

Erdgasspeicher Thurgauer Seerücken : Geologie und Nutzung der Erkundungsbohrungen

Autor(en): **Leu, Werner**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft**

Band (Jahr): **59 (2003)**

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-593968>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Erdgasspeicher Thurgauer Seerücken – Geologie und Nutzung der Erkundungsbohrungen

WERNER LEU

Mitt. thurg. naturf. Ges.	59	9 Seiten	3 Abb. – Tab.	– Tafeln	Frauenfeld 2003
---------------------------	-----------	-------------	------------------	-------------	-----------------

1 EINLEITUNG

Zwischen 1982 und 1986 wurden von der SWISSGAS-Speicher AG im Thurgauer Seerücken vier bis zu 900 m tiefe Erkundungsbohrungen abgeteuft. Die im Gebiet zwischen Berlingen und Salen-Reutenen liegenden Bohrungen waren Bestandteil von Abklärungen für unterirdische Speichermöglichkeiten von Erdgas (Abbildung 1). Zielhorizont waren Sandsteine der Molasse, die bereits 1964 von der Bohrung Berlingen-1 im Rahmen der Erdölexploration erschlossen wurden (BÜCHI et al. 1965). Diese Bohrung hatte interessante Öl- und Gasindikationen in der Molasse und im Mesozoikum. Detaillierte Tests zeigten jedoch später, dass es sich dabei nur um unwesentliche Vorkommen handelt.

Die Untersuchungen der SWISSGAS-Speicher AG haben deutlich gezeigt, dass sich die erkundeten Gesteinsschichten und ihre räumliche Verteilung im Thurgauer Seerücken auch nicht für eine wirtschaftliche Gasspeicherung eignen. Eine dieser Bohrungen, Berlingen-3, wird in Zukunft für die kombinierte Gewinnung von Trinkwasser und Erdwärme genutzt, die andern drei wurden im Frühjahr 2002 wieder permanent verschlossen. Ziel dieser Publikation ist eine öffentliche Dokumentation der wichtigsten geologischen Befunde dieser in diesem Gebiet einmaligen Tiefenaufschlüsse.

2 DAS ERDGASSPEICHER-PROJEKT

In den letzten zwei Jahrzehnten hat die Schweizer Gasindustrie intensiv nach Möglichkeiten für die unterirdische Gasspeicherung gesucht, die eine saisonale Vorratshaltung von grossen Gasmengen (100–500 Mio. m³) erlaubt. Aus technischer Sicht eignen sich dazu einerseits künstlich erstellte Kavernen in Salzschieben oder aber poröse Sandsteinformationen in Tiefen von 500 bis 1200 m unter der Erdoberfläche. Im angrenzenden Deutschland werden heute bereits ausgebeutete Gaslagerstätten erfolgreich für die Speicherung genutzt. Angeregt durch Ergebnisse von Tiefbohrungen der Erdölexplorationsindustrie (LAHUSEN & WYSS, 1995) konzentrierten sich detaillierte Untersuchungen ab 1980 in der Schweiz auf Molassesandsteine im Thurgauer Seerücken. Voraussetzung für einen erfolgreichen Betrieb eines solchen unterirdischen Speichers sind genügend poröse Sandsteinschichten, in denen das natürlicherweise vorhandene Porenwasser vom eingepressten Gas verdrängt werden kann. Zudem muss der Sandstein eine kuppelförmige Verteilung aufweisen und gegen oben durch undurchlässige Schichten abgedichtet sein (BÜCHI, 1972).

Die Untersuchungen der SWISSGAS-Speicher AG umfassten die vier Tiefbohrungen Homburg-1 (1982), Steckborn-1 (1983/84), Berlingen-2 (1984) und Berlingen-3 (1985/86), die die direkte Beprobung der Sandsteine erlaubten (Abbildung 2), sowie die Auswertung von seismischen Messungen zur Erfassung der strukturellen Verhältnisse.

