

Geothermische Nutzhorizonte im baden-württembergischen Teil des Oberrheingrabens

Marco Jodocy und Ingrid Stober

Regierungspräsidium Freiburg, Abteilung Umwelt

Keywords: Oberrheingraben, Reflexionsseismik, geologisch-geothermische Profilschnitte, hydraulische Durchlässigkeiten, Hauptrogenstein, Oberer Muschelkalk, Buntsandstein.

Kurzfassung

Im Rahmen des Projekts „Geothermisches Informationssystem für Deutschland“ (GeotIS) hat das Regierungspräsidium Freiburg (RPF) reflexionsseismische Daten aus dem Oberrheingraben zusammengetragen und anhand von Daten aus Tiefbohrungen zu geologisch-geothermischen Profilschnitten verarbeitet. Die Profile liefern einen Überblick zum strukturellen Bau des Untergrunds und geben Aufschluss über Tiefenlagen und Mächtigkeiten potenzieller hydrogeothermischer Nutzhorizonte. Gleichzeitig liefern die Profilschnitte Einblicke in die Entwicklungsgeschichte des Oberrheingrabens. Mithilfe zahlreicher vom RPF ausgewerteter hydraulischer Tests können Aussagen über die zu erwartenden hydraulischen Durchlässigkeiten in den einzelnen Nutzhorizonten getroffen werden.

1. Einleitung

Gefördert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Fördernummer: 0327542) hat das RPF für den baden-württembergischen Teil des Oberrheingrabens reflexionsseismische Daten aus der Erdöl- und Erdgasexploration zusammengetragen und erstmalig umfassend digital aufgearbeitet. Neben zahlreichen Tiefbohrungen bilden die digitalisierten Seismiksektionen die Datengrundlage zur Konstruktion zweidimensionaler geologisch-geothermischer Tiefschnitte durch den Oberrheingraben. Die Tiefschnitte stellen überregionale Informationen über den strukturellen Bau des Untergrundes sowie die Tiefenlage und Mächtigkeit der potenziellen hydrogeothermischen Nutzhorizonte zur Verfügung. Als Nutzhorizonte kommen im Oberrheingraben primär die Formationen des Oberen Muschelkalks und des Buntsandsteins in Frage, daneben südlich von Straßburg die Hauptrogenstein-Formation (Mitteljura). Ebenfalls von Interesse können sandige Lagen der in nördlichen Grabenregionen anzutreffenden mächtigen tertiären Schichtenfolge sein. Aufgrund ihrer unregelmäßigen Ausdehnung und wechselhaften faziellen Ausprägung waren sie nicht Gegenstand der Untersuchungen im Projekt GeotIS.

2. Geologisch-geothermische Profilschnitte

Zur Lokalisation der vorgestellten potenziellen hydrogeothermischen Nutzhorizonte im Untergrund wurden zweidimensionale geologisch-geothermische Tiefschnitte durch den baden-württembergischen Oberrheingraben entwickelt. Insgesamt wurden 18 Quer- und 6 Längsschnitte erstellt. Auf Abbildung 1 ist die Lage der Schnitte eingetragen. Die im Projekt GeotIS entwickelten Schnitte können von der Homepage des Projekts unter www.geotis.de heruntergeladen werden.

