



„Der Oberrhein wächst zusammen – mit jedem Projekt.“
 „Dépasser les frontières: projet après projet“
 „Transcending borders with every project“



Regierungspräsidium Freiburg
 Landesamt für Geologie, Rohstoffe
 und Bergbau (LGRB)
 Baden-Württemberg



Géosciences pour une Terre durable

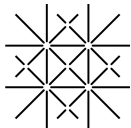
brgm

Bureau de Recherches
 Géologiques et Minières
 (BRGM)
 France



Landesamt
 für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz

Landesamt für Geologie
 und Bergbau (LGB)
 Rheinland-Pfalz



UNI
 BASEL

Universität Basel:
 Abteilung Angewandte
 und Umweltgeologie
 Schweiz



Amt für Umwelt und Energie
 Kanton Basel-Stadt



Amt für Militär und
 Bevölkerungsschutz,
 Amt für Umweltschutz und Energie
 Kanton Basel-Landschaft



Schweizer Eidgenossenschaft
 Confédération suisse
 Confederazione Svizzera
 Confederaziun svizra



Région Alsace



ADEME

Conseil Général



Haut-Rhin

Conseil Général
 du Haut-Rhin (CG68)



Kommission Klimaschutz
 der Oberrheinkonferenz
 Frankreich, Schweiz, Deutschland



Conseil Général
 du Bas-Rhin (CG67)



Dieses Projekt wird von der Europäischen Union kofinanziert - Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)

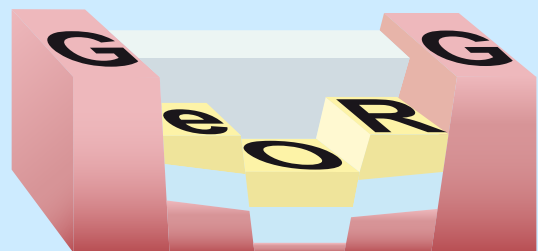
Ce projet est cofinancé par l'Union Européenne - Fonds européen de développement régional (FEDER)

Interreg IV A Oberrhein / Rhin supérieur

Geopotenziale des tieferen Untergrundes im Oberrheingraben

Potentiel géologique profond du Fossé rhénan supérieur

Beiträge zum technischen Workshop am 18.11.2010 in Freiburg



Herausgeber: Regierungspräsidium Freiburg - Abteilung 9
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB)
Albertstraße 5, 79104 Freiburg i. Br.
Telefon: (0761) 208-3000
Fax: (0761) 208-3029
E-Mail: abteilung9@rpf.bwl.de
Internet: <http://www.rp-freiburg.de>
<http://www.lgrb.uni-freiburg.de>

Redaktion: Günter Sokol
Dr. Heiko Zumsprekel

Grafik: Joachim Schuff

Übersetzung: Dr. Matthias Geyer

Bearbeitungsstand: November 2010

LGRB (Hrsg.) (2010): Beiträge zum technischen Workshop GeORG am 18.11.2010 in Freiburg. -
<http://www.geopotenziale.org/workshop>.

Ziel des technischen Workshops zum Interreg IV A-Projekt „Geopotenziale des tieferen Untergrundes im Oberrheingraben (GeORG)“ ist es, erste Ergebnisse vorzustellen und mit Öffentlichkeit und Fachwelt zu diskutieren. Im Programmteil Kommunikation werden Ziele, Projektinhalte, Nutzungsmöglichkeiten und der weitere Projektkontext vorgestellt. Im Programmteil Standortbestimmung stehen die im Projekt angewandten Methoden zur länderübergreifenden Harmonisierung, Interpretation und Modellierung von geologischen Daten sowie der fachliche Austausch mit thematisch verwandten Projekten der geologischen 3D-Modellierung zur Nutzung von Geopotenzialen im Vordergrund.

Der vorliegende Tagungsband liefert eine Zusammenfassung der am 18. November 2010 in Freiburg gehaltenen Vorträge.

Inhaltsverzeichnis

<u>Teil 1: Beiträge zum Programm Kommunikation</u>	<i>Seite</i>
Warum ein Interreg-Projekt GeORG <i>Prof. Dr. Ralph Watzel</i>	3
Geopotenziale im Oberrheingraben <i>Prof. Dr. Harald Ehses</i>	4
Stellenwert der (Tiefen-) Geothermie in der energiepolitischen Strategie des Kantons Basel-Landschaft <i>Christoph Plattner</i>	5
Das Projekt „Speicherkataster“ - Geologische Grundlagen in Baden-Württemberg <i>Dr. Gunther Wirsing, Dr. Charlotte Fehn, Dr. Wolfgang Engesser</i>	7
<u>Teil 2: Beiträge zum Programm Standortbestimmung</u>	
Erkundung des tiefen Untergrundes: Technik, Arbeitsablauf, Datenaufbereitung und Status des GeORG-Projekts <i>Isabel Rupf, Dr. Birte Anders, Dr. Edgar Nitsch, Dr. Heiko Zumsprekel, Dr. Laurent Beccaletto, Dr. Laure Capar, Dr. Thomas Kärcher, Jörg Tesch</i>	9
Das Projekt GeORG: Seismische Interpretation, strukturelles Muster und 3D-Modellierung des Oberrheingrabens - erste wissenschaftliche Ergebnisse <i>Dr. Laurent Beccaletto, Dr. Laure Capar, Davy Cruz-Mermy, Gwennolé Oliviero, Philippe Elsass, Isabel Rupf, Dr. Edgar Nitsch, Jörg Tesch</i>	13
Das geologische 3D-Modell der Region Basel – Ein Werkzeug zur Erkundung von Geopotenzialen <i>Dr. Horst Dresmann, Prof. Dr. Peter Huggenberger, Jannis Epting</i>	15
Dreidimensionale Analyse des Heidelberger Beckens, Oberrheingraben <i>Dr. David C. Tanner, Nicole Martini, Dr. Hermann Bunes, Dr. Gerald Gabriel, Prof. Dr. Charlotte M. Krawczyk</i>	17
Zwei Beispiele geologischer 3D-Modelle aus dem Oberrheingraben: das geothermische Potenzial im Gebiet Strasbourg-Obernai und das tiefe Geothermievorkommen von Soultz-sous-Forêts <i>Dr. Chrystel Dezayes, Gloria Heilbronn, Paul Bailleux, Dr. Isabelle Thinon, Gabriel Courrioux, Dr. Philippe Calcagno</i>	18
3-D-Modell der tiefen geothermischen Potenziale in Hessen <i>Dr. Matthias Kracht, Dr. Johann-Gerhard Fritsche, Dirk Arndt, Kristian Bär, Prof. Dr. Andreas Hoppe, Prof. Dr. Ingo Sass</i>	21
Geothermische Reservoircharakterisierung und Modellierung - Methoden und Strategien zur Ableitung von thermischen Eigenschaften zur Verbesserung von Modelleingangsparametern <i>Dr. Renate Pechnig, Dr. Darius Mottaghy</i>	24

Warum ein INTERREG-Projekt GeORG

Watzel, Prof. Dr. Ralph^{1)*}

¹⁾ *Regierungspräsidium Freiburg Abt. 9, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Freiburg, Albertstraße 5, D-79104 Freiburg i. Br., Deutschland*

* *Kontaktperson | E-Mail: ralph.watzel@rpf.bwl.de*

Die Böden und oberflächennahen Bereiche des Untergrundes unterliegen im Oberrheingraben einer intensiven Nutzung auf den Gebieten der Landwirtschaft, Grundwassernutzung, Rohstoffgewinnung und zunehmend auch der Erdwärmennutzung. Von daher sind sie seit vielen Jahren Gegenstand der geowissenschaftlichen Bearbeitung. Die profunde Kenntnis der Untergrundeigenschaften sowie der darin ablaufenden Prozesse ist maßgebliche Voraussetzung für ihre nachhaltige Nutzung und für sachgerechte Abwägungen bei konkurrierenden Nutzungssituationen. Weder Geologie noch Grundwasserströme machen an Ländergrenzen halt. Von daher werden diese geowissenschaftlichen Fragen seit vielen Jahren am Oberrhein grenzüberschreitend bearbeitet. Die Europäische Gemeinschaft fördert diese Arbeiten im Rahmen ihrer Kohäsionspolitik.

Aber auch der tiefere Untergrund wird am Oberrhein genutzt und in den letzten Jahren sind die Fragen nach seinen Nutzungspotenzialen verstärkt in den Vordergrund getreten. Traditionell werden in Teilbereichen des Oberrheingrabens Kohlenwasserstoffe gefördert. Ebenso hat die Mineral- und Thermalwassernutzung eine Tradition, die bis zu den Römern zurückreicht. Die Klimaschutzdebatte hat insbesondere die Aspekte der geothermischen Nutzung des tieferen Untergrundes, aber auch Fragen nach der Möglichkeit zur Verbringung von Kohlendioxid (CCS) oder der Speicherung von Druckluft im Untergrund beflügelt. Die bisher bekannten Erkenntnisse über natürliche Erdbeben am Oberrhein, ebenso wie die Erfahrungen mit ausgelösten Erdbeben an einigen Standorten haben gezeigt, dass im Hinblick auf die Erschließung von Geo-Potenzialen auch die Geo-Risiken nicht aus dem Auge zu verlieren sind.

Die geologischen Dienste wie die weiteren Projektpartner in Deutschland, Frankreich und der Schweiz blicken auf lange, erfolgreiche Zusammenarbeit zurück. Alle hier zusammengekommenen Beteiligten haben sich bei der Europäischen Gemeinschaft und dem INTERREG-Büro den Ruf kompetenter und verlässlicher Projektpartner erarbeitet.

Die Erfahrungen aus grenzüberschreitenden Projekten in früheren INTERREG-Programmen haben uns gelehrt, welcher großer Nutzen für die Fachwelt, aber auch für Verwaltungen und politische Entscheidungsgremien Studien und Geodaten darstellen, die grenzüberschreitend bearbeitet und fachlich abgestimmt sind. Für den tieferen Untergrund weisen uns die geologischen Grenzen des Oberrheingrabens die natürlichen, grenzüberschreitenden Homogenitätsbereiche, die es gemeinsam zu bearbeiten gilt. In der politischen Debatte erstreckt sich die Frage konkurrierender Flächen- oder Raumnutzungen mittlerweile auch über den tieferen Untergrund.

Die geologischen Dienste am Oberrhein können auf eine gemeinsame Historie der geologischen Bearbeitung auch des tieferen Untergrundes zurückgreifen. Das erste grenzüberschreitende Produkt wurde bereits in den 1970er Jahren erstellt, damals ebenfalls von Europa gefördert. Seither wurden Datenbestände und Auswertungen in den einzelnen Ländern individuell und mit unterschiedlichen Maßgaben fortgeführt. Daneben haben die geowissenschaftlichen Arbeitsmethoden in den letzten drei Jahrzehnten einen enormen Modernisierungsschub erfahren. Aus diesem Grund lautet das Credo für das Projekt GeORG, „die Beiträge aus den einzelnen Ländern zusammenführen und sie dann insgesamt gemeinsam voranbringen“. Die einzelnen Partner übernehmen dabei die Federführung für spezifische Aufgaben, für die sie besondere Expertise haben, in der gesamten Bearbeitungskulisse. Durch die Bündelung der individuellen Stärken entsteht ein Mehrwert für das Projekt und über den Austausch eine Weiterqualifikation aller MitarbeiterInnen. Eben dieses Zusammenführen der Besten aus allen beteiligten Ländern, um Aufgaben gemeinsam besser lösen zu können, ist auch Kernbestandteil der Philosophie der Trinationalen Metropolregion Oberrhein.

Inhaltliche Ziele von GeORG sind die Erfassung, Harmonisierung und Dokumentation der bestehenden Datengrundlagen in einer länderübergreifenden Datenbasis, die Entwicklung eines geologischen Modells (3D-Computermodells) für die wichtigen geologischen Einheiten auf Grundlage von Bohrungen und insbesondere neu prozessierten Seismikdaten, die Parametrisierung der geologischen Körper anhand der vorliegenden Kennwerte für Gesteine und Grundwasser, die Ableitung von Übersichtsdarstellungen für künftige Planung und konkrete Projekten sowie die öffentliche Verfügbarkeit der Projektergebnisse in zeitgemäßer Form.