Obschon die untersuchten Zielhorizonte der Oberen Meeresmolasse (OMM, siehe unten) Porositäten¹ zwischen 10 und 26% aufweisen, blieben

¹ Die Porosität entspricht dem prozentualen Anteil des Porenraums am gesamten Gesteinsvolumen

die strukturellen Fragen betreffend Grösse und Abdichtung des geplanten Speichergebietes weitgehend offen. Dies führte 1997 zur Entscheidung der SWISSGAS-Speicher AG, die Untersuchungen definitiv abzubrechen.

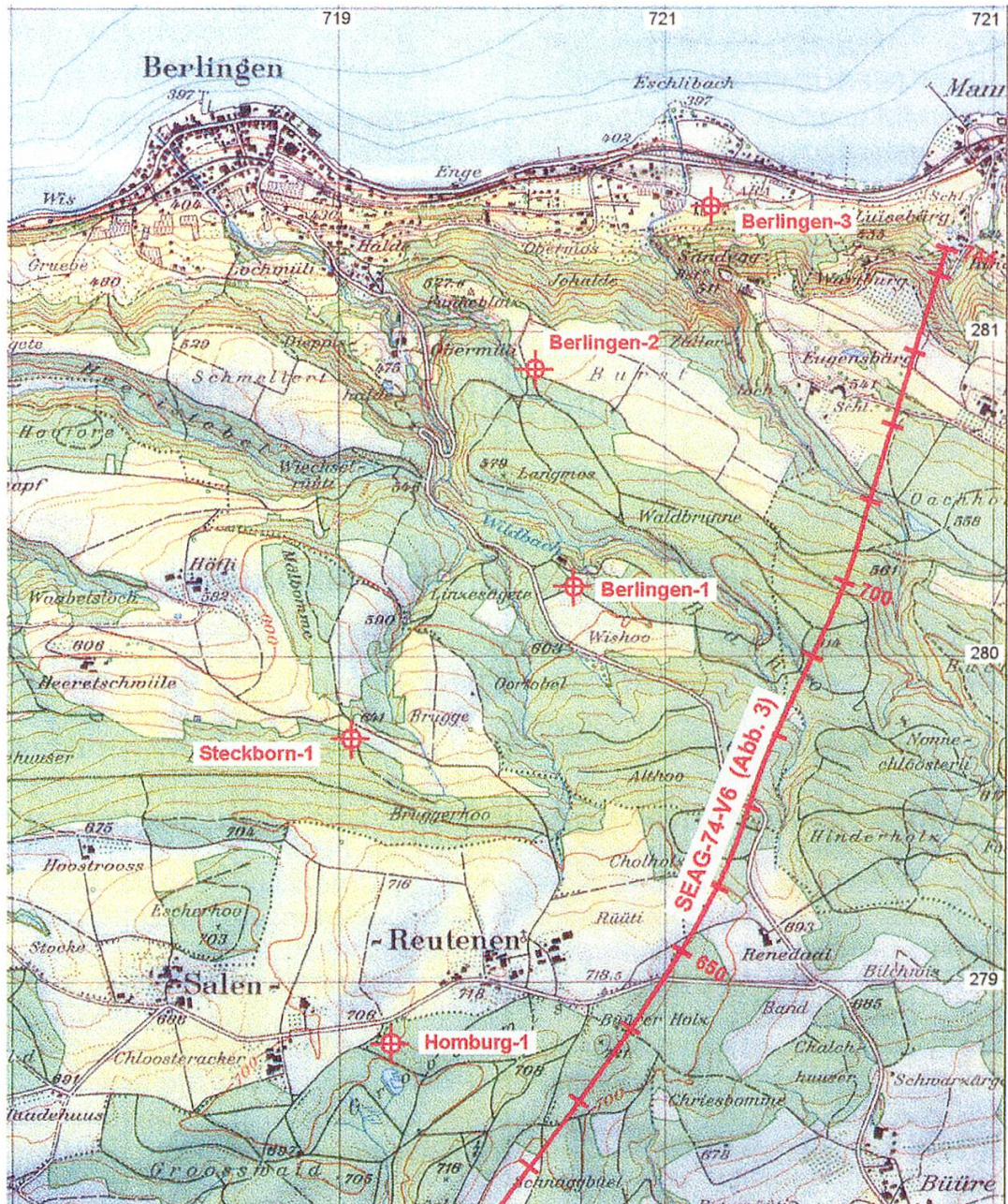


Abbildung 1: Karte Massstab 1: 25'000 mit Lage der Bohrungen und des seismischen Profils SEAG-74-V6 (Abbildung 3). Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie (JA002075).

3 DIE ERKUNDUNGSBOHRUNGEN

Die vier Bohrungen hatten zum Ziel, die genaue Tiefenlage und Ausbildung der Sandsteine der Oberen Meeresmolasse (OMM) zu erkunden. Die OMM-Sandsteine sind fein- bis mittelkörnig und wurden während des unteren Miozän (20 bis 16 Millionen Jahre vor heute) in einer un- bis E-W orientierten Meeresverbindung nördlich der entstehenden Alpen abgelagert (SCHLÄFLI et al. 1999, VILLINGER, 2000). Die Oberkante der Oberen Meeresmolasse (OMM) liegt im Untersuchungsgebiet in rund 500 bis 600 m Tiefe.

Das hier ca. 200 m mächtige Sandsteinpaket bildet im Schweizer Mittelland sowie der Nordschweiz einen der bedeutendsten Tiefenaquifere, dessen Wasser zum Beispiel in Kreuzlingen und Konstanz als Mineral- und Thermalwasser genutzt wird (MÉGEL et al. 1997).

3.1 GENERALE STRATIGRAPHISCHE ABFOLGE DER MOLASSE IM SEERÜCKEN

