwendeten geologischen Karten liegen als folgende Datengrundlage vor:

Bernhard ATZENHOFER, Rudolf BERKA, Maria HEINRICH, Johann HELLERSCHMID-ALBER, Gerhard LETOUZÉ-ZEZULA (Ltg), Irena LIPIARSKA, Piotr LIPIARSKI, Beatrix MOSHAMMER, Walter POLTNIG, Gerlinde POSCHTROZMÜLLER, Ralf SCHUSTER, Thomas UNTERSWEIG: Digitale geologische Karte Kärnten.- GIS-Generierung einer geologischen Arbeitskarte von Kärnten als Basis weiterführender rohstoff- und angewandt-geologischer Bearbeitungen.- Enderbericht zum Projekt KC-25 der Bund-/Bundesländerkooperation.- 29 Seiten, 17 Beilagen, 8 Abbildungen, 1 Anhang.- Wien, November 2005

Basic geological map SFRJ 1:100.000, scale 1: 100.000, source date: 1967-1998, date of digitizing: 1998-2003, date accuracy: 2003. Used sheets: Beljak (Villach) in Ponteba, Celovec (Klagenfurt), Celje, Čakovec, Goričko, Kranj, Ljubljana, Maribor in Leibnitz, Nadkaniža, Ravne na Koroškem, Rogatec, Slovenj Gradec and Varaždin. Digitalisation in frame of the project: Vzpostavitev geološkega informacijskega sistema, Investor. RS MOP ARSO, Beginning in 1996 – still in progress. Geological Survey of Slovenia,

BRENČIČ, M., KUMELJ, Š., ŠINIGOJ, J., BUDKOVIČ, T. (2005): Program raziskav obmejnih vodonosnikov področja Karavank : (priprava dosedanjih rezultatov raziskav za predstavitev javnosti) : mejnik 1 : mejnik 2. Ljubljana: Geološki zavod Slovenije

BUSER, S.: Geološka karta Slovenije 1:250 000 (v tisku – in print)

POLJAK, M. (2007): Strukturno-tektonska karta Slovenije 1 : 200 000.-GeoZS., Ljubljana

POLJAK, M. (2007): Strukturno-tektonska karta Slovenije 1 : 200 000. Tolmač. (52. str.) -GeoZS., Ljubljana

POLTNIG, W.: Ergänzungen zur digitalen geologischen Karte Blätter 200, 201, 202, 204, 210, 211, 212, 213 (auf ANDERLE, 1977, 1977; auf BAUER [Bearb., 1981, 1985]; nach BRENČIČ et al., 1995 und eigenen Quellen). – Unveröff. Digitale Korrekturen, JR – Geol. Bundesanst. / FA Rohstoffgeologie, Graz, 2005.

SCHUSTER R. (2007): Manuskriptkarte der tektonischen Einheiten von Kärnten.- Geol.B-A., Wien.

SCHWENDT, A.: Digitale geologische Karte der Steiermark 1:200.000.- Joanneum Research.- Graz 1998



6.2 Attribute der geologischen Polygone

Die nationalen digitalen Datensätze der geologischen Polygone wurden unter Beibehaltung der Originalattribute zusammengeführt. Für die Erstellung der Generallegende wurden zu den geologischen Polygonen neue Attribute für die Erstellung der geologischen und tektonischen Karte hinzugefügt (siehe Tabelle 6-1). Die neuen Attribute sind eine vereinheitlichte Zusammenfassung der Originalattribute, was eine gemeinsame grenzüberschreitende Kartendarstellung sowohl der Geologie als auch der tektonischen Einheiten ermöglicht. Ein neu hinzugefügter Sortierschlüssel (Leg_sort) ermöglicht die Zuordnung gleichartiger Legendeneinträge (z.B. Glimmerschiefer) zu verschiedenen tektonischen Einheiten.



Tabelle 6-1: Attribute der Originaldaten (Geologie Kärnten, Geologie Steiermark, Geologie Slowenien) und übernommene (grün, braun, gelb), bzw. neu hinzugefügte (rot) Attribute des gemeinsamen Datensatzes (Datensatz Ktn_Stmk_Slo)

Geologie Kärnten	Geologie Steiermark	Geologie Slowenien	Datensatz Ktn_Stmk_Slo
OBJECTID	FID	FID	OBJECTID_12
SHAPE	Shape	Shape	Shape
KARTE_ID	OBJECTID	AREA	OBJECTID_1
CODE1	AREA	PERIMETER	OBJECTID_2
LEG_TEXT	GEOVIEW_	GEO_KON3	OBJECTID
HAUPTLITHOLOGIE	GEOVIEW_ID	GEO_KON3_I	KARTE_ID
FESTGESTEIN	KURZBEZ200	GEO	CODE1
LOCKERGESTEIN	KURZBEZ	AREA_SLO_1	LEG_TEXT
TEKTONIK	KURZBEZLEG	GEO_SLO_1	HAUPTLITHOLOGIE
SHAPE_Length	FARBNR	AREA_D_1	FESTGESTEIN
SHAPE_Area	UEBERSIGNR	GEO_D_1	LOCKERGESTEIN
	LEGNUMMER	ARE_GB_1	TEKTONIK
	KURZBEZOFF	GEO_GB_1	GEOVIEW_
	LEGBEZ1		GEOVIEW_ID
	LEGBEZ2		KURZBEZ200
	HAUPT1		KURZBEZ
	HAUPT2		KURZBEZLEG
	HAUPT3		FARBNR
	HAUPT3B		UEBERSIGNR
	NEBEN1		LEGNUMMER
	NEBEN2		KURZBEZOFF
	NEBEN3		LEGBEZ1
	Shabe_Length		LEGBEZ2
	Shape_Le_1		HAUPT1
	Shape_Area		HAUPT2
			HAUPT3
			HAUPT3B
			GEO_KON3
			GEO_KON3_I
			GEO
			AREA_SLO_1
			GEO_SLO_1
			AREA_D_1
			GEO_D_1
			ARE_GB_1
			GEO_GB_1
			Leg_Gruppe_dt
			Leg_group_slo
			Leg_group_eng
			Tekt_Gruppe_dt
			Tect_group_slo
			Tect_group_eng
			Leg_sort



6.3 Kompilierung der geologischen und tektonischen Übersichtskarte (Beilage 1, Beilage 2)

Vom Untersuchungsgebiet liegen geologische Kartenwerke in verschiedenen Maßstäben digital vor. Für die Steiermark existiert bereits eine blattschnittsfreie digitale geologische Karte im Maßstab 1:200.000. Von Slowenien liegen digitale Daten im Maßstab 1:100.000 vor und von Kärnten wurden 20 digitale Karten im Maßstab 1:50.000 verwendet. Die Kartenblätter Kärntens sind digitalisierte Karten unterschiedlicher Aufnahmezeiträume und Bearbeiter und daher nicht blattschnittsfrei.

Im ersten Arbeitsschritt wurden die Kartenblätter Kärntens hinsichtlich der Legendeneinträge in einer neuen Attributspalte vereinheitlicht und zusammengefasst, um die auf diesen 20 Kartenblättern vorliegenden 1385 verschiedenen Legendeneinträge zu reduzieren (siehe Abbildung 6-1). Die Originalbezeichnungen der geologischen Polygone bleiben davon unberührt.

LEG_TEXT	Leg_Gruppe
Amphibolit	Amphibolit, Eklogit, MOA
Eklogit, Eklogitamphibolit	Amphibolit, Eklogit, MOA
Eklogit, Eklogitamphibolit	Amphibolit, Eklogit, MOA
Amphibolite (in Seengebirge Block)	Amphibolit, Eklogit, MOA
Megablockwerk [Quartär]	Bergsturz
Feinkörniger Biotit-Plagioklas-Schiefer bis Schiefergneis	Glimmerschiefer, MOA
Granatglimmerschiefer, Glimmerschiefer	Glimmerschiefer, MOA
Moräne (Würm und Rückzugsstufen) [Quartär]	Grundmoräne
Kalksilikatfels, -gneis; Kalksilikatschiefer, biotitreich	Kalksilikatgneis, MOA
Marmor, grobkörnig	Marmor, Dolomitmarmor, Silikatmarmor, Kalksilikatschiefer, MOA
tektonisch eingebaute Marmore (in Seengebirge Block)	Marmor, Dolomitmarmor, Silikatmarmor, Kalksilikatschiefer, MOA
tektonisch eingebaute Marmore (in Seengebirge Block)	Marmor, Dolomitmarmor, Silikatmarmor, Kalksilikatschiefer, MOA
tektonisch eingebaute Marmore (in Seengebirge Block)	Marmor, Dolomitmarmor, Silikatmarmor, Kalksilikatschiefer, MOA
tektonisch eingebaute Marmore (in Seengebirge Block)	Marmor, Dolomitmarmor, Silikatmarmor, Kalksilikatschiefer, MOA
Bänderkalk bis Marmor	Marmor, Dolomitmarmor, Silikatmarmor, Kalksilikatschiefer, MOA
Solifluktionsschutt, Rutschmasse [Quartär]	Massenbewegung
Moräne (Würm und Rückzugsstufen) [Quartär]	Moräne
Moränenwall. Interpret.: Quartär, Pleist., Würmeiszeit-Ausklingen	Moräne
Mikrokin-Muskovit-Granitgneis von Seebach	Orthogneis, MOA
Disthen-Stauroolith-Schiefergneis	Paragneis, MOA
Schiefergneis	Paragneis, MOA
Disthenflaser-Gneis	Paragneis, MOA
Schiefergneis ungegliedert	Paragneis, MOA
Disthenflaser-Gneis	Paragneis, MOA
Dunkler polymikter Mylonit und Mylonitschiefer	Phyllit, Phyllonit, Schiefer, MOA
Dunkler polymikter Mylonit und Mylonitschiefer	Phyllit, Phyllonit, Schiefer, MOA
Diaphthorite von quarzreichen Glimmerschiefern und Glimmerquarziten	Phyllit, Phyllonit, Schiefer, MOA
Diaphthorite von quarzreichen Glimmerschiefern und Glimmerquarziten	Phyllit, Phyllonit, Schiefer, MOA
Seen	See, Gewässer
Eisrandterrassen (wie 201.015)	Staukörper, Eisrandterrasse, fluvioglaziale Kiese
Moor (Torfablagerung, Anmoor) [Quartär]	Vernässung, Moor
Moor (Torfablagerung, Anmoor) [Quartär]	Vernässung, Moor

Fig. 6-1 Vereinheitlichung und Zusammenfassung der Legendeneinträge auf der Kartenblättern Kärntens

Im zweiten Arbeitsschritt wurden die Legendeneinträge von Kärnten, der Steiermark und von Slowenien vereinheitlicht und die drei Kartenwerke zu einer gemeinsamen Karte zusammengeführt.

Im dritten Arbeitsschritt wurden alle Polygone tektonischen Einheiten zugeordnet, wobei die Zuordnung zu tektonischen Einheiten, wie sie für Kärnten existiert, als Grundlage herangezogen wurde. Auch die tektonischen Einheiten wurden zusammengefasst, um eine für Kärnten, Steiermark



und Slowenien darstellbare tektonische Generallegende zu ermöglichen. Diese Zusammenfassung fußt auf der tektonischen Gliederung von SCHUSTER R. (2003) und SCHMID M.S. et al. (2004).

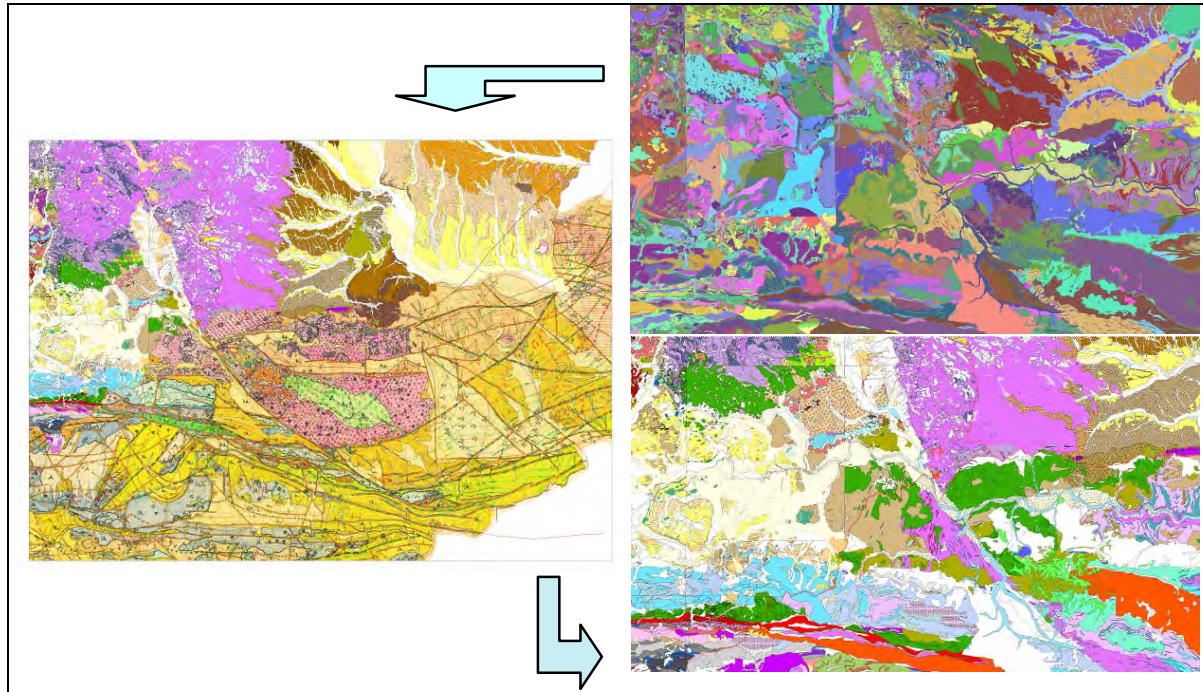


Fig. 6-2 Fortschritt der Generalisierungsarbeiten der geologischen Karten Kärntens, der Steiermark und von Slowenien. *Originaldaten (oben rechts), editierte Daten von Kärnten und Steiermark mit tektonischer Übersichtskarte von Slowenien nach Premru U., 2006 (links), editierte Daten von Kärnten, Steiermark und Slowenien (unten rechts)*

Folgende Hauptgliederung wurde für die tektonische und geologische Karte verwendet:

Silvretta-Seckau Deckensystem – Diese tektonische Einheit tritt nur im Norden des Untersuchungsgebietes auf und umfasst vorwiegend Paragneise und Orthogneise mit untergeordnet eingeschalteten Glimmerschiefern, Amphiboliten, Serpentiniten und Marmoren.

Wölz-Koralpe-Pohorje Deckensystem - Diese tektonische Einheit tritt im zentralen Teil des Untersuchungsgebietes im Bereich der Saualpe, Koralpe und des Bachern (Pohorje), sowie im westlichsten Teil nördlich des Drautales auf. Das Deckensystem besteht aus mehreren Teildecken unterschiedlicher inverser Metamorphoseausprägung von Phylliten im Liegenden bis zu Eklogit führenden Einheiten im Hangenden. Im Untersuchungsgebiet treten zum Großteil Paragneise und Glimmerschiefer mit eingeschalteten Amphiboliten und Eklogiten sowie Marmoren und Quarziten auf.

Ötztal-Bundschuh Deckensystem und mesozoische Bedeckung des Ötztal-Bundschuh Deckensystems – Diese tektonische Einheit tritt im Nordwesten des Untersuchungsgebietes auf. Verbreitet treten Paragneise und Glimmerschiefer auf. Mesozoische Karbonatgesteine treten im



Hangenden im Grenzbereich zum überlagernden Drauzug-Gurktal (Grazer Paläozoikum) Deckensystem auf.

Drauzug-Gurktal (Grazer Paläozoikum) Deckensystem – Mehrere Teildecken dieses Deckensystems überlagern die kristallinen Einheiten. Die einzelnen Teildecken bestehen aus kristallinen Gesteinen mit einer amphibolitfaziellen variszischen Metamorphose oder aus paläozoischen Metasedimenten. Permomesozoische Überlagerungen sind vorhanden.

Mesozoische Überdeckung des Drauzug-Gurktal (Grazer Paläozoikum) Deckensystems – Mächtige triassische Karbonatgesteinsablagerungen finden sich vor allem im Bereich der Nordkarawanken, wo eine Schichtfolge vom Permoskyth bis zur Unterkreide nachgewiesen ist. Die nördlicher gelegenen permomesozoischen Deckgesteine (Krappfeld, Granitztal-Lavanttal) unterscheiden sich faziell von den südlicheren. Jura-Gesteine fehlen in der Schichtfolge, dafür treten hier auch Oberkreide – Eozänablagerungen im Hangenden der Triasschichten auf.

Variszisches Grundgebirge der Südalpen – Im Arbeitsgebiet treten südlich der Periadriatischen Naht gering bis nicht metamorphe altpaläozische klastische und vulkanisch beeinflusste Schichten mit Kalkeinlagerungen auf. Es handelt sich dabei im Westen um die Ausläufer der Karnischen Alpen und im Bereich der Karawanken um das Seeberg Paläozoikum.

Postvariszische und mesozoische Bedeckung der Südalpen – Die postvariszische und mesozoische Bedeckung umfasst die jungpaläozoische Molasse des Oberkarbon – Unterperm, marin beeinflusste permische Schichtfolgen, mächtige triassische Karbonatgesteine, jurassische bis unterkretazische Karbonatgesteine und Unterkreideflysch.

Ablagerungen der Oberkreide bis Eozän – Diese finden sich in den Gosaubecken des Drauzug-Gurktal - (Grazer Paläozoikum) Deckensystems (Krappfeld, Kainach, Lavanttal) und als tektonische Schollen innerhalb der Südkarawanken. Vermutlich bilden sie auch Teile des präneogenen Untergrundes im Mura-Zala Becken.

Oligozäne bis Untermiozäne Becken der Südalpen – Oligozäne Senkungsfelder mit erhaltener Sedimentation und andesitischen Vulkaniten gibt es nur südlich der Periadriatischen Naht, bzw. Donat-Zone. Die Schichtfolge reicht bis ins Untermiozän. Nördlich der Periadriatischen Naht treten die oligozänen Tonalite der Karawanken und der miozäne Granodiorit von Pohorje auf.

Neogene Sedimente des Pannonischen Beckens und intramontaner Senken – Die neogene Sedimentation in den intramontanen Senken und im Pannonischen Becken beginnt mit fluviatilen Grobklastika im Ottnang bis Karpat. Auf Grund der Randlage des Ablagerungsraumes finden sich in weiterer Folge ab dem Badenium sowohl limnisch fluviatile als auch marine Ablagerungen mit entsprechenden Faziesverzahnungen.



6.4 Lithologie des Untergrundes der Neogenbecken Kärntens, der Steiermark und des Mura-Zala Beckens in Slowenien (Beilage 4)

In den tiefen Neogenbecken Kärntens (Lavanttal, Karawankenvorland) erreichte keine Bohrung den Beckenuntergrund. Die Interpretation über den Untergrundaufbau wird von der tektonischen Übersichtskarte abgeleitet und entsprechend der mutmaßlichen Fortsetzung der tektonischen Einheiten im Untergrund vorgenommen. Da die tektonischen Einheiten eine Vielzahl von lithologisch unterschiedlichen Gesteinseinheiten beherbergen, kann keine exakte Verbreitung der unterschiedlichen Lithologien im Untergrund angegeben werden.

Obwohl in der Steiermark und in Slowenien einige Tiefbohrungen den präneogenen Untergrund erreichten, ist die exakte Verbreitung der unterschiedlichen Lithologien im Untergrund nicht bekannt. Wohl aber kann die Zuordnung zu den tektonischen Einheiten weitgehend vorgenommen werden. Die Zuordnung folgt dabei nach den vorliegenden Unterlagen für die Steiermark und das Mura-Zala Becken in Slowenien (FLÜGEL H., 1988, RAJVER D. et al. 1994 und JELEN B. et al. 2006).

Folgende Gesteinseinheiten des präneogenen Untergrundes werden unterschieden:

- ⇒ **Kristallin des Wölz-Koralpe-Pohorje Deckensystems** – dazu gehören vorwiegend Gneise, Glimmerschiefer und Amphibolite, Marmore können als kleinere Linsen vorkommen. Verbreitung: Nördlicher und östlicher Teil des Lavanttaler Neogenbeckens, Steirisches Becken und Murska-Sobotha Hochzone östlich von Marburg.
- ⇒ **Drauzug-Gurktal-Grazer Paläozoikum Deckensystem** – In den Neogenbecken Kärntens und im Mura-Zala Becken in Slowenien ist vorwiegend mit altpaläozoischen Phylliten, Tonschiefern und tuffitischen Schiefern zu rechnen. Im Steirischen Becken treten innerhalb dieser Gesteine auch mächtigere altpaläozoische Kalke und Dolomite des Grazer Paläozoikums auf.
- ⇒ **Mesozoische Überdeckung des Drauzug-Gurktal-Grazer Paläozoikum Deckensystems** – Der Untergrund des Villacher Beckens kann als Fortsetzung der Gailtaler Alpen interpretiert werden und wäre demnach vorwiegend aus Karbonatgesteinen der Trias aufgebaut. In der Granitztaler Mulde und im Lavanttal ist die mesozoische Entwicklung etwas verschieden vom Drauzug. Die Karbonate erreichen eine deutlich geringere Mächtigkeit, Permoskythsandsteine und triadische Schiefer treten auf sowie gering mächtige Ablagerungen der Kreide. Entlang der Lavanttal Störung werden diese Gesteine nach Süden versetzt. Die Fortsetzung dieser Gesteine könnte für den Bereich um Radkersburg interpretiert werden. Ebenso könnten die im Raum Ptuj – Ljutomer gemutmaßten vorwiegend klastischen Sedimente (Konglomerate, Sandsteine, Mergel, Kalke) dieser mesozoischen Abfolge (bzw. Ablagerungen der Oberkreide bis Eozän) angehören.



- ⇒ **Postvariszische und mesozoische Bedeckung der Südalpen** – Die zwischen der Periadriatischen Naht und Save-Störung liegenden südalpinen Gesteine (vorwiegend Triaskarbonate, aber auch jungpaläozische Molassesedimente) werden in die Störungszone südlich des Bachern (Donat-Zone) eingeschleppt und dürften hier den präneogenen Untergrund aufbauen.
- ⇒ **Ablagerungen der Oberkreide bis Eozän** – Westlich von Graz bilden im Raum des Stallhofener Beckens Sandsteine und Mergel der Kainacher Gosau den Untergrund. Derartige Gesteine können auch im Mura-Zala Becken lokal den präneogenen Untergrund bilden.

6.5 Geologische Schnitte (Beilage 3)

Zur Veranschaulichung der geologischen Strukturen wurden sieben geologische Schnitte gemacht, fünf verlaufen in Nord-Süd Richtung und zwei in West-Ost Richtung (siehe Fig. 6-3). Der Horizontalmaßstab ist 1:200.000, der Vertikalmaßstab beträgt wegen der besseren Darstellbarkeit der geologischen Einheiten 1:50.000. Die Oberflächendaten wurden von der geologischen Karte (Beilage 1) übernommen. Die Daten des präneogenen Untergrundes entstammen der Karte von FLÜGEL H.W (1988). Für den slowenischen Anteil des Pannonischen Beckens wurde die Kartengrundlage von JELEN et al. (2006) verwendet.

Von Bohrungen, die auf den Schnitten liegen, wurden die geologischen Informationen eingebaut. Die tektonischen Linien auf slowenischem Territorium entstammen der Arbeit von POLJAK, M. 2007: Strukturno – tektonska karta Slovenije 1: 250 000. (map and explanation book) GeoZS, Ljubljana.

Geologischer Schnitt 1

Dieser liegt im westlichen Teil der Karawanken. Von Norden nach Süden betrachtet quert der Schnitt die Mölltalstörung, die mesozoische Überdeckung des Drauzug-Gurktal Deckensystems, die Periadriatische Naht, die postvariszische und mesozoische Bedeckung der Südalpen (Südkarawanken) und die Save-Störung. Der Schnitt endet bei der Tiefbohrung TVKG-1 in Kranjska Gora.

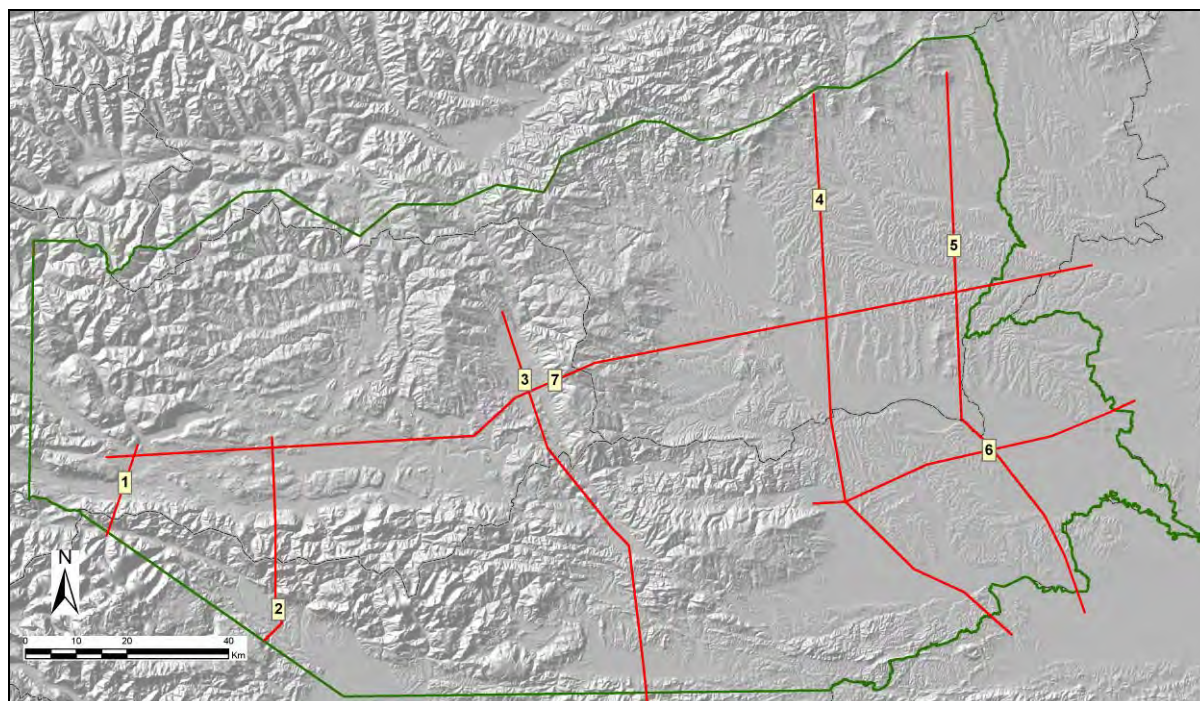


Fig. 6-3 Lage der geologischen Schnitte 1-7 (rote Linien)

Geologischer Schnitt 2

Im Norden beginnt er in den metamorphen Gesteinen des Drauzug-Gurktal Deckensystems, durchquert dann die mesozoische Überdeckung des Drauzug-Gurktal Deckensystems, die Periadriatische Naht, die Südkarawanken, die Radovljica Senkle (aufgefüllt mit paläogenen Sedimenten, welche von Triasablagerungen unterlagert werden) und die Nordostecke des Jelovica Plateaus. Die letzten drei Einheiten gehören zur postvariszischen und mesozoischen Bedeckung der Südalpen.

Geologischer Schnitt 3

Der Nordteil beginnt in metamorphen Gesteinen des Wölz-Koraln-Pohorje Deckensystems, welche unter das Lavanttaler Tertiärbecken einfallen, welches mit mächtigen Neogensedimenten gefüllt ist. Der Mittelteil des Schnittes besteht aus metamorphen Gesteinen des Drauzug-Gurktal Deckensystems, welche nach Süden unter das Becken von Slovenj Gradec einfallen. Der südlichste Teil des Schnittes führt durch das Becken von Celje, welches vorwiegend mit paleogenen Sedimenten, welche über der postvariszischen und mesozoischen Bedeckung der Südalpen abgelagert wurden, gefüllt ist.



Geologischer Schnitt 4 und 5

Beide Schnitte beginnen im Norden in metamorphen Gesteinen des Wölz-Koraln-Pohorje Deckensystems und des Drauzug-Gurktal-(Grazer Paläozoikum) Deckensystems, welche unter die neogene Beckenfüllung des Steirischen Beckens abtauchen. Vom Mura-Zala Becken sind sie durch die Südburgenländische Schwelle getrennt. Das Mura-Zala Becken (marine Ablagerungen dominieren) ist tiefer als das Steirische Becken, in dem terrestrische und marine Sedimente zur Ablagerung kamen. Die wichtigsten Störungen sind die Raab-Störung (Nordost-Südwest orientiert) im zentralen Teil beider Schnitte und die Ljutomer- und Donat-Störung (Ost-West orientiert) im südlichen Teil. Die Ljutomer-Störung trennt die Ostalpen von den Südalpen.

Geologischer Schnitt 6

Dieser liegt im slowenischen Teil des Mura-Zala Beckens und verläuft in Ost-West Richtung, parallel zu den geologischen Hauptstrukturen. Im östlichen Teil des Schnittes wurde das präneogene Grundgebirge an Nordwest-Südost streichenden Störungen abgesenkt.

Geologischer Schnitt 7

Dieser Schnitt verläuft in Ost-West Richtung auf österreichischem Gebiet. Im Westen beginnt er in der mesozoischen Überdeckung des Drauzug-Gurktal Deckensystems, welche von den Metamorphiten des Wölz-Koralpe-Pohorje Deckensystems und des Drauzug-Gurktal Deckensystems durch die Nordwest-Südost streichende Mölltalstörung getrennt ist. Im mittleren Abschnitt quert der Schnitt das Lavanttaler Tertiärbecken, welches mit Neogenablagerungen gefüllt ist. Das Tertiärbecken weist zwei Abschnitte auf. Ein westliches, etwas seichteres Becken mit einer Basis aus mesozoischen Sedimenten und gefüllt mit vorwiegend karpathischen Grobschottern. Dieses Becken wurde durch die Lavanttalstörung abgeschnitten und weist seine mögliche östliche Fortsetzung auf slowenischem Gebiet auf. Der zweite Beckenteil erstreckt sich entlang der Lavanttalstörung und ist tiefer. Gegen Osten folgen die Kristallingesteine der Koralpe (Wölz-Koralpe-Pohorje Deckensystem), welche gegen Osten unter das Steirische Becken absinken. In den Neogensedimenten des Steirischen Beckens liegen einige Vulkankörper unterschiedlichen Alters.

Für den slowenischen Teil des Pannonischen Beckens wurden in den Schnitten 4, 5 und 6 modifizierte Schnitte aus Jelen & Rifelj (2006) verwendet. Diese basieren auf neuesten Untersuchungen, so dass Unterschiede zur vorliegenden Geologischen Übersichtskarte (Beilage 1), welche zum Teil aus älteren Daten kompiliert wurde, bestehen.



7 Geothermales Regime

(Götzl G. & Rajver D.)

7.1 Einleitung

Das grenzüberschreitende Untersuchungsgebiet des Projekts TRANSTHERMAL umfasst aus geothermischer Sicht zwei unterschiedliche Zonen. Die Ausläufer des Pannonischen Beckens im Osten des Projektgebiets (Steirisches Becken, Slowenisches Becken) weisen aufgrund der reduzierten Krustenmächtigkeit (gleichbedeutend mit einer Hochlage des Erdmantels) erhöhte Wärmeströme auf. Durch Krustenverdickung infolge der Gebirgsbildung der Alpen und Dinariden liegen im westlichen Bereich des Untersuchungsgebiets reduzierte geothermische Verhältnisse vor. In Gebieten mit hydraulisch leitfähigen Gebirgspartien (z.B. Karawanken) führen advective Prozesse in Form von infiltrierenden meteorischen Wässern zu einer zusätzlichen Reduktion der geothermischen Verhältnisse.

Die terrestrische Wärmestromdichte [mW/m^2] stellt in diesem Zusammenhang einen geeigneten Feldparameter des geothermischen Regimes dar. Diese schwankt im Untersuchungsgebiet zwischen $100 - 130 \text{ mW}/\text{m}^2$ in den thermischen günstigen Regionen in den Ausläufern des Pannonischen Beckens und $30 - 40 \text{ mW}/\text{m}^2$ in Bereichen mit starker Infiltration. Die bislang publizierten Geothermalen Karten der geothermalen Verhältnisse in Europa (Cermal & Hurtig 1979, Hurtig et al. 1992, Hurter & Haenel 2002) liefern für das Untersuchungsgebiet ein sehr grobes und in manchen Gebieten uneinheitliches Abbild der geothermalen Verhältnisse. Durch die gemeinsame Bearbeitung und Interpretation von geologischen, hydrologischen und thermischen Kenndaten wurde im Rahmen des Projekts TRANSTHERMAL ein aktualisierter und verbesserter Überblick der geothermischen Verhältnisse im Grenzraum Kärnten – Steiermark – Slowenien geschaffen.

7.2 Datengrundlage für den österreichischen Anteil des Projektgebiets

Um direkte Schlüsse auf das geothermale Regime einer Region ziehen zu können werden in-situ gewonnene Messdaten der Tiefentemperatur benötigt. Tiefbohrungen repräsentieren in diesem Zusammenhang die wesentliche Informationsquelle, da die hierdurch gewonnen Messdaten in den meisten Fällen unterschiedliche geologische Abschnitte des Untergrunds umfassen.

Thermische Messdaten können in folgender Form vorliegen:



- Maximale Spülungstemperaturen [Bottom Hole Temperatures – BHT]

BHT – Messdaten werden im Zuge bohrlochgeophysikalischer Messungen zumeist im Bohrloch tiefsten gewonnen, wobei die Bohrlochtemperatur in den meisten Fällen nicht das eigentliche Erkundungsziel darstellt. Gerade im Bereich der Kohlenwasserstoffexploration werden bohrlochgeophysikalische Messkampagnen aus kostentechnischen Gründen bereits nach geringer, im Allgemeinen unzureichender Stillstandszeit der Bohrspülung gefahren. Hierdurch repräsentieren BHT – Daten in den meisten Fällen nicht die wahre Untergrundtemperatur und müssen daher korrigiert werden (Spülungskorrektur).
- Kontinuierliche Temperaturlogs

Im Gegensatz zu der Erfassung von BHT – Werten stellt die Bohrlochtemperatur, bzw. deren Verlauf im Bohrloch das primäre Untersuchungsziel der Messkampagne dar. Prinzipiell zu unterscheiden sind Temperaturmessung zur Erfassung der thermischen Verhältnisse im Bohrloch, etwa zur Erkundung von Kalt- und Thermalwasserzutritten und Temperaturmessungen zur thermischen Erkundung der Zementoberkante im Bohrloch (ZKB – Logs). Temperaturmessungen des zuletzt genannten Einsatzzwecks weisen im Bereich der frischen Zementation infolge der Zementabbindehitze starke thermische Störampplituden auf und sind in diesen Abschnitten nicht interpretierbar.
- In-situ Temperaturmessungen im Zuge hydraulischer Bohrlochtests (Open Hole Tests, Casing Tests)

Hydraulische in-situ Untersuchungen können für einzelne Bohrlochabschnitte durch Absperrungen einzelner Horizonte (Packer Setzen) im offenen Bohrloch [Open Hole] oder durch Perforation des bereits verrohrten Bohrlochs [Cased Hole] erfolgen. Diese erfolgen zumeist unmittelbar über den zu testenden Bohrlochabschnitt mit Hilfe von kombinierten Druck- und Temperatursensoren. Im Falle eines Wasserzutritts in das Bohrloch lassen sich hierdurch wahre Formationstemperaturen unter der Annahme, dass das zutretende Formationswasser der Temperatur des Umgebungsgebietes im Bereich des Messensors entspricht, bestimmen. Diese Voraussetzung ist für Testintervalle gegeben, die nicht allzu groß gewählt sind (bei einer Messgenauigkeit von 1°C wäre dies unter Annahme mittelmäßiger geothermischer Verhältnisse bei einem Testintervall von bis zu 50 Meter gegeben).