Wesentliche Ergebnisse des Projekts werden in Form von elektronischen Geofachdaten erzeugt. Damit berührt das Projekt einen weiteren Schwerpunkt der EU-Politik der Europäischen Gemeinschaft, die Schaffung einer Geodateninfrastruktur in der Gemeinschaft (EU-Richtlinie 2007/2 INSPIRE). Die Ergebnisse der grenzüberschreitenden Arbeit werden am Ende in Form von Geofachdaten und konform mit den Geodatenzielen und Vorgaben der Gemeinschaft öffentlich verfügbar gemacht. Mehr „Geo“ und „Europa“ zusammen geht nicht.

Ein wichtiges Ziel der INTERREG-Programme ist das Initialisieren von Projekten zur Etablierung von längerfristigen Partnerschaften, sowie der Aufbau einer Infrastruktur, die sich nach dem Projekt selbst tragen soll. Voraussetzungen, Konzeption und bisherige Ergebnisse der Projektarbeit passen perfekt in diese Zielkulisse. Zum Projektende werden wir hierzu einen Ausblick in die künftigen Weiterbildungsmöglichkeiten vorstellen.

Ziel des heutigen Workshops ist die Präsentation erster Teil- und Zwischenergebnisse, die Kommunikation des bisher Erreichten an Öffentlichkeit und Fördermittelgeber sowie der fachliche Austausch zwischen den Experten, auch über den Projektkontext hinaus. Der Dank gebührt schon jetzt dem INTERREG-Programm für die Förderung und allen Projektpartnern für die hervorragende Zusammenarbeit.

Geopotenziale im Oberrheingraben

Ehses, Prof. Dr. Harald ¹⁾*

¹⁾ Landesamt für Geologie und Bergbau Mainz, Emy-Roeder-Straße. 5, D-55133 Mainz, Deutschland

* Kontaktperson | E-Mail: harald.ehses@lgb-rlp.de

Der Oberrheingraben verfügt aufgrund seiner geologischen Verhältnisse über eine Vielzahl an Geopotenzialen, die insbesondere durch die Klimaschutzdiskussion zunehmend in den Fokus von Fachwelt und Öffentlichkeit gerückt sind.

Für eine nachhaltige und effiziente Nutzung dieser natürlichen Ressourcen sind gute Kenntnisse des Untergrundes erforderlich. Neue Daten und technische Möglichkeiten ermöglichen es die bisherigen geothermischen Bestandsaufnahmen (1979 u. 1981) im Rahmen des GeORG Projektes weiterzuentwickeln. Wichtige Projektinhalte stellen länderübergreifende harmonisierte Datensätze sowie eine flächenhafte 3D Modellierung des Untergrundes dar.

Hieraus lassen sich Aussagen zu den geologischen Rahmenbedingungen für die Tiefe Geothermie, den Tiefenlagen der Aquifere (Thermal-/ Mineralwassernutzung) und der Eignung des Untergrundes für eine CO₂-Verpressung oder Erdgasspeicherung treffen. Des Weiteren kann es erste Anhaltspunkte für mögliche Nutzungskonflikte der Geopotenziale untereinander geben.

Die im Projekt GeORG erhobenen Daten liefern Grundlageninformationen für die Planung von Projekten, ersetzen aber keine detaillierten Planungsgrundlagen.

Der Stellenwert der (Tiefen-) Geothermie in der energiepolitischen Strategie des Kantons Basel-Landschaft

Plattner, Christoph¹⁾*

¹⁾ Amt für Umweltschutz und Energie Kanton Basel-Landschaft, Rheinstrasse 29, 4410 Liestal, Schweiz

* Kontaktperson | E-Mail: christoph.plattner@bl.ch

Die (Tiefen-) Geothermie ist einer der energiepolitischen Hoffnungsträger im Baselbiet

Die Energiepolitik hat im Kanton Basel-Landschaft eine lange Tradition.

Der Kanton Basel-Landschaft hat als einer der ersten Kantone bereits im Jahr 1991 ein eigenes kantonales Energiegesetz beschlossen. Seither setzt er konsequent auf einen sparsamen, rationellen und umweltschonenden Energieeinsatz und eine möglichst weitgehende Substitution von nicht erneuerbaren mit erneuerbaren Energieträgern. In diesem Zusammenhang bietet er seit über zwanzig Jahren ein energiepolitisches Förderprogramm an und prägt die Entwicklung im Gebäudebereich seit Jahren aktiv mit.

Die Regierung hat mit ihrer Energiestrategie in 2008 an diese langjährige Tradition angeknüpft.

Im Anschluss an die Veröffentlichung der jüngsten Berichte des Weltklimarates IPCC wurden im Parlament des Kantons Basel-Landschaft gegen fünfzig energiepolitische Vorstösse zu unterschiedlichsten Aspekten im Energiebereich eingereicht. Mit ihrer Strategie für die Energiepolitik des Kantons Basel-Landschaft vom 8. April 2008 hat die Regierung diese Begehren aufgegriffen und den energiepolitischen Weg für die nächsten Jahre vorgegeben. Die Strategie orientiert sich am Zielbild der 2000-Watt-Gesellschaft und enthält 10 Leitsätze sowie 27 konkrete Umsetzungsmassnahmen.

Die baselbieter Energiestrategie setzt auf Energieeffizienz und erneuerbare Energieträger.

Die Potenziale der erneuerbaren Energieträger im Kanton Basel-Landschaft sind beschränkt. Zudem stehen sie fast alle in einem Spannungsfeld mit anderweitigen Interessen (z.B. Windenergie mit Landschaftsschutz; Wasserkraft mit Fischerei und Ökologie, etc.). Bei fast jedem konkreten Projekt zeigen sich Widerstände. Bereits heute ist absehbar, dass nur ein Bruchteil der theoretisch vorhandenen Potenziale tatsächlich ausgeschöpft werden kann. Die Energiestrategie setzt deshalb vor allem auf Energieeffizienz und eine möglichst ausgewogene Mischung verschiedener erneuerbarer Energieträger.

Das Stimmvolk hat unlängst messbare energiepolitische Zielsetzungen beschlossen.

Das Stimmvolk des Kantons Basel-Landschaft hat am 26. September 2010 erstmals messbare energiepolitische Zielsetzungen für den Heizwärmebedarf bei Neu- und Altbauten und für den Anteil der erneuerbaren Energien beschlossen. Gemäss dieser, per 1. Januar 2011 in Kraft tretenden Änderung des kantonalen Energiegesetzes soll u.a. der Anteil der erneuerbaren Energien am Gesamtenergieverbrauch (exklusive Mobilität) im Jahr 2030 40 Prozent betragen.

Die Geothermie wird im Kanton Basel-Landschaft seit langem und weiterhin gefördert.

Der Kanton Basel-Landschaft unterstützt die Nutzung der oberflächennahen Erdwärme mittels Förderbeiträgen an Erdwärmesonden seit langem. Inzwischen wurden bereits mehrere hundert Anlagen mit durchschnittlich zwei Erdwärmesonden pro Anlagen im Kanton realisiert. Diese Förderung der oberflächennahen Erdwärme wird auf Basis angesprochenen Energiestrategien derzeit unverändert weitergeführt (Umsetzungsmassnahme Nr. 21 der Energiestrategie). Aufgrund ihres langfristig grossen Potenzials wird - trotz der Rückschläge beim Projekt in Basel - in der Energiestrategie auch die Tiefengeothermie weiterhin als Option für die Zukunft verfolgt (Umsetzungsmassnahme Nr. 22).

Die Geothermie ist die Energiequelle der Zukunft und der energiepolitische Hoffnungsträger.

Bei der Geothermie ist das theoretisch langfristig erschliessbare Potenzial enorm und gemäss verschiedenen Studien für die Schweiz voraussichtlich grösser als bei allen anderen erneuerbaren Energien. Die Geothermie gilt als CO₂-emissionsfrei und entsprechend sauber. Sie ist kaum je mit einer Beeinträchtigung der Landschaft verbunden. Man verspricht sich von ihr für erneuerbare Energieträger vergleichsweise tiefe Gesteungskosten und einen substanziellen Beitrag zur zukünftigen Energieversorgung in der Schweiz. Die Geothermie dürfte nach heutiger Einschätzung noch für längere Zeit die einzige Technologie bleiben, welche inner nützlicher Frist überhaupt einen substanziellen Anteil zur Abdeckung der Grundlast beitragen kann und -

unabhängig von Witterungseinflüssen - im grossen Stil Bandenergie zu produzieren vermag. Insofern ist die (Tiefen-) Geothermie die Energiequelle der Zukunft und einer der energiepolitischen Hoffnungsträger.

Die weitere Erforschung der Geothermie ist wichtig und das Projekt GeORG ein Puzzlestein.

Das Projekt zur Nutzung der Tiefengeothermie in Basel hat gezeigt, dass die Nutzbarkeit der grossen Energiereserven im Untergrund keineswegs gesichert ist. Die Technologie steht immer noch in den Anfängen und die Kenntnisse über den Untergrund sind noch immer beschränkt. Neben den rechtlichen, administrativen und finanziellen Hürden, sind aber genau diese regionalen und lokalen Erkenntnisse über den Untergrund eine wichtige Voraussetzung, damit geeignete Standorte überhaupt identifiziert, erschlossen und nachhaltig bewirtschaftet werden können. Insofern sind die weitere Erforschung der Geothermie und die Zusammenführung des vorhandenen Wissens über den Untergrund in diesem Zusammenhang sehr wichtig. Das Projekt GeORG setzt genau hier an, legt die Basis für allfällige Machbarkeitsstudien in den nächsten Jahren und ist deshalb aus Sicht des Kantons Basel-Landschaft ein wichtiger Puzzlestein.

Das Projekt „Speicherkataster“ – Geologische Grundlagen in Baden-Württemberg

Wirsing, Dr. Gunther^{1)*}, Fehn, Dr. Charlotte¹⁾, Engesser, Dr. Wolfgang¹⁾

¹⁾ *Regierungspräsidium Freiburg Abt. 9, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Albertstr. 5, D-79104 Freiburg i. Br., Deutschland*

* *Kontaktperson | E-Mail: gunther.wirsing@rpf.bwl.de*

Einleitung

Im Rahmen des Projektes „Informationssystem Speichergesteine für den Standort Deutschland – eine Grundlage zur klimafreundlichen geotechnischen und energetischen Nutzung des tieferen Untergrundes (Speicher-Kataster Deutschland)“ werden von den staatlichen Geologischen Diensten der Bundesländer unter der Federführung der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe nach bundesweit einheitlichen Kriterien Karten zur geologischen Eignung von Speicher- und Barrierekomplexen erstellt. Unter einem Speicher-/Barrierekomplex wird eine lateral abgrenzbare Einheit innerhalb eines Sedimentationsraums verstanden. Sie weist geologische Horizonte auf, die zur Speicherung bzw. Abdichtung geeignet sind. Ziel war die Erfassung potenzieller Speicherregionen für die Untergrundspeicherung von Gasen in salinaren Aquiferen¹

Als Speichergesteine kommen primär poröse Gesteine sowie sekundär geklüftete und/oder kavernöse Gesteine (Kluft-/Karstspeicher), als Barrieregesteine Tongesteinsfolgen und Salzgesteine mit einer geringen Gebirgsdurchlässigkeit in Frage.

Von besonderem Interesse hierfür sind in Baden-Württemberg die großen Sedimentbecken Molassebecken im Alpenvorland und der Oberrheingraben. Diese beiden Gebiete unterscheiden sich sowohl hinsichtlich ihrer geologischen und tektonischen Entwicklung, als auch hinsichtlich der lithologischen Ausbildung der Gesteinsabfolge deutlich voneinander.

Rahmenbedingungen

Die systematische, bundesweit einheitliche Erhebung und Abgrenzung von Regionen mit Speicher- bzw. Barriereigenschaften durch die staatlichen geologischen Dienste erfolgten auf der Grundlage der Bewertungskriterien Tiefenlage des Barriere- /Speicherkomplexes und Mindestmächtigkeit.

Aufgrund der Vielzahl der unterschiedenen Speicher- und Barrierekomplexe in den beiden Bearbeitungsgebieten konnte weitgehend nur auf bestehende Datengrundlagen (Bohrungen, Schichtlagerungskarten und Mächtigkeitsverteilungen und Datensammlungen zu Hydrochemie, Hydraulik, Gesteinseigenschaften zurückgegriffen werden.