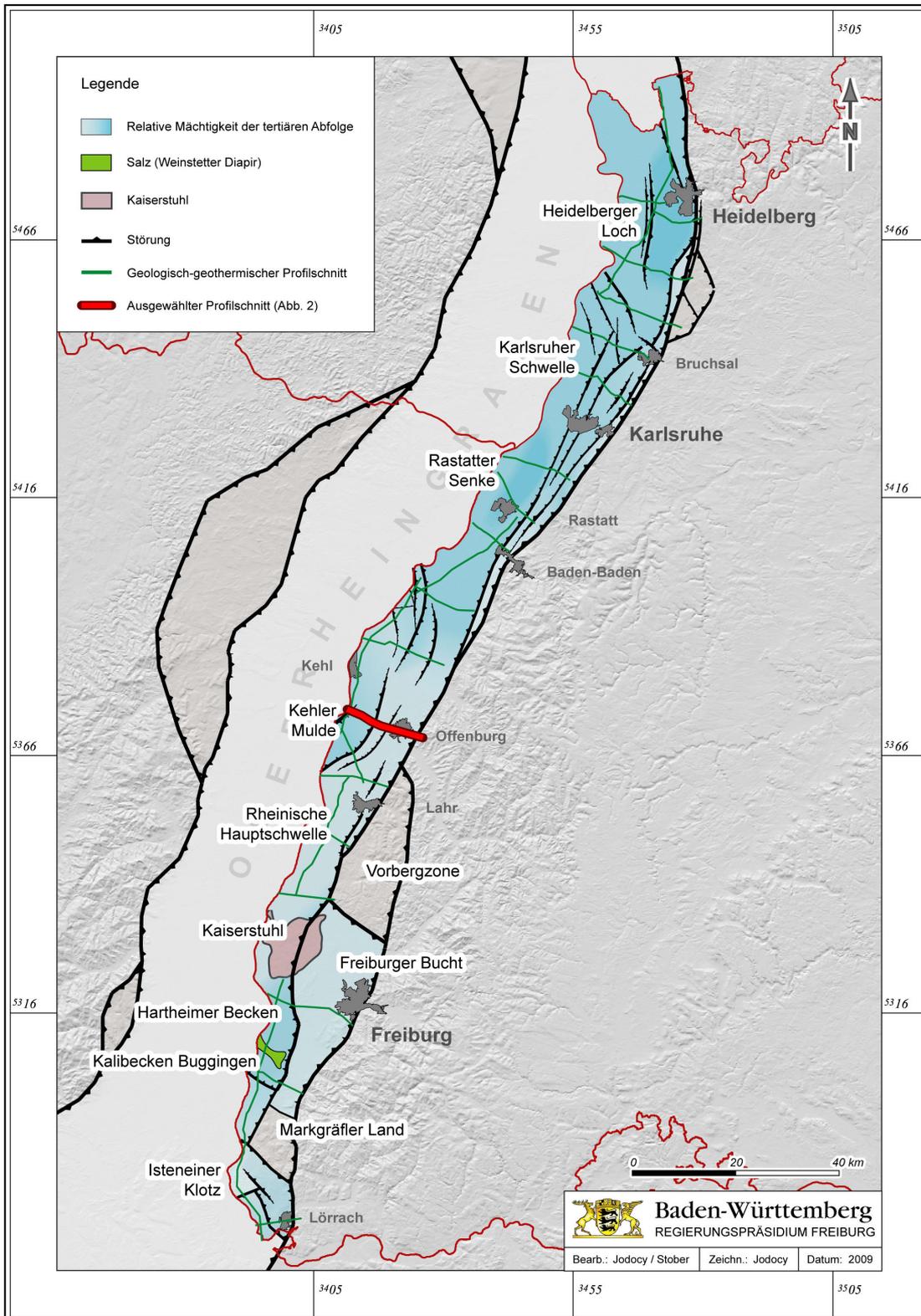


Abb. 1: Tektonische Großstrukturen im Oberrheingraben (Anteil Baden-Württemberg).

Zur Auswertung wurden seismische Sektionen der Kohlenwasserstoffindustrie mit lithostratigraphischen Informationen aus Bohrprofilen korreliert. Die zur Verfügung stehenden seismischen Daten ließen im südlichen Bereich des Oberrheingrabens eine überwiegend sichere Interpretation bis in die Schichtenfolge des Haupttrogensteins zu. Im mittleren Grabenabschnitt war eine Interpretation bis zur Oberkante des Keupers möglich, während im Norden eine überwiegend sichere Interpretation bis zur Tertiärbasis, ferner in Abhängigkeit von erosiven Prozessen auch bis in die Schichtenfolge des Keupers durchgeführt werden konnte. Tiefere Formationsgrenzen mussten anhand von aus Bohrungen abgeleiteten Mächtigkeiten aus dem regionalen Umfeld der Schnitte extrapoliert werden. Aus der Seismik abgeleitete Störungen waren in ihrem Verlauf nur selten über die Basis der jeweiligen Interpretationsgrenzen hinaus zu verfolgen, da in tieferen Regionen meist keine durchgehenden reflexionsseismischen Horizonte erkennbar waren. Der Verlauf der Störungen wurde aus diesem Grund ebenfalls in die Tiefe extrapoliert.