Die OMM überlagert die Untere Süsswassermolasse (USM, oberes Oligozän), die von fluvioterrestrischen Ablagerungen mit rötlichen Mergeln und siltigen Zwischenlagen aufgebaut wird.

Über der OMM folgt die Obere Süsswassermolasse (OSM), die die meisten Oberflächenaufschlüsse des Thurgauer Seerückens bildet (fluviatile Glimmersandsteine, Mergel, Konglomerate, limnische Kalke und kohlige Lagen). Die auf Abbildung 2 dargestellte interne Gliederung der OSM beruht auf den Originalberichten im Archiv der SWISSGAS-Speicher AG. Vom Hangenden zum Liegenden werden nach BÜCHI (1957) (siehe auch BÜCHI et al. 1965 und SCHLÄFLI et al. 1999) folgende Einheiten unterschieden:

- «Höherer Komplex» (Mergel mit Sandstein- und Konglomerateinlagen)
- «Öhninger Schichten» (Mergel und Sandsteine)
- «Mittlerer Komplex» (Mergel und Sandsteine mit kohligen Lagen)
- «Basiszone» (Mergel mit vereinzelt Sandsteinlagen)

Diese Gliederung entspricht der Einteilung, wie sie für den Hörnli-Schuttfächer verwendet wird. Das Gebiet des Seerückens und der hier beschriebenen Bohrungen war jedoch während der OSM charakterisiert durch eine Verzahnung von Sedimenten dieses Hörnli-Schuttfächers (alpines Entwässerungssystem des Hörnli-Ur-Rheins) und Glimmersanden des von Nordosten in die Schweiz vordringenden fluviatilen Stromsystems (BÜCHI & SCHLANKE, 1977). In Bohrungen ist die Unterscheidung der beiden Systeme sowie die Unterscheidung der Einheiten des Hörnli-Schuttfächers nicht immer eindeutig.