Ergebnisse

Für die nach den obigen Kriterien definierten Komplexe wurden Potenzialkarten im Maßstab 1:1.000.000 sowie detaillierte kartographische Darstellungen zur Verbreitung, Mächtigkeit und Tiefenlage potenziell geeigneter Speicher- und Barrierekomplexe im Maßstab 1:300.000 erarbeitet.

Die angewandte Kartiermethodik sowie die ausgewerteten Datengrundlagen erlauben eine erste übersichtsmäßige Darstellung des Speicher- und Barrierepotenzials der Gesteine im Untergrund der beiden Teilgebiete Oberrheingraben und Molassebecken. Das Ergebnis sind kleinmaßstäbliche Karten von Regionen, in denen die Komplexe nach derzeitigem Kenntnisstand die Vorgaben hinsichtlich lithologischer Ausprägung, Tiefenlage und Mächtigkeit prinzipiell erfüllen und die für weitere Betrachtungen in Frage kommen.

Erschwerend für die Beurteilung sind der lithologisch heterogene horizontale und vertikale Aufbau der Komplexe, die Prognose zur Kontinuität der räumlichen Verhältnisse sowie die geologisch-tektonische Komplexität der Teilgebiete. Diese tritt insbesondere im Oberrheingraben in den Vordergrund und wirkt sich auf die

¹ Salinärer Aquifer: Synonym für „salzwasserführender Aquifer“

Eignungseinschätzung zur dauerhaften Speicherung stark einschränkend aus. Differenziertere Aussagen sind nur auf der Grundlage weiterführender Untersuchungen möglich. Hierfür bildet im Teilgebiet Oberrheingraben die Länder übergreifende und harmonisierte Überarbeitung der Tiefengeologie und die Erstellung eines 3D-Untergrundmodells die Grundlage. Es wird derzeit im Rahmen des Interreg-Projektes „Geopotenziale des tieferen Untergrundes im Oberrheingraben – GeORG“ durch französische, schweizer und deutsche Partner unter Federführung des Regierungspräsidiums Freiburg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau erstellt.

Erkundung des tiefen Untergrundes: Technik, Arbeitsablauf, Datenaufbereitung und Status des GeORG-Projekts

Rupf, Isabel ^{1)*}, Anders, Dr. Birte ¹⁾, Nitsch, Dr. Edgar ¹⁾, Zumsprekel, Dr. Heiko ¹⁾, Beccaletto, Dr. Laurent ²⁾, Capar, Dr. Laure ²⁾, Kärcher, Dr. Thomas ³⁾, Tesch, Jörg ³⁾

¹⁾ Regierungspräsidium Freiburg Abt. 9, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Freiburg, Albertstraße 5, D-79104 Freiburg i. Br., Deutschland

²⁾ Bureau de Recherches Géologiques et Minières service GEO/GBS, 3 avenue claude guillemin BP36009, 45060 Orléans Cedex 2, Frankreich

³⁾ Landesamt für Geologie und Bergbau Mainz, Postfach 10 02 55, 55133 Mainz, Deutschland

* Kontaktperson | E-Mail: isabel.rupf@rpf.bwl.de

Einführung

Das EU-Projekt GeORG (Geopotenziale des tieferen Untergrundes im Oberrheingraben) wird durch das Interreg IV A Programm Oberrhein von Oktober 2008 bis September 2011 gefördert. Ziel ist der Aufbau einer transnationalen Datenbasis, die Aussagen über Geopotenziale des tieferen Untergrundes wie Geothermie, Thermal- und Mineralwässer, Möglichkeiten zur CO₂-Sequestrierung sowie Druckluftspeicherung liefert. Im schweizerischen Gebiet kommen Informationen zur Problemstellung induzierter Seismizität hinzu.

Grundlage ist ein digitales, 3-dimensionales Geologiemodell, das mit hydrogeologischen und geothermischen Eigenschaften parametrisiert wird. Das Modellgebiet ist in Abb. 1 erkennbar. Die innere Modellierungszone hat eine N-S Erstreckung von etwa 270 km und variiert in der Breite zwischen 40 und 50 km. Der äußere Projektbereich wird ohne detaillierte Modellierung für weiterführende strukturgeologische Betrachtungen hinzugezogen.

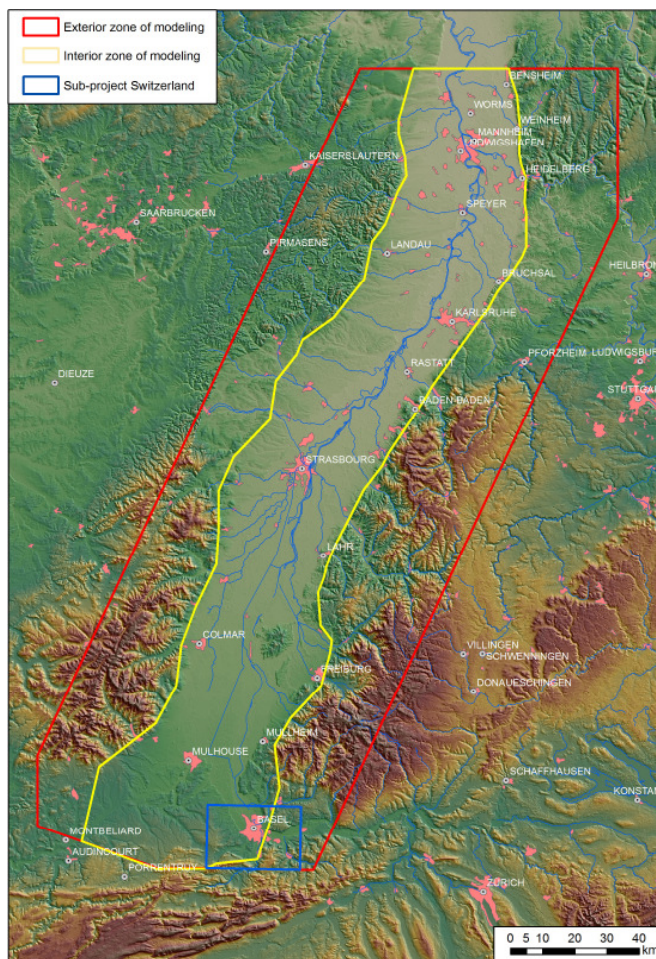


Abb 1: Modellzonen des GeORG-Projekts.

Der Oberrheingraben ist ein seit dem Eozän aktives komplexes Rift- und Blattverschiebungssystem. Die känozoische Grabenfüllung ist bis zu 3 km mächtig und baut sich aus Sedimenten wechselnder terrestrischer und mariner Ablagerungsmilieus auf. Im Bereich von Mulhouse kam es im Paläogen zur Abscheidung von Kalisalzen, die teilweise als Salzmauern aufgestiegen sind. Lokal treten Vulkanite auf, die im Kaiserstuhl ihr größtes Vorkommen finden. Mesozoische bis jungpaläozoische Gesteine unterlagern die känozoische Grabenfüllung, deren unterschiedlich permeable Sand- und Kalksteine ebenfalls wichtige Geopotenzialbereiche bereitstellen. Das varistisch deformierte Grundgebirge bildet das Fundament des Modells.

Das Gebiet ist tektonisch stark beansprucht. Neben Abschiebungen mit bis zu mehr als einem km Vertikalversatz prägen Blattverschiebungsstrukturen mit transtensiven und transpressiven Elementen das Bild. Die Abbildung des komplexen Schollenbaus in Verbindung mit der Entwicklung eines schlüssigen strukturgeologisch-genetischen Konzepts ist eine der größten Herausforderungen an das Projekt.

Datengrundlagen und Datenharmonisierung

Das Projekt nutzt folgende Eingangsdaten:

- 2150 Bohrungen (lithologische Beschreibung, geophysikalische Bohrlochmessungen)
- 5400 km Reflexionsseismik (2D-Profile, Geschwindigkeitsmodelle)
- hydrogeologische und geothermische Datensätze
- Ergebnisse vorheriger Arbeiten (Schichtlagerungskarten, Profilschnitte, 3D-Modelle für Teilregionen etc.)

Die Datengrundlage stammt in wesentlichen Teilen aus den Archiven der Projektpartner. Weitere Informationen, insbesondere Seismikprofile, stellten verschiedene Ölfirmen zur Verfügung. Die Daten haben unterschiedliche Quellen, variieren stark in ihrem Alter und ihre Interpretation durchlief im Laufe der Zeit mehrere Paradigmenwechsel. Darum war eine technische und inhaltliche Vereinheitlichung vor weiteren Arbeitsschritten notwendig.

Die Geodaten liegen in länderspezifischen Koordinatensystemen vor und mussten zunächst in ein einheitliches Bezugssystem überführt werden. Hydrogeologische und geothermische Parameter wurden bisher mit unterschiedlichen Messeinheiten, Korrekturwerten und -methoden in lokalen Datenbanken gehalten. Die vereinheitlichten Werte stehen im Zuge des Projekts den Bearbeitern auf einer zentralen Plattform zur Verfügung. Seismikprofile weisen unterschiedliche Bezugsniveaus auf und wurden mit verschiedenen Korrekturverfahren prozessiert. Eine Neuberechnung auf einheitlicher Basis macht die Daten untereinander vergleichbar und verbesserte deren Qualität (s. Beccaletto et al., in diesem Band).

Die Stammdaten tiefer Bohrungen (Raumlage des Bohransatzpunkts, Abweichung des Bohrpfads von der Vertikalen) wurden im Zuge der Eingangsdatenbearbeitung überprüft. Die lithostratigraphische Beschreibung der erbohrten Einheiten variiert je nach Alter der Bohrung und dem damit verbundenen Kenntnisstand, aber auch nach Region und zum Teil nach Bearbeiter, insbesondere in den tertiären Einheiten.

Im Rahmen des GeORG-Projekts einigten sich 2009 Vertreter der Geologischen Dienste von Baden-Württemberg (LGRB), Rheinland-Pfalz (LGB) und Frankreich (BRGM) sowie der Universität Basel auf eine einheitliche Nomenklatur für die stratigraphischen Einheiten im Tertiär des Oberrheingrabens im Projektgebiet (Abb. 2). Ausgangspunkt waren die bis dahin veröffentlichten Vorschläge der Subkommission Tertiär der DSK, die dafür in Hinblick auf die vorhandenen und verwendeten Bohrdaten und Seismikprofile überarbeitet und ergänzt und der in den Landesdiensten verwendeten stratigraphischen Systematik angepasst wurden. Die Grenzziehung zwischen den für das Projekt definierten 12 Formationen erfolgt dabei erstmals länderübergreifend einheitlich auf der Grundlage der in den Bohrberichten dokumentierten lithologischen Merkmale der Gesteinsabfolgen und erlaubt damit Aussagen über Mächtigkeiten und Verbreitung geotechnisch und hydrogeologisch vergleichbarer Gesteinskörper.

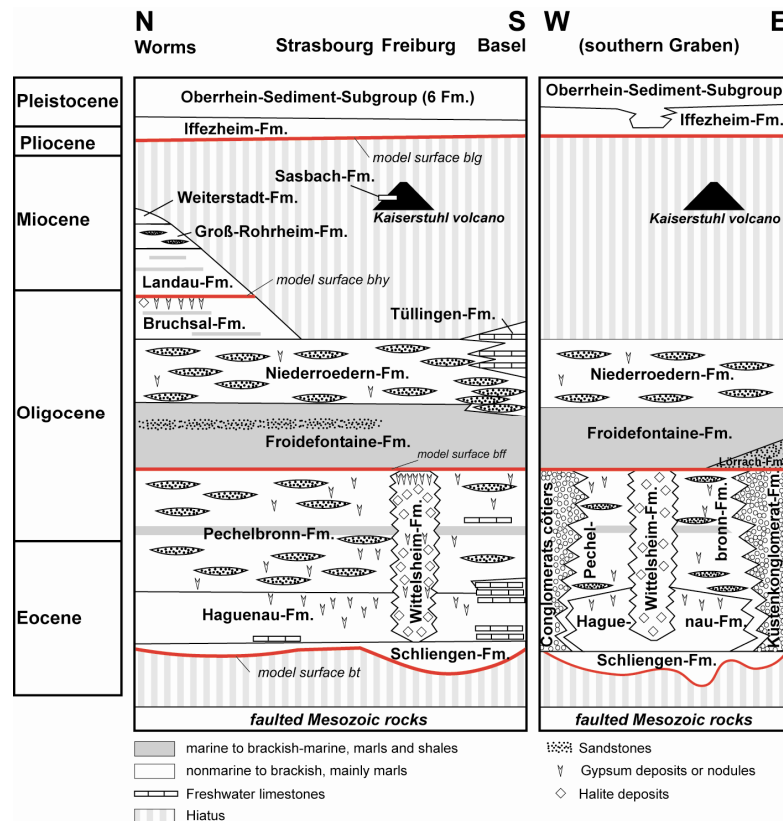


Abb. 2: Vereinheitlichte GeORG-Nomenklatur für Tertiärsedimente.