Die Qualität von BHT – Messdaten und Temperaturlogs ist in erster Linie von der Stillstandszeit, deren Aussagekraft von den Wasserzutrittsverhältnissen in das Bohrloch abhängig. Auf den Einfluss der Spülungszirkulation und den Möglichkeiten zur Datenkorrektur wird jedoch im nachfolgenden Abschnitt 7.3 detaillierter eingegangen werden.

Nachfolgende Abbildung 7-1 zeigt die im Untersuchungsgebiet vorliegende, teilweise sehr unterschiedliche Datenlage anhand zweier Kohlenwasserstoff Explorationsbohrungen aus dem Steirischen Becken und dessen westlicher Randzone:



Examples of hydrocarbon drilling poor & good data quality

Poor data quality

Good data quality

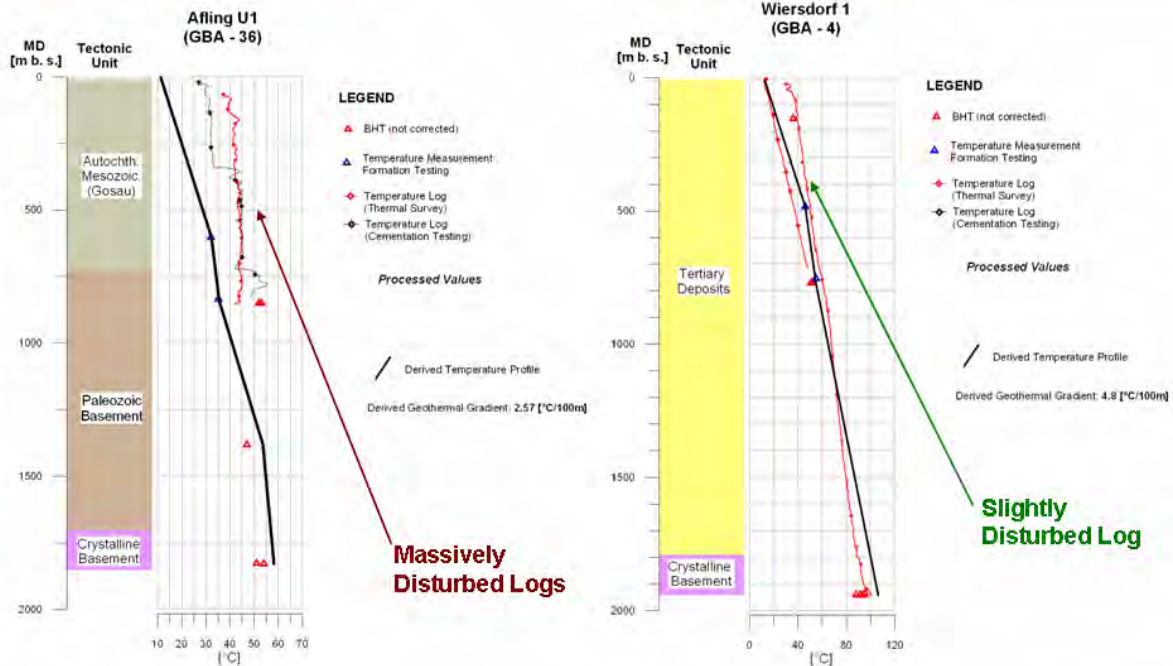


Fig. 7-1 Gegenüberstellung von thermischen Messdaten unterschiedlicher Güte

Abbildung 7-1 zeigt kontinuierliche Temperaturmessungen (ZKB – Logs, Temperatur-Messkampagnen) als symbolunterlegte schwarze und rote Messkurven, unkorrigierte BHT – Messdaten als rote Dreiecke sowie Temperaturmessungen im Zuge von hydraulischen Formationstests als blaue Dreiecke. Weiters abgebildet sind die nachträglich prozessierten thermischen Profile der beiden Bohrungen in Form einer hervorgehobenen Linie.

Die in Abbildung 7-1 links dargestellte OMV Bohrung Afiling U1 weist zwei kontinuierliche Temperaturlogs (ZKB – Log, Temperatur Messkampagne) auf, die nach einer deutlich zu geringen Stillstandzeit der Bohrspülung gefahren worden sind und deshalb keine Informationen über die Temperaturverhältnisse im Untergrund liefern. Die rechts dargestellte OMV Bohrung Wiersdorf 1 zeigt Temperaturlogs, die nach längeren Stillstandszeiten gemessen worden sind und den tatsächlichen Verlauf der Gebirgstemperatur bereits in guter Näherung repräsentieren. Ein weiterer typischer Spülungseffekt ist der „S-förmige“ Tiefenverlauf thermischer Messdaten (BHT – Werte, kontinuierliche Logs), In den seichten Abschnitten der Bohrung werden infolge der Meißelreibung und der kurzen Zirkulationslänge der Spülung zu hohe Temperaturen, in tieferen Abschnitten der Bohrung hingegen infolge der langen Zirkulationswege zu niedrige Formationstemperaturen gemessen.



Neben thermischen Messdaten aus Tiefbohrungen standen in einzelnen Regionen des Projektgebiets auch untertägige Messdaten aus den Bereichen Bergbau und Tunnelvortrieb zur Verfügung (z.B. Bergbau Bad Bleiberg, A11 - Karawankentunnel). Eine unkritische Interpretation der auf dieser Weise gewonnenen thermischen Informationen war bedingt durch massive Beeinflussung der Messdaten durch Bergwässer bzw. durch das Gebirgsrelief jedoch nicht möglich. Als Beispiel hierfür ist eine thermische Untersuchungskampagne im Bergbau Bad Bleiberg aus den Jahren 1931 - 1934 zu nennen, die einen effektiven thermischen Gradienten von deutlich weniger als 1°C pro 100 m erbrachte (vgl. Tschernig 1935). Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass bei dieser Arbeit der Einfluss des deutlich gegebenen Gebirgsrelief bei der Interpretation der Daten unberücksichtigt geblieben ist und die somit umkorrigiert vorliegenden Daten als nicht repräsentativ zur Beurteilung der regionalen geothermischen Verhältnisse angesehen werden müssen.

Des Weiteren liegen auf Kärntner Seite in den Regionen Warmbad Villach, Bad Kleinkirchheim und Bad Weißenbach zudem auch thermische Erkundungskampagnen auf Grundlage von Temperaturmessungen in ultraseichten Bohrungen (Bohrtiefe im Allgemeinen geringer als 10 m) vor. Auf diese Art und Weise sollten oberflächennahe Thermalwasseraustritte mittels Temperaturkartierung lokalisiert werden (vgl. Kahler 1986, Kahler 1987). Die Darstellung der Ergebnisse erfolgte in Form von Isothermenkarten für oberflächennahe Untergrundbereiche, in der Regel 3 m unter GOK (siehe auch Abb. 7-2). Im Bereich der Thermalwasseraustritte von Bad Kleinkirchheim wurde zudem auch erstmals in Österreich eine oberflächige Infrarot – Messkampagne zur Identifizierung von Thermalwasseraustritten durchgeführt (Aigner 1986). Da die zuvor genannten thermischen Untersuchungskampagnen wiederum lokale Thermalwasseranomalien in Form von lokal beschränkten oberflächennahen Exfiltrationsbereichen untersuchten, sind auch diese Messkampagnen nicht für eine Beurteilung der regionalen geothermalen Verhältnisse geeignet. Erwähnenswert sind jedoch thermische Seebodenmessungen durch Haenel & Zoth in ausgewählten Seen Kärntens (vgl. Haenel & Zoth 1973). Die hierdurch bestimmten terrestrischen Wärmeströme sind als repräsentativ für die umgebende Region anzusehen und wurden auch in den thermischen Analysen der Studie TRANSTHERMAL berücksichtigt.

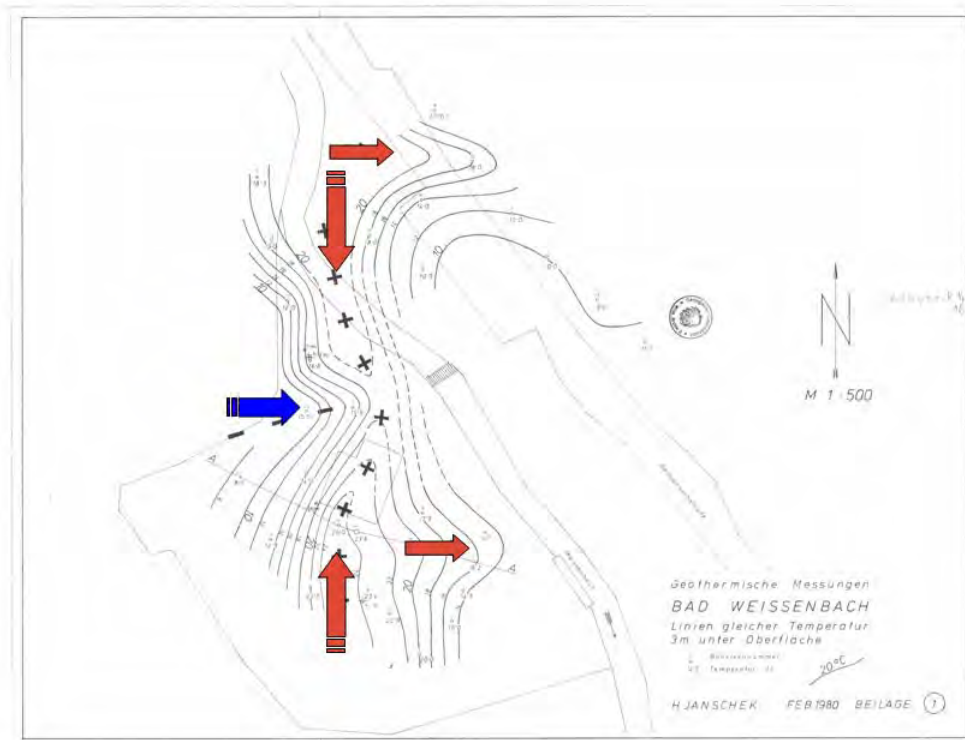


Fig. 7-2 Thermische Erkundungskampagne auf Basis ultraseichter Bohrungen am Beispiel Bad Weissenbach, entnommen aus Kahler (1986), überarbeitet).

Am Beispiel Bad Weissenbach bei Wolfsberg sollen die in den diversen Thermalwassergebieten Kärntens in den 1970er bis 1980er durchgeführten thermischen Messkampagnen in ultraseichten Bohrungen vorgestellt werden. Rot eingefärbte Pfeile stellen Thermalwasserströmungsrichtungen dar, blau eingefärbte Pfeile repräsentieren Kaltwassereinstromungsbereiche. Eine Extrapolation der für eine Tiefe von 3 Meter unter Gelände ermittelten Temperaturen für den weiteren Tiefen – Temperaturverlauf ist nicht erlaubt, da es sich hier um einen lokal eng begrenzten Anomaliebereich handelt.

Neben direkten thermischen Messungen in Bohrlöchern stehen für das Untersuchungsgebiet auch indirekte Informationsquellen über das geothermale Regime zur Verfügung. Diese umfassen in erster Linie Aquiferparameter, allen voran hydrochemische Analysen und Brunnentemperaturen bzw. Austrittstemperaturen von Mineral- und Thermalwassertiefbohrungen. Zur letzteren Informationsquelle muss jedoch angemerkt werden, dass es sich hierbei um einen Produktionsparameter handelt und gemessene Austrittstemperaturen infolge der Entwärmung während des Aufstiegs in der Regel unter den wahren Aquifertemperaturen liegen. Mit Hilfe geothermometrischer Berechnungen (siehe auch Abschnitt 4.4) lassen sich jedoch wertvolle Hinweise über Entlösungstemperaturen und in weiterer Folge über Zirkulationstiefen von Thermalwassersystemen gewinnen. Hierdurch kann dem konvektiven, durch



Thermalwasserzirkulation hervorgerufenen Anteil des regionalen thermischen Regimes Rechnung getragen werden.

In der nun nachfolgenden Abbildung 7-3 werden Beispiele von Temperaturlogs gezeigt, die infolge einer massiven Beeinflussung zutretender Thermalwässer das unmittelbare Temperaturregime des Bohrlochs zwar wahrheitsgemäß widerspiegeln, sich jedoch aufgrund der deutlich vorhandenen räumlich eng begrenzten Temperaturanomalie nicht für eine Abschätzung der regionalen geothermalen Verhältnisse eignen.

Data Examples – Thermal water influence

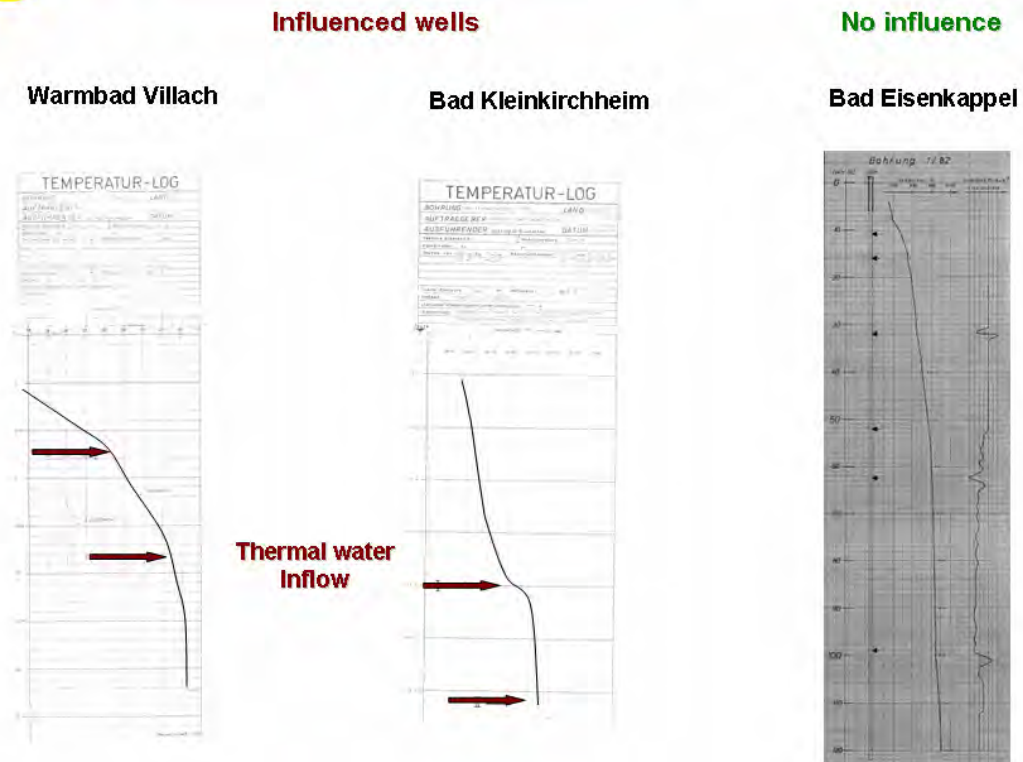


Fig. 7-3 Datenbeispiele für Tiefbohrungen die unter Einfluss von Thermalwasserzutritten stehen

Die thermischen Messkurven der Tiefbohrungen Warmbad Villach 2/72 und Bad Kleinkirchheim 1/74 weisen einen starken konvektiven Thermalwassereinfluss auf. Bei unkritischer Betrachtung würden sich für die hier vermessenen Bohrlochabschnitte geothermale Gradienten ergeben, die um den Faktor 10 bis 100 über dem zu erwartenden regionalen Wert liegen und keinesfalls repräsentativ für die jeweilige Region sind. Rechts abgebildet ist die Bohrung Bad Eisenkappel 1/82, die keinen signifikanten Thermalwassereinfluss aufweist und sich daher zur Abschätzung der regionalen geothermalen Verhältnisse eignet.



Zur Kalkulation der terrestrischen Wärmestromdichte werden die thermophysikalischen Gesteinsparameter Wärmeleitfähigkeit $[W/(m \text{ } ^\circ C)]$ und radiogene Wärmeproduktionsrate $[W/m^3]$ benötigt. Die Bestimmung dieser Kenndaten erfolgt im Labor an Gesteinsproben. Leider konnten im Zuge der Datenrecherchen keine direkt gemessenen thermophysikalischen Gesteinsparameter für den österreichischen Anteil des Projektgebiets erhoben werden. Für die Durchführung der thermischen Analysen musste daher auf Referenzdaten aus vergleichbaren geologischen Einheiten aus dem slowenischen Anteil des Projektgebiets zurückgegriffen werden. Zu 25 Tiefbohrungen aus dem österreichischen Anteil des Untersuchungsgebiets konnten auf Grundlage bekannter lithologischer Bohrlochprofile Referenzwerte aus dem slowenischen Raum gefunden werden. Hieraus ergeben sich folgende statistische Kenndaten:

Tabelle 7-1 Statistische Kenndaten zu den im Rahmen von TRANSTHERMAL benutzten Wärmeleitfähigkeiten (Messdatensatz wurde vom Geologischen Dienst von Slowenien zur Verfügung gestellt)

Wärmeleitfähigkeit $[W/(m \text{ K})]$		
	Mittel	Stdabw.
<i>Tertiäre Beckenfüllung</i>	2.25	0.27
<i>Prätertiäres Grundgebirge</i>	3.05	0.66
Mittel	2.35	0.24

N = 25

Der Gesteinsparameter „radiogene Wärmeproduktion“ wurde aufgrund der lithologisch bedingten erheblichen Streubreite in den thermischen Analysen nicht berücksichtigt.

Zusammenfassend kann für den österreichischen Anteil des gemeinsamen Projektgebietes festgehalten werden, dass sowohl Qualität als auch Quantität (Datendichte) der zur Verfügung stehenden thermischen Datenlage als moderat bis mäßig zu beurteilen ist. Zwar liegen vor allem zu Kohlenwasserstoff (KW) – Explorationsbohrungen in den meisten Fällen sowohl kontinuierliche Logging Daten als auch diskret verteilte Messdaten aus hydraulischen Formationstests (DST) und BHT Messungen vor. Die meisten der begutachteten thermischen Logs weisen jedoch eine deutlich zu geringe Stillstandszeit des Bohrlochs vor Beginn der Messung auf und sind daher nur bedingt auszuwerten. Weiters ist anzumerken, dass die allgemeine Dokumentation von BHT Daten (Angabe von Stillstands- und Zirkulationszeiten) in den meisten Fällen lückenhaft, bzw. ungenau ist, sodass auch die Durchführung von Spülungskorrekturen in vielen Fällen nur unter Annahmen erfolgen konnte (siehe auch Abschnitt 7.3). Messdaten aus hydraulischen Bohrlochtests (DST – Daten) sind als verlässlich anzusehen, wenn ein signifikanter Zufluss von Formationswässern im Zuge des Tests ins Bohrloch stattfindet. Im Fall von Gaszutritt (adiabatisch bedingte Abkühlung des Bohrlochs durch Gasexpansion) sowie im Fall dichter Formationen (Rückfluss der Bohrspülung in den Tester) mussten thermische DST – Messdaten ebenfalls als unplausibel angesehen und verworfen werden.



Im Zuge der durchgeführten Datenrecherchen konnten zu Thermalwassererkundungsbohrungen in den meisten Fällen nur Austrittstemperaturen des Thermalwassers an der Erdoberfläche aus Pumpversuchen ermittelt werden. Wie bereits erwähnt liegen diese Temperaturen infolge des Thermalwasseraufstiegs im Bohrloch in der Regel unter den wahren Aquifertemperaturen, was wiederum zu Ungenauigkeiten in der Abschätzung der thermischen Verhältnisse im Untergrund führen kann.

Abschließend kann gesagt werden, dass die vorliegende Datendichte im Bereich des steirischen Beckens deutlich höher ist, als für die Kärntner Anteile des Untersuchungsgebiets. Die nachfolgend angeführte Abbildung 7-4 gibt einen Überblick der im Zuge des Projekts TRANSTHERMAL benutzten Datenquellen:

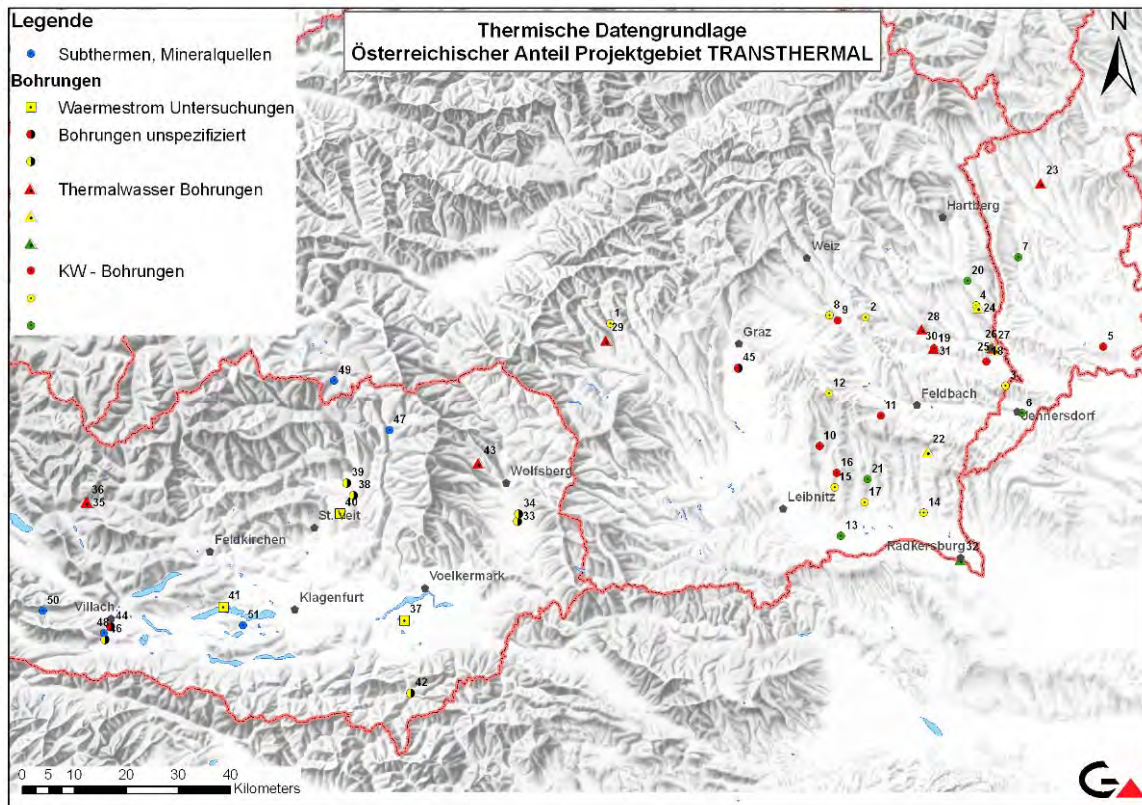


Fig. 7-4 Thermische Datengrundlage für den Österreichischen Anteil des Projektgebiets
Rot eingefärbt: schlechte thermische Datenqualität: Starke Störeinflüsse, unzureichende Dokumentation des Messvorgang.)
Gelb eingefärbt: moderate Datenqualität: Messdaten aus unterschiedlichen Messverfahren (z.B. Log Daten, BHT – Werte) verfügbar, jedoch signifikante Störeinflüsse vorhanden.
Grün eingefärbt: Gute Datenqualität: Messdaten aus unterschiedlichen Messverfahren verfügbar, geringe thermische Störeinflüsse.



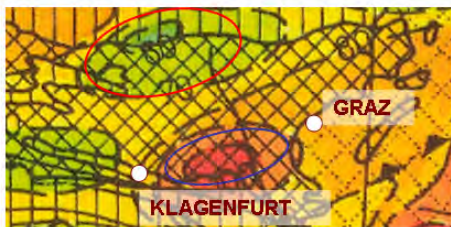
In einem letzten Dokumentationsschritt wird auf den gegenwärtig bereits zur Verfügung stehenden Kenntnisstand über das regionale geothermische Regime im österreichischen Anteil des Projektgebiets eingegangen.

Zunächst werden die durch die geringe Datenlage bedingten Schwierigkeiten bezüglich Aussagen über das geothermale Regime im Untersuchungsgebiet auf Basis zweier überregionaler Wärmestromkarten (Cermak & Hurtig 1979, Hurtig 1992) verdeutlicht (siehe Abbildung 7-5):



Existing Heat Flow Maps – TRANSTHERMAL Region

Cermak & Hurtig (1979)



Hurtig (ed.) (1992)

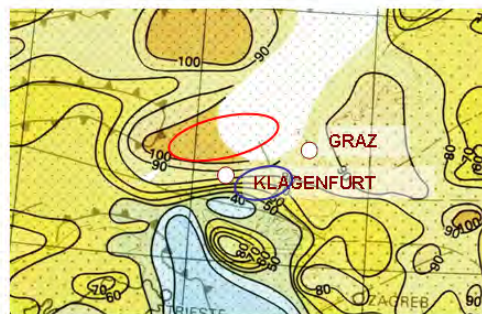


Fig. 7-5 Ausschnitte bestehender Wärmestromkarten für Europa (entnommen aus Cermak & Hurtig 1979 und Hurtig (ed.) 1992, überarbeitet)

Dargestellt ist der terrestrische Wärmestrom [mW/m^2] für das erweiterte Untersuchungsgebiet des Projekts TRANSTHERMAL. Aufgrund der geringen Datendichte vor allem für den Raum Kärnten wurden diese Karten teilweise durch Analogieschlüsse aus benachbarten geologischen Regionen erstellt. Die Prognosegenauigkeit ist daher für diese Regionen gering, zum Teil sind die vorliegenden Karten sogar widersprüchlich. Blau hervorgehoben ist eine in Cermak & Hurtig (1979) ausgewiesene signifikante geothermische Anomalie (Wärmestrom $> 100 mW/m^2$) im Grenzraum Kärnten – Steiermark – Slowenien, die jedoch in der Wärmestromkarte von Hurtig (1992) nicht mehr dargestellt ist. Rot hervorgehoben ist ein Bereich erniedrigter Wärmestromdichten im Bereich des Murtals (Cermak & Hurtig 1979), welcher jedoch in der jüngeren Karte von Hurtig (1992) mit einer Region von erhöhtem Wärmestrom koinzidiert.



In Regionen mit geringer Dichte an hochqualitativen thermischen Messdaten muss die Erstellung geothermaler Karten auf Interpolation aus benachbarten Regionen, bzw. vergleichbaren geologischen Gebieten basieren. Dementsprechend groß ist die thermische Prognoseunsicherheit in Regionen mit geringer Messdatendichte. Dies gilt zweifelsfrei für den Kärntner Raum, in welchem zudem ein Großteil der zur Verfügung stehenden thermischen Messdaten aus Gebieten mit lokalen geothermischen Anomaliezonen in Form von räumlich begrenzten oberflächennahen Thermalwasseraustritten stammt. Dies führt wie in Abbildung 7-5 demonstriert zu teilweise uneinheitlichen Karten. Dieser Umstand erschwert wiederum eine verlässliche Prognose der lokalen bis regionalen thermischen Verhältnisse.

Bestehende Temperaturkarten liegen gegenwärtig nur für das Oststeirische Becken vor (vgl. Abbildung 7-6). Die zugrundeliegenden thermischen Messkampagnen wurden im Zuge der Aufnahme artesischer Brunnen in der Oststeiermark und dem Südburgenland durchgeführt (Zojer 1977, Zötl & Zojer 1979). Die somit erhaltenen Verteilungskarten der Tiefentemperatur und der geothermischen Tiefenstufe repräsentieren in erster Linie die oberflächennahen geothermischen Verhältnisse (maximale Tiefenlage der untersuchten artesischen Wasserhorizonte ca. 200 bis 300 m). Ein Vergleich der für diese Region bereits bestehenden Karten mit den im Rahmen von TRANSTHERMAL zusätzlich prozessierten Tiefentemperaturen ist dem Abschnitt 7.5 zu entnehmen.



Existing Temperature Maps (Styrian Basin)

Rudan & Oszusky (1982)

Zojer (1977)

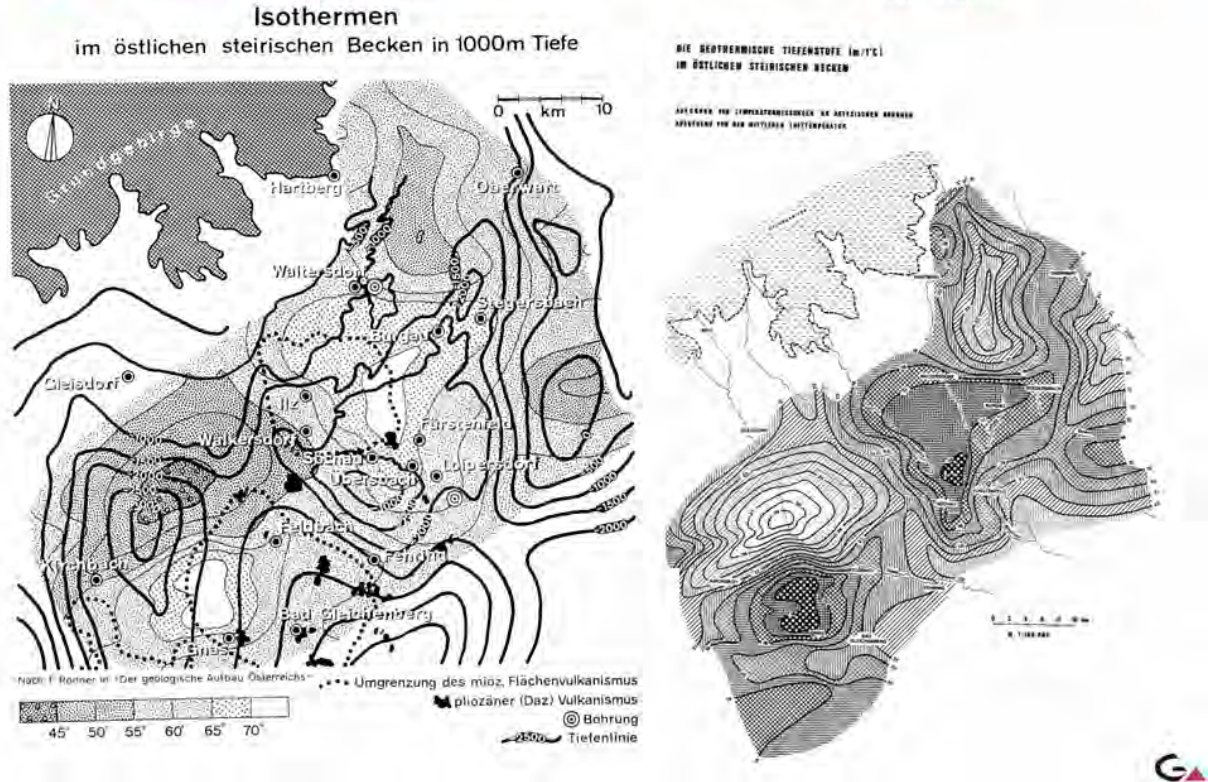


Fig. 7-6 Bestehende geothermische Karten für das Oststeirische Becken
Datengrundlage dieser Karten bildeten Temperaturmessungen in artesischen Brunnen in der Oststeiermark und dem Südburgenland. Aufgrund der geringen Aquifertiefen (max. ca. 200 bis 300 Meter unter GOK) spiegeln diese Karten das geothermische Regime des oberflächennahen Untergrunds wider.

Für den Bereich des in Bau befindlichen Koralm Tunnels zwischen der Steiermark und Kärnten wurde im Vorfeld ein thermisches Vorausprofil auf Grundlage einer rein konduktiven Wärmeausbreitung modelliert. Nachfolgende Abbildung 7-7 zeigt das erarbeitete Temperaturprofil:

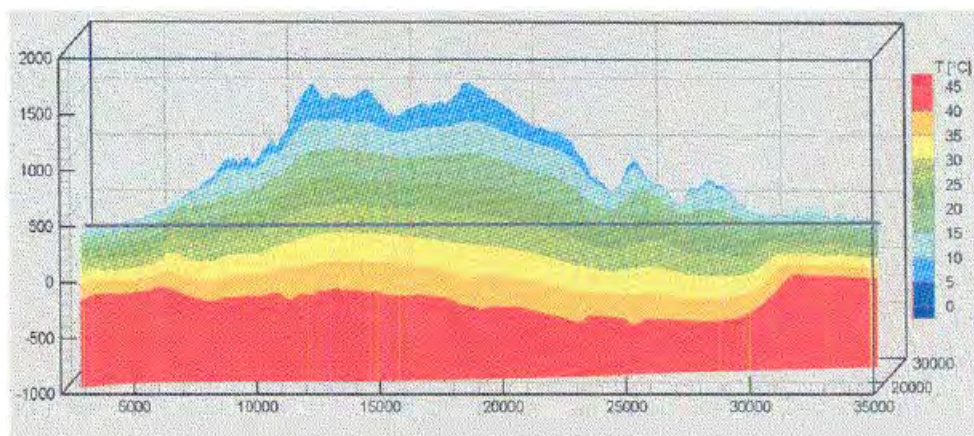


Fig. 7-7: Thermisches Vorausprofil der geplanten Koralm Tunnel Trasse (entnommen aus Graf et al 2001)

Fig. 7-5 zeigt den zu erwartenden Temperaturverlauf entlang der geplanten Tunneltrasse des Koralm Tunnels (graue Linie) unter Berücksichtigung des Reliefs der Koralpe (fortschreitende Kilometrisierung gegen Westen). Auffällig ist die deutliche Verminderung des geothermalen Gradienten (Vergrößerung des Isothermen Abstands) in Bereichen mit ausgeprägtem Relief.

7.3 Datenaufbereitung und Analyse

Für den österreichischen Anteil des Untersuchungsgebiets ist bislang keine umfassende thermische Datensammlung vorgelegen. Daher bestand ein Arbeitsschwerpunkt des Projekts TRANSTHERMAL in der Erhebung, Zusammenführung und Aufbereitung von Temperaturdaten für die Generierung geothermischer Karten. Hierfür wurden folgende Arbeitsschritte durchgeführt:

- i. Datenvorbereitung: Digitalisierung analoger Daten und Aufbau einer digitalen Datenkompilation
- ii. Datenkorrektur: Korrektur der Bohrlochmissweisung und Korrektur des Spülungs-Einflusses (BHT – Korrektur)
- iii. Zusammenführung der prozessierten Datensets zu thermischen Bohrlochprofilen
- iv. Datenmodellierung: Extrapolation des Temperaturverlaufs und Modellierung der terrestrischen Wärmestromdichte

Es sei vorab angemerkt, dass die nachfolgend beschriebenen Aufbereitungsschritte i. bis iii. nur an Messdaten aus Tiefbohrungen angewendet worden sind. Messdaten aus untertägigen Temperaturmessungen oder thermischen Messkampagnen in ultraseichten Bohrungen (siehe auch Abschnitt 7.2) wurden im Allgemeinen nicht in der Erstellung der thermischen Karten berücksichtigt.