3.2 HOMBURG-1

Die Bohrung Homburg-1 wurde 1982 als erste Sondierbohrungen von SWISSGAS-Speicher AG im Rotary-Verfahren² abgeteuft. Sie liegt nördlich des Dorfes Homburg, in einem Waldstück nahe der Verbindungsstrasse zwischen den Weilern Salen und Reutenen (Abbildung 1). Die Bohrung durchteufte die Obere Süsswassermolasse (OSM), die gesamte Obere Meeresmolasse (OMM) und erreichte eine Endtiefe von 904 m in den obersten Schichten der Unteren Süsswassermolasse (USM). Wie bereits von der Erdölbohrung Berlingen-1 bekannt, wurden auch in Homburg-1 die typischen Einheiten der OMM und OSM angetroffen (Abbildung 2). Im Zielhorizont der obersten OMM wurden von 708–848 m Bohrkerne gezogen, die eine detaillierte Untersuchung der potentiellen Speichersandsteine ermöglichten. Es wurden Porositäten zwischen 10 und 27% (Mittelwert 16%) gemessen, mit Permeabilitäten³ im Bereich von 250 bis 500 mD. Mittels hydrogeologischen Testen wurden in der obersten

² Rotary-Verfahren: Durch ein rotierendes Bohrgestänge wird mit einem Bohrmeissel das Gestein zertrümmert und mittels einer Bohrspülung an die Oberfläche befördert.

³ Permeabilität: Gesteinsdurchlässigkeit für Wasser, Gas und Öl (Einheit: 1 Darcy [D] = 10E-5 cm²).