Seismische Interpretation und 3D-Modellierung

Die Auswertung der Seismik (Beccaletto et al., in diesem Band) und die 3D-Modellierung erfolgt mit den Programmen SeisVision und Gocad. Da die Eingangsdaten mit verschiedenen Methoden gemessen wurden (Bohrungen in Bohrmetern unter Ansatzpunkt, Seismik in Laufzeit, ältere Strukturpläne und Modelle in der Regel in m NN), ist ein Geschwindigkeitsmodell für deren gemeinsame Darstellung und Auswertung essentiell. Das 3D-Modell wird zunächst in der Zeitdomäne erstellt und später in Tiefe konvertiert.

Im ersten Teil der Modellierung werden Flächenobjekte wie Störungen, Grenzflächen geologischer Einheiten sowie Hüllflächen für Salzdiapire und Vulkanite generiert (Abb. 3). Besonders aufwändig gestaltet sich die Modellierung des strukturgeologischen Inventars. In einem ersten Schritt werden die in den Seismikprofilen markierten Störungslinien unter Beachtung von Streichrichtung, scheinbarem Fallwinkel und Vertikalversatz zu möglichst verwindungsfreien Flächen korreliert. Gleichzeitig wird geprüft, ob die entstehenden Störungsobjekte in das strukturgeologische Gesamtkonzept passen. Erst danach steht die Modellierung eines wasser-dichten Störungsnetzwerks im Mittelpunkt.

Sind die Horizonte gut in den Seismikprofilen erkennbar, erfolgt deren Modellierung in der Zeitdomäne. Ist deren Auflösung aufgrund geringer Impedanzkontraste oder großer Teufe weniger gut, werden diese nach der Tiefenkonvertierung in das Modell mit Hilfe von Bohrmarkern und Mächtigkeitsverteilungen eingefügt. Dies betrifft vor allem die mesozoischen Einheiten.

Nach der Flächenmodellierung werden die einzelnen Objekte in ein Volumenmodell überführt. Aufgrund der Auflösung und der Größe des modellierten Areals, ist eine Unterteilung in Submodelle mit konsistenten Grenzen unumgänglich.

Danach stehen die Parametrisierung der Volumina mit hydrogeologischen und geothermischen Eigenschaften und die Ableitung von Geopotenzialen im Mittelpunkt der Arbeiten.

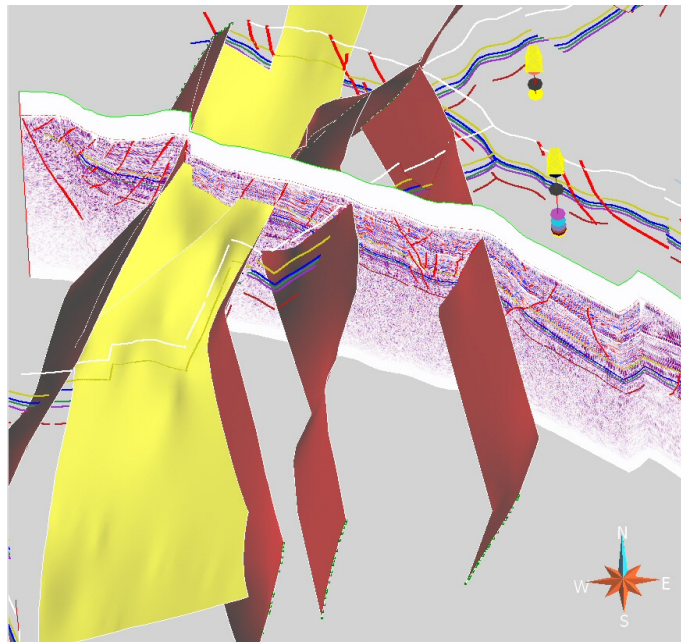


Abb. 3: Seismikprofil mit gepickten Störungen und Horizonten (farbige Linien), Störungsflächen (rot), und Horizonten (gelb).

Produkte

Produkte in GeORG umfassen Karten, Profilschnitte und 3D-Modellblöcke von Pilotgebieten zur Bewertung von Geopotenzialen und Georisiken. Hierzu gehören:

- Schichtlagerungskarten und Profilschnitte
- Mächtigkeitsverteilungen
- Faziesverteilungen ausgewählter geologischer Einheiten
- Temperaturverteilungen in bestimmten Teufen
- Aussagen zu Wärmeleitfähigkeiten (Pilotgebiet Landau – Karlsruhe - Soultz)
- Verteilung und Tiefe ausgewählter Speicher- und Barrierekomplexe für CO₂-Sequestrierung und Gasspeicherung
- Seismische Risiken (Teilmodell Schweiz)
- Parametersätze zu Wärmevorkommen, hydrochemischen Eigenschaften, Permeabilität und Porosität ausgewählter Einheiten

Aktuelle Informationen finden sich im Internet unter <http://www.geopotenziale.org>.

Das Projekt GeORG: Seismische Interpretation, strukturelles Muster und 3D-Modellierung des Oberrheingrabens - erste wissenschaftliche Ergebnisse

Beccaletto, Dr. Laurent ¹⁾*, Capar, Dr. Laure ¹⁾, Cruz-Mermy, Davy ²⁾, Oliviero, Gwenolé ³⁾, Elsass, Philippe ⁴⁾, Perrin, Armelle ¹⁾, Rupf, Isabel ⁵⁾, Nitsch, Dr. Edgar ⁵⁾, Tesch, Jörg ⁶⁾

¹⁾ Bureau de Recherches Géologiques et Minières service GEO/GBS, 3 avenue Claude Guillemin BP36009, 45060 Orléans Cedex 2, Frankreich

²⁾ Bureau de Recherches Géologiques et Minières SGR Alsace, Parc Club des Tanneries, 15 rue du Tanin, BP 177 Lingolsheim, 67834 Tanneries Cedex, Frankreich

³⁾ EGID Bordeaux3, 1 allée Daguin 33607 Pessac, Frankreich

⁴⁾ GEODERIS, 1 rue Claude Chappe, 57070 Metz, Frankreich

⁵⁾ Regierungspräsidium Freiburg Abt. 9, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Freiburg, Albertstraße 5, D-79104 Freiburg i. Br., Deutschland

⁶⁾ Landesamt für Geologie und Bergbau Mainz, Postfach 10 02 55, 55133 Mainz, Deutschland

* Kontaktperson | E-Mail: l.beccaletto@brgm.fr

Das Gebiet des Oberrheingrabens verfügt über ein großes geologisches Potenzial im Zusammenhang mit vielen aktuellen Anwendungen (tiefe Geothermie, CO₂-Sequestrierung, Hydrogeologie) sowie seismischen Risiken. Um das Geopotenzial sicher und erfolgreich zu nutzen, sind detaillierte Kenntnisse des tiefen geologischen Aufbaus des Oberrheingrabens notwendig.

Das Ziel des europäischen INTERREG IV Projekts GeORG ist es daher, komplementäre Daten der deutschen, schweizerischen und französischen Partner zu sammeln, um ein geologisches 3D-Modell des Oberrheingrabens zu erstellen. Das Modell umfasst die Geometrien von 17 ausgewählten geologischen Markerhorizonten, die vom variszischen Grundgebirge bis zur Erdoberfläche definiert wurden.

Die Eingangsdaten des 3D-Modells in GoCAD stammen aus der Erdöl- und Bergbauindustrie und beinhalten hauptsächlich Interpretationen von ca. 5400 km reprozessierten seismischen Profilen (3900 km in Deutschland und 1500 km in Frankreich) sowie Beschreibungen von mehr als 1000 Bohrungen. Es ist das erste Mal, dass eine solche Datenmenge des Untergrundes im Oberrheingraben gesammelt, analysiert und weiterverarbeitet wird.

Ein wesentlicher Bestandteil des Projekts ist die Reprozessierung alter seismischer Profile, die von der Erdölindustrie in den letzten Jahrzehnten aufgenommen wurden, mit Hilfe von modernen Methoden. Die interpretierte Seismik bildet das Grundgerüst der geologischen 3D-Modellierung. Die Prozessierung von alten Rohdaten mit modernen Methoden führt zu einer deutlichen Erhöhung der Datenqualität und trägt zur verbesserten Erkennbarkeit von geologischen Strukturen bei. Im Vergleich mit der alten Seismik zeigen die neu prozessierten Profile eine bessere (1) Kontinuität und horizontal-vertikale Auflösung von seismischen Horizonten oder Gruppen von Horizonten, (2) geometrische Charakterisierung von Störungen und Störungszonen. Wir präsentieren den Arbeitsablauf der Prozessierung der französischen und deutschen seismischen Profile, die anfänglich durch unterschiedliche seismische Formate gekennzeichnet waren.

Die wissenschaftlichen Interessen an dem Projekt sind vielfältig und richten sich im Wesentlichen auf den strukturgeologischen Rahmen des Oberrheingrabens. Wir präsentieren erste Ergebnisse unserer Arbeiten mit neuen seismischen Interpretationen und einem ersten Entwurf des 3D-Modells. Den Schwerpunkt legen wir dabei auf das Inventar der erfassten, unterschiedlichen strukturellen Elemente (z.B. Haupttrandstörungen, Abschiebungen, Blattverschiebungen, Salzdome, südliche Jura-Überschiebung) und ihre Stellung in der strukturellen Entwicklung des Oberrheingrabens. Besonderes Augenmerk wird auf die vorherrschende Rolle des NNE-SSW-ausgerichteten, seit dem Miozän wirksamen Blattverschiebungsregimes in der heutigen 3D-Geometrie des Oberrheingrabens gelegt. Dieses Blattverschiebungsregime ist gekennzeichnet durch die Entwicklung transtensiver Störungen und negativer Blumenstrukturen, welche die Morphologie älterer Abschiebungen, die während der ersten Riftphasen des Oberrheingrabens angelegt wurden, überprägen und daher den Blick auf das prä-miozäne Riftsystem des Oberrheingrabens verzerren. Darüber hinaus diskutieren wir den Einfluss spätvariszischer Störungen auf die Bildung einiger, heute sichtbarer struktureller Elemente des Oberrheingrabens. Abschließend stellen wir eine Auswahl von 3D-Ansichten der oben genannten strukturellen Elemente vor.

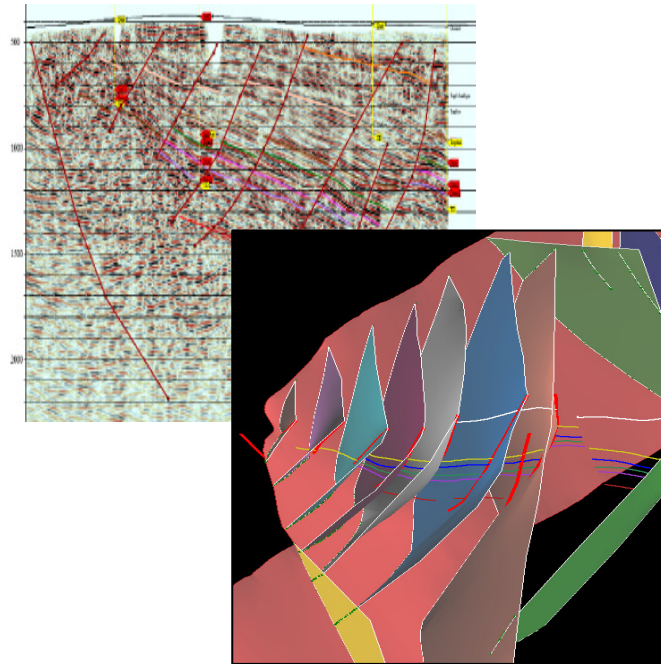


Abb. 1: Beispiel von Abschiebungen in 2D (seismisches Profil) und 3D (Modellierung in GoCAD).