Die Ausnahme bilden thermische Seebodenmessungen zur Bestimmung der terrestrischen Wärmestromdichte (Haenel & Zoth 1973).

Ad i. Datenvorbereitung

Auf die Herkunft der unterschiedlichen thermischen Messdaten wurde bereits in Abschnitt 7.2 detailliert eingegangen. Diskrete Temperaturmessungen in Form von maximalen Spülungs-Temperaturen (BHT – Messdaten) und thermischen Messungen im Rahmen von hydraulischen Formationstests (DST – Messdaten) wurden in einem ersten Schritt in einer lokalen Processingdatenbank zusammen mit entsprechenden Hintergrundinformationen über Stillstandszeit der Bohrung vor Beginn der Messung und Dauer der Spülungszirkulation archiviert (siehe auch Abbildung 7-8). In vielen Fällen war die für die Durchführung der Korrektur der Spülungszirkulation (BHT – Korrektur) notwendige Dauer der Stillstandszeit nicht bekannt und musste aus dem protokollierten Tagesablauf vor Beginn der Messung (Protokoll des Bohrmeisters) rekonstruiert werden.

In einem nächsten Schritt wurden die ausschließlich analog vorliegenden kontinuierlichen Messdaten (Temperaturlogs) digitalisiert. Hierfür wurde das Programm „Didger“ des Anbieters Golden Software benutzt. Weitere Aufbereitungsschritte sind bei kontinuierlich vorliegenden thermischen Messreihen nicht möglich. Lag eine massive Beeinflussung des Temperaturlogs durch die nachdauernde Zirkulation der Spülung vor, musste von einer Interpretation des Temperaturlogs abgesehen werden.



Thermal Data Processing – Processing Database




-  Hintergrundinformationen zu Stillstandszeit und Dauer der Bohrlochzirkulation
-  Rohdaten / Ergebnisse der BHT - Korrektur
-  Allgemeine Bohrloch Informationen

Fig. 7-8 Formularansicht der Processing – Datenbank „BHT_Proc.mdb“

Die Processing – Datenbank „BHT_Proc.mdb“ beinhaltet sämtliche Informationen, die für die Durchführung der BHT – Korrektur benötigt werden. Da die wesentlichen Hintergrundinformationen der Korrektur, nämlich die Stillstandszeit der Bohrung sowie die Dauer der Spülungszirkulation vor Beginn der thermischen Messung in der Regel nicht direkt ausgewiesen sind, erfolgt die Eingabe von Hintergrundinformationen mehrstufig: In einem ersten Schritt werden die zumeist protokollierten Informationen bezüglich Zeitpunkt des Bohrstopps und der Arbeiten vor Beginn der Messung sowie allgemeine Angaben zur Geometrie der Bohrung sowie Angaben über Typ und Zusammensetzung der Bohrspülung in die Datenbank eingegeben. In einem nächsten Schritt erfolgt dann die Abschätzung der Spüldauer und Stillstandszeit. Nach Abschluss der Datenkorrekturen können prozessierte Ergebnisse wiederum in die Datenbank eingegeben werden.

Ad ii. Datenkorrektur

In einem ersten Schritt wurden Tiefbohrungen, soweit diesbezügliche Informationen vorlagen, hinsichtlich der Abweichung aus der Vertikalen kontrolliert und gegebenenfalls korrigiert, um hierdurch wahre (vertikale) Tiefenwerte [TVD – True Vertical Depth] zu ermitteln. Die vorgegebene Toleranzschwelle lag bei einer Bohrlochverkürzung von 2% bezogen auf die Gesamtböhrlänge.





Die Durchführung thermischer Datenaufbereitungen beschränkte sich auf die Korrektur des Spülungseinflusses bei maximalen Spülungstemperaturen (BHT – Korrektur). DST – Messdaten wurden lediglich hinsichtlich ihrer Plausibilität überprüft und gegebenenfalls verworfen.

Die im Rahmen von TRANSTHERMAL durchgeführten BHT – Korrekturen zur Ermittlung wahrer Formationstemperaturen basierten auf zwei prinzipiellen Vorgehensweisen.

- a) Graphische Korrektur von BHT – Daten unter Annahme einer Linienquelle. Angewendet wurden die Verfahren von Horner (Horner 1951) und Lachenbruch & Brewer (Lachenbruch & Brewer 1951)
- b) Numerische BHT – Korrektur (inverse Optimierung) unter Annahme einer Zylinderquelle (Leblanc et al 1982)

Je nach Anzahl der in einer spezifischen Tiefe zur Verfügung stehenden BHT – Daten ergeben sich hieraus unterschiedliche Korrekturmethode. Sämtliche Verfahren setzen jedoch voraus, dass nur ein radial ausgerichteter Wärmefluss zwischen Gebirge und Bohrloch stattfindet, wobei in den meisten Fällen das Spülungs- gefüllte Bohrloch eine relative Wärmesenke gegenüber dem Umgebungsgebirge darstellt (Spülungstemperatur ist geringer als Gebirgstemperatur).

Ad a) Graphische Methoden

In einem ersten Aufbereitungsschritt wurden die vorliegenden BHT – Daten einer graphischen Datenkorrektur unterzogen. Die graphischen Korrekturverfahren lassen sich nur in jenen Fällen anwenden, in denen mindestens 2 unterschiedliche BHT – Werte in einer spezifischen Tiefe vorliegen. Die gängigen Methoden von Horner (1951) und Lachenbruch & Brewer (1959) basieren auf dem so genannten Linienquellen Ansatz, bei welchem der Bohrlochradius als infinitesimal klein angenommen wird. Hierbei handelt es sich um eine Fernfeldnäherung, bei welcher der Materialkontrast zwischen Spülung und Gebirge vernachlässigt wird.

Die Ausgangsgleichung des Linienquellenansatzes lässt sich folgendermaßen formulieren:

$$T_{\infty} = \text{BHT}(t) - \frac{q}{4\pi\lambda} \ln\left[\frac{t+s}{t}\right] \quad (7-1)$$

mit T_{∞} ... wahre Gebirgstemperatur, BHT... gemessener BHT Wert, q ... Quellstärke (in der Regel unbekannt), t ... Stillstandszeit der Bohrung vor Beginn der Messung und s ... Dauer der Spülungszirkulation.



Gleichung (7-1) stellt den Ausgangspunkt des Korrekturverfahrens nach Horner dar. Lachenbruch & Brewer gehen von einer explosionsartigen Freisetzung der Wärmeenergie aus, die letztendlich die initiale Temperaturstörung $\Delta T = T_{\infty} - T_M$, mit T_M ... Spülungstemperatur nach Einstellung der Spülungszirkulation bewirkt. Bei ausreichend langen Stillstandszeiten ($s \ll t$) liefert der Term s [Zirkulationsdauer] keinen bedeutenden Betrag zu (1) und kann deswegen vernachlässigt werden. Aus diesem Grund wird bei der graphischen Korrektur nach Lachenbruch & Brewer nur die Stillstandszeit [t] berücksichtigt.

Anhand der Abbildung 7-9 soll die Vorgehensweise bei der graphischen Korrektur näher gebracht werden.

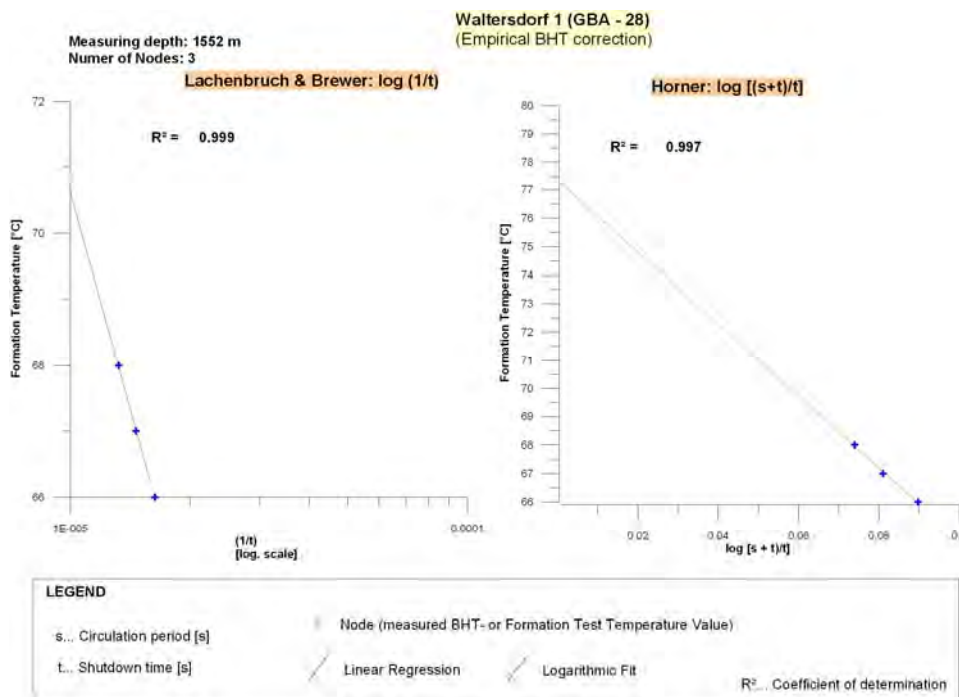


Fig. 7-9 Anwendung der graphischen BHT – Korrektur am Beispiel der Bohrung Waltersdorf 1 (Messtiefe 1552 m unter GOK).

Gemäß dem Verfahren nach Lachenbruch & Brewer (1959) wird die gemessenen BHT – Wert den Kehrwerten der jeweils bekannten Stillstandszeiten [t] auf einer logarithmischen Achse aufgetragen. Der Schnittpunkt der hieraus resultierenden linearen Ausgleichsgeraden mit der Ordinate (Temperaturachse) ergibt die korrigierte Formationstemperatur. Gemäß dem Verfahren von Horner (1951) wird die gemessene Formationstemperatur gegen einem logarithmischen Term aus Stillstandszeit [t] und Zirkulationsdauer [s] aufgetragen. Auch hier ergibt der Schnittpunkt der Ausgleichsgerade die korrigierte Formationstemperatur. Liegt ein hoher Korrelationskoeffizient vor, so kann die gemessene Temperatursgleichkurve gut durch ein konduktives Ausgleichsmodell beschrieben werden. Die ermittelten Formationstemperaturen sind daher als plausibel zu werten. Bei geringem Korrelationskoeffizienten liegen entweder starke konvektive Ausgleichsprozesse vor (Nachzirkulation der Spülung oder Zutritt von Spülung oder Formationswasser in das Bohrloch) bzw. die angegebenen Stillstandszeiten liegen nicht korrekt



vor. In diesen Fällen ist die ermittelte Formationstemperatur mit erhöhter Prognoseunsicherheit behaftet.

Ad b) Numerische Methoden

Nach Abschluss der graphischen Datenkorrektur wurden numerische BHT – Korrekturen auf Grundlage eines Zylinderansatzes durchgeführt. Hierdurch sollten einerseits die zuvor graphisch ermittelten Formationstemperaturen durch ein zweites Verfahren überprüft werden. Andererseits erlaubt der numerische Ansatz auch eine provisorische, bzw. annähernde Korrektur von BHT – Datensets, die nur aus einem oder zwei unterschiedlichen BHT – Werten in einer spezifischen Tiefe bestehen.

Der gewählte Ansatz beruht auf der Darstellung des Temperatursausgleichs in einem Bohrloch mit endlichem Radius (Bohrzylinder):

$$T_{\infty} = \text{BHT}(t) - \Delta T' \left[\exp\left(-\frac{a^2}{4kt}\right) - 1 \right] \quad (7-2)$$

(Leblanc et al 1982)

mit a... Bohrlochradius und k... gemittelte Temperaturleitfähigkeit des Systems Spülung – Umgebungsgebirge

Auf Grundlage der Gleichung (7-2) wurde für die Korrektur von Datensätzen aus mindestens 3 unterschiedlichen BHT – Werten in einer spezifischen Tiefen ein inverses Optimierungsverfahren entwickelt um auf Grundlage der Abweichung zwischen gemessenen und modellierten BHT – Werten die wahre Formationstemperatur sowie die Temperaturleitfähigkeit des Systems Spülung – Gebirge zu bestimmen. Der hierfür ebenfalls benötigte Schätzwert für eine initiale Spülungstemperatur (nach Einstellen der Bohrlochzirkulation) wurde gemäß einer empirischen Schätzformel der OMV AG mit

$$T_M = \frac{\text{BHT} + 24}{2} \text{ berechnet.}$$

In einem nächsten Schritt wurden die mit Hilfe von numerischen und graphischen Korrekturmethode ermittelten initialen Temperaturstörungen ΔT (Datensets von mindestens 2 BHT – Werten in einer spezifischen Tiefe) gegen die jeweilige Messtiefe aufgetragen um eine empirisch gewonnene Korrekturkurve von BHT - Werten für das Steirische Becken zu gewinnen (siehe Abbildung 7-10).

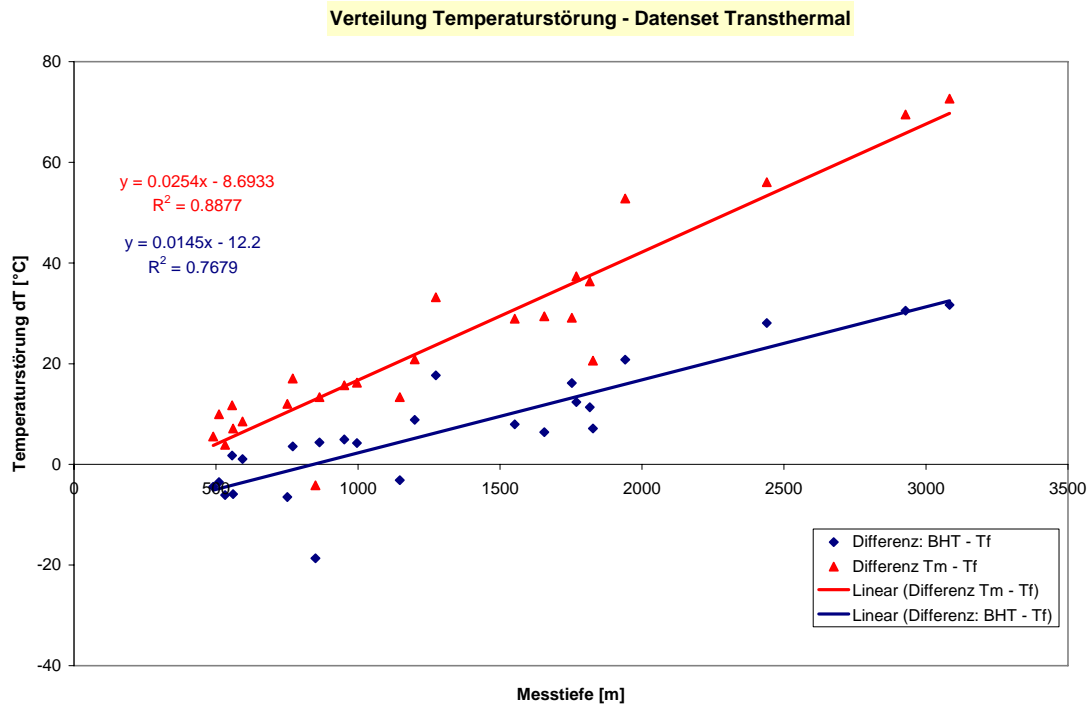


Fig. 7-10 Zusammenhang zwischen der Temperaturstörung und der angenommenen Spülungstemperatur bzw. den gemessenen BHT – Werten für das Steirische Becken: Datensatz TRANSTHERMAL

Hieraus konnte eine empirisch gewonnene, lineare Schätzkurve für das Steirische Becken gewonnen werden (siehe Abbildung 7-10, rote eingefärbte Ausgleichsgerade). Diese Regressionsgerade wurde in weiterer Folge für Plausibilitätskontrollen bei der Korrektur von Datensätzen, die nur aus einem oder zwei BHT – Werten bestanden herangezogen.

Nach Abschluss sämtlicher BHT – Korrekturen wurde eine Fehlerabschätzung unternommen, die einerseits auf Sensitivitätsanalysen der einzelnen Korrekturverfahren und andererseits auf Abweichungen zu der zuvor vorgestellten Schätzkurve beruhte. Für Datensätze von mindestens 2 BHT Werten wurde zudem die Fehlerabschätzung durch Berechnung der Standardabweichung aus den Resultaten der graphischen und numerischen BHT – Korrekturverfahren ergänzt.

Nachfolgende Abbildung 7-11 zeigt die Verteilung der ermittelten Fehlerbereiche. Es hat sich gezeigt, dass der mittlere relative Prognosefehler bei 3.8% der jeweils berechneten Formationstemperatur liegt und noch akzeptabel ist. Die vorliegenden Basisdaten, insbesondere deren Dokumentation erlauben unter annehmbarem Aufwand keine präziseren Korrekturen.



BHT - Korrektur

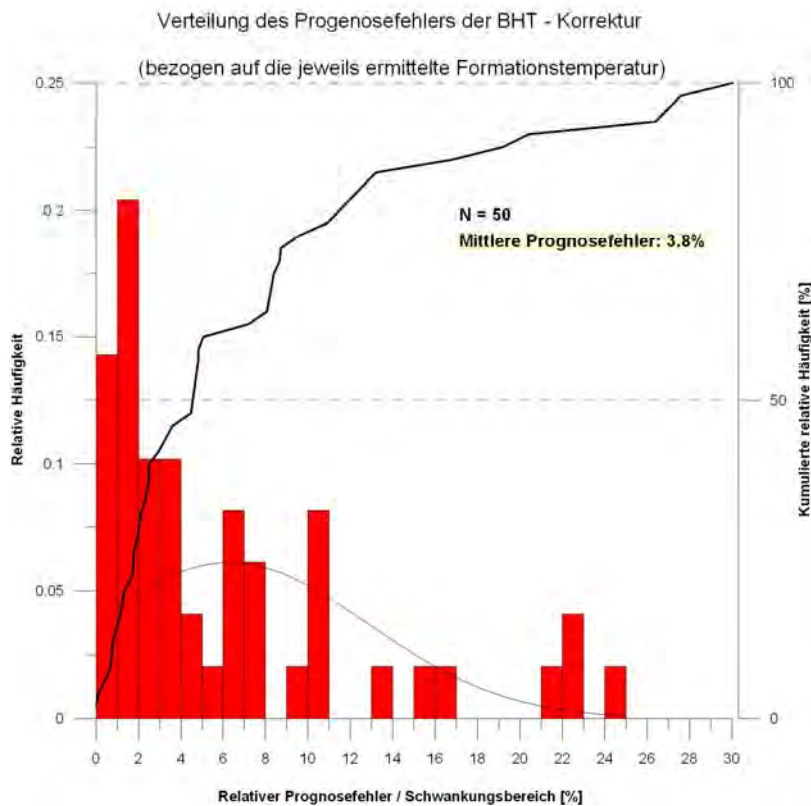


Fig. 7-11 Verteilung der ermittelten Prognosefehler der korrigierten Formations-Temperaturen

Aus zeitlichen Gründen musste auf die Durchführung topographischer Datenkorrekturen verzichtet werden. Dieser Umstand ist jedoch nicht so problematisch, da im Rahmen des Projekts TRANSTHERMAL Karten realer Untergrundtemperaturen für wirtschaftliche Fragestellungen produziert werden sollten. Eine Bereinigung des Reliefeinflusses ist nur für wissenschaftliche Fragestellungen von Bedeutung.

Ad iii. Aufbau thermischer Bohrlochprofile

Nach Abschluss der Datenkorrekturen wurden in einem nächsten Schritt Temperaturprofile der jeweils untersuchten Tiefbohrungen durch Kompilation von Rohdaten (Temperaturlogs, DST – Daten, maximale Austrittstemperaturen) mit korrigierten BHT – Daten erstellt. Dieser Arbeitsschritt wurde qualitativ durchgeführt, da schließlich erst in der Zusammenschau aller zur Verfügung stehenden Daten entschieden werden konnte, welche Datensätze als plausibel gewertet werden können. Die Erstellung eines thermischen Profils wird anhand eines Datenbeispiels in der nachfolgenden Abbildung 7-12 demonstriert:

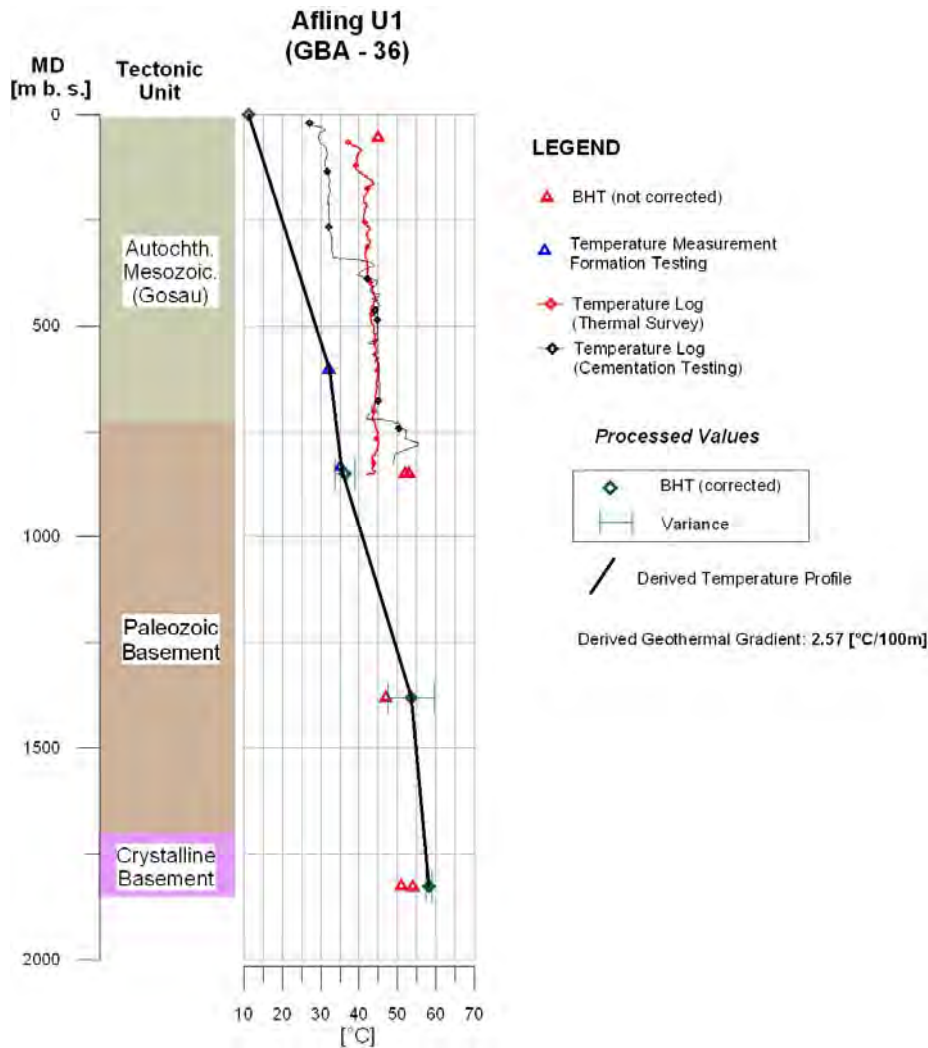


Fig. 7-12 Zusammenstellung eines thermischen Bohrlochprofils am Beispiel der Bohrung Afling U1
 Für den Fall der Tiefbohrung Afling U1 bildeten DST – Daten (blau Dreiecke) und korrigierte BHT-Daten (grüne Rauten) die verlässlichsten Stützstellen des thermischen Bohrlochprofils. Die vorliegenden Temperaturlogs konnten aufgrund massiver Spülungsbeeinflussung nicht benutzt werden.

Ad iv. Thermische Datenmodellierung

In einem abschließenden Bearbeitungsschritt wurden aus den ermittelten Temperaturprofilen unter Zuhilfenahme von thermophysikalischen Gesteinsparametern (Wärmeleitfähigkeit) aus der Datensammlung des Geologischen Dienst von Slowenien mittlere Wärmestromdichten zu den einzelnen geologischen Abschnitten der untersuchten Bohrungen kalkuliert. Anschließend wurde eine mittlere Wärmestromdichte für die gesamte Bohrlänge mit Hilfe gewichteter Mittelung berechnet. Die jeweiligen Schichtmächtigkeiten wurden hierbei als Gewichtungsmaß benutzt.



Extrapolationen der ermittelten Formationstemperaturen mit der Tiefe wurden in 2 Etappen durchgeführt: Für Temperaturextrapolationen in Tiefenabschnitte von etwa 120% der Bohrgesamtlänge wurde der ermittelte Temperaturgradient des tiefsten Bohrlochabschnitts benutzt. Für alle darunter liegenden Bereichen wurde eine Temperaturprognose auf Basis der zuvor berechneten mittleren Wärmestromdichte für die jeweilige Bohrung unter Annahme unterschiedlicher Gebirgsmodelle benutzt. Die Ausgangsbasis dieser Extrapolation bildet nachfolgende Progressionsformel:

$$T_{i+1} = T_i + \frac{\bar{q}}{\lambda_j} (z_{i+1} - z_i) \quad (7-3)$$

Mit λ_j ...gemittelte Wärmeleitfähigkeit der Gebirgsmodelle (Tertiäre Beckenfüllung, Paläozoisches Grundgebirge, Kristallingestein).

Die Extrapolation der Formationstemperatur über weite Strecken in den tieferen Untergrund ist mit einer großen Unsicherheit behaftet. Dies gilt vor allem für jene Tiefbohrungen, in denen der berechnete mittlere Wärmefluss von lokalen bis regionalen Advektionssystemen (Thermalwasserzirkulation) beeinflusst wird. Für eine erste, mit Einschränkungen behaftete Annäherung des geothermischen Regimes in großen Erschließungstiefen ist die gewählte Vorgehensweise jedoch als geeignet anzusehen.

7.4 Ergebnisse

Die nachfolgenden Abbildungen 7-13 bis 7-16 zeigen Temperaturverläufe ausgewählter Tiefbohrungen aus dem Steirischen Becken und dem Lavanttal, die im Zuge des Projekt TRANSTHERMAL ermittelt worden sind:



TRANSTHERMAL Compiled Thermal Profiles (deep drillings) - Part 1



Styrian Basin - Hydrocarbon Exploration Wells

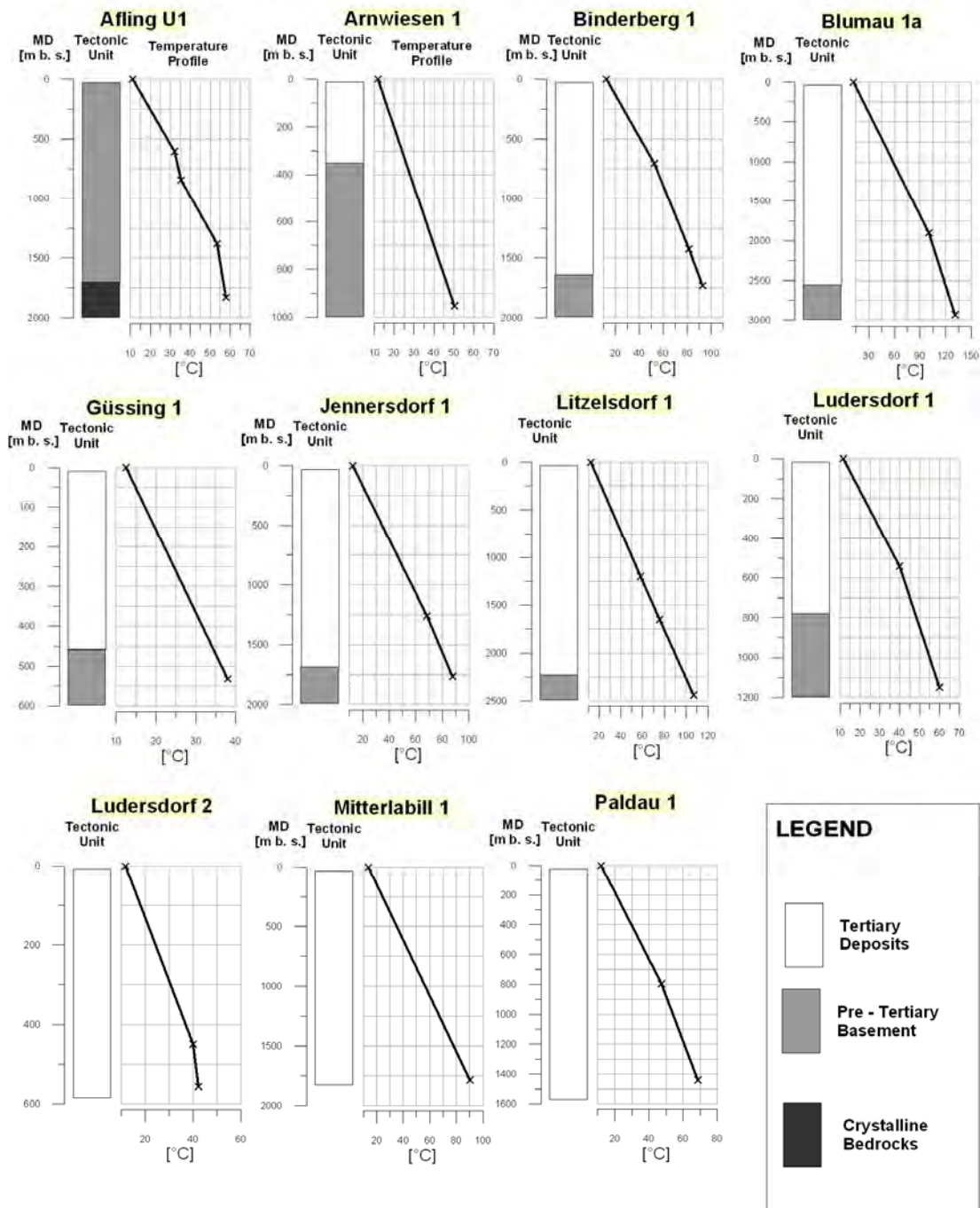


Fig. 7-13 Sammeldarstellung von Temperaturprofilen, die in KW – Explorations-Bohrungen im Steirischen Becken ermittelt worden sind. Ebenfalls dargestellt sind die benutzten thermischen Stützstellen



TRANSTHERMAL Compiled Thermal Profiles (deep drillings) - Part 2



Styrian Basin - Hydrocarbon Exploration Wells (2)

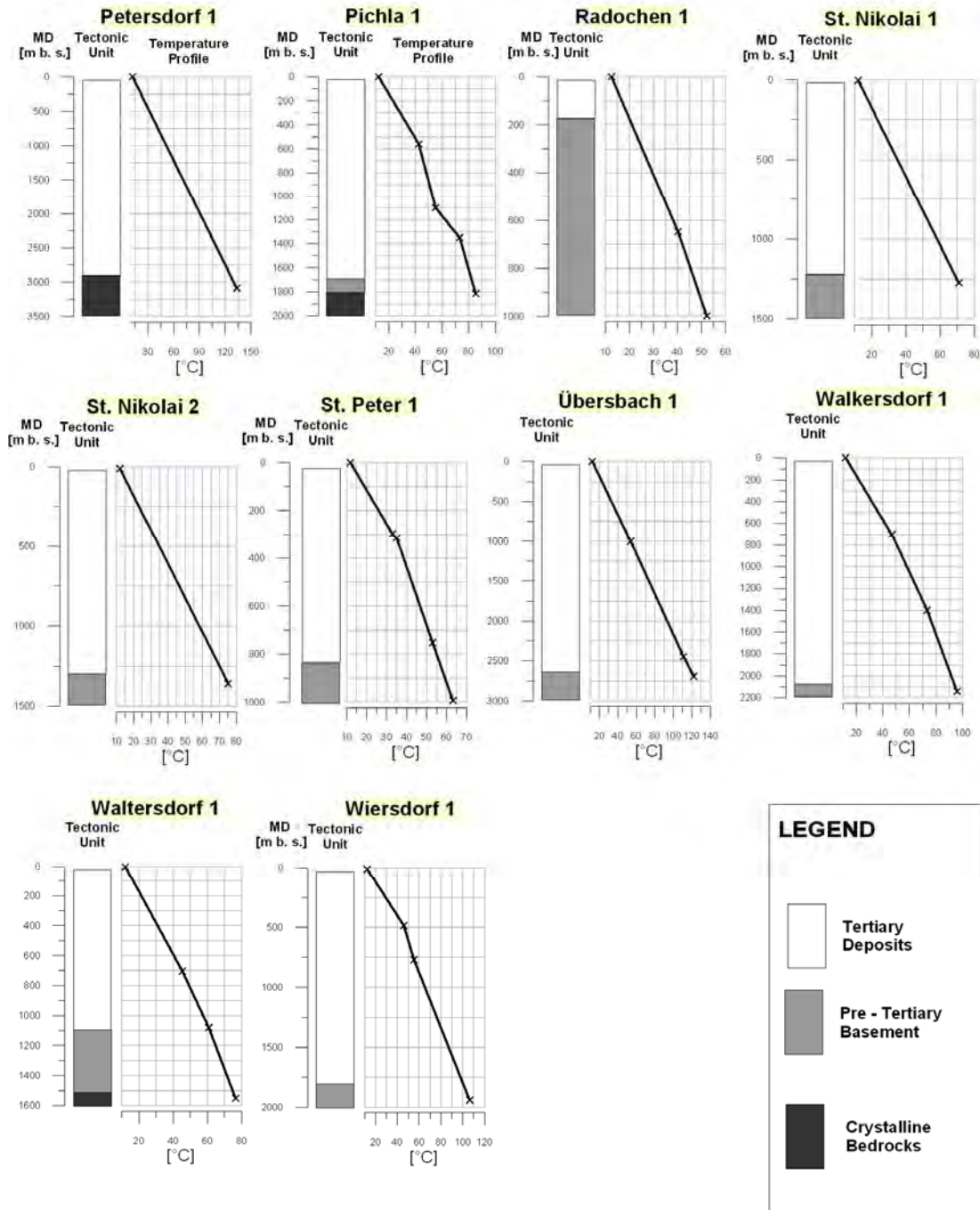


Fig. 7-14 Sammeldarstellung von Temperaturprofilen, die in KW – Explorations-Bohrungen im Steirischen Becken ermittelt worden sind (Teil 2). Ebenfalls dargestellt sind die benutzten thermischen Stützstellen.