Im nördlichen Oberrheingraben zwischen Baden-Baden und Weinheim wurden durchgehend hohe Mächtigkeiten in der känozoischen Grabenfüllung angetroffen. Unterbrochen von einer relativen Hochlage im Bereich von Karlsruhe (Karlsruher Schwelle), sind insbesondere die Tröge des Heidelberger Lochs und der Rastatter Senke zu nennen. Beide Senkenbereiche weisen westlich der Haupttrandverwerfung Sedimentmächtigkeiten von bis zu 3500 m auf und zeigen damit die größten anzutreffenden tertiären Sedimentmächtigkeiten im rechtsrheinischen Oberrheingraben. Die hohen Absenkungen werden bereichsweise von Störungen mit hohen Versatzbeträgen begleitet, die zum Teil als Staffelbrüche zum Grabenrandbereich überleiten.

Aufgrund prätertiär einsetzender Hebungsvorgänge kam es im südwestdeutschen Raum im Umfeld des heutigen Rheinischen Schiefergebirges und damit in den nördlichen Regionen des Oberrheingrabens verbreitet zur Erosion. In der Folge streichen die mesozoischen Schichtenfolgen nördlich von Bruchsal auch im Oberrheingraben sukzessiv nach Norden aus, beginnend im Jura, über den Keuper und den Muschelkalk bis hin zu einer deutlichen Mächtigkeitsabnahme innerhalb der Buntsandstein-Formation.

Südlich von Baden-Baden findet im mittleren Grabensegment eine Überleitung zur sich südlich anschließenden Rheinischen Hauptschwelle statt. Die relative Hochlage der Rheinischen Hauptschwelle zwischen der Region Baden-Baden im Norden und dem Kaiserstuhl im Süden zeigt insgesamt nur geringe Tertiärmächtigkeiten von maximal wenigen hundert Metern. Von besonderer Bedeutung in dieser tektonisch vergleichsweise wenig beanspruchten Region ist die im westlichen Randbereich der Rheinischen Hauptschwelle anzutreffende Kehler Mulde, die sich mit ihrer östlichen Hauptverwerfung und dort anzutreffenden Versätzen von bis 1500 m deutlich gegen die im Osten anstehende relative Hochlage abhebt (Abb. 2).

Im südlichen Grabenbereich zwischen dem Kaiserstuhl und Lörrach sind insbesondere die im inneren Grabenbereich angesiedelten Beckenstrukturen zwischen Neuenburg und Breisach von Bedeutung (Kalibecken Buggingen und Hartheimer Becken). Zu beachten ist vor allem im Bereich des Kalibeckens Buggingen das Auftreten tertiärer Salze. Der Weinstetter Diapir mit seinen 2000 m mächtigen und bis an die quartäre Basis reichenden salinaren Abfolge durchzieht die beiden Becken und grenzt sie gegeneinander ab (Abb. 1). Weiter nach Süden steigen die prätertiären Schichten an und erreichen mit dem Isteiner Klotz bei Efringen-Kirchen und dem dort bereichsweise an der Erdoberfläche anstehenden Oberjura ihre größte Hochlage. In Richtung Lörrach sinken die einzelnen Formationen entlang der Eimeldinger Platte schließlich wieder in größere Tiefen ab und werden von geringmächtigen tertiären Sedimenten überlagert.