Das geologische 3D-Modell der Region Basel – Ein Werkzeug zur Erkundung von Geopotenzialen

Dresmann, Dr. Horst ^{1)*}, Huggenberger, Prof. Dr. Peter ¹⁾, Epting, Jannis ¹⁾

¹⁾ *Angewandte und Umweltgeologie (AUG), Institut für Geologie und Paläontologie, Bernoullistrasse 32, CH-4056 Basel, Schweiz*

* *Kontaktperson | E-Mail: Horst.Dresmann@unibas.ch*

Das wachsende Interesse für die Nutzung von Geopotenzialen des tieferen Untergrund wie geothermische Energie, Grundwasser oder die Möglichkeit Gase oder CO₂ zu speichern erfordert Erkundungs-, Richtlinien- und Planungskonzepte. Heutzutage sollte nicht nach dem Prinzip „Wer zuerst kommt, mahlt zuerst“ gehandelt werden.

Insbesondere in dicht besiedelten Gebieten wie Basel werden zusätzliche Informationen zum Untergrund in den verschiedensten Fachgebieten wie Grundwasserbewirtschaftung, Bodensanierung, Straßen- und Tunnelbau und Erdbebenrisikoabschätzung benötigt.

Die aktuelle Seismizität in der Schweiz ist mäßig, jedoch haben sich in den letzten Jahrhunderten immer wieder starke Erdbeben ereignet. Um das Schadensrisiko in der Region Basel zu minimieren, wurden in einem Kooperationsprojekt des Schweizer Erdbebendienstes (SED) und der Arbeitsgruppe Angewandte und Umweltgeologie (AUG) eine quantitative Mikrozonierungskarte (2006) erstellt. Diese Mikrozonierung, welche auf einem geologischen 3D-Modell der Region Basel basiert, setzt wichtige geologische und seismologische Informationen in einen Zusammenhang. Die Informationen zur Mikrozonierung können im Ingenieurwesen zur Beurteilung von statischen Fragestellungen im Gebäudebau genutzt werden. Sie ist als ein öffentliches GIS-Produkt über die Internetpräsenz der Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft publiziert. In Zukunft könnte die Weiterentwicklung des Projektes zur Abschätzung des Erdbebenrisikos dazu dienen, eine Echtzeiter-schütterungskarte zu berechnen. Sie könnte helfen im Ernstfall den Katastrophenschutz besser zu koordinieren. Zur Berechnung von solchen Karten werden detaillierte Informationen zur tektonischen Tiefenstruktur in der Region Basel benötigt.

Grundsätzlich gilt, dass geologische Daten, sofern man sie nicht in einer systematischen Datenbank organisiert, nur von geringem Nutzen sind. Aktuelle 3-dimensionale Modellieretechniken sind leistungsstarke Werkzeuge, welche die Visualisierung von geologischen Daten ermöglichen und somit relevante Informationen für moderne Planung und Ressourcenbewirtschaftung liefern. Diese Werkzeuge können im Zusammenhang mit den verschiedenen Fragestellungen kontinuierlich entwickelt und angepasst werden (Modellgröße und -auflösung). Um auf regionaler Ebene ein entwicklungsfähiges 3D Werkzeug aufzubauen, wurde ein länderübergreifender INTERREG Projektantrag eingereicht.

Das wichtigste Ziel des INTERREG IV Projektes „GeORG“ in der Region Basel ist es, ein umfassendes und flexibles geologisches 3D-Modell zu erstellen (Abb. 1). Hierfür wird das existierende Modell von Basel (ZECHNER et al., 2001) überarbeitet, verfeinert und auf eine Größe von 20 x 30 km, sowie einer Tiefe von 6 km erweitert. Dies beinhaltet die Einarbeitung von Daten aus etwa 9000 Bohrungen, 15 reflexionsseismischen Linien genauso wie das Einladen von hochauflösenden Geländemodellen. Neben den geologischen Karten aus Frankreich (1:50.000), Deutschland (1:25.000) und der Schweiz (1:25.000 und 1:100.000), wurden die Erkenntnisse aus geologischen Berichten und wissenschaftlichen Publikationen berücksichtigt. Im aktuellen Modell legen wir ein verstärktes Gewicht auf die Erstellung von 14 wichtigen geologischen Horizonten und allen relevanten tektonischen Strukturen.

Die geologischen Horizonte sind:

- Basis Lockergesteine
- Basis Meletta Schichten
- Basis Foraminiferenmergel
- Basis des Tertiärs
- Basis der St. Ursanne Fm.
- Top Hauptrogenstein
- Basis des Doggers

- Basis des Lias
- Basis des Keupers (Lettenkohle)
- Top der Muschelkalk Evaporite (Anhydrit Gruppe)
- Basis Muschelkalk
- Basis der Trias
- Basis des Oberen Perms (Spätpermische Sandsteine)
- Top des Kristallinen Untergrundes

Damit ein umfassendes 3D-Modell als flexibles Werkzeug für unterschiedlichste Fragestellungen genutzt werden kann, benötigt es eine klare und fortschrittliche Datenverwaltung. Hiefür handhaben wir ein dreistufiges Konzept. 1) Viele Daten (Bohrungen und Berichte) werden manuell im Baugrundarchiv der Kantone verwaltet 2) Bohrdaten inklusive der Tiefenlage von Horizonten werden in einer Datenbank gespeichert. 3) Die Stammdaten der Bohrungen, Karten und die modellierten Flächen werden in GIS-Projekten gespeichert. Diese GIS-Projekte sind mit der Bohrungsdatenbank „online“ verbunden, sodass neu eingegebene Daten sofort eingebunden werden. Für die Zukunft ist geplant den Einfluss von neuen Daten auf die bestehenden Modellflächen zu klassifizieren.

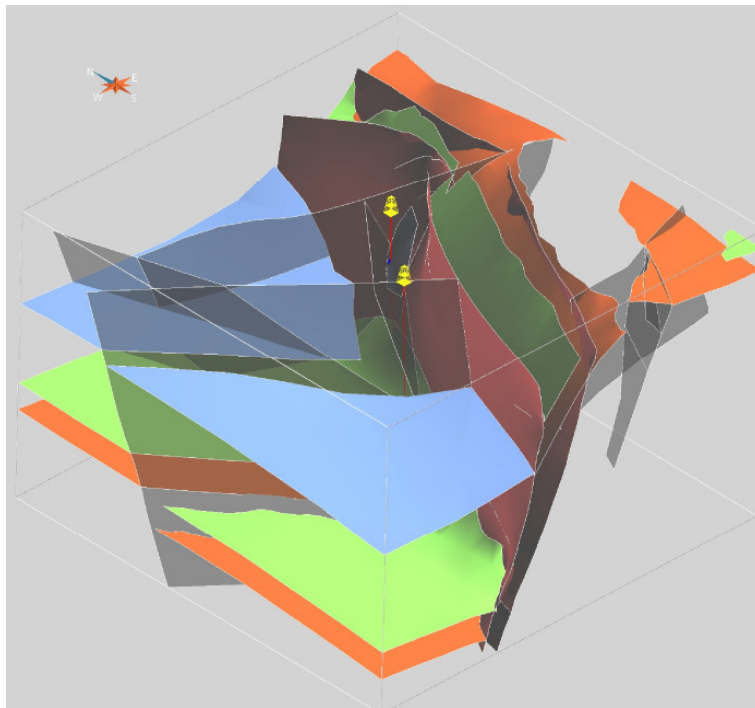


Abb. 1: Ausschnitt aus dem geologischen 3D Modell der Region Basel im Bereich Riehen. (Ausschnittgrösse: 4x4 km, Tiefe ~2 km).

Literatur

ZECHNER, E., KIND, F., FÄH, D. & HUGGENBERGER, P. (2001): A 3D Geologic Model of the Southeastern Rhinegraben compiled on existing geologic data and geophysical reference modelling. – 2nd EUCOR-URGENT Annual Workshop 2001, Abstract volume.

Quantitative Mikrozonierungskarte:

- <http://www.geo.bs.ch/erdbebenmikrozonierung>
- <http://www.geo.bl.ch/>

Dreidimensionale Analyse des Heidelberger Beckens, Oberrheingraben

Tanner, Dr. David C. ¹⁾*, Martini, Nicole ¹⁾, Buness, Dr. Hermann ¹⁾, Gabriel, Dr. Gerald ¹⁾, Krawczyk, Prof. Dr. Charlotte M. ¹⁾

¹⁾ Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG), Stilleweg 2, D-30655 Hannover, Deutschland

* Kontaktperson | E-Mail: DavidColin.Tanner@liag-hannover.de

Das Heidelberger Becken (HB) ist ein Teil des Oberrheingrabens, der ständig sehr starker Subsidenz unterlag. Wir präsentieren die Ergebnisse der dreidimensionalen strukturellen Analyse des Beckens, die auf der Interpretation von Reflexionsseismik aufbaut, und der Dekompaktion basierend auf am Kernmaterial ermittelten Porositäten. Zuerst kartierten wir sechs Horizonte in allen verfügbaren industriellen (ca. 100 km) und eigenen (ca. 15 km) reflexionsseismischen Profilen im Umkreis von 8 km um die Bohrungen Heidelberg Uni-Nord 1/2. Die Horizonte sind: Basis Quartär, Intern und Basis Pliozän, Basis Obermiozän, Intern und Basis mittelmiozäne Hydrobien-Schichten. Diese Daten wurden verwendet, um ein dreidimensionales, geometrisches Modell mit Hilfe von GoCAD zu konstruieren (Abb. 1). Das Modell zeigt, dass das lokale HB direkt an die östliche Randstörung des Oberrheingrabens grenzt und nur eine N-S und E-W Ausdehnung von 10 x 6 km besitzt. Die stärkste syndesimentäre tektonische Subsidenz fand im Obermiozän, Oberpliozän und Quartär statt. Störungen sind in diesen Tiefen in dem Becken nicht präsent.

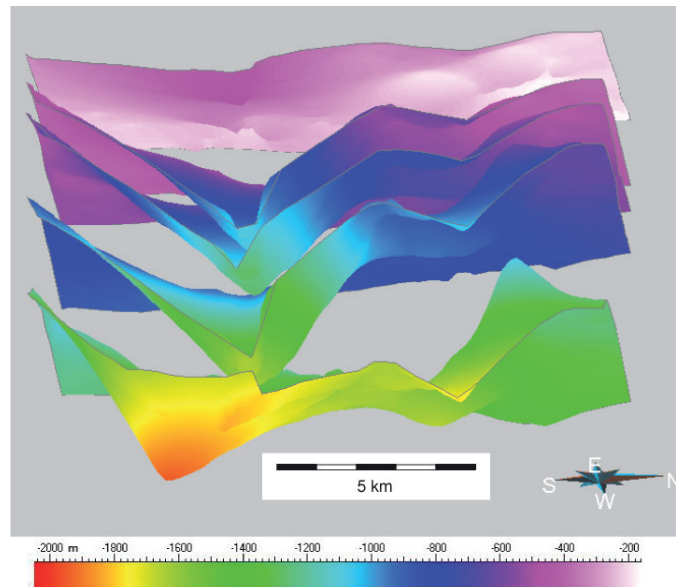


Abb. 1: GOCAD Modell des Heidelberger Beckens, Blick von Osten. Flächen sind nach Tiefen gefärbt, siehe Text für deren Namen. 10x vertikale Überhöhung. Beachte die Bewegung der Depozentren nach Norden mit der Zeit.

An 300 Kernproben bestimmten wir anhand ihrer Massen im trockenen, wassergesättigten und getauchten Zustand die Porosität der quartären Sedimente. Daraus konstruierten wir ein exponentielles Porositäts/Tiefen Verhältnis für diese Gesteine, die dann dem Modell zugeordnet wurden. Das Modell wurde dann in 3D dekomprimiert. Die Ergebnisse zeigen, dass das Becken stets einer Subsidenz unterlag, mit etwas geringerer Subsidenzrate während des Obermiozäns, aber mit erhöhter Rate vom Pliozän bis heute. Damit ist eine sich beschleunigende Subsidenz des Beckens zu erkennen. Im Depozentrum betrug die geringste Subsidenzrate $0,1 \text{ mm a}^{-1}$, während des Quartärs stieg sie auf $0,2 \text{ mm a}^{-1}$. Die Subsidenzraten des Oberrheingrabens außerhalb der HB sind ca. 30-50% geringer.