TRANSTHERMAL Compiled Thermal Profiles (deep drillings) - Part 3



Styrian Basin - Geothermal Exploration Wells

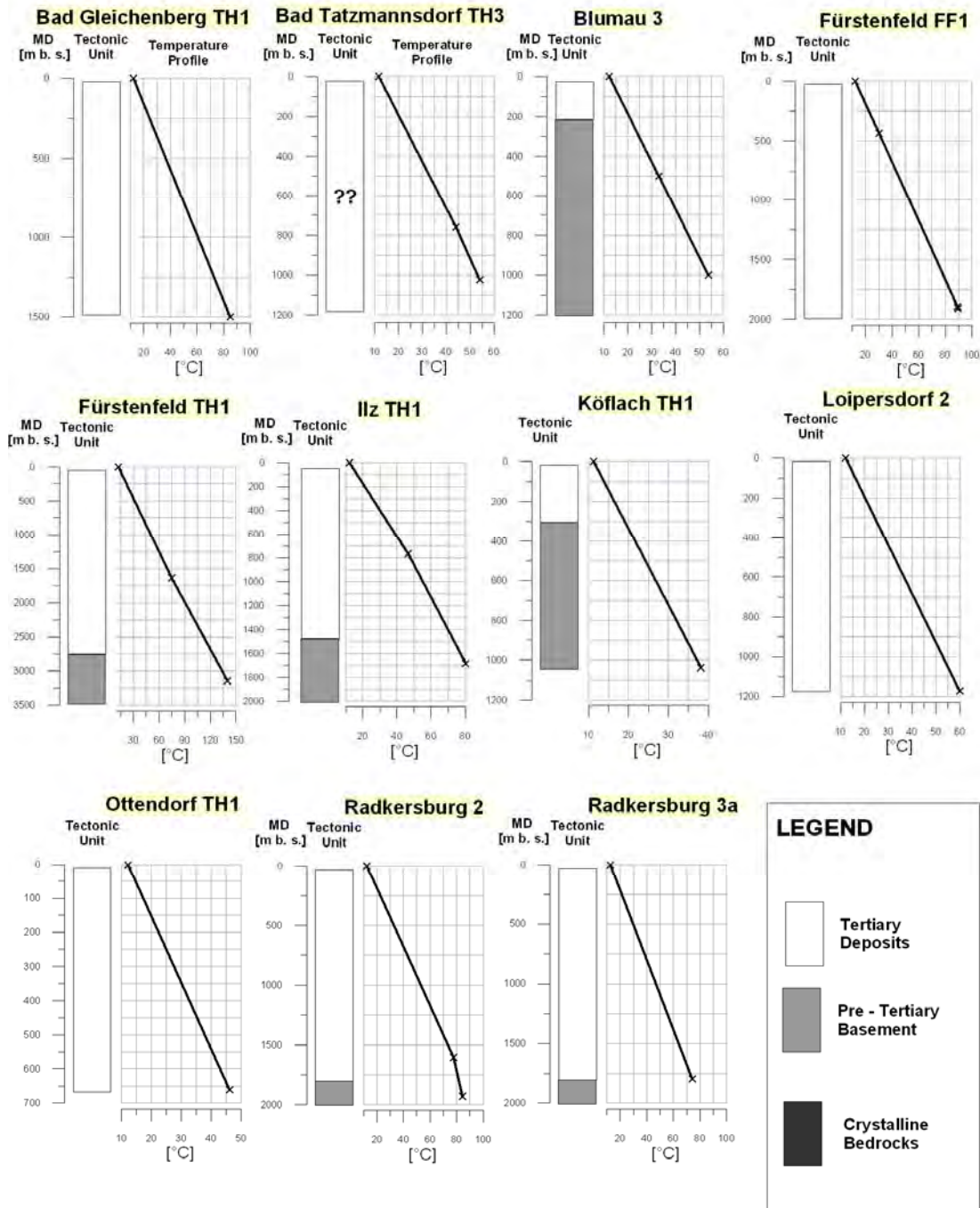


Fig. 7-15 Sammeldarstellung von Temperaturprofilen, die in Thermalwasser – Explorations-Bohrungen im Steirischen Becken ermittelt worden sind. Ebenfalls dargestellt sind die benutzten thermischen Stützstellen.





TRANSTHERMAL Compiled Thermal Profiles (deep drillings) - Part 3



Lavanttal - Coal Exploration Wells

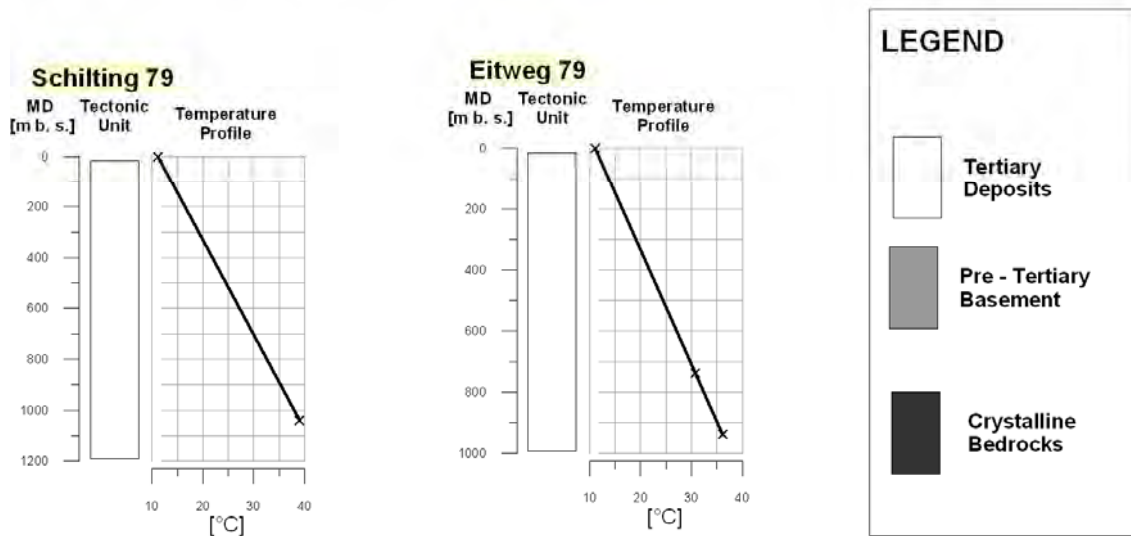


Fig. 7-16 Sammel-darstellung von Temperaturprofilen, die in Kohle – Explorations-Bohrungen im Lavanttal (Kärnten) ermittelt worden sind. Ebenfalls dargestellt sind die benutzten thermischen Stützstellen.

Fasst man in einem nächsten Schritt die erarbeiteten Temperaturprofile in einem Sammelprofil zusammen, so lässt sich, wie in Abbildung 7-17 dargestellt, ein thermisches Tiefenfenster für den Österreichischen Anteils des Projektgebietes konstruieren. Dieses thermische Fenster gibt die Streubreite der zu erwartenden Formationstemperaturen mit zunehmender Tiefe gemäß den jeweils vorliegenden Datensätzen ungeachtet der verschiedenen thermischen Einflussparameter wider und besitzt in der Regel eine rautenähnliche Form.

Für den vorliegenden Datensatz aus dem Österreichischen Anteil des Projektgebiets lassen sich bei der Betrachtung des zu erwartenden thermischen Fensters gemäß den vorliegenden Daten folgende Beobachtungen tätigen:

- i. Die größten Streubreiten der beobachteten Formationstemperaturen befinden sich im Tiefenintervall 1000 Meter bis ca. 1700 Meter unter GOK. Es sei an dieser Stelle jedoch





angemerkt, dass der Schwerpunkt der zur Verfügung stehenden Messdaten für dieses Tiefenintervall vorliegt.

- ii. Mit zunehmender Erkundungstiefe nimmt die Streubreite der beobachteten Tiefentemperaturen kontinuierlich von 33°C (1500 Meter u. GOK) auf 3°C (3000 Meter u. GOK) ab.
- iii. Thermische Profile aus dem Steirischen Becken weisen mittlere geothermale Gradienten auf, die im Bereich des globalen Mittels von ca. 3°C / 100 m liegen.
- iv. Thermische Profile aus dem Raum Kärnten weisen geothermale Gradienten auf, die um oder knapp unterhalb des globalen Mittels von 3°C / 100 m liegen.
- v. Der geothermale Gradient nimmt mit zunehmender Tiefe ab.

Es sei an dieser Stelle betont, dass aus dem Raum Kärnten keine thermischen Messdaten aus Tiefenbereichen von mehr als 1000 Meter unter GOK vorliegen und sich der Schwerpunkt der Messdaten im Oststeirischen Becken befindet.

Ein ähnliches Bild zeichnet sich auch hinsichtlich der kalkulierten Wärmeströme sowie hinsichtlich der modellierten Tiefentemperaturen ab, zu sehen in den Abbildungen 7-18 und 7-19. In diesem Zusammenhang lassen sich folgende Aussagen tätigen:

- vi. Für das Steirische Becken konnte eine mittlere Wärmestromdichte von $98 \pm 15 \text{ mW/m}^2$ berechnet werden. Diese liegt deutlich über der für den Raum Kärnten gemittelten Wärmestromdichte von $68 \pm 10 \text{ mW/m}^2$.
- vii. Gemäß Punkt vi) zeigen die modellierten Tiefentemperaturverläufe für das Steirische Becken deutlich günstigere geothermische Verhältnisse als im Raum Kärnten. Für die Referenztiefe von 4000 Meter unter GOK ergab die Modellrechnung im Steirischen Becken (mit Fokus auf dessen oststeirischen Anteil) gemittelte Gesteinstemperaturen von $157 \pm 15 \text{ °C}$. Für den Kärntner Raum wurden für diesen Tiefenabschnitt mittlere Gebirgstemperaturen von $108 \pm 5 \text{ °C}$ modelliert (entspricht einer Reduktion von etwa 50%).
- viii. Die gemittelten geothermalen Gradienten weisen sowohl auf kärntnerischer als auch auf steirischer Seite Maximalwerte für die obersten 250 bis 500 Meter des Untergrunds auf. Mit zunehmender Tiefe (respektive bei Erreichen des Grundgebirges) reduzieren sich die gemittelten Gradienten kontinuierlich.

In einem abschließenden Schritt wird der advektiven Komponente des geothermischen Regimes im österreichischen Anteil des Projektgebiets Rechnung getragen. Für eine näherungsweise



Quantifizierung advektiver Zirkulationslängen (thermische Reichweite zirkulierender Thermalwässer) wurden hydrogeothermometrische Analysen an den im Rahmen des Projekts TRANSTHERMAL erhobenen hydrochemischen Basisdaten durchgeführt. Die dazugehörigen Wasserproben stammten hauptsächlich aus Tiefbohrungen (KW – Explorationsbohrungen, Thermalwasser Bohrungen), aus dem Kärntner Raum wurden zudem publizierte Quellanalysen aus gefassten und ungefassten oberflächigen Quellaustritten benutzt. Eine detaillierte Übersicht der angewendeten geothermometrischen Methoden ist dem Abschnitt 4.4 zu entnehmen.

In einem ersten Schritt wurden Gleichgewichtstemperaturen der Parameter Quarz und Kalium – Magnesium errechnet (siehe Abbildung 7 – 20). In einem nachfolgenden Schritt wurden aus den Bildungstemperaturen unter Berücksichtigung des gegenwärtigen Temperaturregimes hypothetische Zirkulationsreichweiten (maximale Versenkungstiefe, relative Zirkulationslänge: Distanz jetzige Aquiferlage – maximale Versenkungstiefe) berechnet (siehe Abbildungen 7 – 21, 7 – 22 und 7 – 23). Hierbei wurden folgende Beobachtungen getätigt:

- ix. Das K / Mg Geothermometer liefert für die Aquifersysteme der tertiären Beckenfüllung im Steirischen Becken plausible Werte als die Benutzung des Quarz – Geothermometers. Das Letztgenannte liefert hingegen für oberflächennahe Exfiltrationssysteme, in denen eine Vermischung mit meteorischen Wässern nicht ausgeschlossen werden kann, plausible Werte.
- x. Gemäß dem K / Mg – Geothermometer liegen im Oststeirischen Becken in den verschiedenen Wasserhorizonten der tertiären Beckenfüllung Bildungstemperaturen von 107 ± 20 °C vor. Hieraus lassen sich hypothetische mittlere Zirkulationstiefen von 2269 ± 489 m u. GOK ableiten. Dies entspräche der relativen Tiefenlage des paläozoischen Beckenuntergrunds. Für die Wässer aus dem triassischen Dolomit im Raum Radkersburg wurde hingegen gemäß dem K / Mg - Geothermometer eine Bildungstemperatur von 126°C errechnet, welche mit einer hypothetischen maximalen Zirkulationstiefe von etwa 3000 Meter u. GOK korrespondiert.
- xi. Für die untersuchten Wässer aus dem paläozoischen Untergrund des Steirischen Beckens liefern beide Verfahren relativ einheitliche mittlere Bildungstemperaturen von 104 ± 25 °C. Die abgeleiteten hypothetischen Zirkulationslängen (Differenz zwischen gegenwärtiger Aquiferlage und maximaler Versenkungstiefe) sind für diese Abschnitt wesentlich geringer, als für jene der tertiären Beckenfüllung (im Mittel etwa 700 m).
- xii. Die Anwendung des Quarz – Geothermometers ergab für die Thermalwassersysteme im Raum Kärnten maximale Bildungstemperaturen von ca. 80 ± 3 °C, die mit maximalen Versenkungstiefen von etwa 2200 Meter u. GOK korrespondieren.



Sammelplot Temperaturprofile Steiermark - Kärnten

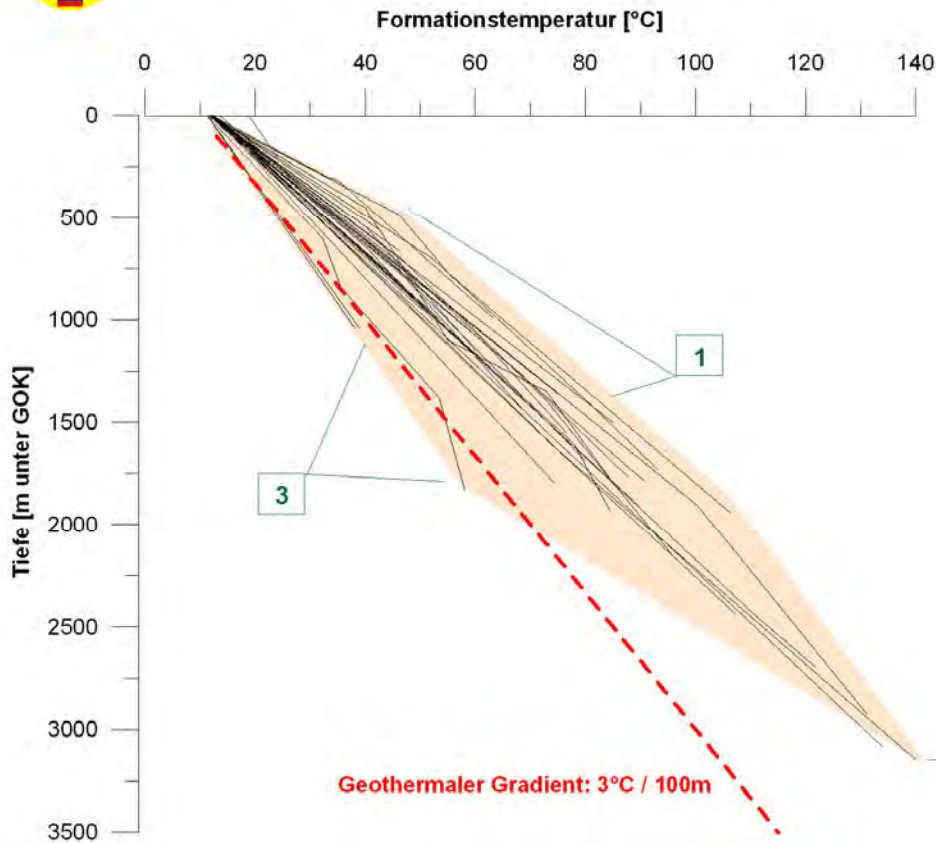


Fig. 7-17 Sammeldarstellung der berechneten Temperaturprofile aus dem Österreichischen Anteil des Untersuchungsgebiets

Datensatz TRANSTHERMAL – Steiermark & Kärnten: Dargestellt sind der Tiefenverlauf der ermittelten Bohrlochtemperaturen in Kombination mit einem hypothetischen Temperaturverlaufs unter Annahme des Weltmittels von ca. 3°C / 100.

Typusbereich 1) zeigt erhöhte Temperaturzunahmen in Teilbereichen des Steirischen Beckens. Hierfür verantwortlich sind unter Anderem advective Wärmetransportsysteme in Bereich struktureller Hochlagen des Beckenuntergrundes. Typusbereich 2) zeigt den Verlauf der Gebirgstemperatur in den tiefsten Bereichen des Steirischen Beckens (Fürstenfelder Becken, Gnaser Becken). Typusbereich 3) zeigt reduzierte thermische Verhältnisse im Bereich des westlichen Rands des Steirischen Beckens und dem Lavanttal (Kärnten), die etwa dem globalen Mittel entsprechen.

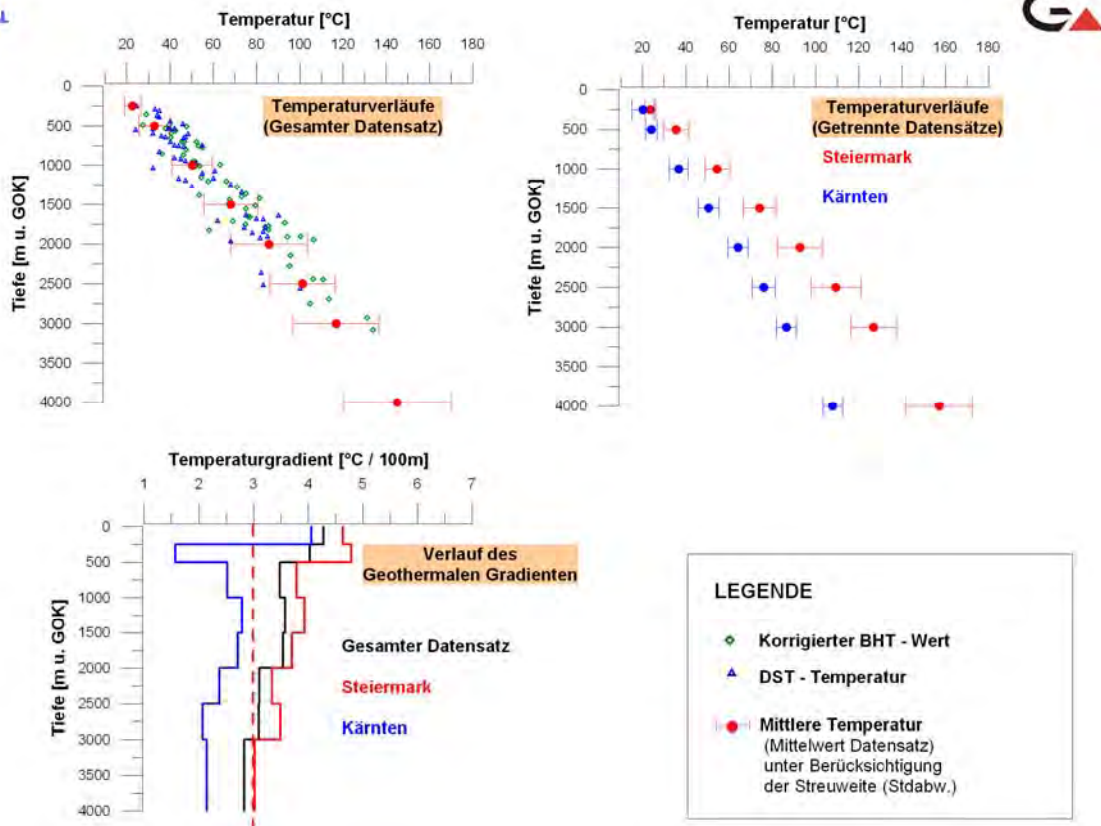


Fig. 7-18 Thermische Typuskurven für den österreichischen Anteil des Untersuchungs-Gebiets

Links oben: Verteilung der ermittelten Gebirgstemperaturen mit der Tiefe in Kombination mit gemessenen DST – Temperaturen und korrigierten BHT – Werten).

Rechts Oben: Verteilung der ermittelten Gebirgstemperaturen mit der Tiefe für die getrennten Datensätze Steiermark und Kärnten. Zu erkennen sind die deutlich günstigeren geothermischen Verhältnisse im Steirischen Becken.

Links Unten: Tiefenverlauf der gemittelten Geothermischen Gradienten für den gesamten Datensatz sowie getrennt für die Datensätze Steiermark und Kärnten. Der Datensatz Kärnten weist bedingt durch die Berücksichtigung der lokal gegebenen oberflächennahen Thermalwasseraustritte in den obersten 250 Meter unter GOK die höchsten Gradienten auf. Der Datensatz Steiermark weist ebenfalls in obersten 500 Meter unter GOK deutlich erhöhte Gradienten auf. Mit zunehmender Tiefe ist ein lithologisch bedingter Rückgang des geothermalen Gradienten zu beobachten (siehe auch Abschnitt 7.5).



Verteilung der Wärmestromdichten im Österreichischen Anteil des Projektgebiets

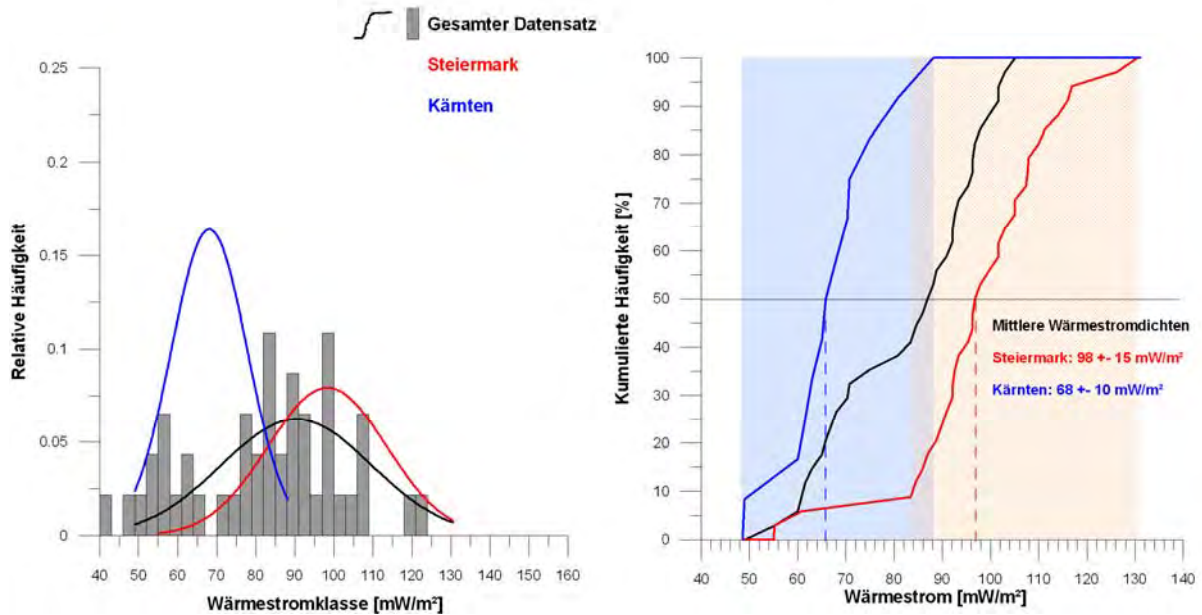


Fig. 7-19 Verteilung der Wärmestromdichten für den Österreichischen Anteil des Untersuchungsgebiets

Links: Histogramm sämtlicher berechneter Wärmestromdichten, kombiniert mit den Verteilungskurven der Datensätze Kärnten und Steiermark. Deutlich erkennbar sind wiederum die erhöhten geothermischen Verhältnisse im Steirischen Becken.

Rechts: Verteilung der kumulierten Häufigkeiten der Datensätze Kärnten und Steiermark. Farblich hervorgehoben sind die Wertebereiche der für die jeweilige Region berechneten Wärmestromdichten.

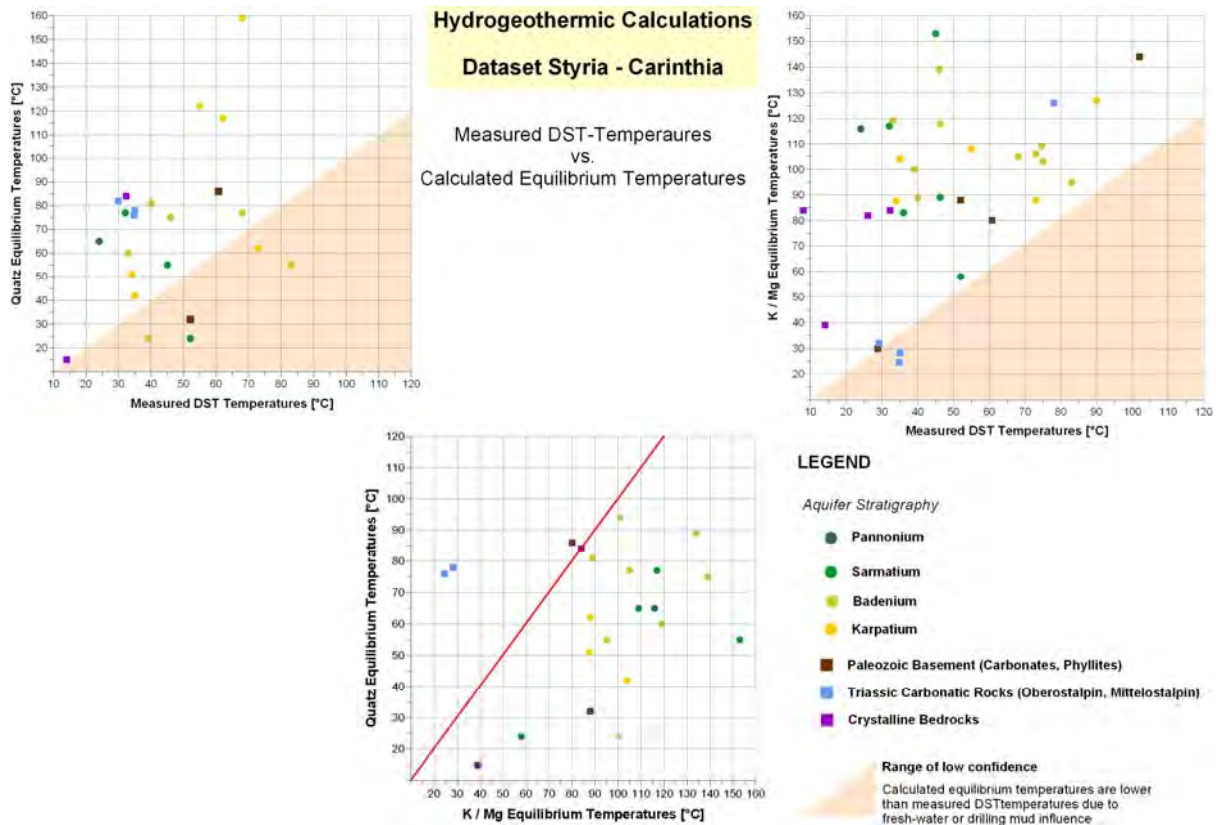


Fig. 7-20 Gegenüberstellung von errechneten Gleichgewichtstemperaturen mit gemessenen Aquifertemperaturen unter Berücksichtigung der jeweiligen Aquiferstratigraphie. Die untersuchten Proben stammten größtenteils aus tiefliegenden Aquifern und wurden im Zuge von Bohrlochuntersuchungen gewonnen.

Links Oben: Gegenüberstellung der Quarz – Gleichgewichtstemperatur mit gemessenen DST – Temperaturwerten. Datenwerte im rot melierten Bereich besitzen eine geringe Glaubwürdigkeit, zumal die errechneten Gleichgewichtstemperaturen unter den gemessenen Aquifertemperaturen liegen. Die Ursache kann entweder in einer Vermischung der Wasserprobe mit Bohrspülung oder Frischwasser oder in einer nicht sachgemäßen Bestimmung des Quarz – Gehaltes liegen.

Rechts Oben: Gegenüberstellung der Kalium – Magnesium (K/Mg) Gleichgewichtstemperatur mit gemessenen DST – Temperaturwerten. Es zeigt sich hierbei, dass dieses Verfahren für den vorliegenden Datensatz nur im Bereich triassischer Dolomite unrealistische Werte lieferte. Die Ursache hierfür liegt vermutlich in einer Vermischung mit Frischwasser.

Unten: Gegenüberstellung der mit Hilfe der beiden Methoden berechneten Bildungstemperaturen im Streudiagramm. Es zeigt sich, dass das K / Mg – Geothermometer in nahezu allen Fällen höhere Bildungstemperaturen lieferte als das Quarz – Geothermometer.

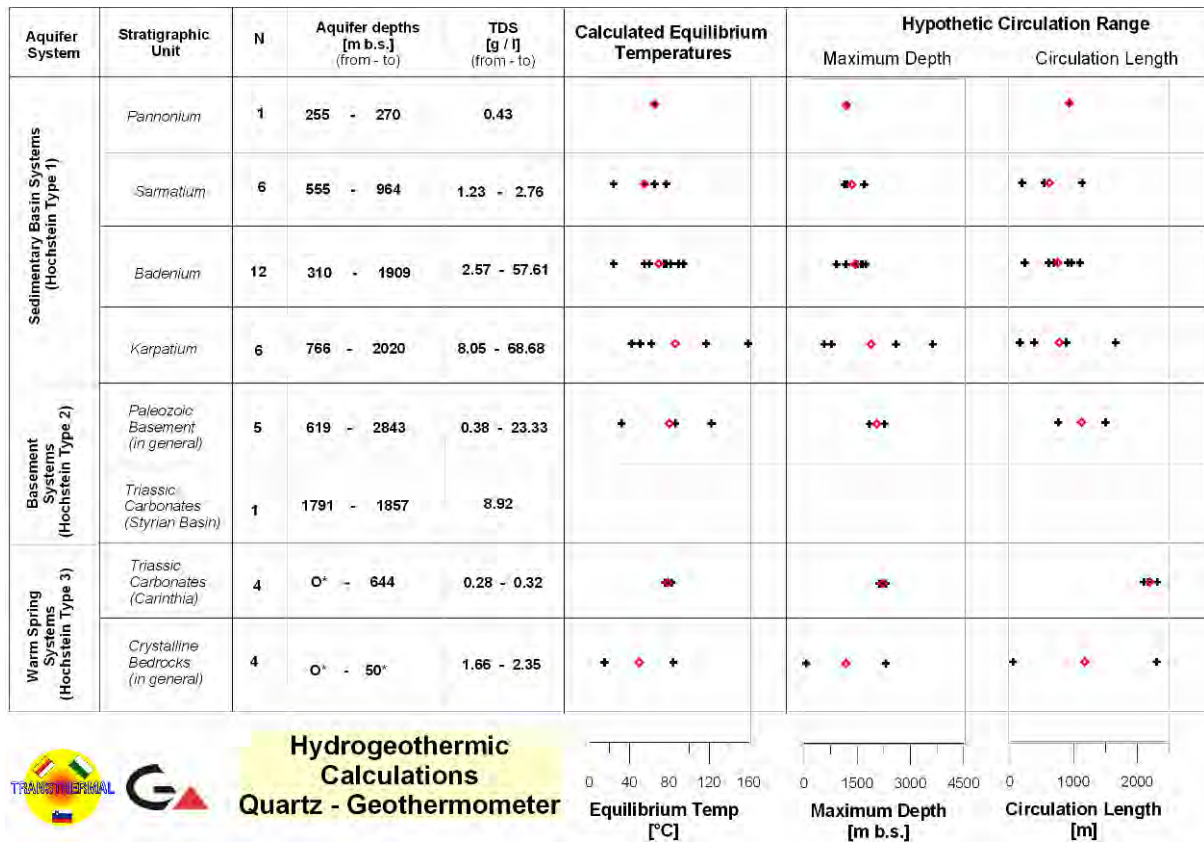


Fig. 7-21 Darstellung der auf Basis des Quarz - Geothermometers errechneten Gleichgewichts-Temperaturen und der daraus abgeleiteten Zirkulationslängen für den Österreichischen Anteil des Projektgebiets unter Berücksichtigung der verschiedenen Aquifertypen.

Schwarz dargestellt sind die jeweils errechneten Einzelwerte, rot dargestellt sind diesbezüglichen Mittelwerte. Mit einem Stern versehene Tiefenangaben entsprechen den jeweiligen Fassungs-tiefen von natürlichen, oberflächennahen Thermal- und Subthermalwasseraustritten.



Aquifer System	Stratigraphic Unit	N	Aquifer depths [m b.s.] (from - to)	TDS [g / l] (from - to)	Calculated Equilibrium Temperatures	Hypothetic Circulation Range	
						Maximum Depth	Circulation Length
Sedimentary Basin Systems (Hochstein Type 1)	Pannonium	1	255 - 270	0.43	+	+	+
	Sarmatum	6	555 - 964	1.23 - 2.76	+ + + + +	+ + + + +	+ + + + +
	Badenium	12	310 - 1909	2.57 - 57.61	+ + + + +	+ + + + +	+ + + + +
	Karpatium	6	766 - 2020	8.05 - 68.68	+ + + + +	+ + + + +	+ + + + +
Basement Systems (Hochstein Type 2)	Paleozoic Basement (in general)	5	619 - 2843	0.38 - 23.33	+ + + + +	+ + + + +	+ + + + +
	Triassic Carbonates (Styrian Basin)	1	1791 - 1857	8.92	+	+	+
Warm Spring Systems (Hochstein Type 3)	Triassic Carbonates (Carinthia)	4	0* - 644	0.28 - 0.32	+ + + +	+ + + +	+ + + +
	Crystalline Bedrocks (in general)	4	0* - 50*	1.66 - 2.35	+ + + +	+ + + +	+ + + +



Hydrogeothermic Calculations
K / Mg - Geothermometer

0 40 80 120 160
Equilibrium Temp [°C]

0 1500 3000 4500
Maximum Depth [m b.s.]


0 1000 2000 3000
Circulation Length [m]

Fig. 7-22 Darstellung der auf Basis des Kalium – Magnesium Geothermometers errechneten Gleichgewichtstemperaturen und der daraus abgeleiteten Zirkulationslängen für den Österreichischen Anteil des Projektgebiets unter Berücksichtigung der verschiedenen Aquifertypen.

Schwarz dargestellt sind die jeweils errechneten Einzelwerte, rot dargestellt sind die diesbezüglichen Mittelwerte. Mit einem Stern versehene Tiefenangaben entsprechen den jeweiligen Fassungstiefen von natürlichen oberflächennahen Thermal- und Subthermalwasseraustritten.