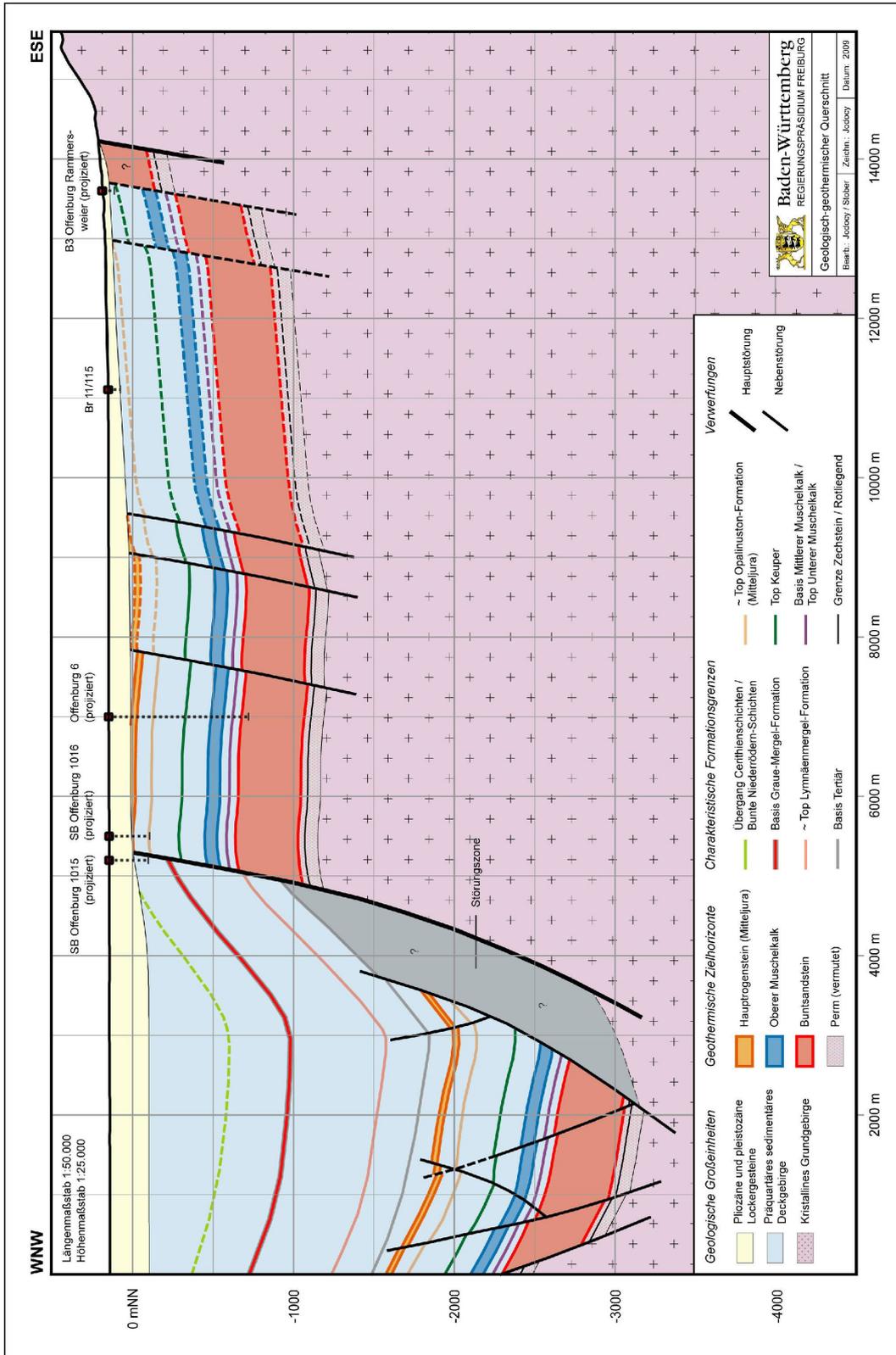


Abb. 2: Geologisch-geothermischer Querschnitt auf der Höhe Offenburg.

3. Hydraulische Eigenschaften potenzieller hydrogeothermischer Nutzhorizonte

Der Obere Muschelkalk stellt mit seinen oolithischen und dolomitischen Kalken einen bedeutenden Grundwasserleiter dar. Er lässt sich in die Obere und Untere Hauptmuschelkalk-Formation gliedern. Die Mächtigkeit des Gesamtaquifers nimmt zu, wenn die überlagernden Schichten des Lettenkeupers sowie die unterlagernden obersten Teile des Mittleren Muschelkalks kalkig-dolomitisch ausgebildet sind (CEC 1979). Die ermittelten Gebirgsdurchlässigkeiten (T/H) sind logarithmisch normalverteilt und weisen nur eine geringe Streuung auf. Der Mittelwert beträgt $T/H = 2,0 \times 10^{-6}$ m/s. Regionale Trends sind nicht erkennbar (Stober & Jodocy 2009).