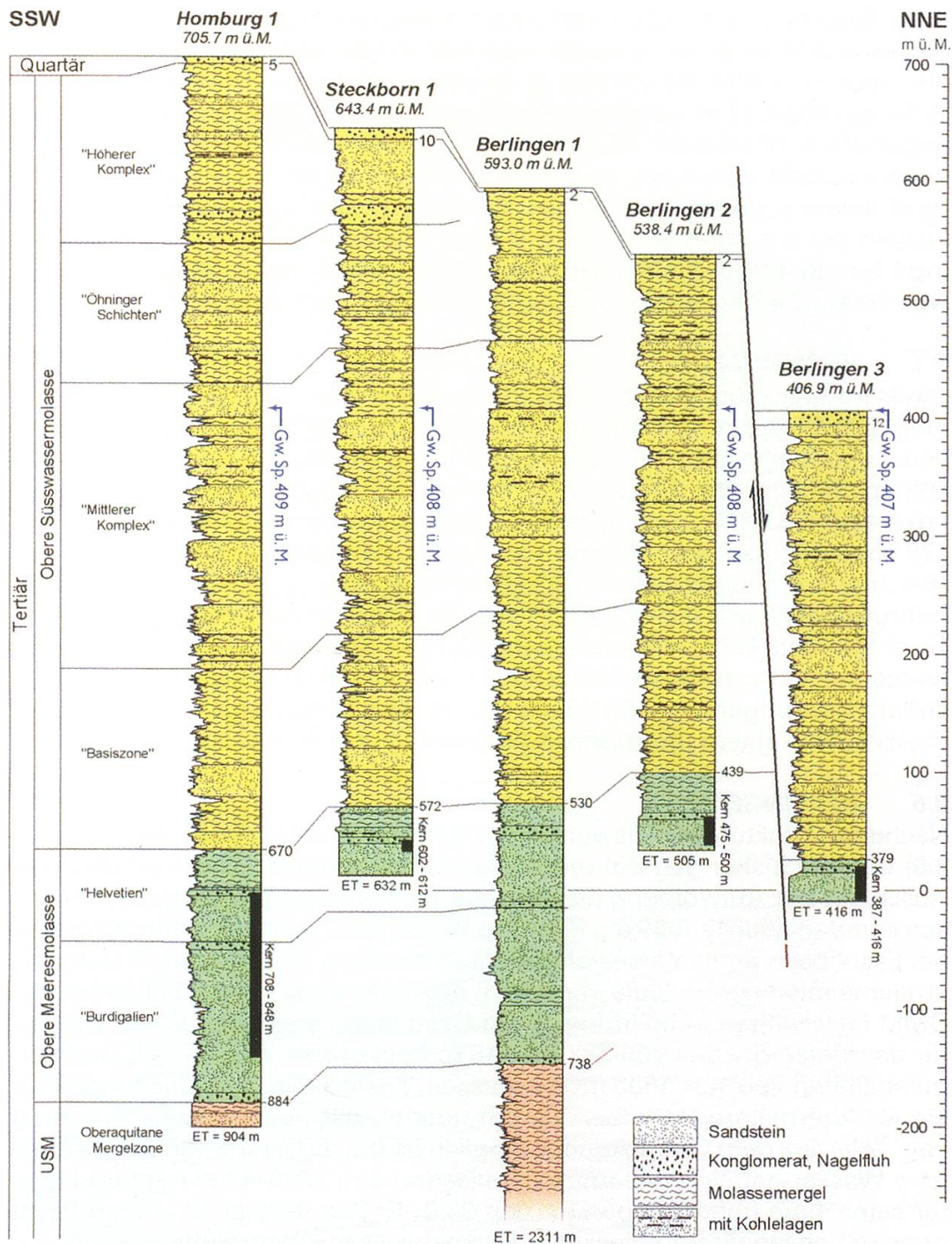


Abbildung 2: Korrelation der stratigraphischen Profile der Bohrungen Homburg-1, Steckborn-1, Berlingen-1, Berlingen-2 und Berlingen-3. Für das Anwitterungsprofil wurde das Gamma-Ray Log verwendet.

OMM Wasserergiebigkeiten von 2,5 bis 4,0 l/s bestimmt. Der Ruhegrundwasserspiegel liegt mit 409 m ü. M. nur wenige Meter höher als der Wasserspiegel des Untersees (396 m ü. M.). In 490 m Tiefe wurde eine Temperatur von 25 °C gemessen, was einem thermischer Gradienten von 37,3 °C/km entspricht.

3.3 STECKBORN-1

Nach den positiven Ergebnissen der Bohrung Homburg-1 (gute Speichersandsteine in der OMM, siehe 3.2) wurde im Winter 1983/1984 die Boh-

rung Steckborn-1 nördlich von Salen-Reutenen (Abbildung 1) abgeteuft. Sie erreichte in einer Endtiefe von 632 m die obersten Schichten des «Helvetien» (OMM, Abbildung 2). In einem Gesteinskern wurden in einer Tiefe von 602–612 m vergleichbare Sandsteine der OMM wie in Homburg-1 angetroffen (Porosität 10–25%, Permeabilität 50–500 mD). Der Ruhewasserspiegel von 408,5 m ü. M. ist in guter Übereinstimmung mit der rund 1 km südlicher gelegenen Bohrung Homburg-1. Wasseranalysen weisen auf ein Mineralwasser mit einer Gesamtmineralisation von 1340 mg/l hin. In 470 m Tiefe wurde eine Temperatur von 24,6 °C gemessen, was einem thermischen Gradienten von 40,4 °C/km entspricht.

3.4 BERLINGEN-2

Direkt im Anschluss an die Bohrung Steckborn-1 (siehe 3.3) wurde im Sommer 1984 die Bohrung Berlingen-2, rund 800 m nördlich der Bohrung Berlingen-1 abgeteuft (Abbildung 1). Die Bohrung erreichte mit einer Endtiefe von 505 m ähnlich wie Steckborn-1 die potentiellen Speichergesteine des «Helvetien» (OMM, Abbildung 2). Gesteinskerne wurden in einer Tiefe von 475 bis 500 m gezogen. Die gemessenen Gesteinsporositäten liegen mit 5–15% und Permeabilitäten von 0,5–20 mD deutlich tiefer als in den andern Bohrungen. Wegen technischer Probleme während der hydrogeologischen Tests konnten keine Wasserergiebigkeiten bestimmt werden. Der Ruhewasserspiegel von 408 m ü. M. stimmt überein mit dem bekannten Bild der andern Bohrungen. In 450 m Tiefe wurde eine Temperatur von 25,5 °C gemessen, was einem thermischen Gradienten von 37,6 °C/km entspricht.