Verteilung der ermittelten Gleichgewichtstemperaturen 
und den daraus abgeleiteten Zirkulationstiefen
für den Österreichischen Anteil des Projektgebiets

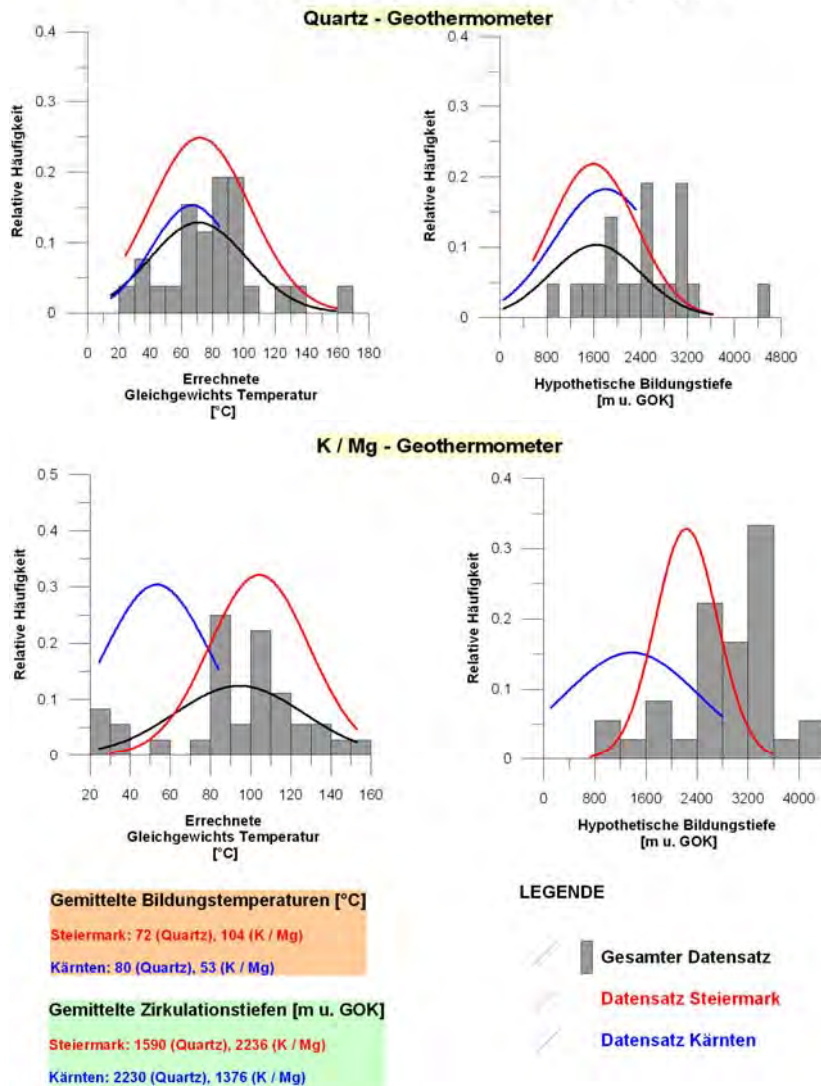


Fig. 7-23 Verteilung der berechneten Bildungstemperaturen und der daraus abgeleiteten maximalen Versenkungstiefen für die Datensätze Steiermark und Kärnten.

Je nach benutzten Verfahren wurden für das Steirische Becken mittlere Gleichgewichtstemperaturen von 72°C bis 104°C und für den Raum Kärnten Temperaturen von 53°C bis 80°C berechnet. Diese Temperaturen korrespondieren unter Annahme der gegenwärtigen geothermischen Verhältnisse mit maximalen Versenkungstiefen für das Steirische Becken von 1590 bis 2236 Meter u. GOK und Versenkungstiefen von 1376 bis 2230 Meter u. GOK für den Raum Kärnten.



Geothermisches Regime Oststeirisches Becken (Gemessene Datensets)

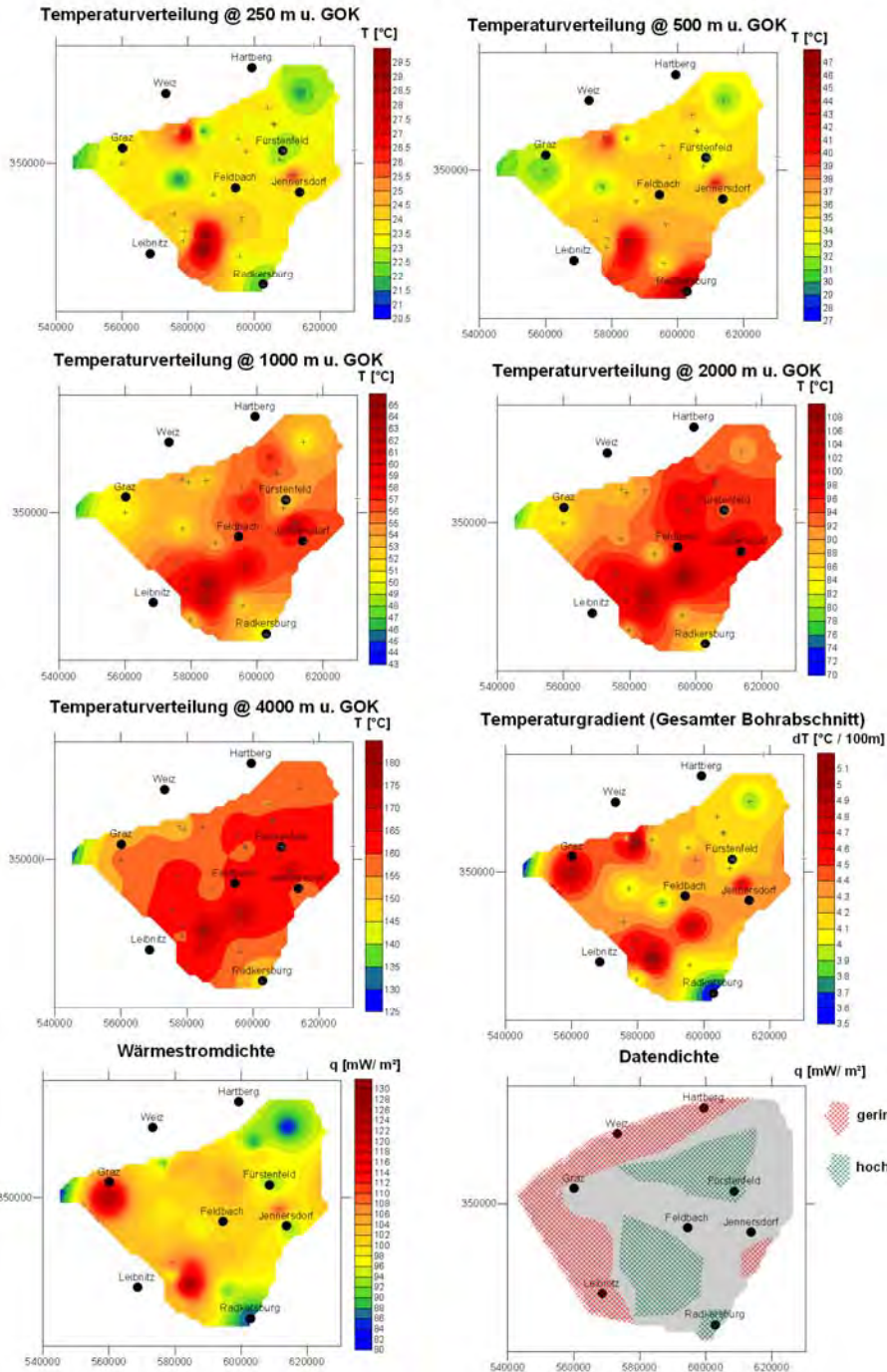


Fig. 7-24

Detailkarten zum geothermalen Regime im Oststeirischen Becken

Darstellung ausgewählter Parameter des geothermalen Regimes im Oststeirischen Becken unter Berücksichtigung der vorliegenden Datendichte. Die dargestellten Rasterdaten setzen sich ausschließlich aus Datensätzen aus dem Steirischen Raum zusammen, wodurch sich in den Randbereichen Unterschiede zu den thermischen Verteilungskarten des Österreichisch – Slowenischen Grenzraums ergeben können.





7.5 Diskussion und Schlussfolgerung

Im Rahmen dieses Abschnitts wird zu nachfolgend aufgelisteten Punkten Stellung genommen, wobei räumlich nur auf den Österreichischen Anteil des Projektgebiets Bezug genommen wird:

- a) Die Verteilung der oberflächennahen Wärmestromdichte
- b) Verteilung der Untergrundtemperaturen in oberflächennahen bis mittleren Tiefenbereichen
- c) Verteilung der Untergrundtemperaturen in großen Tiefenbereichen
- d) Einfluss advektiver Wärmetransportsysteme auf das geothermale Regime

Sämtliche in Zusammenhang gesetzte Aussagen können dem Abschnitt 7.4 entnommen werden. Der Einfluss des Oberflächenreliefs auf das oberflächennahe geothermische Regime soll nicht näher eingegangen werden. In diesem Zusammenhang sei angemerkt, dass Oberflächen Erhebungen zu Dehnungen der Isothermalflächen (Herabsetzung des Geothermischen Gradienten) und Tallagen zu Stauchungen der Isothermalflächen (Erhöhung des Geothermischen Gradienten) führen. Es sei an dieser Stelle jedoch betont, dass dieser Effekt nur in unmittelbarer Umgebung von ausgeprägten Reliefs zu signifikanten Temperatureffekten führt. Demzufolge stellt die Gestalt des Oberflächenreliefs nur einen untergeordneten Wirtschaftlichkeitsfaktor in der geothermischen Nutzung dar.

Zur Verteilung der oberflächennahen Wärmestromdichten

Die aus dem vorliegenden Datensatz berechneten Wärmestromdichten wurden aus den jeweiligen Produkten aus Temperaturgradient und Wärmeleitfähigkeit der untersuchten geologischen Einheiten gemittelt. Die bereits zuvor angesprochene Unsicherheit bei der Zuweisung der Wärmeleitfähigkeiten (Fehlen exakter Messdaten aus dem Österreichischen Anteil des Projektgebiets) sowie die ungleichmäßige Verteilung der thermischen Stützpunkte zieht eine dementsprechende Interpretationsunsicherheit hinsichtlich der Verteilung der Wärmestromdichten mit sich. Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass ein erhöhter thermischer Gradient im Falle thermisch schlecht leitender Materialien nicht zwangsläufig zu einer ebenso erhöhten Wärmestromdichte führt. Die ermittelten Skalenbereiche für das Oststeirische Becken und den Raum Kärnten sind jedoch auf jeden Fall als gesichert anzusehen.

Für das Oststeirische Becken konnte ein mittlerer Wärmestrom von 98 mW/m^2 errechnet werden. Dieser Wert kann als regionaler Hintergrundwert angesehen werden, der durch die bereits in Abschnitt 7.1 angesprochene Hochlage des Erdmantels (entspricht einer verringerten Tiefe der Moho – Diskontinuität, vgl. Lippitsch et al. 2007) verursacht wird. Dieser regionale Hintergrundwert wird von



lokalen Anomaliezonen mit maximalen Störampplituden von etwa $\pm 20 \text{ mW/m}^2$ überlagert. Die Ursachen dieser lokal bis regional begrenzten Anomaliezonen stellen zum einen advective Zirkulationsgebiete (Infiltrations- und Exfiltrationsgebiete zirkulierender Wässer) und zum anderen vermutlich die lokal bis regional variierende tektonisch - sedimentologische Entwicklungsgeschichte des Beckens dar.

Gebiete mit reduzierter Wärmestromdichte sind im Nordosten (Raum Litzelsdorf, Bad Waltersdorf einschließlich Fürstenfeld) sowie im Südosten des Steirischen Beckens (Raum Bad Radkersburg) zu erkennen (siehe auch Abbildung 7-24). Beide Regionen korrelieren zudem mit erniedrigten Temperaturgradienten. Für den nordöstlichen Anteil des Steirischen Beckens könnten zum einen vom Beckenrand infiltrierende Wässer die Ursache der reduzierten thermischen Verhältnisse darstellen. Darüber hinaus ist denkbar, dass der positive geothermische Einfluss der Mantelhochlage gegen den Norden des Steirischen Beckens bereits deutlich abnimmt. Im Raum Bad Radkersburg scheinen ebenfalls zirkulierende Tiefenwässer als Ursache der reduzierten thermischen Verhältnisse in Frage zu kommen. Neben der KW – Bohrung Paldau 1 konnten reduzierte thermische Verhältnisse vor allem in der Thermalwassererschließungsbohrungen Radkersburg 2 bereits ab den tieferen Abschnitten des Neogen beobachtet werden und sind besonders deutlich an den gemessenen Aquifertemperaturen in den erschlossenen mesozoischen Sedimentgesteinen zu beobachten (siehe auch Abbildung 7-15). Lokale bis regionale positive geothermale Anomalien sind im Raum St. Nikolai – Wiersdorf – St. Peter sowie südlich von Graz (Bohrung Puntigam TB3) zu beobachten. Letztere Anomalie ist jedoch keinesfalls als gesichert anzusehen, zumal sie sich nur auf einer unter Thermalwassereinfluss stehenden Bohrung stützt. Die erhöhten Temperaturgradienten im Bereich der Bohrung Puntigam TB3 stehen zweifelsfrei im Zusammenhang mit Tiefenwasserexfiltration am Nordrand des Steirischen Beckens. Ähnliche thermische Beobachtungen konnten in den Bohrungen Ludersdorf 1 und Ludersdorf 2 erzielt werden. Gemäß den zu diesen Bohrungen vorliegenden lithologischen Profilen wurden jedoch geringere Wärmestromdichten errechnet. Die Anomaliezone im Raum Wiersdorf dürfte sich ebenfalls im Einflussbereich einer Tiefenwasserexfiltrationszone in Richtung der Sausal Schwelle, zumal sich die beobachteten erhöhten Wärmeströme sowohl gegen Norden durch die Bohrung Mitterlabill 1 als auch gegen Süden durch die Bohrung Pichla 1 abgrenzen lassen. Im Bezug auf das generelle Verteilungsbild der modellierten Wärmestromdichte lassen sich im Bereich der tiefreichenden Teilbecken von Fürstenfeld und Gnas leicht reduzierte Wärmestromdichten beobachten, etwa nachgewiesen in den Bohrungen Petersdorf 1 oder Fürstenfeld TH1. Diese Reduktion ist jedoch bei weitem weniger stark ausgeprägt als in den zuvor genannten reduzierten Zonen von Litzelsdorf und Bad Radkersburg. Die mächtige tertiäre Sedimentfüllung (rasche Verfüllung mit „kalten“ Sedimenten) kann hierfür in Betracht gezogen werden. Dieser thermische Massenadvektionseffekt ist etwa auch für Depozentren des Wiener Beckens (z.B. Schwechater Tief) anzunehmen. Ein weiterer, hiermit in Verbindung stehender Effekt wäre durch eine lokale Vertiefung der Mantellage durch das Absinken einzelner Schollenfragmente im Bereich der zuvor genannten Teilbecken infolge der Extensionsbewegungen im Steirischen Becken gegeben. Generell lässt sich beginnend im Raum Wiersdorf eine SW – NE streichende Zone erhöhter geothermischer Verhältnisse bis in den Raum Güssing verfolgen (siehe auch Abbildung 7-24). Der steirische Paläovulkanismus dürfte hingegen, wie bereits bei Sachsenhofer (2001) erwähnt, keinen regional bedeutenden Effekt auf das rezente geothermische Regime ausüben, wenngleich im Bereich



der Thermalwasser Bohrung Bad Gleichenberg TH1 ein leicht erhöhter geothermischer Gradient beobachtet werden kann.

Die für den Raum Kärnten - Weststeiermark vorliegenden Kenndaten zum geothermalen Regime erlauben leider nur eine grobe Skizze der regionalen Verhältnisse. Es zeigt sich jedoch eine strukturgeologisch - tektonisch bedingte deutliche Herabsetzung der geothermischen Bedingungen gegen den Kärntner Raum. Bereits am Nordwestrand des Steirischen Beckens im Raum Afling – Köflach wurden geothermale Gradienten beobachtet, die im Bereich des globalen Weltmittels, bzw. sogar knapp darunter liegen. Setzt man die beobachteten Temperaturgradienten gemäß der bekannten Lithologie in Wärmestromdichten um, so lässt sich ein Wertebereich von 50 bis 70 mW/m² errechnen. Ähnliche Beobachtungen wurden auch im Lavanttal (Tiefbohrungen Eitweg, Schilting) gemacht. Auch für diese Region sind mittlere Wärmestromdichten von 60 bis 70 mW/m² berechnet worden. Wärmestromuntersuchungen durch Haenel & Zoth (1973) mit Hilfe von Seebodenmessungen sowie die im Rahmen der Studie TRANSTHERMAL ausgewerteten Bohrungen aus den angrenzenden Regionen Kärntens ergaben durchwegs Wärmestromdichten von 60 bis 75 mW/m². Die Thermalwassererschließungsbohrungen aus den Gebieten Bad Weißenbach, Warmbad Villach und Bad Kleinkirchheim ließen aufgrund des starken Thermalwassereinflusses keine Berechnung von Wärmestromdichten zu. Das geothermische Regime im Raum Kärnten wird in erster Linie durch die mit der Alpenfaltung einhergehende Krustenverdickung, respektive Senkung der Manteloberfläche geprägt. Hierdurch ergibt sich eine gegenüber dem Oststeirischen Becken um etwa 30% reduzierte mittlere Wärmestromdichte von 68 mW/m². Im Bereich hydraulisch gut leitender Gebirgskörper, etwa den Karbonatserien der Karawanken ist eine advektiv bedingte zusätzliche Herabsetzung des Oberflächenwärmestroms anzunehmen. Die im Raum Kärnten wirtschaftlich genutzten Thermalwasservorkommen repräsentieren Störungszonen oder karstgebundene oberflächennahe Exfiltrationszonen, die räumlich eng begrenzte geothermale Anomalien verursachen. Eine Extrapolation geothermalen Verhältnisse in diesen Anomaliezonen auf umgebende Gebiete ist jedoch nicht zulässig.

Zur Verteilung der Temperaturen in oberflächennahen bis mittleren Tiefenbereichen

Aus den Bohrlochtemperaturen, die im Rahmen von TRANSTHERMAL prozessiert worden sind, wurden Sammelp Profile erstellt, die den Verlauf des Geothermischen Gradienten mit der Tiefe für die Regionen Oststeirisches Becken und Raum Kärnten widerspiegeln (siehe Abbildungen 7-17 und 7-18). Es hat sich hierbei gezeigt, dass im Mittel in den obersten 500 Meter unter Gelände deutlich höhere Gradienten auftreten als in den darunter liegenden Tiefenabschnitten.

Für den Datensatz aus dem Raum Kärnten üben vor allem die lokal begrenzten Thermalwasseraustritte (z.B. Bad Kleinkirchheim, Warmbad Villach) einen starken Einfluss auf die beobachteten oberflächennahen Untergrundtemperaturen aus. Für den Raum Oststeiermark wurden zur Erklärungsfindung dieses Phänomens in weiterer Folge Modellrechnungen unter vereinfachten Modellannahmen durchgeführt. Zu diesem Zweck wurden für die wichtigsten geologischen Einheiten des Oststeirischen Beckens theoretisch zu erwartende Geothermische Gradienten auf Grundlage von lithologischen Übersichtsprofilen (Kollmann 1980) unter Annahme eines konstanten



Hintergrundwärmestroms von 98 mW/m² (Mittelwert Datensatz Steiermark) berechnet. Nachfolgende Abbildung 7-25 zeigt das Ergebnis der Modellrechnung:

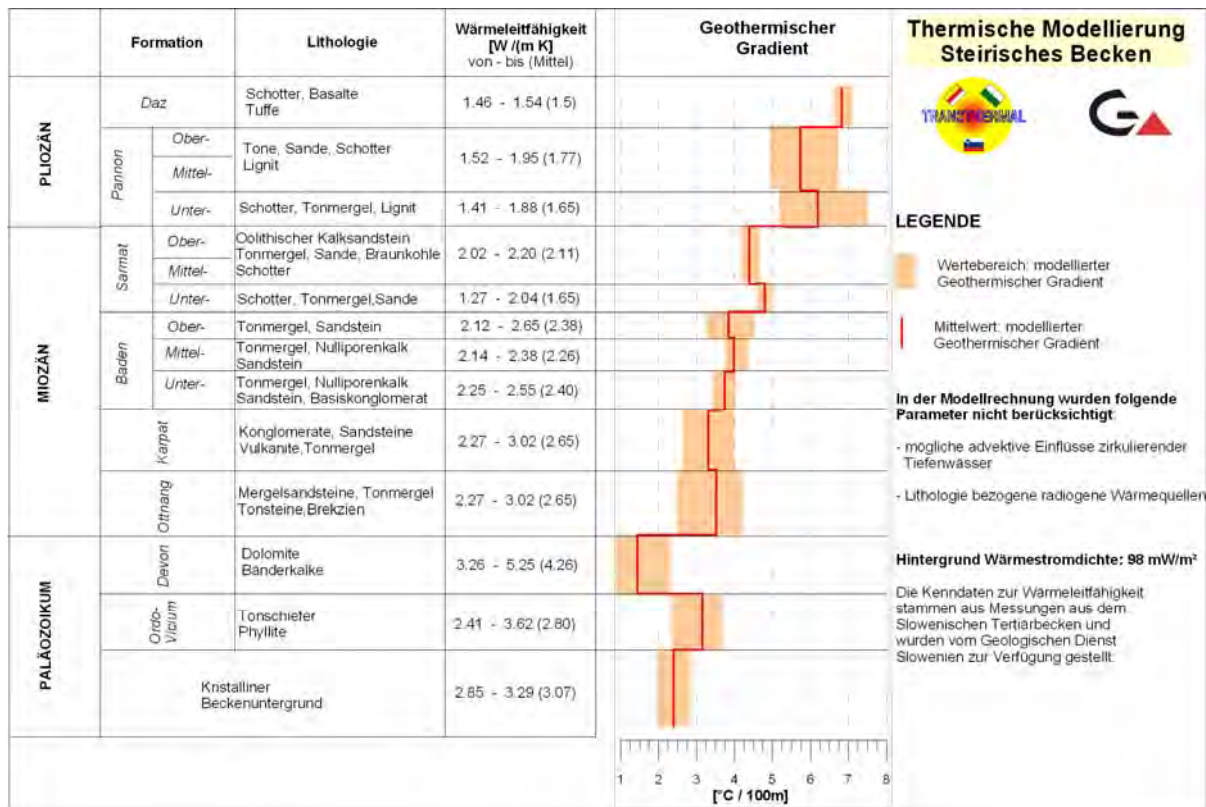


Fig. 7-25 Geothermische Modellierung Steirisches Becken

Auf Grundlage von lithologischen Übersichtsprofilen aus dem Steirisches Becken (entnommen aus Kollmann 1980, überarbeitet) und einer angenommenen Wärmestromdichte von 98 mW/m² (Mittelwert Datensatz TRANSTHERMAL / Steirisches Becken) wurden theoretische Temperaturgradienten für die jeweiligen Formationen berechnet. Die Kenndaten zur Wärmeleitfähigkeit stammen aus dem angrenzenden Slowenischen Becken und wurden vom Geologischen Dienst Slowenien zur Verfügung gestellt. Für das Steirisches Becken selbst konnten im Rahmen des Projekts TRANSTHERMAL keine entsprechenden Kenndaten recherchiert werden. Aufgrund der notwendigen Extrapolation der petrophysikalischen Kenndaten aus dem Slowenischen Becken (Faziesunterschiede zwischen diesen beiden Tertiärbecken) ist diese Modellierung mit einer gewissen Unsicherheit behaftet.

Durch Gegenüberstellung von gemessen und modellierten Geothermischen Gradienten (siehe Abbildungen 7-18 und 7-25) zeigt sich, dass die erhöhte Temperaturzunahme in den obersten Bereichen des Oststeirisches Becken in erster Näherung gut durch ein synthetisches Temperaturmodell auf Grundlage einer rein konduktiven Wärmeausbreitung (Vernachlässigung hydraulischer Zirkulationseffekte) beschrieben werden kann. Erhöhte Temperaturgradienten treten



dieser Modellvorstellung zufolge in thermisch schlecht leitenden Materialien (z.B. Tone, schlecht verfestigte Materialien) auf. Petrophysikalische Referenzwerte aus dem Slowenischen Becken ergaben vor allem für die Ablagerungen des Pannons und jüngeren Zeitstufen geringe Wärmeleitfähigkeiten. Diese Sedimentstufen bauen wiederum in vielen Bereichen des Oststeirischen Beckens die obersten Tiefenabschnitte des Untergrunds auf. Lokal ist jedoch eine advective Beeinflussung der oberflächennahen Untergrundtemperaturen infolge aufsteigender Wässer durchaus anzunehmen. Hinweise auf advective Temperaturbeeinflussung sind in der Gegenüberstellung gemessener Aquifertemperaturen aus hydraulischen Bohrlochtests (DST – Temperaturen) mit dem gemittelten Temperaturverlauf für den Österreichischen Anteil des Projektgebiets zu finden (siehe Abbildung 7-18).

In einem abschließenden Interpretationsschritt werden bereits publizierte Geothermische Karten für das Oststeirische Becken mit den im Rahmen von TRANSTHERMAL prozessierten thermischen Kenndaten verglichen (siehe nachfolgende Abbildungen 7-26 und 7-27).

Im Vergleich der Karte der Geothermischen Tiefenstufe (Zojer 1977) mit dem Datensatz TRANSTHERMAL sind in den Gebieten Paldau – Feldbach sowie im Bereich des Fürstenfelder Beckens deutliche Unterschiede zwischen den bereits publizierten und den neu erarbeiteten Datensätzen zu erkennen (siehe Abbildung 7-26). Für diese Bereiche wurden im Rahmen der aktuellen Datenaufbereitungen niedrigere Geothermale Gradienten bestimmt. Die Übereinstimmung zwischen der publiziert vorliegenden Temperaturverteilungskarte in 1000 Meter Tiefe unter GOK (Rudan & Oszusky 1982) mit den neu erarbeiteten Datensätzen ist hingegen besser. Auch in diesem Vergleich ergeben die neu prozessierten Datensätze für den Bereich des Fürstenfelder Beckens niedrigere Formationstemperaturen in der besagten Tiefe. Die beobachteten Unterschiede zwischen den bereits vorliegenden und den neu erarbeiteten geothermischen Verteilungskarten sind auf die jeweils zu Grunde liegenden Basisdaten zurückzuführen.

Die bereits publiziert vorliegenden Karten von Zojer (1977) und Rudan & Oszusky (1982) beruhen nach Einschätzung des Verfassers im Wesentlichen auf Aquifertemperaturen von Artesern im Oststeirischen Becken. Diese repräsentieren in erster Linie die geothermischen Verhältnisse des oberflächennahen Untergrundes, welche im Allgemeinen, wie zuvor erläutert, über den Verhältnissen des mittleren und tieferen Untergrunds liegen. Durch Extrapolation in die Tiefe lassen sich somit die in Teilbereichen zu beobachtenden erhöhten Formationstemperaturen erklären. Der im Rahmen von TRANSTHERMAL benutzte Datensatz stammt in erster Linie jedoch aus Tiefenbereichen von mehr als 300 Meter u. GOK, hier musste wiederum an die Erdoberfläche extrapoliert werden. Ein vollständiges Abbild der geothermalen Verhältnisse im Steirischen Becken lässt sich somit durch Kombination dieser beiden unterschiedlichen Datensätze gewinnen.



Comparison Existing Temperature Maps vs. Processed Data (Styrian Basin)

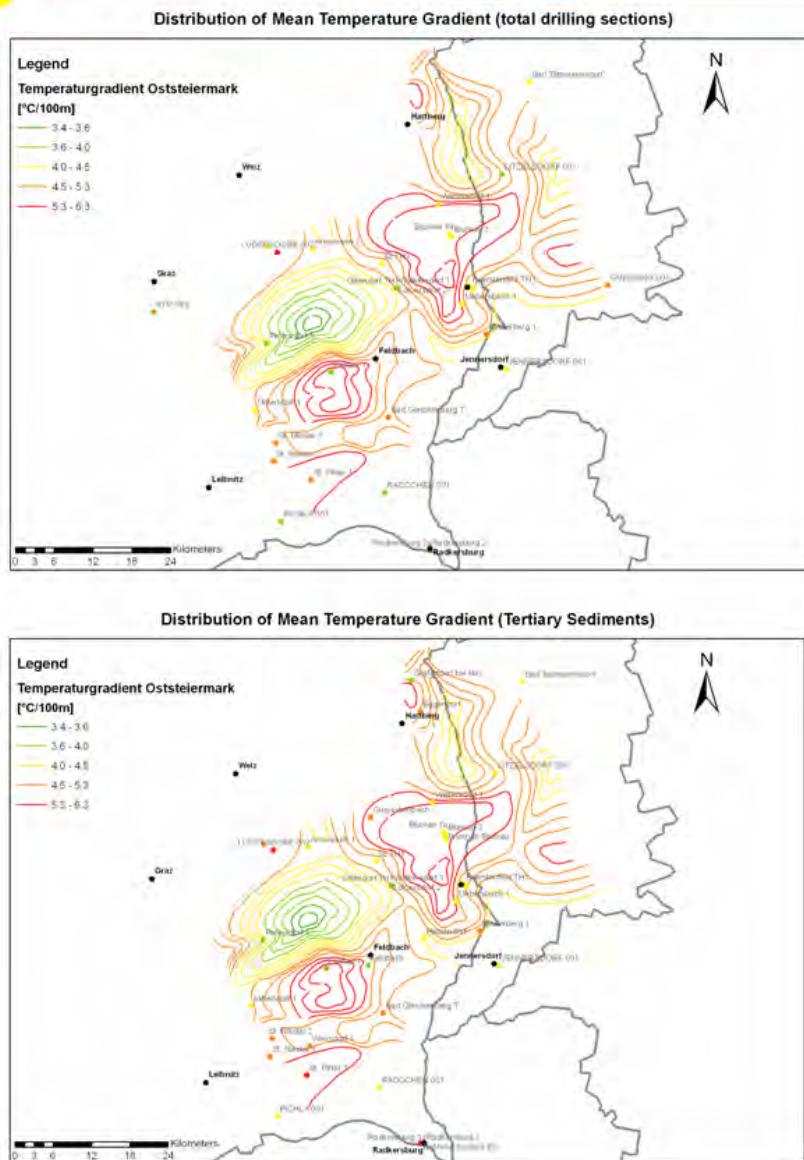


Fig. 7-26

Gegenüberstellung von bereits publizierten geothermischen Karten mit den im Rahmen von TRANSTHERMAL prozessierten Daten am Beispiel des Geothermischen Gradienten für den Raum Südoststeiermark – Südburgenland
Datengrundlage: Karte der geothermischen Tiefenstufe im östlichen Steirischen Becken (Zojer 1977) als farbliche Isothermalen dargestellt. Oben: Temperaturgradient über die jeweils gesamten Bohrlänge gemittelt. Unten: Temperaturgradient über die tertiäre Beckenfüllung gemittelt (jeweils Datensatz TRANSTHERMAL / Oststeirisches Becken). Sämtliche Datensätze sind in einem einheitlichen Farbschema dargestellt.



Comparison Existing Temperature Maps vs. Processed Data (Styrian Basin)

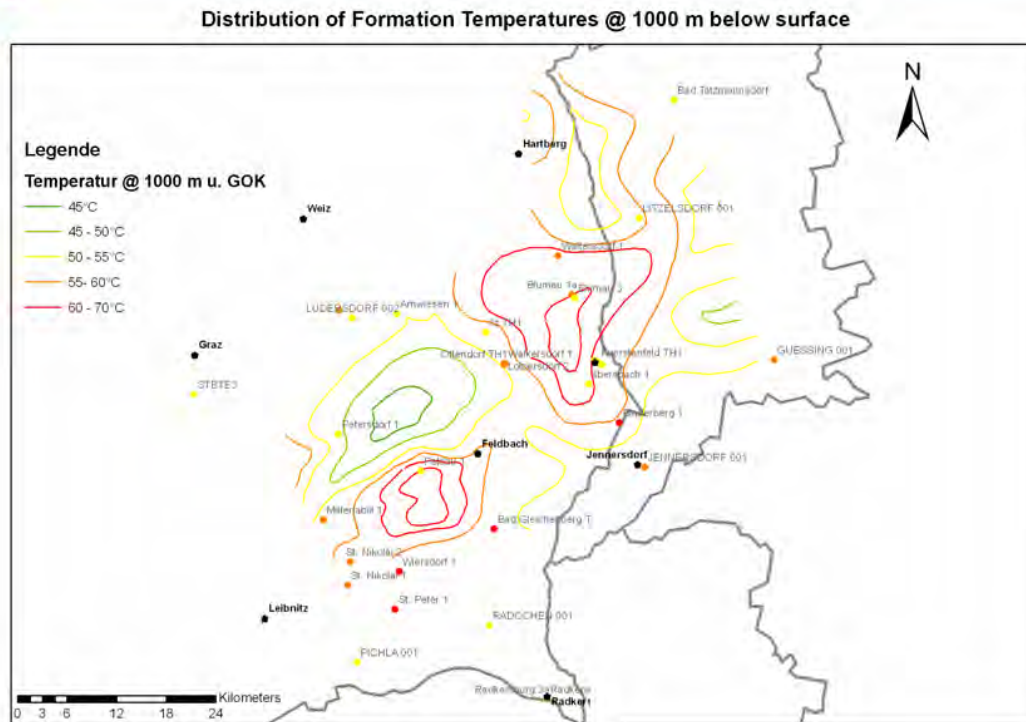


Fig. 7-27 Gegenüberstellung von bereits publizierten geothermischen Karten mit den im Rahmen von TRANSTHERMAL prozessierten Daten am Beispiel der Temperaturverteilung in 1000 Meter Tiefe unter GOK für den Raum Südoststeiermark – Südburgenland

Datengrundlage: Karte der Temperaturverteilung in 1000 Meter Tiefe u. GOK für das östliche Steirische Becken (aus Rudan & Oszusky 1982) als farbliche Isothermale dargestellt. Der Datensatz TRANSTHERMAL wurde als farblich unterlegte Punkte abgebildet. Sämtliche Datensätze sind in einem einheitlichen Farbschema dargestellt.

Zur Verteilung der Temperaturen in großen Tiefenbereichen

Für große Tiefenabschnitte liegen für den Österreichischen Anteil des Projektgebietes nur wenige Messdaten aus dem Oststeirischen Becken vor (z.B. Bohrung Petersdorf 1, Fürstenfeld TH1). Die aus unterschiedlichen Regionen des Beckens zur Verfügung stehenden Messdaten implizieren, dass sich der Geothermale Gradient mit zunehmender Tiefe auf Werte unter $4^{\circ}\text{C} / 100 \text{ m}$ reduziert. Die ermittelten Gradienten streuen zudem in großen Tiefenabschnitten geringer als in seichteren Bereichen.

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der konduktiven Modellrechnung (siehe Abbildung 7-25) ist eine Reduktion der Geothermalen Gradienten infolge einer lithologisch bedingten Erhöhung der



Wärmeleitfähigkeit (kompakte Gesteinspartien) schlüssig. Darüber hinaus ist auch eine advective Beeinflussung des thermischen Regimes in den Depozentren des Tertiärbeckens (z.B. Bohrung Petersdorf 1) durch absteigende Tiefenwässer nicht auszuschließen.

Für den Kärntner Raum liegen keine Messdaten aus Tiefenabschnitten von unter 1000 Meter u. GOK vor. Die Prognose der Formationstemperaturen für große Tiefen erfolgte ausschließlich in Form von Modellrechnungen auf Basis der zuvor bestimmten Wärmestromdichten. Der lithologische Aufbau des Untergrundes (früheres Erreichen von kompaktem Grundgebirge) lässt für diesen Raum Formationstemperaturen von etwa 90°C bis 120°C in 4000 Meter Tiefe unter GOK erwarten. Diesen stehen modellierte Formationstemperaturen von 140°C bis 170°C für das Oststeirische Becken gegenüber.