Zwei Beispiele geologischer 3D-Modelle aus dem Oberrheingraben: das geothermische Potenzial im Gebiet Strasbourg-Obernai und das tiefe Geothermievorkommen von Soultz-sous-Forêts

Dezayes, Dr. Chrystel ¹⁾ *, Baillieux, Paul ²⁾, Heilbronn, Gloria ¹⁾, Thion, Dr. Isabelle ¹⁾, Courrioux, Gabriel ¹⁾, Calcagno, Dr. Philippe ¹⁾

¹⁾ Bureau de Recherches Géologiques et Minières service, 3 avenue claude guillemin BP36009, 45060 Orléans Cedex 2, Frankreich

²⁾ Laboratoire Suisse de Géothermie, Neuchâtel University, Rue Emile Argand 11, CP 158, CH-2009 Neuchâtel.

* Kontaktperson | E-Mail: c.dezayes@brgm.fr

In der vorliegenden Veröffentlichung werden zwei geologische 3D-Modelle aus dem Oberrheingraben beschrieben: Das erste Modell liegt im zentralen Teil des Grabens im Gebiet zwischen Strasbourg und Obernai (Abb. 1). Das zweite Modell umfasst das EGS (Enhanced Geothermal System) Geothermievorkommen von Soultz-sous-Forêts im Norden des französischen Teils des Oberrheingrabens.

Mit dem Strasbourg-Obernai-Modell wird das Ziel verfolgt, das geothermische Potenzial der Sandsteine des Buntsandsteins (Unt. Trias) zu beurteilen. Für diesen Zweck muss das Volumen des Sandsteinreservoirs berechnet werden. Die Erstellung eines 3D-Modells ist eine gute Methode zur Abschätzung der Geometrie des Reservoirs.

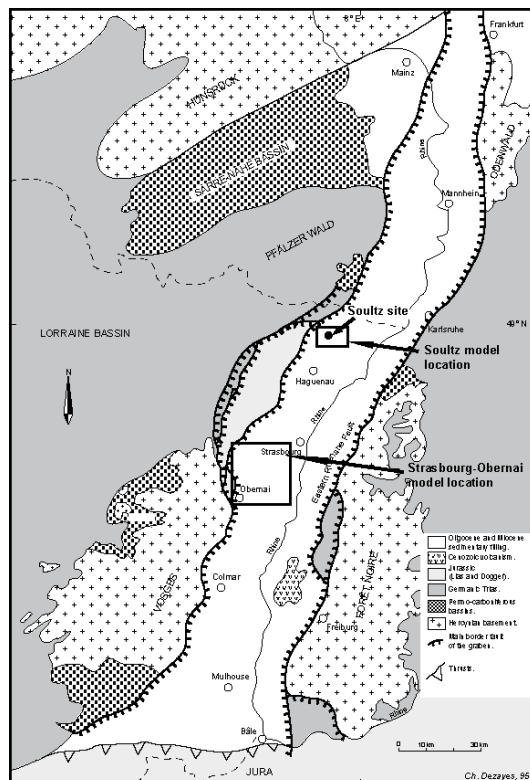


Abb. 1: Vereinfachte geologische Karte des Oberrheingrabens mit der Lage der geologischen 3D-Modelle.

Das EGS Soultz-Projekt zielt auf die Evaluation und Förderung des Wärmepotenzials im tiefen, stark geklüfteten granitischen Basement des Oberrheingrabens. Wir erstellten ein geologisches 3D-Modell des Soultz-Gebietes zur Erfassung der Störungsgeometrien. Dies spielt eine Schlüsselrolle zum Verständnis von Fluidzirkulationen und zur Verbesserung der geothermischen Wärmegewinnung im Gebiet von Soultz.

Die Erstellung der 3D-Modelle stützt sich auf zwei wesentliche Datentypen: (1) Seismische Profilinterpretationen und (2) Bohrdaten. Seismische Profile wurden in den 1970er und 1980er Jahren aufgenommen und im

Rahmen verschiedener Projekte wie GeORG (Beccaletto et al., in diesem Workshop), für die geothermische Exploration des Projekts Roquette oder für die Bewertung des geothermischen Potenzials des klastischen Reservoirs des Buntsandsteins (ADEME-BRGM-Projekt CLASTIQ) reprozessiert.

Zur Erstellung der 3D-Modelle nutzten wir die vom BRGM entwickelte Software Geomodeler. In der geometrischen Modellierungssoftware wird die Methode des Potenzialfeldes zur Dateninterpolation angewendet (LAJAUNIE et al., 1997). Zur Modellberechnung verwendet die Software Punktgeometrien, Orientierungen und eine geologische Säule, in denen geologische Informationen über zeitliche und räumliche Beziehungen der geologischen Einheiten vorab definiert werden.

Zur Modellierung des Störungsnetzes digitalisierten wir die Störungslinien in den jeweiligen seismischen Querprofilen. Jede Störungslinie wurde anhand ihres Einfallens und vertikalen Versatzes von Profil zu Profil verknüpft. Eine Störung kann an einer anderen angrenzen oder sie schneiden.

Um Verbindungen zwischen diesen tektonischen Strukturen herzustellen, nutzt Geomodeler ein Tool zur Verbindung von Störungen. Die Modellierung erlaubt die Anzeige der Störungslinien aller Profile in 3D. Im Falle inkonsistenter Korrelation ist es möglich durch Veränderung bestimmter Parameter, z.B. Orientierungsdaten oder Beziehungen, die Interpretation zu verändern.

Das Strasbourg-Obernai-Modell zeigt ein Störungsnetz mit NNE-SSW-streichender Orientierung (Abb. 2). Im südlichen Teil des Modells liegt das Basement in ca. 2000 m Tiefe, während es im nördlichen Teil zwischen 3400 m und 4000 m Tiefe liegt.

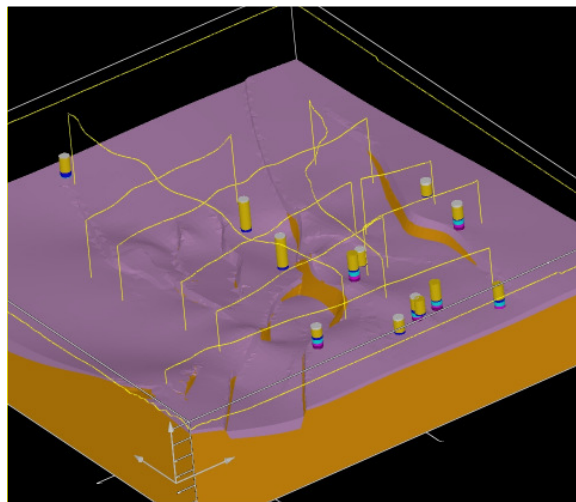


Abb. 2: Blick in Richtung NE des Strasbourg-Obernai-Modells. Violett: Buntsandsteinreservoir, orange: kristallines Basement. Bohrungen sind als Zylinder dargestellt (30 km in E-W-Richtung und 32 km in N-S-Richtung).

Eine große Störung mit einem vertikalen Versatz von mehr als 1000 m durchzieht das Modell. Diese Störung steht im SE des Modells mit einer zweiten großen Störung mit einem vertikalen Versatz von ca. 1000 m in Verbindung und bildet mit ihr eine NW-SE-ausgerichtete Grabenstruktur. Im tieferen Teil des Grabens befindet sich das Basement in 3800 m Tiefe (Abb. 2).

Für das Soultz-Modell mit einer Ausdehnung von 30 x 20 x 6 km konnte ein aus 26 Störungen bestehendes Netzwerk erstellt werden (Abb. 3). Die Hauptstörungen streichen in rheinischer NNE-SSW-Richtung und fallen hauptsächlich in Richtung E ein, während die prinzipiell antithetischen Störungen einen N-S bis NNW-SSE-Verlauf besitzen und ein durchschnittliches Einfallen von 60° zeigen.

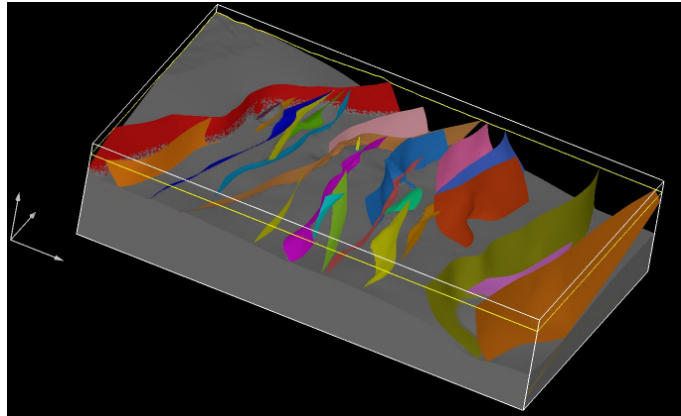


Abb. 3: Blick in Richtung NW des Soultz-Modells. Grau: kristallines Basement. Die Soultz-Bohrungen sind als gelbe Zylinder dargestellt.

Danksagung

Wir danken der Ademe (Französische Organisation für Umwelt und Energie) für die finanzielle Unterstützung der Arbeit mit dem BRGM (Projekte CLASTIQ and EGS3D). Die Autoren danken ES Géothermie für die Bereitstellung von Daten aus dem Projekt Roquette.

Literatur

LAJAUNIE, C., COURRIOUX, G. & MANUEL, L. (1997): Foliation fields and 3D cartography in geology: principles of a method based on potential interpolation. – *Mathematical Geology*, 29(4):571-584.

3-D-Modell der tiefen geothermischen Potenziale in Hessen

Kracht, Dr. Matthias ^{1)*}, Fritsche, Dr. Johann-Gerhard ¹⁾, Arndt, Dirk ²⁾, Bär, Kristian ²⁾, Hoppe, Prof. Dr. Andreas ²⁾, Sass, Prof. Dr. Ingo ²⁾

¹⁾ Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Rheingastr. 186, 65201 Wiesbaden, Deutschland

²⁾ Technische Universität Darmstadt, Institut für Angewandte Geowissenschaften, Schnittspahnstr. 9, D-64287 Darmstadt, Deutschland

* Kontaktperson | E-Mail: Matthias.Kracht@hlug.hessen.de

Einleitung

Im Rahmen des vom Hessischen Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz finanzierten Forschungsprojektes "3D-Modellierung der tiefegeothermischen Potenziale von Hessen" wird für ganz Hessen das tiefegeothermische Potenzial für verschiedene direkte und indirekte Nutzungsarten quantifiziert, qualitativ beurteilt und kartenmäßig und dreidimensional dargestellt werden. Die so erhaltene Darstellung der Potenzialverteilung kommt dem Beschluss des hessischen Landtags nach, das tiefegeothermische Potenzial in Hessen zu bewerten (FRITSCH & KRACHT 2010). Sie soll als Grundlage von Vorstudien und lokalen Machbarkeitsstudien konkreter Projekte die Auswahl von Gebieten erlauben, in denen eine wirtschaftliche Nutzung der tiefen Geothermie sinnvoll erscheint und wird zur Information der Öffentlichkeit und von politischen Entscheidungsträgern dienen.

Geologisches Modell

Als Eingangsdatensätze dienten die geologischen Schnitte der hessischen Kartenblätter GK 25 und GK 200, geologische Schnitte, seismische Profile und Isolinienpläne aus der Literatur sowie bestehende geologische Modelle von Teilräumen. Des Weiteren wurden alle dem HLU digital vorliegenden sowie die Bohrungen der Kohlenwasserstoffdatenbank verwendet. Die in dieser Datenbank verwendeten Bohrlochabweichungsdaten wurden dabei berücksichtigt. Von der TU Darmstadt wurden verschiedene Programme erstellt, um den Umgang mit der großen Anzahl sich wiederholender Arbeitsschritte bei der Behandlung der Eingangsdaten zu vereinfachen (ARNDT et al., 2010).

Das dreidimensionale geologische Strukturmodell von Hessen (Abb. 1) liefert die räumlichen Geometrien stratigraphischer Einheiten und von ausgewählten Störungen. Des Weiteren wurden alle für Hessen verfügbaren Daten der Untergrundtemperatur in das Modell integriert und zur Berechnung der Untergrundtemperaturverteilung genutzt. Die Homogenkörper des geologischen Modells werden neben der Temperatur mit weiteren physikalischen Gesteinsparametern belegt. Der räumliche Verschnitt dieser Parameter mit der Geometrie des geologischen Modells ermöglicht unter Berücksichtigung des aus der World Stress Map für Hessen abgeleiteten Spannungsfeldes die dreidimensionale Potenzialbetrachtung.