3.5 BERLINGEN-3

Nachdem strukturelle Auswertungen der seismischen Messungen (siehe 3.6) und die bisherigen Bohrerergebnisse (Abbildung 2) keinen eindeutigen Abschluss der Aufwölbung des Speichergesteines gegen Norden nachweisen konnten, wurde 1986 die Bohrung Berlingen-3 nahe der Kantonsstrasse bei Eschlibach am Untersee abgeteuft (Abbildung 1). Diese letzte Bohrung erreichte mit einer Endtiefe von 416 m ebenfalls die obersten Schichten der OMM («Helvetien», Abbildung 2). An Gesteinskernen in der OMM wurden für das Tiefenintervall von 387 bis 416 m Porositäten von 15–24% und Permeabilitäten von 100–1000 mD gemessen. Zusätzliche Untersuchungen für ein Geothermieprojekt haben zudem gezeigt, dass eine Wasserförderung von ~2 l/s aus dem OMM-Aquifer möglich ist (LEU & GREBER, 1998). Das nutzbare Wasser hat eine Gesamtmineralisation von 1000–1100 mg/l und eine für seine Tiefe hohe Temperatur von 28,8 °C. Das Wasser ist zudem leicht artesisch gespannt und fließt natürlicherweise aus dem Bohrloch aus.

3.6 KORRELATION DER BOHRUNGEN

Das Vergleichsdiagramm auf Abbildung 2 zeigt, dass die Gesteinseinheiten in den vier Bohrungen generell gut korreliert werden können. Auch die Erdölexplorationsbohrung Berlingen-1 passt gut in dieses Bild. Dabei sind folgende Beobachtungen von Interesse:

1. Die Glimmersande kommen speziell im «Mittleren Komplex» der OSM gehäuft vor. Dabei ist eine Abnahme des Glimmersandanteils von Berlingen-3 in Richtung von Homburg-1, d.h. von Norden nach Süden, zu beobachten. Dies zeigt deutlich, dass Berlingen-3 nahe oder im zentralen Bereich des Glimmersandstromsystems liegt, wogegen die Bohrung Homburg-1 bereits deutlich mit den Sedimenten des Hörnli-Schutfächers verzahnt ist (siehe auch 3.1).