Zum Einfluss advektiver Wärmetransportsysteme auf das geothermische Regime im Österreichischen Anteil des Projektgebiets

Zur Abschätzung des thermischen Einflusses advektiver Wärmetransportsysteme wurden geothermometrische Berechnungen zur Bestimmung von Bildungstemperaturen und hypothetischen Zirkulationstiefen von Tiefen- und Thermalwässern durchgeführt (siehe Abbildungen 7-20 bis 7-23). Die angewandten Berechnungsmethoden erbrachten in vielen Fällen unterschiedliche Ergebnisse. Für die tertiären Beckenwässer im Oststeirischen Becken erscheint das Kalium – Magnesium Geothermometer (Giggenbach 1988) plausiblere Werte zu liefern. Für die untersuchten Thermalwässer aus dem Kärntner Raum erbrachte hingegen das benutzte Quarz – Geothermometer verlässlichere Ergebnisse. Die Ursache hierfür liegt vermutlich in der Durchmischung der austretenden Thermalwässer mit oberflächennahen Wässern. Für Wasserhorizonte aus dem prätertiären Beckenuntergrund des Steirischen Beckens erbrachten beide Methoden ähnliche Ergebnisse.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass für die Wasserhorizonte des Steirischen Beckens, sowohl im Bereich des Beckenuntergrunds als auch in den tertiären Horizonten mehr oder weniger einheitliche mittlere Bildungstemperaturen von 90°C bis 110°C berechnet worden sind. Unter Annahme einer aktiven hydraulischen Zirkulation ließen sich hieraus gemäß dem rezenten geothermischen Regime sowohl für Wässer der tertiären Beckenfüllung als auch für Wässer aus dem Bereich des Beckenuntergrunds im Mittel maximale Zirkulationstiefen von etwa 2000 bis 2400 Meter unter GOK abschätzen. Aus diesen maximalen Zirkulationstiefen lassen sich in Folge hypothetische hydraulische Zirkulationslängen von 700 bis 1500 Meter für tertiäre Sedimente und ca. 400 bis 700 Meter für das prätertiäre Grundgebirge ableiten. Für nahezu alle untersuchten Wasserhorizonte lag die berechnete maximale Zirkulationstiefe in Bereichen des prätertiären Grundgebirges.

Für in sich geschlossene Aquifersysteme, in denen eine weitreichende Zirkulation fragwürdig erscheint, kann eine passive thermische Zirkulation als Ersatzhypothese in Betracht gezogen werden. In ein solchem Fall läge eine paläothermische Prägung durch erhöhte Paläowärmeströme oder durch eine ursprünglich größere Versenkungstiefe des gesamten Umgebungsgebirges vor. Es ist jedoch



fragwürdig, ob eine solche thermische Prägung bei der späteren Entwärmung des Aquifers nicht durch thermisch bedingte hydrochemische Austauschprozesse verloren gehen würde.

Zusammenfassend kann unter Berücksichtigung der prozessierten Bohrlochtemperaturen für das Oststeirische Becken gefolgert werden, dass advective Wärmetransportsysteme in Bereiche mit ausgeprägten Beckenrelief (Hochlagen, Muldenstrukturen) sowie an den Beckenrändern durchaus einen bedeutenden Einfluss auf das lokale bis regionale geothermische Regime besitzen, wobei Hochzonen in der Regel mit positiven Wärmeanomalien und Muldenstrukturen mit reduzierten Verhältnissen in Beziehung gebracht werden können. Als Voraussetzung gilt das Vorhandensein entsprechender Fließbahnen.

Für die Thermalwassersysteme Kärntens ergaben geothermometrischen Berechnungen Bildungstemperaturen von bis zu 80°C, welche mit hypothetischen Zirkulationstiefen von bis zu 2500 Meter einhergehen. Deutlich erhöhte Bildungstemperaturen wurden vor allem in störungsgebundenen Exfiltrationssystemen (z.B. Wildbad Einöd, Bad Eisenkappel, Bad Weißenbach) errechnet. Etwas niedrigere Werte liegen für jene Wässer vor, die an Karbonatzügen gebunden sind (z.B. Bad Kleinkirchheim, Bad Bleiberg, Warmbad Villach). Abschließend kann gefolgert werden, dass die vorliegenden Daten für den Raum Kärnten hydraulische Zirkulationslängen von mehr als 1500 Meter erwarten lassen. Aufgrund der struktureologischen Rahmenbedingungen sind Thermalwasserzirkulationssysteme in dieser Region vorrangig an Störungszonen oder Verkarstungserscheinungen gebunden und besitzen daher nur einen räumlich eng begrenzten advectiven Einfluss auf das geothermische Regime.



8 Geothermales Potenzial

(Domberger G. & Lapanje A.)

Im Rahmen dieses Kapitels wird versucht, das geothermische Potenzial aus hydrogeologischer Sicht nachvollziehbar zu beschreiben. Konkret wird nur das geothermische Potenzial beschrieben, welches Wasser mit Temperaturen von über 20°C betrifft. Das geothermische Potenzial von seichten Grundwasserkörpern und Erdwärmesonden werden dabei nicht berücksichtigt.

Das Vorliegen von geothermisch begünstigten Zonen ist an das Vorhandensein von wasserführenden Schichten in den erforderlichen Tiefen gebunden.

Für das Vorliegen eines geothermischen Potenzials müssen folgende Anforderungen erfüllt sein:

- Vorliegen einer wasserführenden Schicht in ausreichender Tiefe
- Ausreichende Ergiebigkeit für eine wirtschaftliche Nutzung
- Hydrochemische Eigenschaften dürfen zu keinen schwerwiegenden Nutzungsproblemen führen

Im TRANSTHERMAL - Gebiet liegen grundsätzlich zwei hydrogeologische Typen für die Nutzung von Thermalaquiferen vor. Diese sind:

- Wasserführende Schichten in den Lockersedimenten der neogenen Becken (Sand, Kies, Sandstein)
- Karbonatische, verkarstete oder klüftige Bereiche im Beckenuntergrund

Daher sind Thermalwasseraquifere im TRANSTHERMAL - Gebiet an die neogene (in Einzelfällen paläogene) Sedimentfüllung der Becken und an durchlässige Gesteine im Bereich des Festgesteinsuntergrundes und des Festgesteins gebunden.

Für die Beschreibung des geothermischen Potenzials werden daher folgende Karten herangezogen:

- Relief der Festgesteinsoberfläche (in und außerhalb der Sedimentbecken)
- Lithologische Eigenschaften des Festgesteins und des Beckenuntergrundes



- Mächtigkeit der Abfolge der Sedimente in den Becken
- Lithologie der Sedimentschichten: Aufgrund der Tatsache, dass die Sedimentation im Untersuchungsgebiet sehr wechselhaft und daher heterogen erfolgte, kann keine detaillierte Darstellung des Sedimentaufbaues erfolgen.

8.1 Relief der Festgesteinsoberfläche

Das Relief der Festgesteinsoberfläche resultiert aus einer Zusammenführung des DHM und in Beckenbereichen dem Festgesteinsuntergrund. Die einzelnen Teilbecken wurden z.T. aus verschiedenen Studien und Publikation übernommen und modifiziert und z.T. für das Projekt TRANSTHERMAL neu erarbeitet. Ergänzt wurde die Zusammenführung durch die Tiefbohrungen im Bereich des Untersuchungsgebietes, die den Festgesteinsuntergrund erreicht haben. Diese sind in der GDB verwaltet.

Diese Kompilation stellt das erste zusammenhängende, grenzüberschreitende Relief des Festgesteinsuntergrundes in diesem Bereich dar. In einigen, vor allem inneralpinen Becken liegen kaum Informationen über das Relief des Beckenuntergrundes vor. Hier wurde von Fall zu Fall entschieden, ob die Festgesteinsoberfläche dargestellt wird oder ob aufgrund mangelnder Kenntnisse darauf verzichtet wird. In Abbildung 8-1 sind jene Becken- und Teilbecken ausgewiesen, für die keine Festgesteinsoberfläche dargestellt werden kann.

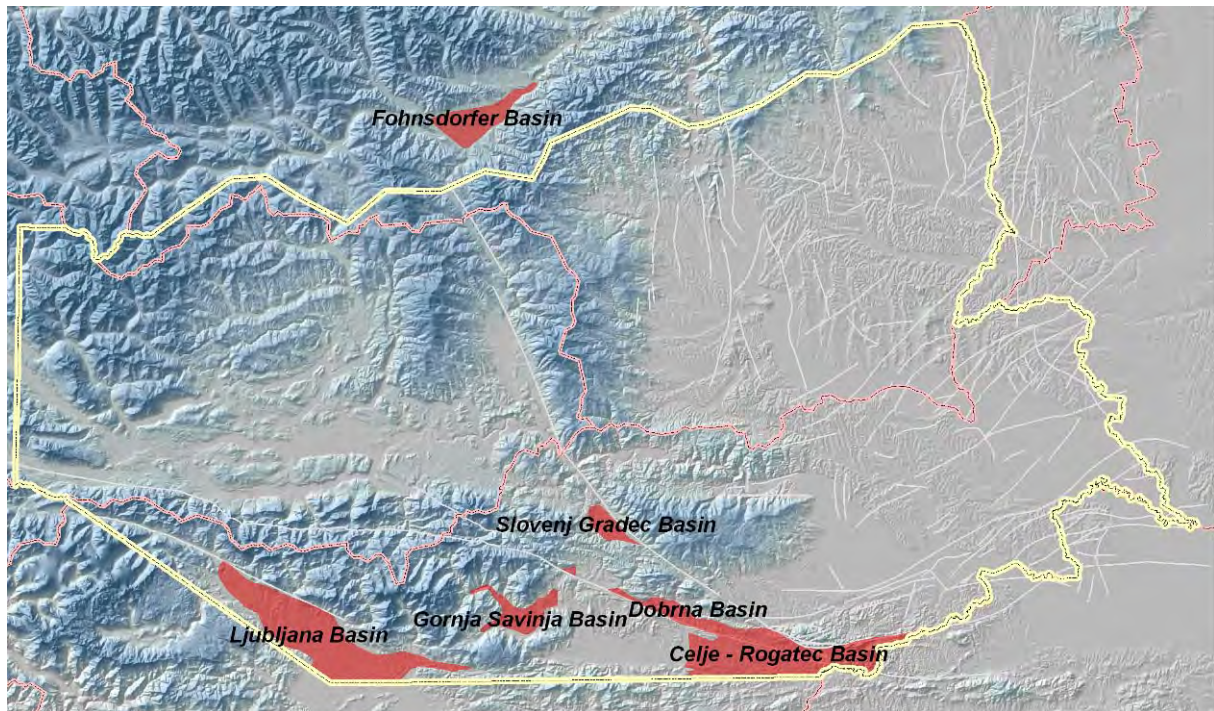


Fig. 8-1 Beckenbereich ohne ausreichende Tiefeninformationen
Beilage 5 zeigt das Relief der Festgesteinsoberfläche im TRANSTHERMAL - Gebiet.

8.2 Lithologischen Einheiten im Bereich des prätertiären Untergrundes

Die Beschreibung der lithologischen Einheiten im prätertiären Festgesteinsuntergrund stellt eine wesentliche Grundlage der Abschätzung geothermischen Potenzials im Festgesteinsuntergrund dar. Im speziellen sind verkarstete oder verkarstungsfähige Gesteine oder klüftige Nichtkarbonate von geothermischer Bedeutung. Neben Dolomiten und Kalken können daher auch Klufftaquifere in kristallinem Untergrund von geothermischer Bedeutung sein.

Beilage 4 zeigt die lithologischen Einheiten.

8.3 Mächtigkeit der Sedimentgesteine in den Becken

Die Mächtigkeit der neogenen und paläogenen Sedimente bestimmt u. a. das Risiko und die Chance für die Existenz von Thermalaquifere und den Erfolg einer Bohrung. Natürlich wird das Potenzial nicht nur von der Mächtigkeit sondern auch von der Permeabilität der Sedimente bestimmt. Da diese aber nur in einzelnen Bohrungen im Detail bekannt sind, wird im Rahmen dieses Projektes keine



Regionalisierung durchgeführt und die Mächtigkeit als maßgeblicher Indikator für die Darstellung des geothermischen Potenzials herangezogen.

Dieser Ansatz geht davon aus, dass hohe Sedimentmächtigkeiten zu einer Erhöhung der Fündigkeitschance und zu höheren erwartbaren Wassertemperaturen entsprechend dem geothermischen Gradienten führen.

Beilage 6 zeigt die berechnete Sedimentmächtigkeit im Projektgebiet. Die Sedimentmächtigkeit wurde aus der Differenz des DHM und dem prätertiären Festgesteinsuntergrund berechnet.

8.4 Geothermisches Potenzial in den Sedimentbecken

Aufbauend auf den zuvor dargelegten Sedimentmächtigkeiten (siehe Kapitel 8.3) war es möglich eine Zonierung einzuführen, welche das diesbezügliche geothermische Potenzial beschreibt.

In Gebieten mit Sedimentmächtigkeiten von weniger als 500 m existiert nur sehr geringes geothermisches Nutzungspotenzial im Sinne der einleitend dargestellten Definition. Unterstellt man einen geothermischen Gradienten von $3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$, so kann in einer Tiefe von 500 m mit einer Temperatur von nur etwa 25°C gerechnet werden. Da die wirtschaftlich nutzbare Wassertemperatur bei etwa 40°C liegt, kann daher im Mächtigkeitbereich bis 500m nicht von einem geothermischen Potenzial im Sinne der Projektzielsetzungen gesprochen werden. Aus diesem Grund ist der Sedimentmächtigkeitsbereich bis 500m in der Beilage 13 (Geothermisches Potenzial in den Sedimenten) nicht dargestellt.

Der Mächtigkeitbereich 500-1000 m lässt Wassertemperaturen bis etwa 40°C erwarten (bei $3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ geothermischen Gradienten). In Gebieten mit höheren geothermischen Gradienten kann von höheren Wassertemperaturen ausgegangen werden. Dieser Übergangsbereich mit relativ geringem geothermischen Potenzial ist in Beilage 13 grün dargestellt.

Zonen mit Sedimentmächtigkeiten über 1000 m weisen aufgrund der Tiefenlage meist ein nutzbares geothermisches Potenzial auf. Natürlich müssen zusätzlich zu Sedimentmächtigkeit permeable Schichten vorliegen.

Ergänzend wurden in Beilage 13 auch die Thermalwassernutzungen in neogenen (in paläogenen Sedimenten existiert keine Nutzung) Sedimenten sowie erfolglose oder ungenutzte Thermalbohrungen dargestellt. Es zeigt sich dass außerhalb der 1000 m-Mächtigkeitzone keine einzige Thermalwassernutzung besteht, womit die gewählte Definition bestätigt wird. Andererseits zeigt sich aber, dass in dieser Zone auch Bohrungen existieren, die nicht genutzt werden bzw. nicht erfolgreich waren.



Im slowenischen Bereich des Untersuchungsgebietes wurden einzelne Bereiche ausgewiesen, die besonders günstige Eigenschaften der neogenen Sedimente erwarten lassen. Weiters wurden aber auch Bereiche ausgewiesen, die zwar höhere Mächtigkeiten als 1000 m haben, aber aufgrund der Kenntnisse des Sedimentaufbaues nicht als Hoffungsgebiete für Thermalwassernutzung anzusehen sind.

Weiters besteht in Ostslowenien ein Bereich, der zwar geothermisches Potential besitzt, aber aufgrund der aktuellen Nutzungsdichte nur eingeschränkt als Gebiet geothermischen Potentials ausgewiesen werden kann.

8.5 Geothermisches Potenzial im Festgesteinsuntergrund

Das geothermische Potenzial des Festgesteinsuntergrundes im Bereich der Sedimentbecken ist an wasserführende Festgesteine im Liegenden der Sedimente gebunden. Daher ist für die Beurteilung des diesbezüglichen geothermischen Potentials die Kenntnis der lithologischen Eigenschaften des Basements erforderlich.

Diese Kenntnis basiert vorrangig auf den geologisch lithologischen Profilen von Tiefbohrungen im TRANSTHERMAL Gebiet. Die Verteilung von Tiefbohrungen, die den Festgesteinsuntergrund erbohrt haben, ist aber sehr unregelmäßig. Zwischen den einzelnen, z.T. sehr weit voneinander entfernten Tiefbohrungen bestehen daher große Unsicherheiten hinsichtlich der Kenntnis der Basementlithologie. In diesen Bereichen kann die Beschreibung des Festgesteinsuntergrundes nur auf Basis von großräumigen, geologischen Modellvorstellungen erfolgen.

Diese "großräumigen" Unsicherheiten werden zusätzlich noch durch kleinräumige Änderungen der Aquifereigenschaften verstärkt. Geologische Störungen und Verkarstungszonen sind erfahrungsgemäß oft kleinräumig begrenzt, sodass Erfolg und Misserfolg einer Bohrung oft sehr nah beieinander liegen (z.B. Im Bereich Bad Radkersburg 3/3a war dies Fall).

Karbonatgesteine sind aufgrund deren hydraulischen Eigenschaften (Verkarstungsfähigkeit, Klüftigkeit) und der damit verbundenen Möglichkeit der Wasserführung im TRANSTHERMAL Gebiet am günstigsten hinsichtlich des geothermischen Potentials zu bewerten.

Nichtkarbonatische Gesteine des Beckenuntergrundes weisen erfahrungsgemäß meist nur Klüftigkeiten mit deutlich geringeren Wasserführungen auf oder sind überhaupt nicht wirtschaftlich nutzbar. Daher sind Bereiche, die keinen karbonatischen Festgesteinsuntergrund erwarten lassen, hinsichtlich des geothermischen Potentials schlechter zu bewerten.

Beilage 14 gibt einen Überblick über das geothermische Potential des Festgesteinsuntergrundes. In Beilage 14 wurden jene Zonen ausgewiesen, die einerseits eine Tiefenlage über 1000m aufweisen



und andererseits die Möglichkeit der Existenz karbonatischer oder klüftiger Gesteinseinheiten anzeigen.

Weiters sind in Beilage 14 bestehende Thermalwassernutzungen und ungenutzte oder nicht erfolgreiche Bohrungen dargestellt. Wenige Bohrungen nutzen mesozoischen Festgesteinsuntergrund, noch weniger nutzen paläozoische Gesteine. Aufgrund der geringen Anzahl der Nutzungen ist kaum eine räumliche Gliederung des geothermischen Potenzials im Festgesteinsuntergrund möglich.

Es kann daher zusammenfassend gesagt werden, dass die Erkundung und Beschreibung des geothermischen Potenzials des Festgesteinsuntergrunds relativ schwierig ist und in jedem Fall von detaillierten Vorerkundungen ausgegangen werden muss.

8.6 Gesamtes geothermisches Potential

Aufgrund der beschriebenen beiden geothermischen Teilpotenziale (Festgesteinsuntergrund, Sedimente) erfolgt innerhalb dieses Berichtsteiles eine Zusammenführung zum gesamten geothermischen Potential.

Der Ansatz geht davon aus, dass Bereiche, die sowohl in der Sedimentabfolge wie auch im Festgesteinsuntergrund geothermisches Potential beinhalten, eine "Verdopplung der Fündigkeitswahrscheinlichkeit" aufweisen, da zwei potentielle Explorationsziele möglich sind. Beilage 15 führt die beiden Teilpotenziale zusammen und weist damit diese beschriebenen Zonen aus.



9 Gegenwärtige Bewirtschaftung geothermaler Ressourcen

(Domberger G. & Lapanje A.)

9.1 Nutzung von Thermalwasservorkommen im TRANSTHERMAL Gebiet

Im Bereich des Untersuchungsgebietes befinden sich zahlreiche Nutzungen von Thermalwasser in Form von Kurbetrieben, Tourismusbädern, Heizanlagen oder kombinierte Nutzungen und Stromerzeugung. Weiters liegen zahlreiche Nutzungen seichterer Wasservorkommen im Rahmen von Trinkwasserversorgungen oder Mineralwasserproduktionen vor.

Die Verteilung dieser Nutzungsstandorte ist ein guter Indikator für das Vorliegen eines geothermischen Potenzials. Bäderbetriebe und Heizanlagen stellen die wenigen Punkte im Untersuchungsgebiet dar, wo ein langfristig nutzbares geothermisches Potenzial nachweisbar vorliegt. Aus diesem Grund kann aufgrund der geografisch-geologischen Verteilung dieser Nutzung schon ein gewisser Hinweis auf das regionale Vorliegen und die Verbreitung des geothermischen Potenzials erkannt werden.

Beilage 8 gibt einen Überblick über die Nutzung von Thermalwasservorkommen im TRANSTHERMAL - Gebiet.

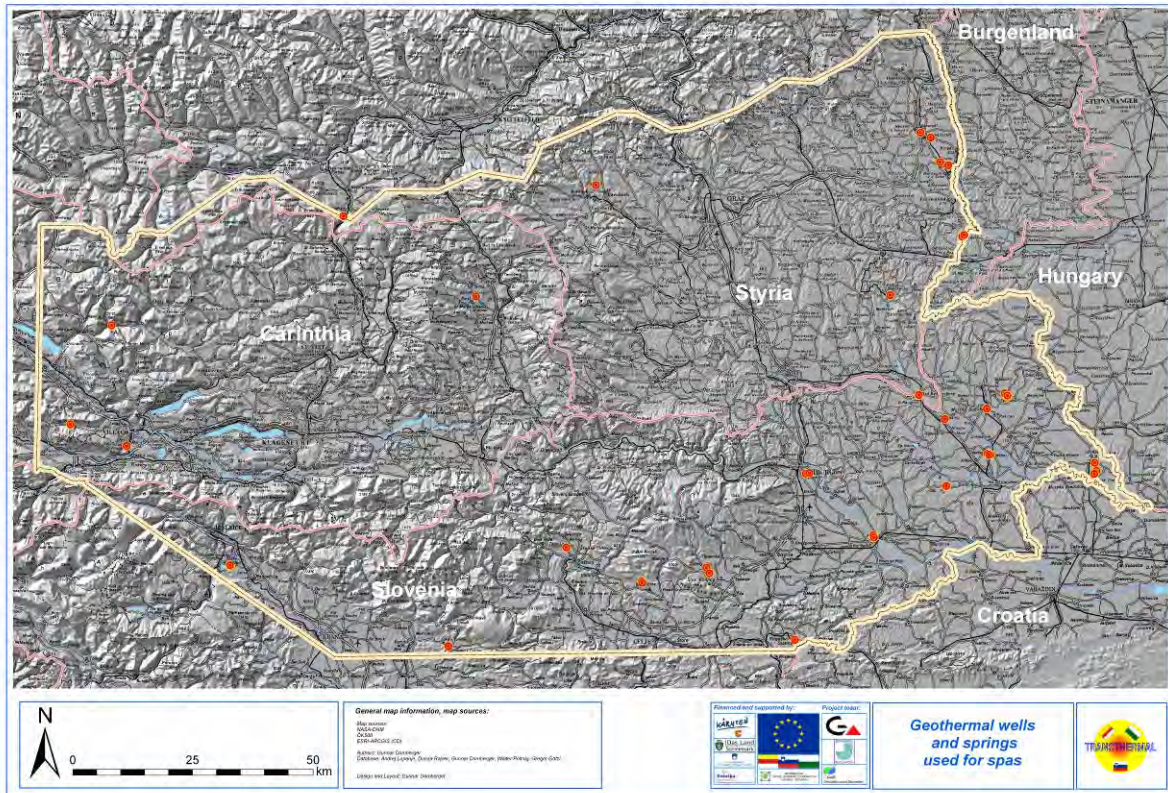


Fig. 9-1 Bäder- und Kurbetriebe im TRANSTHERMAL - Gebiet

9.2 Wassertemperaturen

Die Wassertemperaturen am Bohrungskopf und die Wassertemperaturen von Thermalquellen und Subthermalquellen geben verlässliche Werte der verfügbaren Wassertemperaturen und damit Informationen über die thermischen Eigenschaften des Untergrundes.

Beilage 9 fasst die vorliegenden Wassertemperaturen im TRANSTHERMAL - Gebiet überblicksmäßig zusammen.

Die höchste genutzte Wassertemperatur im TRANSTHERMAL - Gebiet ist etwa 110 °C am Kopf der Bohrung Blumau 2 im Steirischen Becken. Diese Bohrung ist auch die Grundlage für die einzige geothermische Stromerzeugung (mittels Organic Rankine Cycle-Verfahren) im TRANSTHERMAL Gebiet.

Die Wassertemperaturen, welche für die Erstellung von Beilage 9 herangezogen wurden, stellen Einzelmesswerte oder Durchschnittswerte dar. Die möglichen Schwankungen der



Wassertemperaturen in Abhängigkeit der Fördermenge blieben hier unberücksichtigt, da nur von wenigen Standorten Zeitreihen der Wassertemperaturen vorlagen.

Die Messung und Zusammenführung von Zeitreihen der Wassertemperaturen sollte aber in jedem Fall als Grundlage für eine grenzüberschreitende und nachhaltige Bewirtschaftung stattfinden.

9.3 Wassertypen – Hydrochemische Eigenschaften der Wässer

Die hydrochemischen Eigenschaften und die Mineralisierung der Wässer geben Auskunft über die Genese und die geochemischen Rahmenbedingungen der Thermalaquifere. Im Rahmen des Projektes TRANSTHERMAL werden zwar keine detaillierten Untersuchungen und Interpretationen zu den hydrochemischen Eigenschaften der Wässer durchgeführt, es wird aber versucht, einen Überblick über die Vielfalt und die regionalen Unterschiede der Wässer im Untersuchungsgebiet zu geben. Dies erfolgt am einfachsten auf Basis einer Wassertypisierung entsprechend dem Gehalt an den Hauptionen Na, Ca, Mg, HCO₃, Cl und SO₄.

In Beilage 10 ist diese Übersicht dargestellt. Dabei ergibt sich die Typisierung der Wässer anhand der Ionenanteile der genannten Hauptionen gemäß vorliegenden Konzentrationen [mval%]. Typusbestimmend sind in dieser Klassifikation nur Thermalwässer mit mehr als 20mval%. Zusätzlich ist in Beilage 10 auch der Parameter TDS (Gesamtmineralisierung in g/l) angegeben.

Wie erwähnt stellt Beilage 10 nur eine Übersicht dar und kann daher nicht für detaillierte Interpretationen herangezogen werden. Dies auch deshalb, weil neben geografischen Unterschieden der Wassertypen naturgemäß auch vertikale Unterschiede bestehen.

9.4 Förderraten, Quellschüttungen

Die Entnahmeraten und Schüttungsmengen von Bohrungen und Quellen geben eine direkte Information zur Ergiebigkeit von Thermalwasservorkommen. Im Zusammenhang mit der Wassertemperatur geben sie Auskunft über das geothermische Potenzial. Im Rahmen des Projektes TRANSTHERMAL werden nur vorliegende Einzelwerte herangezogen. Von einigen Nutzungen liegen keine diesbezüglichen Informationen vor. Aufgrund des Datenmangels der Förderdaten wurde eine Klassifikation der Förder- und Schüttungsmengen eingeführt, die die tatsächliche Nutzungssituation im Überblick sehr gut abbildet.

Die Klassifikation der Fördermenge erfolgte in den drei Gruppen <5 l/s, 5-15 l/s und >15 l/s.



Da die Entnahmemengen und die Schüttungen der Quellen verschiedenen Schwankungen unterliegen und verlässliche Detailinterpretationen nur anhand von Zeitreihen der Förderdaten (Pumprate und Druck, Quellschüttungen) möglich sind, kann Beilage 11 nur als Überblick herangezogen werden. Für die Bearbeitung detaillierter hydrogeologischer Fragestellungen sind Zeitreihen erforderlich, die im Rahmen entsprechender Monitoringsysteme erhoben werden müssen.



10 Schlussfolgerungen

(Domberger G. & Götzl G.)

Im Rahmen des Projekts TRANSTHERMAL wurde versucht, das geothermische Potenzial in der zuvor angesprochenen Region zu analysieren und darzustellen. Dabei wurde nur das tiefe geothermische Potenzial mit Fokus auf natürliche Thermalwasservorkommen berücksichtigt.

Der Betrieb oberflächennaher Erdwärmeanlagen (z.B. Grundwasser-Wärmepumpe, Erdwärmekollektoren) ist nur indirekt von dem lithologischen Aufbau des Untergrunds abhängig (erhöhte Erschließungskosten beim Durchörtern von kompakten Grundgebirge). Hydrologische Rahmenbedingungen, insbesondere Konflikte mit der Wasserwirtschaft, spielen jedoch eine nicht vernachlässigbare Rolle. Dem Betrieb oberflächennaher Erdwärmeanlagen wurde im Rahmen der Temperaturverteilungskarte für eine Tiefe von 250 Meter unter Gelände Rechnung getragen.

Das geothermische Potenzial ohne die Entnahme von Wasser aus dem Untergrund (Hot Dry Rock Technologie) ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht wirtschaftlich umsetzbar. Die zukünftige Wirtschaftlichkeit derartiger Anlagen ist in erster Linie von der Erschließungstiefe heißer Gesteine abhängig (Steuerung der Bohrkosten). Um dennoch diesem zukünftigen geothermalen Nutzungspotenzial Rechnung tragen zu können, wurden im Rahmen der Studie TRANSTHERMAL Tiefentemperaturkarten für Tiefenbereiche bis zu 4000 Meter unter Gelände erarbeitet (siehe Beilage 12).

Ausgehend von der grenzüberschreitenden Darstellung der geologischen Rahmenbedingungen und zusammenführenden Bearbeitung der geologischen Datenbasis (geologische Karten, geologische Profile) erfolgte eine Analyse des geothermischen Potenzials im TRANSTHERMAL Gebiet.

Die Darstellung des geothermischen Potenzials auch im Sinne zukünftiger Nutzungsmöglichkeiten erforderte neben der Analyse der geothermischen Rahmenbedingungen auch eine Darstellung der derzeitigen Nutzungssituation (Thermalbäder, Heizungen, Stromproduktion).

Zentrales Bearbeitungswerkzeug des Projekts TRANSTHERMAL bildete eine eigens angelegte Projektdatenbank, welche mit der GIS-Software ARCGIS 9.2 verknüpft worden ist. Mit Hilfe dieser Kombination war eine effiziente Projektbearbeitung und Ergebnisdarstellung möglich. Die Verbreitung der erzielten Ergebnisse erfolgt im Rahmen einer Datenbank unterstützten, interaktiven Internet Applikation

Mit Hilfe der Überlagerung und Kombination verschiedener geologischer Information und geothermischer Untergrundeigenschaften, sowie die Einbeziehung von Bestandsbohrungen und Thermalwassernutzungen wurde ein nachvollziehbares Kartenwerk erstellt.



Ein umfassendes Kartenwerk bildet neben dem vorliegenden Bericht das eigentliche und zentrale Ergebnis des Projektes TRANSTHERMAL. Aus diesem Grund werden die erstellten Karten im Folgenden zusammenfassend dargestellt. Die Karten liegen dem Bericht als Beilage 1 bis Beilage 15 bei:

- Die geologische Karte bildet eine wesentliche Grundlage für die Analyse des geothermischen Potenzials und ist eine neue, im Projekt TRANSTHERMAL entwickelte und vereinheitlichte, grenzüberschreitende geologische Karte. Die geologische Karte wurde dreisprachig (slowenisch, deutsch, englisch) umgesetzt.
- Aus der geologischen Karte wurde auf Basis einer Vereinheitlichung der Attribute eine Übersichtskarte der tektonischen Großeinheiten erstellt. Diese bildet eine Grundlage für die Darstellung des geothermischen Potenzials im Beckenuntergrund.
- Zur Veranschaulichung der geologischen Strukturen wurden sieben geologische Schnitte erstellt.
- Die Lithologie des präneogenen Festgesteinsuntergrundes stellt in Zusammenhang mit der Tiefenlage des Grundgebirges in den Beckenbereichen den bestimmenden Faktor der Aquifereigenschaften und damit auch des geothermischen Potenziales im Festgesteinsuntergrund dar.
- Das Relief des prätertiären Festgesteinsuntergrundes in den Beckenbereichen und die daraus errechneten Sedimentmächtigkeiten bilden eine weitere wesentliche Grundlage der Darstellung des geothermischen Potenzials in den Sedimenten der Beckenfüllung sowie im Festgesteinsuntergrund.
- Die Karten „Tiefbohrungen und natürliche Thermalquellen“, „Derzeitige Nutzung von Thermalwässern“, „Wassertemperaturen bei Thermalbohrungen und Thermalquellen“, „Hydrochemische Typisierung der Wässer“ und „Thermalbohrungen und Thermalquellen – Fördermengen und Schüttungen“ bildeten die Grundlage für die Analyse der derzeitigen Nutzung und der Darstellung des geothermischen Inventars.
- Die thermischen Eigenschaften des Untergrundes wurden in den Karten „Verteilung der Tiefentemperaturen“ und „Verteilung des Oberflächenwärmestroms“ zusammenfassend dargestellt.

Die Zusammenführung der obigen Karten zur Darstellung des geothermischen Potenzials im TRANSTHERMAL Gebiet erfolgte in folgenden 3 Ergebniskarten:

- Geothermisches Potenzial in tertiären Sedimenten (Neogen / Paläogen)
- Geothermisches Potenzial im Festgesteinsuntergrund
- Gesamtes geothermisches Potenzial (Sedimente und Festgesteinsuntergrund)

Das geothermische Potenzial gliedert sich grundlegend entsprechend den geologisch lithologischen Rahmenbedingungen in das geothermische Potenzial im Festgestein (Beckenuntergrund oder anstehendes Grundgebirge) sowie in das der sedimentären Beckenfüllung.



Durch Überlagerung dieser beiden geothermischen „Teilpotenziale“ wurde ein geothermisches „Gesamtpotenzial“ abgeleitet, welches letztendlich Gebiete mit günstigen geothermischen Untergrundsverhältnissen anzeigt. Geothermische Höffigkeitsgebiete liegen vorrangig in den Beckenbereichen des Projektgebiets vor, da hier ein erhöhter geothermischer Gradient gepaart mit günstigen geologisch lithologischen Rahmenbedingungen anzutreffen ist. In den Bereichen außerhalb der Sedimentbecken kann das geothermische Potenzial oft nur unzureichend beschrieben werden, da hier nur einzelne Tiefbohrungen existieren. Prinzipiell sind auch in diesen Gebieten geothermische Nutzungsmöglichkeiten basierend auf natürlichen Thermalwässern nicht auszuschließen. Erfolgreiche Wirtschaftsbeispiele hierfür stellen zum Beispiel die Thermalwasserbäder von Bad Kleinkirchheim (Kärnten) und Bad Bleiberg (Kärnten) dar. Das Erschließungsrisiko ist in diesen Regionen gegenüber Beckenbereichen als erhöht und das geothermische Potenzial aufgrund erhöhter Mächtigkeiten der Erdkruste als reduziert einzuschätzen. Umgekehrt ist jedoch auch zu beachten, dass in Gebieten mit bereits ausgewiesenem, erhöhtem geothermischen Potenzial erst eine Erkundungsbohrung die prognostizierten Verhältnisse bestätigen oder ausschließen kann. Prognoseunsicherheiten, die auf den prinzipiell gegebenen, heterogenen geologischen Rahmenbedingungen beruhen, sind im Fall von geplanten Neuerschließungen nur mit Hilfe von entsprechenden Detailerkundungen (hydrogeologische Vorstudie, geophysikalische Messungen) relativierbar. Dies führt schlussendlich zu einer exakten Abschätzung des Erschließungsrisikos. Weiters ist auf Zonen innerhalb des Projektgebietes zu achten, die aufgrund der schon existierenden Thermalwassernutzungen zusätzliche Erschließungen nur mehr eingeschränkt erlauben. Gebiete mit hoher Erschließungsdichte existieren in Ostslowenien sowie im steirisch- burgenländischen Grenzraum.