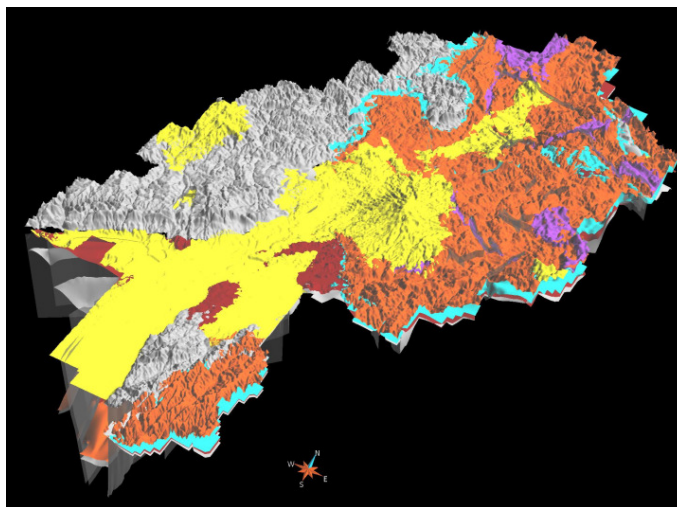


Abb. 1: Geologisches 3D-Modell von Hessen. Blick von Südosten mit den Modellhorizonten Top Quartär und Tertiär (gelb), Top Muschelkalk (violett), Top Buntsandstein (orange), Top Zechstein (hellblau), Top Rotliegend (rot), Top Prä-Perm (grau) (ARNDT et al., 2010).

Geothermisches Modell

Die Quantifizierung und qualitative Beurteilung des Potenzials erfolgt für verschiedene geothermische Nutzungssysteme (hydrothermale, petrothermal, störungsbezogen, tiefe Erdwärmesonden). Im Sinne eines Multikriterienansatzes werden die einzelnen betrachteten Parameter entsprechend der bei GeotIS vorgestellten Relevanz gewichtet zur Potenzialberechnung für jede der betrachteten Nutzungsarten berücksichtigt. Als Grundlage dazu wurden für alle genannten Parameter Grenzwerte festgelegt, die definieren, ob für den vorliegenden Wertebereich ein sehr hohes, hohes, mittleres, geringes oder sehr geringes Potenzial vorliegt.

	Grade of Permeability (DIN 18130)	Permeability [m ²]/[m/s]	Transmissibility* [m ²]/[m ² /s]	Potential
	Extremely high	> 1·10 ⁻⁹ / 1·10 ⁻²	> 5·10 ⁻⁸ / 5·10 ⁻¹	Very high
	Very high	> 1·10 ⁻¹¹ / 1·10 ⁻⁴	> 5·10 ⁻¹⁰ / 5·10 ⁻³	high
	medium	> 1·10 ⁻¹³ / 1·10 ⁻⁶	> 5·10 ⁻¹² / 5·10 ⁻⁵	medium
	low	> 1·10 ⁻¹⁵ / 1·10 ⁻⁸	> 5·10 ⁻¹⁴ / 5·10 ⁻⁷	low
	Very low	< 1·10 ⁻¹⁵ / 1·10 ⁻⁸	< 5·10 ⁻¹⁴ / 5·10 ⁻⁷	Very low

* With presumed hydraulic effective thickness of 50 m

Abb. 2: Grenzwerte der einzelnen geothermischen Kennwerte, die für die qualitative Potenzialausweisung herangezogen werden. Jede Potenzialstufe erhält für die vereinfachte weitere Darstellung eine Farbkodierung (BÄR et al., 2010).

Die Temperatur in einer bestimmten Tiefe definiert, für welche geothermischen Anwendungen sich die in der entsprechenden Tiefenlage vorkommende Einheit geothermisch nutzen ließe. So ist ab einer Formations-temperatur von ca. 60 °C die Heizwärmegewinnung und ab ca. 100 °C (technische Grenze) bzw. 120 °C (wirtschaftliche Grenze) die geothermische Stromerzeugung möglich. Weiterer definierender Faktor sind die hydraulischen Reservoireigenschaften. Erst bei Permeabilitäten bzw. Durchlässigkeiten, die in Abb. 2 als mittleres Potenzial ausgewiesen werden, ist bei ausreichender Formationsmächtigkeit eine hydrothermale Nutzung ohne zusätzliche Stimulationsmaßnahmen möglich. So kann für das Rotliegend im nördlichen Oberrheingraben aufgrund seiner Formationstemperatur und seiner hydraulischen und thermophysikalischen Gesteinseigenschaften und unter Berücksichtigung des zu erwartenden Kluft- und Störungssystems ein mittleres bis hohes Potenzial für die hydrothermale Stromerzeugung ausgewiesen werden (SASS et al., 2010). Da für den zweidimensionalen Fall das vorhandene Temperaturmodell die Geologie und vor allem potenzielle Heißwasseraufstiegswege, wie Störungen sie darstellen, noch nicht berücksichtigt, wurden im geologisch/geothermischen Schnitt die Isothermen interpretativ angepasst (Abb. 3). Anhand der Tiefenlage der Isothermen und der für jede Einheit aus Untersuchungen bekannten geothermischen Eigenschaften kann dann entsprechend dem vorgestellten Bewertungsschema das tiefegeothermische Potenzial ausgewiesen werden.

In Abbildung 3 ist exemplarisch das hydrothermale Potenzial im nördlichen Oberrheingraben dargestellt. Hier wird abermals deutlich, dass das Rotliegend als eine Formation mit mittleren bis guten Bedingungen für die hydrothermale Stromerzeugung einzustufen ist.

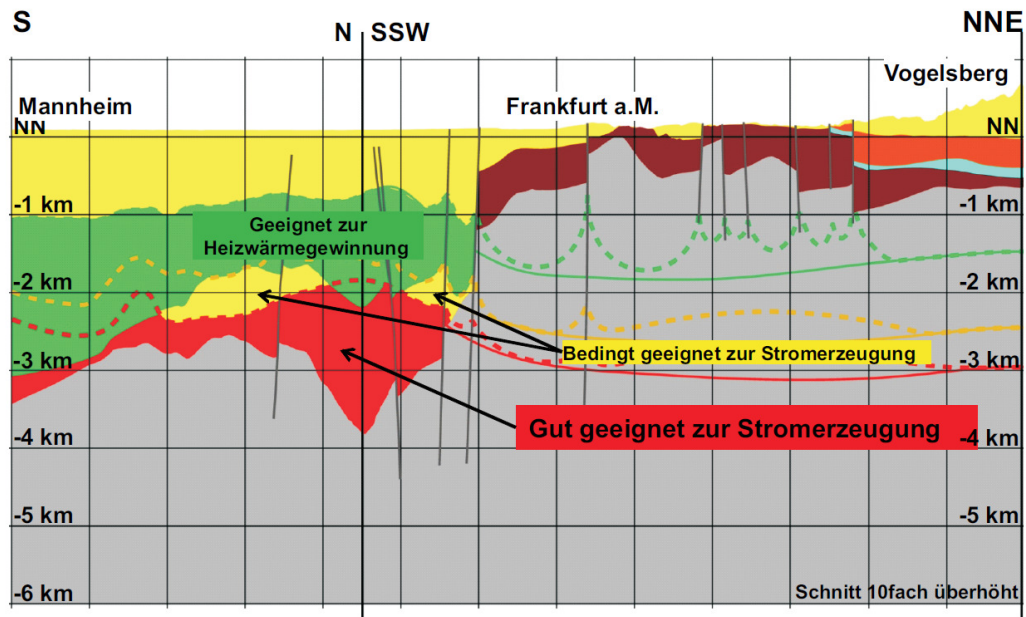


Abb. 3: Tiefengeothermische Potenzialbewertung für die hydrothermale Nutzung von Mannheim bis zum Vogelsberg mit ausgewählten Isothermen aus dem Temperaturmodell (durchgezogene Linien) und deren interpretative Anpassung an die Geologie und das Störungssystem (gestrichelt) (SASS et al., 2010).

Ausblick

Bis zum Projektabschluss Ende Juni 2011 wird für ganz Hessen bis in eine Tiefe von 6 km eine dreidimensionale qualitative und quantitative Potenzialausweisung für alle beschriebenen tiefengeothermischen Nutzungsarten vorliegen. Die Veröffentlichung dieser Potenzialdarstellung in einem Kartenviewer, bzw. in einem 3D-Betrachtungsprogramm (z.B. Adobe Reader, Geocando) und als Web-Map-Service ist vorgesehen.

Literatur

ARNDT, D., BÄR, K., HOPPE, A. & SASS, I. (2010): Geologische Strukturmodellierung von Hessen zur Bestimmung des geothermischen Potenzials. – Kurzfassung, GeoDarmstadt 2010, SDGG, Heft 68; Hannover.

BÄR, K., ARNDT, D., FRITSCHÉ, J.-G., GÖTZ, A. E., HEGGEMANN, H., HOPPE, A., HOSELMANN, C., KRACHT, M., KÖTT, A., LIEDMANN, W., SASS, I. & STÄRK, A. (2010): Konzept zur Quantifizierung des tiefengeothermischen Potenzials von Hessen am Beispiel des nördlichen Oberrheingrabens. – Kurzfassung, GeoDarmstadt 2010, SDGG, Heft 68; Hannover.

FRITSCHÉ, J.-G. & KRACHT, M. (2010): Tiefe Geothermie in Hessen: Überblick zum derzeitigen Stand und zu Nutzungskonflikten. – Kurzfassung, Tagung der Fachsektion Hydrogeologie in der DGG (FH-DGG), SDGG, Heft 67, Hannover.

SASS, I., BÄR, K., ARNDT, D., FRITSCHÉ, H.-G., GÖTZ, A.E., HEGGEMANN, H., HOPPE, A., HOSELMANN, C., KRACHT, M., KÖTT, A., LIEDMANN, W. & STÄRK, A. (2010): Stand des 3D-Modells der geothermischen Tiefenpotenziale in Hessen. Standortbezogene Potenzialausweisung anhand virtueller Bohrungen und Schnitte. – Vortrag auf dem 5. Tiefengeothermieforum Hessen am 15.09.2010, Darmstadt (<http://www.hessenenergie.de/Downloads/DI-Nach/dln-tgf/tgf-10/tgf-10.shtml>).

Geothermische Reservoircharakterisierung und Modellierung - Methoden und Strategien zur Ableitung von thermischen Eigenschaften zur Verbesserung von Modelleingangsparametern.

Pechnig*, Dr. Renate ^{1)*}, Mottaghy, Dr. Darius ¹⁾

¹⁾ Geophysica Beratungsgesellschaft mbH, Lütticherstr. 32, 52064 Aachen, Deutschland

* Kontaktperson | E-Mail: r.pechnig@geophysica.de

Risikominderung durch Modellierungen

Numerische Simulationen sind wichtige Werkzeuge bei der wirtschaftlichen Erschließung und Nutzung geothermischer Reservoirs, indem sie die zeitliche Entwicklung der Lagerstätte prognostizieren. Allerdings liefern geothermische Modellierungen nur dann verlässliche Informationen über die Temperatur und die Förderraten des Reservoirs, wenn die Geometrien und Parameter des Modells auch repräsentativ charakterisiert wurden. Die Erstellung eines geothermischen Modells (Abb. 1) umfasst somit die Einbeziehung möglichst vieler Information aus geophysikalischen Messkampagnen, geologischen und hydrologischen Untersuchungen und schon existierenden Bohrungen. Aufbauend auf einem geologischen Strukturmodell, das die Geometrien bestmöglich abbilden sollte, wird ein numerisches Modell erstellt, das bei geeigneten Eingangsparametern und sorgfältiger Kalibrierung Prognosen zum thermisch-hydraulischen Ist-Zustand und der möglichen zeitlichen Entwicklung liefern kann. Diese Prognosen bilden die Basis für die Planung und Realisierung eines Projektes. Werden im Verlauf eines Projektes neue Kenntnisse gewonnen, können diese Informationen genutzt werden um das Modell Schritt für Schritt zu verbessern und die Prognosegenauigkeit zu optimieren. Die Vorgehensweise bei der Erstellung eines solchen Modells wird beispielhaft anhand des Geothermieprojektes „Den Haag“ gezeigt. Hier sollen 6000 Haushalte über eine geothermische Dublette mit einer Zieltiefe von ca. 2500 m über ein Nahwärmenetz versorgt werden. Im Planungsvorfeld wurden geothermische Modelle beauftragt, vor allem um eine verbesserte Prognose zur Temperatur im Zielhorizont zu erhalten.