Die Gesteine des Buntsandsteins lassen sich als Kluft-Grundwasserleiter charakterisieren. Unter den geringmächtigen obersten schluffigen und feinsandigen Tonsteinen der Rötton-Formation folgen in der Regel zunächst feinkörnige Sandsteine mit Tonsteinen (Plattensandstein-Formation). Darunter lagern mächtige gröbere Sandsteine des Mittleren und Unteren Buntsandsteins mit kieseligem oder karbonatischem Bindemittel (CEC 1979 & 1981). Die Gebirgsdurchlässigkeiten weisen gegenüber dem Oberen Muschelkalk eine wesentlich stärkere Streuung auf. Die Ursache liegt mit großer Wahrscheinlichkeit im weitständigen Kluftnetz des Buntsandsteins. Die Auswertung hydraulischer Tests ergab deutlich größere Gebirgsdurchlässigkeiten, wenn die betrachteten Teststrecken eine Länge von 100 m überschreiten und damit zu einer erhöhten Wahrscheinlichkeit führen, offene Klüfte mit hohen Permeabilitäten im Buntsandstein anzufahren. Bezogen auf Geothermiebohrungen mit großen erschlossenen Mächtigkeiten im Buntsandstein dürften für Prognosezwecke Gebirgsdurchlässigkeiten $T/H > 2,4 \times 10^{-7}$ m/s ausschlaggebend sein. Regionale Trends lassen sich nicht ableiten (Stober & Jodocy 2009).

Im südlichen Grabenabschnitt zwischen Basel und Kehl ist die Haupttrogenstein-Formation des Mitteljuras von hydrogeothermischer Bedeutung. Im mittleren und oberen Dogger bildet der Haupttrogenstein mit seinen Kalkoolithen einen meist porenreichen, klüftigen und in der Nähe von Verwerfungen häufig stark verkarsteten Gesteinskomplex (CEC 1979). Die Gebirgsdurchlässigkeiten im Haupttrogenstein weisen eine regionale Differenzierung auf. Während tendenziell niedrigere Durchlässigkeiten von im Mittel $T/H = 1,4 \times 10^{-8}$ m/s auf der Höhe Offenburg – Lahr auftreten, sind höhere Werte in den südlich davon gelegenen Regionen angesiedelt und korrelieren mit einem Fazieswechsel im Haupttrogenstein ab der Höhe von Kehl. Hier findet der Übergang zur so genannten Schwäbischen Fazies statt, der sich im Raum nördlich von Kehl mit einer zunehmenden Vermergelung des in südlichen Regionen kalkig ausgebildeten Haupttrogensteins bemerkbar macht. Der Mittelwert beträgt für den südlichen Bereich $T/H = 1,8 \times 10^{-6}$ m/s (Stober & Jodocy 2009).

4. Zusammenfassung

Das RPF hat auf der Grundlage reflexionsseismischer Sektionen zweidimensionale geologisch-geothermische Tiefenschnitte durch den baden-württembergischen Teil des Oberrheingrabens entwickelt. Die 18 Quer- und 6 Längsschnitte ermöglichen Aussagen über den strukturellen Bau des Untergrunds und geben Aufschluss über die Lage und Ausdehnung von Großstrukturen im Oberrheingraben. Darüber hinaus liegen nun Informationen über Tiefenlagen und Mächtigkeiten potenzieller hydrogeothermischer Nutzhorizonte vor. Sie bilden die Basis für Temperaturabschätzungen im Untergrund. Zusammen mit der Auswertung hydraulischer Testdaten können damit Aussagen über zu erwartende Größenordnungen essentieller Kenngrößen zur Projektierung hydrogeothermischer Anlagen im Oberrheingraben getroffen werden. Die Ergebnisse sind über die Homepage des Projekts GeotIS unter www.geotis.de mithilfe eines interaktiven Informationssystems online abrufbar.

Dank

Dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) danken wir für die Förderung (Fördernummer: 0327542 und 0325136). Recht herzlichen Dank dem Wirtschaftsverband Erdöl- und Erdgasgewinnung e.V. (WEG) für vielfältige Unterstützung und für die Genehmigung zur Publikation.

Quellenangaben

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES: Geothermische Synthese des Oberrheingrabens, BRGM Alsace & Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, Strasbourg, Freiburg (1979).

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES: Geothermische Bestandsaufnahme des Oberrheingrabens, Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, Freiburg (1981).

STOBER, I. & JODOCY, M.: Eigenschaften geothermischer Nutzhorizonte im baden-württembergischen und französischen Teil des Oberrheingrabens, *Grundwasser*, 14, (2009), 127-137.

Regierungspräsidium Freiburg, Abteilung Umwelt, Schwendistr. 12, D – 79 102 Freiburg i. Br.
marco.jodocy@rpf.bwl.de, ingrid.stober@rpf.bwl.de