Ungeachtet des geologisch bedingten Fündigkeitsrisikos natürlicher Thermalwässer bildet die regional unterschiedliche Zunahme der Temperatur mit der Tiefe einen wirtschaftlichen Limitationsfaktor. Bohrkosten stellen in der tiefen Geothermie einen wesentlichen Kostenanteil dar, der wiederum im Wesentlichen von den zu überwindenden Bohrtiefen abhängig ist. Aufgrund des erhöhten Aufwands hinsichtlich der Bohrtechnik (erhöhter Bohrdiameter, Anlagen mit hoher Hackenlast, Betriebssicherheit etc.) nehmen Bohrkosten sprunghaft mit der Erschließungstiefe zu. Betrachtet man die Verteilung der Tiefentemperaturen im Projektgebiet am Beispiel der 90°C Isotherme (faktische Untergrenze der geothermalen Stromgewinnung mittels ORC Technik), so stehen Erschließungstiefen von 1700 bis 2200 Meter unter Gelände im Bereich des Oststeirischen Beckens geschätzten Erschließungstiefen von 3000 bis 3500 Meter unter Gelände im Raum Kärnten gegenüber. Setzt man die prognostizierten Bohrtiefen in Bohrkosten um, ist für den Raum Kärnten alleine aus der sich ergebenden erhöhten Bohrlänge, ungeachtet des zusätzlichen geologischen Kostenaufwands beim Durchfahren von hartem Grundgebirge, ein finanzieller Mehraufwand in der Höhe von 250% bis 300% gegenüber dem Raum Südoststeiermark zu erwarten.

Abschließend kann zusammenfassend festgestellt werden, dass einige Regionen des TRANSTHERMAL Gebiets, allem Voran der Bereich des Oststeirischen Tertiärbeckens, aufgrund der geologischen, hydrogeologischen und geothermischen Rahmenbedingungen eindeutig günstige Voraussetzung für die energetische oder balneologische Nutzung von Thermalwasser besitzen. Die geogenen Voraussetzungen zur Gewinnung geothermaler Energie sind sowohl im Weststeirischen Becken als auch in dem überwiegendem Anteil von Kärnten als mäßig zu beurteilen. Die Gewinnung



von Wärme und Strom auf Grundlage der Erschließung natürlicher Thermalwässer weist in diesen Regionen trotz Beispiele erfolgreicher Versorgung von Thermalbädern (z.B. Therme Köflach, Therme Bad Kleinkirchheim) ein erhebliches Fündigkeitsrisiko auf. Lediglich in einzelnen Beckenregionen (z.B. Lavanttal) ist aufgrund mächtiger Sedimentkörper mit einer mäßigen Verringerung des Fündigkeitsrisikos zu rechnen.

Die vorliegende Studie ist als Übersichtsstudie zu interpretieren, kann aber die Erfordernis von weiterführenden, detaillierten Standortuntersuchungen grundsätzlich nicht ersetzen.



11 Literaturnachweis

AIGNER H. (1986): Bau und Anwendung eines Infrarot - Meßgerätes zur Lösung geophysikalischer Problemstellungen, Leobener Hefte zur Angewandten Geophysik Bd. 1, S. 117 – 128, Leoben.

CERMAK V., HURTIG E., 1979: Heat Flow Map of Europe, Enclosure for Terrestrial Heat Flow in Europe, ed. By Cermak V. & Rybach L., Springer Verlag, Berlin Heidelberg.

D' AMORE F., SCANDIFFIO G., PANICHI C., 1983: Some observation on the chemical classification of Ground Water, Geothermics vol. 12, pp. 141 – 148, Oxford.

DOMBERGER, G. (2005): 3D-Visualisierung der Thermalwasserprovinz im Bereich der Oststeiermark und des Südburgenlandes, Vortrag im Rahmen des Geothermieforums 2005 in Graz 9.3.2005, Graz.

DOMBERGER G., ERHART-SCHIPPEK W., KRIEGL C., MEYER J., NIEDERBACHER P., SCHREILECHNER M., VASVARI V., 2004: Hydrogeologische Grundlagen für eine nachhaltige Nutzung der Tiefengrundwässer im Bereich des Oststeirischen und Pannonischen Beckens, Unveröffentlichter Bericht im Auftrag des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung, Amtes der Burgenländischen Landesregierung, Bundesministerium für Lnad- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit - Vorversion, 523 S., Graz.

DOMBERGER, G. (2006): Hydrogeological Investigations for a Sustainable use of the Deep Groundwater Resources in the Styrian and Pannonian Basin / Workshop: "Neogene of Central and South-Eastern Europe", 17.5.2007 – 21.5.2007, Kapfenstein.

EBNER, F., SACHSENHOFER, R. F. (1991): Die Entwicklungsgeschichte des Steirischen Tertiärbeckens, Landesmuseum Joanneum, Abt. Geol. und Paläont., Graz.

EBNER, F. SACHSENHOFER R. (1995): Paleogeography, subsidence and thermal history of the Neogene Styrian Basin (Pannonian Basin System. Austria).

FOURNIER R.O. (1977): Chemical Geothermometers and Mixing Models for Geothermal Systems.





FOURNIER R.O., TRUESDELL A. H., 1977: An empirical Na-K-Ca geothermometer for natural waters, *Geochimica et Cosmochimica acta* vol. 37, pp.1255 – 1275.

FLÜGEL, H.W. (1961): Die Geologie des Grazer Berglandes (Erläuterungen zur Geologischen Wanderkarte des Grazer Berglandes 1:100000 [non]. Mitt. Mus. Bergbau Geol. Technik Landesmus. Joanneum Graz. Volume 23. p 1-212, Graz.

FLÜGEL, H.W. (1972): Das Steirische Neogenbecken [K 8] p 199-227, Graz.

FLÜGEL H.W. (1988): Geologische Karte des prätertiären Untergrundes.- Geologische Themenkarten der Republik Österreich, Steirisches Becken – Südburgenländische Schwelle 1:200.000.- Geol. B.-A., Wien.

FLÜGEL, H.W., NEUBAUER F. (1984): Geologische Karte der Steiermark, 1: 200.000, Geologische Bundesanstalt, Wien.

GIGGENBACH W. F., 1988: Geothermal solute equilibria, derivation of Na-K-Mg-Ca geoindicators, *Geochimica et Cosmochimica Acta* vol. 52, pp. 2749 - 2765.

GRAF F., KOHL T., MEGEL T., RYBACH L., FUCHS R., 2001: Hydraulic-Geothermal Modelling of Koralm Tunnel into Rock Mass Classification, *Felsbau* Bd. 19/6 S. 54-59, Salzburg.

HAENEL R., ZOTH G., 1973: Heat Flow Measurements in Austria and heat flow maps of central Europe, *Zeitschrift für Geophysik* Bd. 39, Würzburg.

LIPPITSCH R., BEHM M., BRÜCKL E., 2007: Die Moho: Grenze zwischen Erdkruste und Erdmantel, in: *Geo-Atlas Österreich – Die Vielfalt des geologischen Untergrunds* (Hofmann Th. & Schönlaub H.P., eds.) Böhlau Verlag, Wien.

HOCHSTEIN, P. M., 1988: Assessment and Modelling of Geothermal Reservoirs (Small Utilization Schemes), *Geothermics* vol. 17/1, pp. 15 – 49, Oxford.



HORNER, D. R., 1951: Pressure Build-Up in Wells, Proceedings Third World Petroleum Congress – Section 11, pp. 503 – 521, The Hague.

HURTER, S., HAENEL, R. (EDS.), 2002: Atlas of Geothermal Resources in Europe – European Commission, Research Directorate-General, Publ.No. 17811 Luxembourg.

KRÖLL, A., FLÜGEL H.W., SEIBERL W. ET AL. (1988): Erläuterungen zu den Karten über den prätertiären Untergrund des Steirischen Beckens und der Südburgenländischen Schwelle, Geologische Bundesanstalt, Wien.

JELEN, B., RIFELJ H., BAVEC, M., RAJVER, D., 2006: Definition of the so far existing conceptual geological model of »Mura depression«. Unpublished report (in Slovene), Geological Survey of Slovenia.

KAHLER, F., 1986: Diverse Untersuchungen zu Bad Weissenbach 1979 - 1986, aus: Franz Kahler Nachlass, Geologische Bundesanstalt, Wien.

KAHLER, F., 1987: Bericht über geothermische Messungen im Bereich von Warmbad Villach 1972-1987, aus: Franz Kahler Nachlass, Geologische Bundesanstalt, Wien.

KOLLMANN, K. (1965): Jungtertiär im Steirischen Becken [K 8]. Mitt. Geol. Ges. Wien. Volume 57. p 479-632, Wien.

KOLLMANN K., 1980: Steiermark und Burgenland, Veröff. aus d. naturhistorischen Museum Wien – Neue Folge, Bd. 19 C, Wien.

LACHENBRUCH A.H., BREWER M. C. 1959: Dissipation of the temperature effect of drilling a well in Arctic Alaska, Geological Survey Bulletin Vol. 1083 C, pp. 73-109, Washington.

LEBLANC Y., PASCOE L.J., JONES F. W., 1982: A comparison of two methods of estimating static formation temperature from well logs, Geophysical Prospecting Vol. 30, pp. 348 – 357.

PAHR A. (1984): Erläuterungen zur Geologischen Karte der Republik Österreich, Blatt 137 Oberwart, Geologische Bundesanstalt, Wien.





- PILLER W.E. (2003): High Resolution Sequence Stratigraphy of Upper Sarmatian and Lower Pannonian Units in the Styrian Basin, Austriaca, Österreichische Akademie der Wissenschaften, Schriftenreihe der Erdwissenschaftlichen Kommission, Verlag Österreichische Akademie der Wissenschaften, Wien.
- POLESNY H., WEBER F. 1975: Die geologischen u. geophysikalischen Grundlagen der Erschließung geothermaler Energie in der Steiermark, Leoben.
- POLJAK M., 2007a: Structural-tectonic map of Slovenia in the scale 1:250.000, Geological Survey of Slovenia.
- POLJAK M., 2007b: Structural-tectonic map of Slovenia in the scale 1:250.000 (explanatory notes), Geological Survey of Slovenia.
- PREMRU U. (2005): Tektonika in Tektogeneza Slovenije, 518 S., with appendix tectonic map of Slovenia (2006) Geološki Zavod Slovenije, Ljubljana.
- RAJVER, D., KRALJ, P., ŽLEBNIK, L., DROBNE, F., KRANJC, S., 1994: Structural map of Mura depression, in scale 1 : 100 000. Project: Programme for the efficient energy use and use of renewable energy sources. Unpublished report (in Slovene), Institute for Geology, Geotechnics and Geophysics.
- RUDAN, P., OSZUSKY, F., 1982: Hoffungsgebiete geothermischer Energie in Österreich. Dokumentation Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein (SIA) Bd. 59, Zürich.
- SACHSENHOFER R., 2001: Syn- and post-collisional heat flow in the Cenozoic Eastern Alps, Geologische Rundschau Bd. 90, S. 579-592, Stuttgart.
- SACHSENHOFER R.F., SPERL H., WAGINI, A. (1996): Structure, development and hydrocarbon potential of the Styrian Basin (Pannonian Basin system, Austria).- in: WESSELY, G & LIEBL, W.(eds): Oil and Gas in Alpidic Thrustbelts and Basins of Central and Eastern Europe, EAGE Special Publication No. 5, 393-414.
- SCHMID M.S., FÜGENSCHUH B., KISSLING E. & R. SCHUSTER 2004: Tectonic map and overall architecture of the Alpine orogen.- Eclog. Geol. Helv., 97/1, S. 93-117, Basel.



SCHUSTER R. (2003): Das eo-Alpine Ereignis in den Ostalpen: Plattentektonische Situation und interne Struktur des Ostalpinen Kristallins.- Arbeitstagung 2003: Blatt 148 Brenner, S 141-159, Geol. B.-A., Wien.

TSCHERNIG R. (2003): Die geothermische Tiefenstufe in Bleiberg, Carinthia II Bd. 3, S. 118 – 120, Klagenfurt.

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, Verhandlungen der Geol. B.A. Bd. 1977, S. 393 – 403, Wien.



Beilagenverzeichnis

- BEILAGE 1: Geologische Übersichtskarte 1:200.000, Autoren: Poltnig W. und Budkovič T.
- BEILAGE 2: Übersicht über die Tektonischen Einheiten 1:300.000, Herausgeber: Poltnig W., Budkovič T. und Schuster R.
- BEILAGE 3: Geologische Profilschnitte 1:200.000 & 1:50.000, Autoren: Poltnig W. und Budkovič T.
- BEILAGE 4: Präneogenes Grundgebirge 1:300.000, Autoren: Poltnig W. und Budkovič T.
- BEILAGE 5: Relief des Prätertiären Festgesteinsuntergrundes / Festgesteinsrelief, Autoren: Domberger G. und Janza M.
- BEILAGE 6: Mächtigkeit der tertiären Sedimente, Autoren: Domberger G. und Janza M.
- BEILAGE 7: Tiefbohrungen und natürliche Thermalquellen, Autor: Domberger G.
- BEILAGE 8: Derzeitige Nutzung von Thermalwässer , Autor: Domberger G.
- BEILAGE 9: Wassertemperaturen bei Thermalbohrungen und Thermalquellen, Autor: Domberger G.
- BEILAGE 10: Hydrochemische Typisierung der Wässer, Autor: Domberger G.
- BEILAGE 11: Thermalbohrungen und Thermalquellen – Fördermengen und Schüttungen, Autor: Domberger G.
- BEILAGE 12: Verteilung der Tiefentemperaturen (Referenziefen 250, 500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 4000 Meter unter GOK) und Verteilung des Oberflächenwärmestroms, Autoren Rajver D. und Götzl G.
- BEILAGE 13: Geothermisches Potenzial in tertiären Sedimenten (Neogen / Paläogen) , Autoren: Domberger G., Poltnig W. und Lapanje A.
- BEILAGE 14: Geothermisches Potenzial (Festgesteinsuntergrund) , Autoren: Domberger G., Lapanje A. und Poltnig W.
- BEILAGE 15: Geothermisches Potenzial (Sedimente und Festgesteinsuntergrund) , Autoren: Domberger G., Lapanje A. und Poltnig W.



Literaturspiegel

DB_ID	AUTHOR	TITLE	YEAR	Number of Data-Sources
AUT	Anderle N., Gattinger T. E., Boroviczeny F.	Warmbad Villach: hydrogeologisches Gutachten	1972	2
AUT	Arbeitsgemeinschaft für geothermische Energie	Bericht über die wissenschaftliche Betreuung und hydrogeologische Auswertung der Messungen beim Test 1 im Rahmen des Geothermie Projekts Waltersdorf	1976	1
AUT	Beck-Mannagetta P.	Eine verlorengegangene Therme im Lavanttal	1975	1
AUT	Bergmann H., Mikos D., Vasvari V.	Hydrologische Monographie d. Einzugsgebietes d. Oberen Raab	1996	1
AUT	Böchzelt B., Goldbrunner J.	Bohrungen Geothermie FF1 und FF2 auf Gst. Nr. 920/6 und 1498/1 - Bohr- und Testphase - Abschlußbericht	2000	2
AUT	Clar E.	Einige Daten der Thermalquelle Bad Kleinkirchheim	1976	2
AUT	Clar E., Kollmann W., Gamerith W., Gruber et al.	Interdisziplinäre geowissenschaftliche Untersuchungen zur Beurteilung von Einzugsgebiet, Herkunft, Verweilzeit und Vorräten von Thermalwasservorkommen am Beispiel Bad Kleinkirchheim (Kärnten, Österreich)	1988	4

AUT	diverse	aus "Franz-Kahler-Nachlass": diverses zu Bad Weissenbach 1982-1986	1982-1986	1
AUT	Ebner F.	Beurteilung der geologischen Situation der Thermalwasserbohrung "Gersdorf TH-1"	2002	1
AUT	Ebner F.	Der paläozoische Untergrund in der Bohrung Waltersdorf 1 (S Hartberg, Oststeiermark)	1978	1
AUT	Fa. Geoteam	Bohrlochstammdatenblätter für die Erstellung der Mineral- und Thermalwasserkarte von Österreich (1:1.00000)	2002	5
AUT	Goldbrunner J.	Die Thermalwassererschließungen Blumau 2 und 3	1997	2
AUT	Goldbrunner J.	Hydrogeology of Deep Groundwaters in Austria	2000	5
AUT	Goldbrunner J.	Zum Stand der geothermischen u. balneologischen Tiefengrundwassernutzung im Oststeirischen Becken und im Oberösterreichischen Molassebecken	1987	2
AUT	Goldbrunner J., Zötl&Goldbrunner (ed.)	Kurorte im Beckenbereich: Loipersdorf Thermalbad	1993	1



AUT	Haenel R., Zoth G.	Heat Flow Measurements in Austria and heat flow maps of central Europe	1973	3
AUT	Harum T., Leditzky H.P.	Der geothermische Gradient im Raume Fürstenfeld	1981	1
AUT	Herzog U., Mörtl J., Hafner M., Janschek H.	Naturraumpotential Jaunfeld: Abschlußbericht 1980	1982	3
AUT	Höllner M.	Möglichkeiten der Thermalenergienutzung in A-9546 Bad Kleinkirchheim	2002	3
AUT	Holzer H.F., Pohl W	Montangeologischer Endbericht über die Schurftiefbohrungen I / Schilting und II / Eitweg, Lavanttal, Kärnten	1980	1
AUT	Janschek H.	Eigenpotentialmessungen im Bereich der Kuranstalt Eisenkappel	1976	1
AUT	Janschek H.	Geothermische Messungen in Warmbad Villach vom 23.03. und 07.04.1974	1974	3
AUT	Janschek H., Küpper J., Polesny H., Zetinigg H.	Hydrogeologische Untersuchungen an Bohrungen und Brunnen in der Oststeiermark	1975	6



AUT	Kahler F.	Aktenvermerk; Erkundungsbohrung BI 1/84, BI 2/84; Bad Kleinkirchheim	1984 - 1987	2
AUT	Kahler F.	Bericht über geothermische Messungen im Bereich von Warmbad Villach	1972 - 1987	4
AUT	Kahler F.	Die natürlichen Heilvorkommen Kärntens	1978	7
AUT	Kahler F.	Die Therme von Reifnitz am Wörthersee	1930	1
AUT	Kahler F.	Heilquellen und Bäder Kärntens	1957	1
AUT	Kahler F.	Messung Thermalquelle Bad Kleinkirchheim 1979	1979	1
AUT	Kahler F.	Mögliche Zusammenhänge bei Kärntner Edelwässern	1976	2
AUT	Kahler F.	Reifnitzer Therme - Erkundungsarbeiten	1971	2



AUT	Kollmann W.	Bericht 1978 über hydrogeologische Untersuchungen an der Bohrung Waltersdorf 1 auf Blatt 166, Fürstenfeld	1981	1
AUT	Kollmann W., Marsch F., Friedrich W., Zojer .	Alpine thermal geology thermal water utilization in Southern Carinthia (Austrian – Italian Border)	2004	1
AUT	Leditzky H.P.	Endbericht über "Untersuchung der geothermischen Verhältnisse im Verwaltungsbezirk Radkersburg"	1982	2
AUT	Lukes J.	Untersuchungsbohrungen im Lavanttal - Boreholes Schiling 79 and Eitweg 79t	1980	2
AUT	Lux K.-N.	Bericht zu den geophysikalischen Bohrlochmessungen in der Bohrung Bad Kleinkirchheim	05.04.2000	1
AUT	Marsch F.	Kollaudierungsoperat "Sonde 1999" in Bad Kleinkirchheim	2001	1
AUT	Maurin V., Zötl&Goldbrunner (ed.)	Die Heilwasserprovinz der tektonischen Störungssysteme Ostkärntens: Wildbad Einöd	1993	1
AUT	Nemes F., Neubauer F., Cloething S., Genser J.	The Klagenfurter basin in the Eastern Alps: an intra-orogenic decoupled flexural basin?	1997	1



AUT	NN - unbekante Literaturquelle	Datenblätter zu Tiefbohrungen - diverse Quellen	2007	11
AUT	OMV	Diverse Datenblätter und Arbeitsunterlagen OMV AG	2007	13
AUT	Österreicher C., Spacek W.	Große Heilwasseranalyse für die Anerkennung als Heilquelle - Sonde Ilz Thermal 1	2000	1
AUT	Pohl W., Geutebrück E.	Zwischenbericht über die Schurftiefbohrung 1 / Schilting, Lavanttal, Kärnten	1980	1
AUT	Pohl W., Holzer H.	Bericht über die Schurf- Tiefbohrung II Eitweg, Lavanttal, Kärnten	1980	1
AUT	Polesny H., Weber F.	Die geologischen u. geophysikalischen Grundlagen der Erschließung geothermaler Energie in der Steiermark	1975	1
AUT	Probst G. (ed.)	Studien zur Hydrologie der Steiermark in den Jahren 1980 bis 1990 am Institut für Geothermie und Hydrologie	1990	1
AUT	Raber J.	Vergleichende Untersuchungen über die Wasserzusammensetzung der Tiefbohrung Loipersdorf 2	1977	1



AUT	RAG	Diverse Dateblätter zur Bohrungen der RAG	2007	11
AUT	Rotter H., Spacek W.	Große Heilwasseranalyse für die Anerkennung als Heilquelle - Sonde Köflach Thermal 1	2000	1
AUT	Scheminzky F.	Untersuchung und balneotherapeutische Beurteilung der Therme von Warmbad Villach	1962	1
AUT	Scheminzky F.	Warmbad Villach	1974	1
AUT	Scheminzky F., Komma E.	Untersuchungen an den Subthermen von Reifnitz a. Wörthersee und von St. Margarethen / Kärnten	1967	2
AUT	Spacek W., Rotter H.	Untersuchung von Thermalwasser aus der Sonde "Geothermie FF2" in Fürstenfeld im Umfang einer großen Heilwasseranalyse	1999	1
AUT	Stiny J.	Villach und Umgebung - Geologische Beschreibung der Thermalquellen von Warmbad Villach	1933	1
AUT	Storch	Bewertung des Analysebefundes "Heilwasser der Heilquelle Thermalbrunnen 2/74 in Bad Kleinkirchheim	2001	1



AUT	Tschernig E.	Die geothermische Tiefenstufe in Bleiberg	1935	1
AUT	Vasvari V.	Geohydraulische und bohrlochgeophysikalische Untersuchungen in geklüfteten Grundwasserleitern	2001	1
AUT	Vinzenz M.	Strukturbohrung Vellach Müllnerbrücke Klagenfurter Becken	1986	1
AUT	Walach G.	Gesteinsphysikalische Untersuchungen an Vulkaniten der Tiefbohrungen Walkersdorf, Mitterlabill und Paldau (Steirisches Becken)	1976	3
AUT	Weber F., Janschek H., Harum T., Zojer H.	Naturraumpotential Krappfeld: Abschlussbericht	1981	3
AUT	Weigl M.	Therme Bad Radkersburg	1978	1
AUT	Weihls	Bescheid - Gemeinde Ottendorf a.d.R., Erschließung von Thermalwasser und Durchführung von Pumpversuchen, wasserrechtliche Überprüfung.	2004	1
AUT	Weihls	Bescheid - Marktgemeinde Ilz Thermalquelle 1 Erschließungs-Kommanditerwerbsgesellschaft. Tiefbohrung Ilz, wasserrechtliche Überprüfung der Erschließung, Bewilligung der Wassernutzung.	2001	1



AUT	Weiss E.H.	Grundwasseruntersuchung Lavanttal, Kärnten	1979	1
AUT	Zojer H.	Beitrag zur Kenntnis der Thermalwässer von Warmbad Villach	1980	1
AUT	Zojer H. et al	Studie zur Erschließung und Nutzung geothermaler Energie für Fernheizung und Warmwasserbelieferung der Stadt Fürstenfeld	1981	1
AUT	Zojer H., Zötl J.	Bericht über Arbeiten im Rahmen des Geothermieprojektes Waltersdorf (Messungen im Bohrloch und Erstellung von Temperaturlogs bis 1500m)	1979	1
AUT	Zojer H., Zötl J.	Lienzer Dolomiten, Gailtaler Alpen und die Periadriatische Naht: Warmbad Villach	1993	1
AUT	Zötl J., Goldbrunner J.	Fürstenfeld TH 1	1987	1
SLO	Bač, J.	Zapisnik sestavljen dne 18.9.1955 v Slatini Radencih: Pregled in strokovna ocena vrtine SG-1 v Hrastju-Moti, ki jo je izvrtalo podjetje "Nafta" iz Lendave ob priliki raziskovalnih del za pridobivanje nafte.	18.09.1955	1
SLO	Batušič, N.	Obdelava vrtine KO-1, INA Naftaplin Zagreb	01.01.1975	1



SLO	Batušič, V.	Litostratigrafski stup u terciarnom kompleksu duboke istražne bušotine Koračice-2, Ko-2. INA Naftaplin Zagreb	01.01.1975	1
SLO	Benček, B., Crnkovič, I.	Poenostavljeni rudarski projekt za izdelavo raziskovalno - kaptažne vrtine P-2 v Hajdini pri Ptuj	18.11.1987	1
SLO	Benček, R.	Rudarski projekt izvedenih del raziskovalno kaptažne vrtine VB-2/03 na Bledu. Geot d.o.o.	01.11.2004	1
SLO	Bezuh, K., Djurasek, S.	Završni geološki izvještaj za duboku istražnu bušotinu Dankovci - 3 (Dan-3)	01.01.1000	1
SLO	Bistričič, A.	Obdelava vrtine. Ina Naftaplin Zagreb.	01.01.1969	1
SLO	Bohm, Ožegović, Ogulinec, Rubinić	1944-1949 Obdelava vrtine. Ina Naftaplin Zagreb.	01.01.1000	4
SLO	Božović, M.	Raziskave za podzemno skladiščenje plina na področju Slovenskih goric. Končno poročilo o raziskovalni vrtini Šom-1/88 v Šomatu	01.01.1989	1
SLO	Božović, M.	Hidrodinamične meritve na vrtini Rak-1 in korelacija vrtin Rak-1, MS-3 in MS-4.	30.03.1987	1



SLO	Božovič, M., Kranjc, S., Matoz, T.	Končno poročilo o raziskovalni vrtini DAN-3.	01.04.1991	1
SLO	Božovič, M., Lapanje, A., Trajanova, M.	Hidrogeološke podlage za vodno dovoljenje za izkoriščanje termalne vode v Termah Maribor	01.06.2006	6
SLO	Božovič, M., Matoz, T.	Končno poročilo o raziskovalni vrtini Peč-1	01.10.1991	1
SLO	Brezigar, A.	Poročilo o karotaznih meritvah na vrtini PDG-1/87 Cmurek-Podgorje	01.10.1987	1
SLO	Brezigar, A.	Poročilo o karotaznih meritvah v vrtinah MB-2, MB-3 in MB-4 v Mariboru (Stražun)	29.10.1992	3
SLO	Brezigar, A.	Poročilo o karotaznih meritvah v vrtini SOB-1/87 v Murski Soboti	01.01.1988	1
SLO	Brezigar, A.	Poročilo o karotaznih meritvah v vrtini T-4/87 v Radencih	01.05.1988	1
SLO	Brezigar, A., Ljevar, F.	Poročilo o strukturno-piezometrični vrtini P-4u/78.	01.01.1979	1



SLO	Brezigar, A., Trajanova, M.	Karotažne krivulje v metamorfnih kamninah pri Mariboru. Geologija 37, 38, 459-481.	01.01.1996	6
SLO	Brezigar, A., Veselič, M., Supovec, I.	Poročilo o strukturno-piezometrični vrtini PT-20/81.	01.02.1982	1
SLO	Brezigar, A., Veselič, M., Supovec, I., Majhen, I.	Poročilo o strukturno piezometrični vrtini PL-6/84.	01.04.1985	1
SLO	Brezigar, A., Zorc, I.	Poročilo o karotažnih meritvah na vrtini S-60/86 v Tičnici pri Velenju	01.02.1987	1
SLO	Budnar-Tregubov, A.	Palinološke preiskave vzorcev iz Filovcev (Fi-7 in Fi-11)	19.02.1957	2
SLO	Čabrajac, S.	PVT svojstva i analize fluida sa bušotine Dankovci-1. Izveštaj o rezultatima laboratorijskih ispitivanja	20.12.1989	1
SLO	Cigit K.	O geoloških razmerah filovske naftne strukture. Geologija, 4.knjiga	01.01.1958	6
SLO	Ciguet, K.	Kratek pregled raziskovalnih vrtin na nafto in plin ter geotermalne karakteristike nekaterih proizvodnih vrtin za termalno vodo	01.01.1000	5



SLO	Deleja, D.	Dodatno poročilo o petrografski preiskavi vzorcev iz vrtin Fi-11 in Sel-1	31.01.1957	1
SLO	Đorđević, R.	Valorizacija podataka iz faze bušenja i zacjevljenja bušotine, te program ispitavanja bušotine DANKOVCI-1A (DAN-1A)	01.01.1989	1
SLO	Dragičević, B.	Geološko-projektna osnova za duboku istražnu bušotinu LJUTOMER-1	01.02.1986	1
SLO	Drobne, F.	Poročilo o hidrogeoloških raziskavah na območju termalnega vrelnca v Topolščici.	27.03.1972	1
SLO	Drobne, F.	Regionalna hidrogeološka študija porečja zgornje Drave in Mure Dokumentacija III	01.01.1969	1
SLO	Drobne, F., Mencej, Z., Marinko, M.	Hidrogeološke raziskave na območju termalnega izvira v Podlogu pri Šempetru v Spodnjesavinjski dolini	21.04.1973	2
SLO	Drobne, F., Novak, D.	Nekaj podatkov hidrogeoloških raziskav na območju izvira "Toplice" pri Frankolovem in "Zveronje" pri Bukovju	01.03.1979	1
SLO	Ferjančič, L	Letno poročilo: Raziskave termalne vode na robu Kranjskega polja, I.faza	17.12.1987	1



SLO	Ferjančič, L.	Poročilo o hidrogeoloških raziskovalno kaptažnih delih v Kranjski Gori (vrtina TVKG-1/98)	01.01.1998	1
SLO	Ferjančič, L., Ravnik, D.	Letno poročilo: Raziskave voda v globokih vodonosnikih na območju Brda pri Kranju, I. faza	30.01.1987	1
SLO	G Z L	Končno poročilo o raziskovalni vrtini Gabrnik GB-1	01.02.1988	1
SLO	Gašljevič, E.	Naftne vrtine: Petišovci (Pg-6/81), Gabrnik (GB-1/87), Ljutomer (LJUT-1/88), Petišovci (PG-7/88), Murski gozd (MG-6/84), Dokležovje (DOK-1/88).	06.11.1988	6
SLO	Germovšek, Z.	Poročilo o raziskovalni vrtini 2/62 – Zg. Grušovlje v Savinjski dolini.	01.10.1962	1
SLO	Gosar, A.	Modeliranje refleksijskih seizmičnih podatkov za podzemno skladiščenje plina v strukturah Pečarovci in Dankovci - Murska depresija. Geologija 37, 38, 483-549.	01.01.1996	3
SLO	Hadži-Veljkovič, M.	Obdelava vrtine. Ina Naftaplin Zagreb	01.01.1963	4
SLO	Hadži-Veljkovič, N.	Obdelava vrtine DV-1, Ina Naftaplin Zagreb	01.01.1963	1



SLO	Hadži-Veljковиč, N.	Obdelava vrtine FI-5 Ina Naftaplin Zagreb	01.01.1956	1
SLO	Hadži-Veljковиč, N.	Obdelava vrtine FI-7 Ina Naftaplin Zagreb	01.01.1963	1
SLO	Hadži-Veljковиč, N.	Obdelava vrtine KOB-1, Ina Naftaplin Zagreb	01.01.1963	1
SLO	Hadži-Veljковиč, N.	Obdelava vrtine. Ina Naftaplin Zagreb	01.01.1955	3
SLO	Hadži-Veljковиč, N.	Razčlanjivanje i korelacija terciarnih sedimenata te unifikacija stratigrafskih granica u profilima bušotina Murske kotaline. Ina Naftaplin Zagreb.	01.01.1963	3
SLO	Hamrla, M.	Poročilo o raziskovalni vrtini 47/59 v Velenju.	22.01.1960	1
SLO	Hamrla, M.	Poročilo o raziskovalni vrtini D 29/59-60.	02.04.1960	1
SLO	Hamrla, M.	Poročilo o vrtini 3/58, Makole (Šega - Reka)	29.04.1959	1



SLO	Hamrla, M.	Prognoza profila raziskovalnih vrtin 2/58 in 3/58 Makole-Šega z geološko situacijo	08.08.1958	1
SLO	Hinterlechner, A.	Petrografsko poročilo o vzorcih vrtine v Slovenskih goricah SG-1.	22.12.1954	1
SLO	Hinterlechner, A.	Poročilo o petrografski preiskavi vzorcev iz vrtine Martjanci Mt-2	28.04.1961	1
SLO	Hinterlechner, A., Rijavec, L.	Obdelava vrtine. Ina Naftaplin Zagreb.	01.01.1962	1
SLO	Hoetzl, M., Lapanje, A., Herič, J., Strojani, M., Bole, Z., Medić, M., Praprotnik, B.	Poročilo o rezultatih črpanja podzemne vode na vrtini TVKG-1/98 - Kranjska gora	22.11.2001	1
SLO	Hrnčič, L., Barić, F.	Hidrogeološke karakteristike akvifera Petišovci pješčenjaka na lokalitetu Martjanci-Moravci. Radenski vestnik.	01.01.1000	3
SLO	INA	Bušotina Lipa-1 (končni izveštaj). Biostratigrafske, petrografske, sedimentološke, petrofizične i geohemijske karakteristike stijena, analiza vode i plina	01.05.1987	1
SLO	INA	Bušotina Rakičan-1 (RAK-1). Konačni izveštaj. Petrografske, paleontološke, geohemijske karakteristike stijena, analiza vode	01.05.1987	1



SLO	INA	Završni izveštaj za bušotinu Pertišovci Globoka (PG-5). Dio I,II,III,IV	01.11.1987	1
SLO	INA PROJEKT Zagreb, Geološki zavod Ljubljana	Plan in program raziskav ležišč nafte in plina v S.R.Sloveniji za obdobje 1986-1990. Poglavje 3.1: Splošne geološke in naftno-geološke značilnosti ozemlja S.R.Slovenije, Murska depresija, Knjiga 3	01.01.1986	22
SLO	Ivanković, J.	Letno poročilo o hidrogeoloških raziskavah termalne vode pri Vasnem v Tuhinjski dolini za leto 1973	15.06.1973	2
SLO	Ivanković, J.	Poročilo o hidrogeoloških raziskavah termalne vode pri Vasnem v Tuhinjski dolini za leto 1974/75	01.08.1975	1
SLO	Ivanković, J., Veselič, M.	Poročilo o hidrogeološko-raziskovalni vrtini T-10 na Bledu (Hotel Park)	16.11.1974	1
SLO	Jančiković, B., Lalič, D., Cizelj, I.	Podzemno skladiščenje plina: Analiza karotažnih dijagrama nekih bušotina sjeveroistočne Slovenije (Ve-1, Ve-2, Ba-1, St-1, Dan-1, Fi-3, Šal-1, Šal-2)	01.04.1987	8
SLO	Janežič, S.	Poročilo o izdelavi vrtine P-13-u Velenje-Gaberke.	01.10.1965	1
SLO	Janoschek, R.	Obdelava vrtine. EK:511,3 do1174m. INA Naftaplin Zagreb	01.01.1944	1