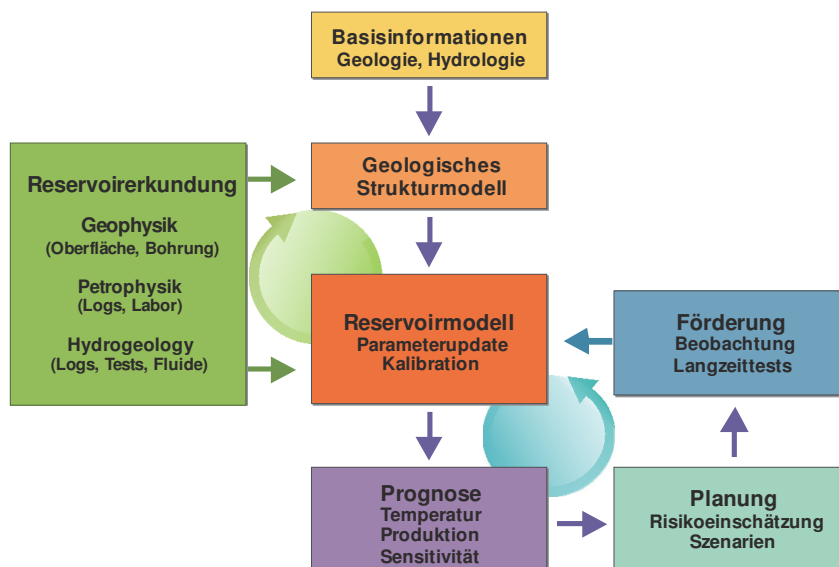


Abb. 1: Diagramm zum Aufbau eines numerischen Modells und seiner Fortschreibung im Verlauf eines geothermischen Projektes.

Thermische Charakterisierung des Modellraums

Verlässliche Temperaturprognosen für eine bestimmte Zieltiefe benötigen eine Vielzahl von Rahmenparametern, vor allem die Kenntnis der Wärmestromdichte sowie der effektiven Wärmeleitfähigkeit und der jeweiligen Wärmeproduktionsrate der stratigraphischen Abfolge. Hier haben wir Methoden entwickelt, um aus existierenden Altbohrungen repräsentative Informationen zu den thermischen Eigenschaften abzuleiten. Aus der Interpretation bohrlochgeophysikalischer Messungen und der Kombination mit ergänzenden Laboruntersuchungen an Kernen und Cuttings können für die gesamte Schichtabfolge statistisch abgesicherte Modellein-

gangsparemetri definiert werden. Gezeigt ist dies für eine Referenzbohrung im Projektgebiet Den Haag. Um direkte Informationen über die thermischen Eigenschaften des Untergrundes zu erhalten, wurden Gesteinsproben aus allen stratigraphischen Einheiten des Modellraumes bis in eine Tiefe von 5 km untersucht. Da Kernmaterial nur aus wenigen Horizonten zur Verfügung stand, wurden die Untersuchungen an Bohrklein, sogenannten Cuttings, durchgeführt. Während dieses Arbeitsganges wurden die Labormessungen mit Bohrlochmessdaten kombiniert, um Eingabeparemetri für die thermischen Eigenschaften der Schichten des 3-D Modells zu erhalten. Hierzu wurden digitale bohrlochgeophysikalische Daten aus insgesamt 11 Bohrungen analysiert. Aus den Bohrlochmessdaten wurden volumenbezogene Gesteinskomponenten berechnet und Porositäten bestimmt. Aus diesen Daten wurden dann Wärmeleitfähigkeitsprofile generiert und diese in den Referenzbohrungen mit den Labormessungen abgeglichen (Abb. 2). Zusätzlich wurden Profile der radiogenen Wärmeproduktion aus Gamma-Ray Logs erstellt. Die aus Log-Daten abgeleiteten Profile erfüllen zwei Ziele. Erstens kann die Variabilität der Wärmeleitfähigkeit innerhalb einer Schicht im Vergleich zu den Bohrkleinmessungen besser statistisch erfasst werden. Zweitens erlauben die Ergebnisse eine bessere räumliche Erfassung von lateralen Materialänderungen innerhalb der stratigraphischen Einheiten.

Erstellung numerischer 3-D Modelle

Auf Basis eines geologischen Untergrundmodells, das vom TNO Netherlands zur Verfügung gestellt wurde, und der ermittelten Eingabeparemetri wurde für das Zielgebiet ein großräumiges geothermisches 3-D Modell (22.5 * 24.3 * 5 km) sowie ein kleinräumiges Reservoirmodell für den Bereich des Zielhorizontes erstellt, wobei der 3-D Finite Differenzen Kode (FD) SHEMAT (Simulator for Heat and Mass Transport, Clauser, 2003) zum Einsatz kam. Ziel des großräumigen Modells war es die stationäre Temperaturverteilung in dem Gebiet vorher zu sagen. Das Modell basiert auf neun Modelleinheiten, deren Basisflächen aus seismischen Untersuchungen gewonnen wurde. Abbildung 3 zeigt ein Blockbild des numerischen Modells. Dargestellt ist das berechnete stationäre Temperaturfeld, das sich aus den vorliegenden Geometrien und den ermittelten thermischen Parametern ergibt. Vergleiche mit 10 verfügbaren korrigierten BHT Daten ergeben eine sehr gute Übereinstimmung zwischen gemessenen und berechneten Temperaturen. Das Modell zeigt, dass der vorliegende Gebirgsbau einen nicht unerheblichen Einfluss auf die lokalen Temperaturgradienten hat, was zur Variation der Temperatur innerhalb einer Tiefenlage führen kann. Abbildung 4 zeigt dies für einen horizontalen Schnitt in 2300 m Tiefe. Die laterale Variation der Temperatur in dieser Tiefe beträgt fast 10 K. innerhalb des Modellgebietes. Hier wird deutlich, dass Untergrundstrukturen, wie sie in sedimentären Becken typischerweise auftreten, einen erheblichen Einfluss auf das Temperaturfeld haben. Die Ergebnisse der Simulation wurden bei der Bohrplanung berücksichtigt, so dass der ökonomisch bestmögliche Zielpunkt für die Produktionsbohrung festgelegt werden konnte.

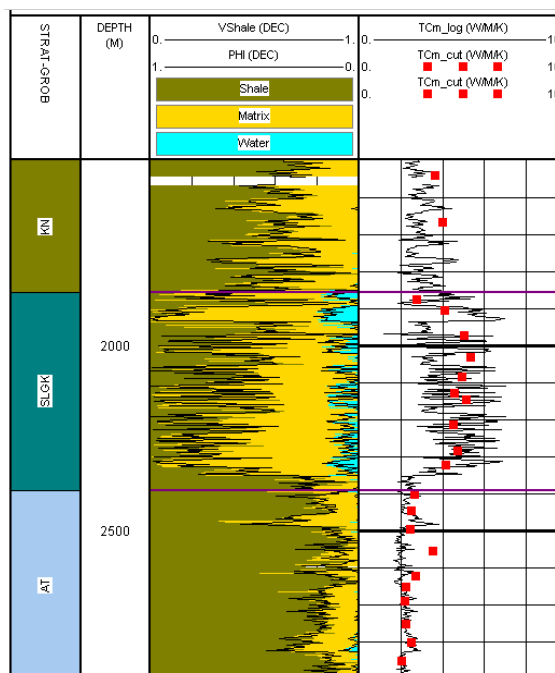


Abb. 2: Die rechte Spalte zeigt die aus Logdaten berechneten Wärmeleitfähigkeiten im Vergleich mit den Labormessungen an Cuttings am Beispiel des Tiefenbereichs von 1500-2900 m.

In einer zweiten Phase wurde ein detailliertes Reservoirmodell in das großräumige Modell implementiert, mit dem Ziel einer Vorhersage der Temperaturentwicklung im Reservoir nach langjährigen Produktions- und Injektionsphasen. Die Randbedingungen dieses kleineren Reservoirmodells wurden dem regionalen Temperaturmodell entnommen. Anhand der numerischen Simulation, die verschiedene hydraulische Szenarien berücksichtigt, konnte gezeigt werden, dass mit der geplanten Dublette die angestrebten Produktionstemperaturen über einen Zeitraum von über 50 Jahren aufrecht erhalten werden können.

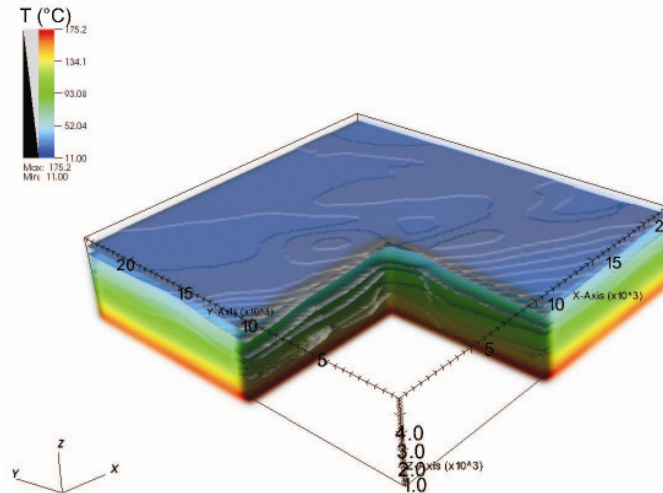


Abb. 3: Blockbild des numerischen Modells mit den berechneten Temperaturen für das Gebiet bis in eine Tiefe von 5 km.

Zusammenfassung und Ausblick

Anhand der Fallstudie kann gezeigt werden, dass anhand einer sorgfältigen Datenrecherche und Auswertung repräsentative Eingangsparameter für numerische geothermische Modelle gefunden werden können. Als besonders sinnvoll erweist sich hier eine Analyse von Bohrlochmessdaten. In Verbindung mit Labormessungen an Kernen und/oder Bohrkleinproben ist es möglich, für die gesamte stratigraphische Abfolge eines Zielgebietes repräsentative Kennwerte zu erhalten. Neben dem gezeigten Projekt in Den Haag wurde von uns diese Methode auch an anderen Standorten erfolgreich durchgeführt. Zu nennen sind hier die Abfolgen des süddeutschen Molassebeckens, des Norddeutschen Beckens, der Niederrheinischen Bucht, des Rheinischen Schiefergebirges und Gippsland Basin in Australien. In abgewandelter Form konnte diese Methode auch auf Bohrungen des Süddeutschen Kristallins (Bohrungen Urach, KTB) übertragen werden. Die Ergebnisse zeigen, dass mit geeigneten und kalibrierten Modellen zuverlässige Prognosen zum Temperaturfeld im Untergrund möglich sind. Die erste Bohrung in Den Haag wurde mittlerweile abgeteuft und die im Modell vorhergesagten Temperaturen wurden in der Bohrung bestätigt (<http://www.aardwarmtedenhaag.nl>).

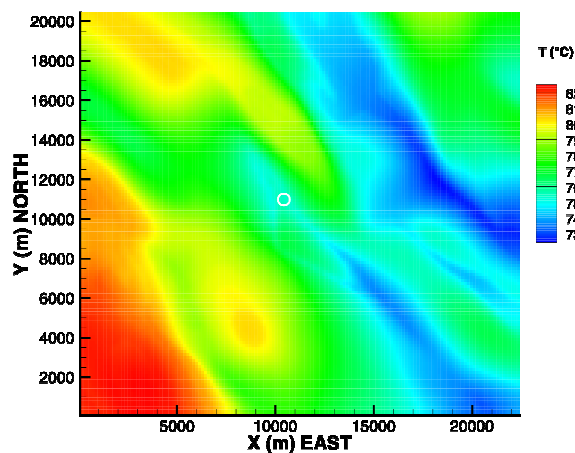


Abb. 4: Horizontalschnitt des Modells in 2300 m Tiefe. In dieser Tiefe zeigt das Temperaturfeld Differenzen von bis zu 10 K.