SLO	Juvančič, V., Budkovič, T., Živanovič, M.	Raziskava možnosti nastopanja termalne vode v Zgornje Savski dolini v okolici gozda Martuljka. Letno poročilo	01.01.1993	1
SLO	Kozjek-Varga, M., Vugrinec, J.	1956-1957 Obdelava vrtine. Ina Naftaplin Zagreb	01.01.1000	2
SLO	Kralj, P.	Das Thermalwasser-System des Mur-Beckens in Nordost-Slowenien. Doktorska disertacija.	01.09.2001	13
SLO	Kralj, P., Kralj, P.	Poročilo o geokemičnih raziskavah sedimentov iz jedra vrtine Mt-7/92, Martjanci, locirani pri Moravskih toplicah	01.01.1994	1
SLO	Kralj, P., Žlebnič, L., Bizjak, M., Kokol, L., Pontelli, N., Panderčič, M.	Poročilo o raziskovalnih delih na vrtini Mt-7 v Moravskih toplicah, I.faza	27.05.1993	1
SLO	Kralj, Po., Mišič, M., Zakrajšek, S.	Poročilo o petrografskih preiskavah vzorcev kamenin iz vrtine Gabernik G-10/95 pri Rogaški Slatini.	11.03.1996	1
SLO	Kraljič, M., Lisjak, L., Kasabji, A.	Poročilo o izgradnji vrtine Benedikt-2 (Be-2). Nafta Lendava	01.02.2005	1
SLO	Kranjc, I.	Tehnično poročilo o vrtini Mo-1 v Moravcih pri Ljutomeru	01.01.1990	1



SLO	Kranjc, S.	Hidrogeološko poročilo o vrtini V-17/96 v Termah Snovik	01.05.1999	1
SLO	Kutnjak, V.	Diplomska naloga: Raziskave termalne vode pri Vasenem v Tuhinjski dolini	01.01.1984	2
SLO	Lapajne, J.	Termokarotaža Bled 1967.	01.01.1967	2
SLO	Lapanje, A.	Izvor in kemijska sestava termalnih in termomineralnih vod v Sloveniji. Geologija 49/2, 347-370, Ljubljana, 2006.	01.01.2006	59
SLO	Lapanje, A., Božović, M.	Mnenje o raziskovalno-kaptažni vrtini za termalno vodo SGT-1/90 pri Slovenj Gradcu	01.03.2004	1
SLO	Lapanje, A., Budkovič, T., Rajver, D., Marinko, M.	Raziskave termalne vode v Radovljiški občini - I.faza	01.07.2000	1
SLO	Lapanje, A., Herič, J., Hoetzi, M., Praprotnik B., Marinko, M.	Hidrogeološko poročilo o rezultatih črpalnega poizkusa na vrtini V-17/96 v Vasenem v Tuhinjski dolini	06.06.2000	2
SLO	Lapanje, A., Marinko, M., Rajver, D.	Reinterpretacija arhivskih podatkov iz termalnega področja Vaseno-Potok v Tuhinjski dolini	05.03.2001	7



SLO	Lapanje, A., Prestor, J., Hoetzl, M., Matoz, T., Marinko, M.	Poročilo o izvedbi raziskovalno-kaptažne vrtine P-3/05	29.08.2005	1
SLO	Lapanje, A., Prestor, J., Rajver, D., Rikanovič, R., Hoetzl, M., Marinko, M.	Hidrogeološke podlage za vodno dovoljenje za izkoriščanje termalne vode v Termah Ptuj	01.05.2004	3
SLO	Lapanje, A., Rajver, D., Hoetzl, M., Matoz, T., Marinko, M., Benček, R., Božovič, M., Placer, L., Trajanova, M.	Poročilo o izvedbi raziskovalno-kaptažne vrtine MD-1/05	25.10.2005	1
SLO	Lapanje, A., Rajver, D., Hoetzl, M., Matoz, T., Marinko, M., Medić, M., Skaberne, D., Jelen, M., Rifelj, H., Rman, N.	Poročilo o izvedbi raziskovalno-kaptažne vrtine Jan-1/04	15.01.2005	1
SLO	Lapanje, A., Rajver, D., Prestor, J., Matoz, T., Marinko, M., Rikanovič, R.	Hidrogeološke podlage za vodno dovoljenje za izkoriščanje termalne vode v vrtini P-3/05 v Termah Ptuj	01.10.2005	1
SLO	Lapanje, A., Rikanovič, R., Rajver, D., Celarc, B., Matoz, T., Marinko, M.	Hidrogeološke strokovne osnove za izkoriščanje termalne vode v Naravnem zdravilišču Topolšica	01.07.2006	5
SLO	Lebar, L.	Popis drobcev iz izplake vrtine DV-1. Popis jeder raziskovalne vrtine DV-1.	01.01.1960	1
SLO	Lebar, L.	Popis jeder iz vrtine HA-2. Nafta Lendava	01.01.1959	1



SLO	Legčević, D.	Dankovci-1.Tehnično poročilo o preizkušanju vrtine.	01.12.1989	1
SLO	Legčević, D.	Program raziskovalnih del na vrtini Dankovci 1 (Dan-1)	01.01.1989	1
SLO	Lisjak, L.	Rezultati geološkega pračenja bušotine Verzej-3 (Ve-3). Nafta Lendava.	01.01.1991	1
SLO	Lisjak, L., Turk, V., Miškulin, B., Vican, P.	Operativni geološki dijagram. Nafta Lendava.	01.01.1992	2
SLO	Majhen, A., Brezigar, A., Veselič, M., Supovec, J.	Poročilo o piezometrični vrtini PI-8/84.	01.09.1984	1
SLO	Majhen, A., Brezigar, A., Veselič, M., Supovec, J.	Poročilo o strukturno piezometrični vrtini PJ-6/84 v Titovem Velenju.	01.01.1985	1
SLO	Majhen, A., Brezigar, A., Veselič, M., Supovec, J.	Poročilo o strukturno piezometrični vrtini PK-5/83 v Titovem Velenju.	01.11.1983	1
SLO	Majhen, A., Brezigar, A., Veselič, M., Supovec, J.	Poročilo o strukturno piezometrični vrtini PT-22/82.	01.02.1983	1



SLO	Majhen, I., Brezigar, A.	Poročilo o strukturni vrtini S-12c/84.	01.04.1985	1
SLO	Majhen, I., Brezigar, A.	Poročilo o strukturni vrtini S-6s/83 V titovem Velenju.	16.11.1983	1
SLO	Majhen, I., Brezigar, A., Veselič, M., Supovec, I.	Poročilo o piezometrični vrtini PD-10/83 v Titovem Velenju.	20.11.1984	1
SLO	Majhen, I., Brezigar, A., Veselič, M., Supovec, I.	Poročilo o strukturno piezometrični vrtini PH-4/83.	01.05.1983	1
SLO	Majhen, I., Brezigar, A., Veselič, M., Supovec, J.	Poročilo o strukturno piezometrični vrtini PI-12/84 v Titovem Velenju.	01.10.1984	1
SLO	Majhen, I., Brezigar, A., Veselič, M., Supovec, I.	Poročilo o strukturno piezometrični vrtini PM-7/84 v Titovem Velenju.	01.01.1985	1
SLO	Majhen, I., Brezigar, A., Veselič, M., Sipovec, I.	Poročilo o strukturno piezometrični vrtini PC-3/84.	01.04.1985	1
SLO	Marin, M.	Tehnično poročilo o vrtini Pp-4/82 Benica - Lendava. Izvedba karotažnih meritev, preliminarni hidrogeološki in geostatični parametri	25.09.1982	1



SLO	Marinko, M.	Črpalni poizkus v zdravilišču Dobrna	26.09.1977	1
SLO	Matišik, D. Verbovšek, R. Drobne, F. 1985, Nekonvencionalni viri energije s poudarkom na geotermalni energiji.	Obdelava vrtine Pan-1, Ina Naftaplin Zagreb	01.01.1000	1
SLO	Mencej, Z.	Geološke raziskave termalne vode v Dobrni. Poročilo k hidrogeološkim raziskavam izvajanim leta 1976	21.08.1978	1
SLO	Mencej, Z.	Hidrogeološke raziskave termalne vode v Dobrni. Poročilo o rezultatih raziskovalne vrtine V-7/75	21.06.1976	1
SLO	Mencej, Z.	Hidrogeološke raziskave termalne vode v Topliščici. Letno poročilo.	02.11.1976	3
SLO	Mencej, Z.	Letno poročilo o izvedbi II. faze raziskovalne naloge: Hidrogeološke raziskave karbonatnih masivov med Stenico in Konjiško goro	27.11.1985	2
SLO	Mencej, Z.	Osnovne hidrološke razmere na vodozbirnem območju izvira "Toplica" pri Frankolovem in Zverovje pri Bukovju	09.11.1978	1
SLO	Mencej, Z., Kamenščak, V., Strojan, M., Panderčič, M.	LETNO POROČILO o izvedbi I.faze raziskovalne naloge Hidrogeološke raziskave karbonatnih masivov med Stenico in Konjiško goro	18.12.1984	1



SLO	Mervič, H., Trajanova, M., Mišič, M.	Vrtina RT-1/92 v Rogaški Slatini. Geološke laboratorijske analize.	01.01.1993	1
SLO	Mlinarič, J., Kozarski, A., Rajver, D., Kralj, P.	Optimalizacija predterciarnega visokotemperaturnega geotermalnega sistema termal II v severovzhodni in vzhodni Sloveniji, I faza	01.01.1993	1
SLO	Nafta-Geoterm, Uni.Lj NTF, HGEM d.o.o.	Hidrogeološka koncesija Naravni park Terme 3000 - Moravske Toplice.	01.10.2004	5
SLO	Nosan A.	Hidrogeološke raziskave mineralne vode v okolici Rogaške Slatine in kritična obdelava rezultatov vseh dosedanjih raziskav (od leta 1952 do 1972)	01.10.1975	9
SLO	Nosan A.	Hidrogeološke raziskave mineralne vode v okolici Rogaške Slatine, III.faza (letno poročilo za leto 1976)	01.07.1976	1
SLO	Nosan A.	Poročilo o vgraditvi prokrom vrelnih cevi v vrtino Pt-2/79 in K-2/75 ter injektiranju okolice vrtine G-5a/73 v Zgornjem Gabrniku	08.03.1986	1
SLO	Nosan, A.	Poročilo o hidrogeoloških raziskavah termalne vode v Dobrni	21.12.1971	3
SLO	Nosan, A.	Termalni in mineralni vrelni v Sloveniji. Geologija 16, 5-83.	01.01.1973	4



SLO	Nosan, A., Junež, P., Ločniškar, A.	Poročilo o hidrogeoloških raziskavah mineralne vode v Rogaški Slatini, I. in II. faza (1986/1987)	27.10.1987	1
SLO	Nosan, T.	Poročilo o rezultatih hidrogeoloških raziskav v vrtini T-9 na Bledu	20.11.1968	1
SLO	Novak, D.	Hidrogeološke raziskave mineralne vode pri Lenartu v Slovenskih Goricah, I.faza, 1973	14.05.1974	2
SLO	Novak, D.	Hidrogeološke raziskave mineralne vode pri Lenartu v Slovenskih Goricah, III.faza, 1975-76	01.05.1976	1
SLO	Novak, D., Drobne, F.	Poročilo za II. In III. Tromesečje 1971 o regionalnih hidrogeoloških raziskovalnih delih v porečju Savinje - II.faza	23.09.1971	1
SLO	np	Elektrokarotážno merjenje	01.01.1950	1
SLO	np	Filovci, elektrokarotáža, geološki profil Fi-2, Fi-3, Fi-4, Fi-11, Fi-1, Fi-5, gravimetrijska karta, karta debeline miocena in pliocena	01.01.1000	2
SLO	np	Geološka osnova in predvideni stratigrafski profil konturne vrtine G-1	09.11.1954	1



SLO	np	Geološka osnova konture vrtine MG-5	12.01.1955	1
SLO	np	Geološka osnova ter geološki in litološki profil raziskovalne vrtine Fi-2	15.02.1955	1
SLO	np	Geološka osnova ter predvideni geološki in petrografsko-litološki profil raziskovalne vrtine DL-1	24.06.1952	1
SLO	np	Geološka osnova, predvideni geološki in litološki profil eksploatacijske vrtine Pt-60 od 25.1.	01.01.1952	1
SLO	np	Geološki in tehnični podatki o vrtini D-3	01.01.1000	1
SLO	np	Geološki in tehnični podatki vrtine D-4	01.01.1000	1
SLO	np	Geološki in tehnični podatki vrtine D-5	01.01.1000	1
SLO	np	Geološki izveštaj za duboku istražnu bušotinu Dobrovnik-1 (Do-1)	31.12.1967	1



SLO	np	Geološki izveštaj za duboku istražnu bušotinu Murska Sobota-3 (MS-3)	02.03.1967	1
SLO	np	Geološki izveštaj za duboku istražnu bušotinu Murske Sobote-4 (MS-4)	24.10.1967	1
SLO	np	Geološko in tehnično poročilo o vrtini Petišovci in Dolina	01.01.1000	1
SLO	np	Geološko poročilo za vrtino Pt-74 od 24.6.	01.01.1951	1
SLO	np	Mikropaleontološki profil vrtine Kog-5	20.10.1953	1
SLO	np	Obdelava vrtine. Ina Naftaplin Zagreb.	01.01.1979	1
SLO	np	Poročilo o izdelavi vrtine-piezometra P-15 Z Velenje-Družmirje.	09.06.1969	1
SLO	np	Profil vrtine D-3	01.01.1000	1



SLO	np	Profil vrtine D-4	01.01.1000	1
SLO	np	Profil vrtine D-5	01.01.1000	1
SLO	np	Profil vrtine Petišovci Pt-1 (grafični)	01.01.1945	1
SLO	Ogorelec, B.	Možnost zajema in izrabe termalne vode na območju med Smlednikom, Strmolom in Volčjim Potokom, I.faza.	01.01.2000	3
SLO	Osolnik, R.	Poročilo o vrtini 4/58 Makole - Šega	12.02.1959	1
SLO	Otorepec, Kranjc, Petkovšek	Poročilo o strukturno-piezometrični vrtini P-2ut/87.	01.02.1988	1
SLO	Otorepec, S., Brezigar, A., Kranjc, S., Petkovšek, T.	Poročilo o strukturno-piezometrični vrtini P-2n/86	18.11.1986	1
SLO	Otorepec, S., Brezigar, A., Kutnjak, V.	Poročilo o strukturno piezometrični vrtini PC-6/85.	01.11.1985	1



SLO	Otorepec, S., Brezigar, A., Kutnjak, V.	Poročilo o strukturno - piezometrični vrtini P-10r/85	01.01.1000	1
SLO	Otorepec, S., Kranjc, S., Veselič, M.	Poročilo o tehnični izvedbi poskusnega vodnjaka TVD10/86 v Lajšah pri Šoštanju.	01.10.1987	1
SLO	Otorepec, S., Petkovšek, T., Kutnjak, V.	Poročilo o strukturno-piezometrični vrtini P-8r/86	13.06.1986	1
SLO	Ožegović, Ogulinec, Rubinič	1952-1961 Obdelava vrtine. Ina Naftaplin Zagreb.	01.01.1000	10
SLO	Petauer, D., Đorđević, R.	Program ispitivanja bušotine Rak-1.	20.02.1987	1
SLO	Pezdič, J.	Izotopi v termo-mineralnih vodnih sistemih. Doktorska disertacija.	01.01.1991	12
SLO	Piškur, R.	Geološka osnova , predvideni geološki profil raziskovalne vrtine MG-4	28.01.1954	1
SLO	Piškur, R.	Geološko poročilo o raziskovalni vrtini D-12	31.08.1953	1



SLO	Piškur, R.	Geološko poročilo za eksploatacijsko vrtino Pt-58	31.08.1953	1
SLO	Pleničar, M.	Obmurska naftna nahajališča. Geologija 2.knjiga.	01.01.1954	9
SLO	Prelec, J.	Poročilo o raziskovalni vrtini J5/60 v Velenju.	20.12.1960	1
SLO	Prelec, J.	Poročilo o raziskovalni vrtini Jug 3/60 v Velenju.	12.09.1960	1
SLO	Prestor, J., Hoetzi, M., Drobne, F., Žlebničnik, L., Kokol, L.	Hidrogeološke raziskave za zajem podzemne vode z globokim vodnjakom DEV-1/99 pri Desencih	21.06.1999	1
SLO	Prestor, J., Matoz, T., Trajanova, M.	Izvedba karotažnih meritev v vrtini SOB-1/87 29.11.2005-1.12.2005	15.12.2005	1
SLO	Prestor, J., Strojani, M., Feguš, B.	Hidrogeološko poročilo o izvedbi meritev in rezultatih črpalnega poskusa na vrtini Sob-2/88 Hotel-Diana, Murska Sobota (vzporedne meritve na vrtini Sob-1/87)	01.06.2005	1
SLO	Rajver, D.	Geotermične raziskave v vrtini Tr-3/90 v Rogaški Slatini (končno poročilo)	02.04.1991	1



SLO	Rajver, D.	Meritve temperature in diferencialne temperature v vrtini V-16/95 pri Vasenem v Tuhinjski dolini	01.01.1996	1
SLO	Rajver, D.	Poročilo o geotermičnih meritvah v vrtinah MB-1, MB-2, MB-3 in MB-4 v Mariboru	20.12.1992	4
SLO	Rajver, D.	Poročilo o meritvi temperature v vrtini GM-1/93 v Gozd Martuljku	30.03.1993	1
SLO	Rajver, D.	Poročilo o termokarotažnih meritvah v vrtini P-2/88 v Ptujskih toplicah	20.04.1989	1
SLO	Rajver, D.	Pregled temperaturnih podatkov z območja Transthermal in izračun razporeditve temperatur v različnih globinah. Tabelarični pregled.	01.06.2007	202
SLO	Rajver, D., Ravnik, D.	Geotermalne karte Slovenije: Geotermične raziskave v vrtinah PDG-1/87 (Podgorje) in ŠOM-1/88 (Plodršnica) v Slovenskih Goricah	17.08.1989	2
SLO	Rajver, D., Ravnik, D.	Termometrične meritve v jugoslovanskem delu cestnega predora skozi Karavanke.	02.10.1989	1
SLO	Ravnik, D.	Geofizikalne raziskave termalnih vod na območju Štatenberga (predhodno poročilo). GF-464	28.12.1985	1



SLO	Ravnik, D.	Geotermične raziskave v vrtini MB-0/90 (Maribor, Stražun) (GF-775)	01.01.1990	1
SLO	Ravnik, D.	Obdelava podatkov o temperaturi in toplotni prevodnosti v vrtini SG-1/89.	01.01.1989	1
SLO	Ravnik, D.	Predhodno poročilo: Geotermične raziskave v vrtini MB-0/90 (Maribor, Stražun) (GF-768)	01.01.1990	1
SLO	Ravnik, D., Rajver, D., Otorepec, S.	Termometrija vrtine P-8r/86 (Velenje) GF-500	30.05.1986	1
SLO	Rihtar, B.	Termokarotaža in merjenje odklona vrtine V-12/74 v Tuhinju	02.04.1974	1
SLO	Rijavec, L.	Geološka osnova, predvideni geološki in litološko-petrografski profil raziskovalne vrtine Kog-6, 26.III.1952	01.01.1952	1
SLO	Rijavec, L.	Mikropaleontološki profil vrtine Kog-4	14.01.1955	1
SLO	Rijavec, L.	Mikropaleontološki profil vrtine Kog-5 (nadaljevanje)	28.04.1954	1



SLO	Rijavec, L.	Mikropaleontološki profil vrtine SG-1.	14.01.1955	1
SLO	Rijavec, L.	Mikropaleontološko poročilo vrtine Pt-54.	01.01.1953	1
SLO	Rijavec, L.	Mikropaleontološko poročilo vrtine Pt-58.	01.01.1953	1
SLO	Rijavec, L., Hadži-Veljkovič, N.	1958-1963 Obdelava vrtine. INA Naftaplin Zagreb	01.01.1000	1
SLO	Sadnikar, J.	Podzemno skladiščenje plina. Poročilo o strukturno geološki vrtini Pdg-1/87 (Slovenske Gorice)	28.03.1988	1
SLO	Sadnikar, J. et al.	Izvedba raziskovalnega poizkusa v vrtini Peč-1 (reservoar limit test). Geoko d.o.o. in IGGG	01.01.1994	1
SLO	Sadnikar, J., Draganič, D.	Geološka osnova in program strukturno raziskovalne vrtine Pdg-1 (Podgorje)	07.07.1987	1
SLO	Šikič, L.	Izveštaj o mikropaleontološki analizi uzoraka sa bušotine Motvarjevci-1. Inštitut GI Ina Zagreb	01.01.1976	1



SLO	Simčič, A.	Poročilo o sanaciji-čiščenju piezometrične vrtine P-6u-k/78	01.02.1987	1
SLO	Sipovec, I., Brezigar, A., Veselič, M.	Poročilo o strukturno piezometrični vrtini PF-6/83 v Titovem Velenju.	01.02.1984	1
SLO	Skaberne D., et al.	Vrtina Pg-7, Petišovci-globoka. Litologija in stratigrafija. Končno poročilo.	01.01.1989	1
SLO	Skaberne, D.	Poročilo stratimetrične obdelave vrtine Pdg-1/87 Podgorje-Cmurek (priloga A)	01.01.1988	1
SLO	Supovec, I., Otorepec, S., Kočevar, M., Brezigar, A.	Poročilo o izdelavi strukturno-piezometrične vrtine P-12o/92 v Velenju.	01.01.1993	1
SLO	Szabo, J.	Kataster raziskovalnih vrtin v SV Sloveniji	01.01.1973	1
SLO	Szabo, J.	Kataster raziskovalnih vrtin v SV Sloveniji. Nafta Lendava	01.01.1973	1
SLO	Teller, F.	Erläuterungen zur Geologischen Karte der östlichen Ausläufer der Karnischen und Julischen Alpen (Ostkarawanken und Steiner Alpen)	01.01.1896	1



SLO	Tomšič, B.	Poročilo o karotažnih meritvah v vrtini P-2/88 Ptujске toplice	22.11.1988	1
SLO	Tomšič, B.	Poročilo o karotažnih meritvah v vrtini SOB-2/88 Murska Sobota (GF-659)	01.08.1988	1
SLO	Trajanova, M.	Metamorfne kamnine v globokih vrtinah pri Mariboru. Geologija 45/2, 567-572.	01.12.2002	6
SLO	Tratnik, M.	Obdelava vrtine in analiza EK diagrama. Ina Naftaplin Zagreb	01.01.1961	1
SLO	Turk, V.	Geološki podatki iz vrtine Le-2g/94. Nafta Lendava.	01.01.2001	1
SLO	Turk, V.	Reinterpretacija kronostratigrafskih in litostratigrafskih odnosov v Murski udorini. RMZ, Vol.40.	01.01.1993	1
SLO	Urli, M.	Izveščje o karotažnim mjenjenjima u bušotini MB-2 Maribor	01.01.1991	1
SLO	Varga, M.	Konvencionalna elektrokarotaža PS,R. Ina Naftaplin Zagreb	01.01.1961	1



SLO	Varga, M.	Stratigrafsko-petrografski profil raziskovane vrtine DS-1. Ina Naftaplin Zagreb.	01.01.1959	1
SLO	Varga, M. 1959, Batušič, N.	Obdelava vrtine Bu-4.	01.01.1975	1
SLO	Varga, M., Batušič, N.	Obdelava vrtine, EK diagrami. Ina naftaplin Zagreb	01.01.1975	1
SLO	Verbovšek, R.	Geološko poročilo o spremljavi vrtine MB-1.	01.01.1991	1
SLO	Verbovšek, R.	Geotermične raziskave termalnih vod na območju Štatenberga	01.12.1989	1
SLO	Verbovšek, R.	Hidrogeološke raziskave globokih dolomitnih vodonosnikov pri Slovenskih Konjicah. I.faza.	01.08.1987	1
SLO	Verbovšek, R.	Hidrogeološke raziskave za zajem pitne vode med Stranicami in Konjiško vasjo (vrtina P-4/89 v Polenah), III.faza	01.06.1989	2
SLO	Verbovšek, R.	Letno poročilo. Vodni viri med Zrečami in Pohorjem, II. faza, leto 1977/78	15.03.1977	2



SLO	Verbovšek, R.	Poročilo o izdelavi kaptažne vrtine V-17/96 za termalno vodo pri Potoku	01.11.1996	1
SLO	Verbovšek, R.	Predlog varovanja pitne vode v vrtini P-3/87 (Polene)	11.04.1988	1
SLO	Verbovšek, R.	Raziskave vodonosnika s termalno vodo pri Radani vasi	01.12.1985	1
SLO	Verbovšek, R.	Raziskave vodonosnikov v karbonatnih kamninah pri Slov. Konjicah. Letno poročilo.	01.08.1985	1
SLO	Verbovšek, R.	Tehnično poročilo o vrtini (ni dostopnega izvoda)	01.01.1992	1
SLO	Verbovšek, R., Drobne, F., Marinko, M.	Poročilo o delu za leto 1990: Hidrogeološke raziskave vodnih virv na območju Slovenj Gradca, I.faza	25.12.1990	1
SLO	Verbovšek, R., Ločniškar, A.	Hidrogeološke raziskave globokih dolomitnih vodonosnikov pri Slovenjskih Konjicah, II.faza	08.12.1987	3
SLO	Verbovšek, R., Rajver, D.	Raziskave termalne vode pri Žalcu, raziskovalno kaptažna vrtina ŽT-1/91 globine 1500 m	01.07.1991	1



SLO	Verbovšek, R., Ravnik, D.	Poročilo o geotermičnih raziskavah za lociranje globoke raziskovalne vrtine pri Celju	20.08.1986	1
SLO	Verbovšek, R., Ravnik, D.	Poročilo o raziskovalno-kaptažni vrtini V-15/88 za termalno vodo pri Snoviku v Tuhinjski dolini	01.01.1989	1
SLO	Verbovšek, R., Ravnik, D.	Poročilo o vrtini MB-1/90 za raziskavo možnosti zajema termalne vode pri Mariboru	20.12.1990	1
SLO	Verbovšek, R., Ravnik, D., Ločniškar, A., Rajver, D.	Raziskave za zajem termalne vode med Zrečami in Slovenskimi Konjicami	01.05.1988	1
SLO	Verbovšek, R., Ravnik, D., Marinko, M., Drobne, F., Kokol, L., Kralj, P., Paderčič, M.	Raziskave termalne vode v Zrečah 1981/82	18.06.1982	1
SLO	Verbovšek, R., Ravnik, D., Rajver, D., Trček, B.	Poročilo o raziskovalno-kaptažni vrtini za termalno vodo SGT-1/90 pri Slovenj Gradcu (globine 1000m).	23.11.1990	1
SLO	Verbovšek, R., Trček, B.	Hidrogeološke raziskave vodnih virov na območju Slovenj Gradca, I.faza	16.10.1990	1
SLO	Verbovšek, R., Trček, B.	Poročilo o delu za leto 1991. Hidrogeološke raziskave vodnih virov na območju Slovenj Gradca . II.faza.	15.02.1992	1



SLO	Verbovšek, R., Trček, B., Vukelič, Ž.	Letno poročilo 1992. Geotermalna energija. Ugotavljanje možnosti izkoriščanja termalne vode iz geotermalne strukture pri Rogaški Slatini - vrtina RT-1/92	10.12.1992	2
SLO	Veselič, M.	Hidrogeološke razmere na ožjem področju termalnega izvira v Topolšnici. Letno poročilo k hidrogeološkim raziskavam izvajanim leta 1976.	15.02.1977	2
SLO	Veselovac, K.	Bukovci. Litološki stupovi istražnih bušotina i kronostratigrafske jedinice. Ina nafta Lendava.	01.01.1975	1
SLO	Živanovič, M., Ravnik, D., Verbovšek, R.	Geofizikalne raziskave pri Slovenj Gradcu s predlogom lokacije kaptažne vrtine za termalno vodo	10.12.1989	1
SLO	Žlebnik, L, Grum, F.	Zapisnik o primopredaji strukturne vrtine piezometra V-30 Slatina Radenci	04.02.1972	1
SLO	Žlebnik, L, Grum, F.	Zapisnik o primopredaji strukturne vrtine V-31 Slatina - Radenci	04.01.1972	1
SLO	Žlebnik, L, Grum, F.	Zapisnik o primopredaji strukturno piezometerske vrtine V-33 Radenci	12.07.1972	1
SLO	Žlebnik, L.	Dodatek k letnemu poročilu o rezultatih hidrogeoloških raziskavah termomineralne vode v Radencih.	25.06.1981	1



SLO	Žlebnik, L.	Hidrogeološke razmere na območju Slatine Radenci.	09.10.1969	1
SLO	Žlebnik, L.	Letno poročilo 1992: Projekt geotermalna energija	01.12.1992	7
SLO	Žlebnik, L.	Letno poročilo o hidrogeoloških preiskavah v Radencih v letu 1972. 14 pril. + granulometrične analize.	05.05.1973	4
SLO	Žlebnik, L.	Letno poročilo o hidrogeoloških raziskavah termalnih voda v Pomurju, I. faza	27.12.1984	23
SLO	Žlebnik, L.	Letno poročilo o hidrogeoloških raziskavah termalnih voda v Pomurju, II. faza.	12.12.1985	6
SLO	Žlebnik, L.	Letno poročilo o rezultatih raziskovalne naloge Hidrogeološke raziskave termalne vode v Moravcih	07.10.1983	1
SLO	Žlebnik, L.	Letno poročilo o rezultatih raziskovalne naloge: Hidrogeološke raziskave mineralne vode v Radencih v letih 1975 in 1976.	01.06.1976	2
SLO	Žlebnik, L.	Letno poročilo o rezultatih raziskovalne naloge: Hidrogeološke raziskave mineralne vode v Radencih v letu 1973.	24.06.1974	3



SLO	Žlebnik, L.	Letno poročilo o rezultatih raziskovalne naloge: Hidrogeološke raziskave mineralne vode v Radencih v letu 1974.	07.01.1975	2
SLO	Žlebnik, L.	Letno poročilo o rezultatih raziskovalne naloge: Hidrogeološke raziskave mineralne vode v Ščavniški dolini v letih 1976 in 1977.	16.12.1977	5
SLO	Žlebnik, L.	Letno poročilo o rezultatih razvojne naloge: Hidrogeološke raziskave mineralne vode v Radencih v letih 1974 in 1975. Vezano v polivinil.	01.10.1975	7
SLO	Žlebnik, L.	Letno poročilo o rezultatih razvojne naloge: Hidrogeološke raziskave mineralne vode v Radencih v letu 1973. V polivinil mapi.	24.06.1974	3
SLO	Žlebnik, L.	Letno poročilo: Karta termalnih in mineralnih vod v Sloveniji v merilu 1:200 000 (III.faza)	01.01.1979	3
SLO	Žlebnik, L.	Poročilo o hidrogeoloških preiskavah na območju Slatine Radenci.	01.11.1967	1
SLO	Žlebnik, L.	Poročilo o hidrogeoloških preiskavah v Nuskovi na Goričkem	09.01.1970	1
SLO	Žlebnik, L.	Poročilo o hidrogeoloških preiskavah v Radencih.	31.03.1972	7



SLO	Žlebnik, L.	Poročilo o hidrogeoloških raziskavah mineralne vode v Halozah	04.04.1980	1
SLO	Žlebnik, L.	Poročilo o hidrogeoloških raziskavah na Brdu pri Kranju	25.05.1977	1
SLO	Žlebnik, L.	Poročilo o rezultatih raziskav termalne vode v Ptuju	29.06.1973	2
SLO	Žlebnik, L.	Poročilo o rezultatih raziskovalne naloge: Hidrogeološke raziskave mineralne vode in plina v Ščavniški dolini.	08.04.1983	1
SLO	Žlebnik, L.	Poročilo o zbiranju podatkov o nahajališčih in pojavih mineralnih vod v SR Sloveniji, II.faza.	01.01.1988	1
SLO	Žlebnik, L.	Program globoke raziskovalne vrtine Ve-3 v Banovcih pri Veržeju	11.09.1989	1
SLO	Žlebnik, L.	Zaključno poročilo o hidrogeoloških raziskavah termalnih voda v Pomurju	18.03.1987	12
SLO	Žlebnik, L.	Zapisnik o primopredaji strukturno-piezometrične vrtine V-24 Slatina Radenci	29.07.1971	1



SLO	Žlebnik, L.	Zapisnik strukturne vrtine V51 Radenci	07.09.1973	1
SLO	Žlebnik, L., Bizjak, M., Kokol, L., Pontelli, N., Panderčič, M., Štiglic, R., Zorc, I.	Poročilo o raziskovalnih delih na vrtini Mt-7 v Moravskih toplicah, II.faza	12.08.1993	1
SLO	Žlebnik, L., Drobne, F.	Poročilo o izvedbi globokega vodnjaka VG-4 pri vodohramu v Novi vasi nad Ptujem	29.04.1996	1
SLO	Žlebnik, L., Drobne, F.	Poročilo o izvedbi globokih črpalnih vrtin GV-1 in GV-2 v črpališču Skorba pri Ptuju in izdelavi hidrogeoloških raziskav	02.09.1995	1
SLO	Žlebnik, L., Grum, F.	Zapisnik strukturno piezometrične vrtine V50 Radenci	28.11.1973	1
SLO	Žlebnik, L., Hoetzl, M., Drobne, F.	Poročilo o izvedbi globokega vodnjaka VG-3 in medsebojnem vplivu vseh treh globokih vodnjakov (VG-3, VG-2, VG-1) v črpališču Skorba	22.04.1996	1
SLO	Žlebnik, L., Kokol, L.	Predhodno poročilo o raziskavah termalne vode v Radencih, Vrtina T-4	11.05.1988	1
SLO	Žlebnik, L., Kralj, P., Kokol, L.	Poročilo o raziskavah termalne vode na območju Murske Sobotice (vrtina SOB-1).	22.03.1988	2



SLO	Žlebnik, L., Kralj, P., Kokol, L.	Poročilo o raziskavah termalne vode v Hajdini pri Ptuju.	15.06.1989	2
SLO	Žlebnik, L., Simčič, B.	Zapisnik strukturne vrtine V64 Petanjci	28.11.1974	1
SLO	Žlebnik, L., Veselič, M., Kranjc, J., Rogelj, J.	Poročilo o rezultatih raziskav termalne vode v Moravcih pri Ljutomerju	09.05.1974	1
SLO	Žlebnik, L., Žižek, D., Kralj, P.	Poročilo o hidrogeoloških raziskavah termalne vode v Radencih Vrtina T-4	28.02.1989	1
SLO	Žlebnik, L., Žižek, D., Kralj, P., Kokol, L.	Poročilo o raziskavah termalne vode na območju Murske Sobote (vrtina SOB-2).	12.12.1988	1
AUT	JOANNEUM RESEARCH - WRM	Projekt NANUTIWA	2006	208