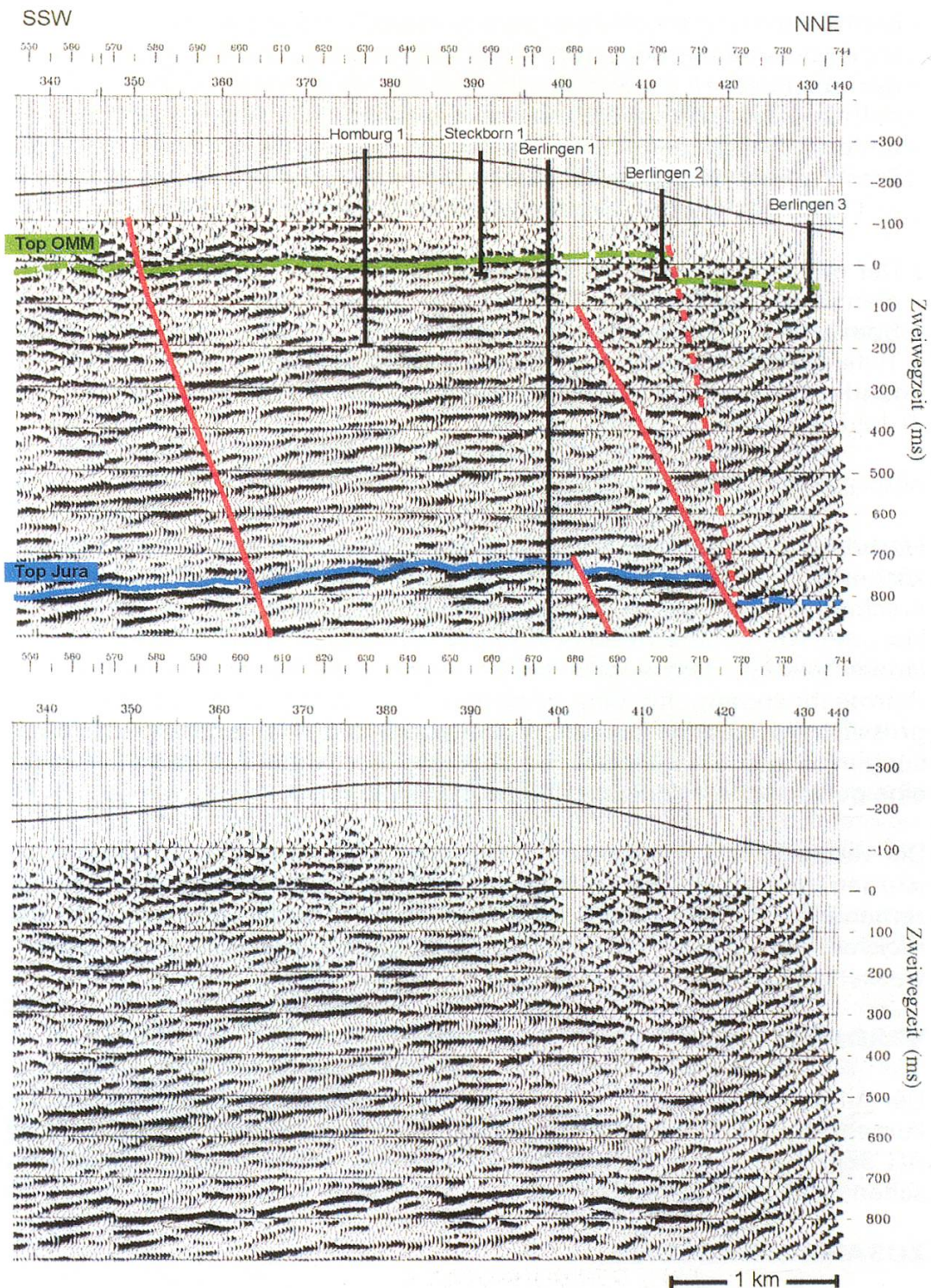


Abbildung 3: Seismisches Profil SEAG-74-V6 (Finite Differenz-Migration, 1991 überarbeitet) mit und ohne Interpretation.

2. Die Oberkante der OMM steigt von Homburg-1 über Steckborn-1 und Berlingen-1 bis zu Berlingen-2 leicht an. Von Berlingen-2 zur am nördlichsten gelegenen Bohrung Berlingen-3 (Abbildung 2) kann dann ein Sprung um 70 m nach unten beobachtet werden. Dies kann darauf hinweisen, dass sich zwischen diesen beiden Bohrungen eine Abschiebung befindet. Das seismische Profil SEAG-74-V6 (Abbildung 3) zeigt, dass im Bereich der Bohrungen solche abschiebenden Brüche interpretiert werden können. Sie sind einerseits auch südlich von Homburg-1 zu

beobachten und scheinen andererseits auch das Mesozoikum unter der Molasse zu versetzen. Leider erlaubt die mässige Qualität am Nordende der seismischen Linie keine schlüssige Interpretation des Schichtaufbaus. Das Netz der seismischen Messungen ist zudem noch zu grob, um einen möglichen Abschluss der Struktur gegen Norden zu belegen. Diese Abschiebungen sind jedoch weitere Indizien für den von NAEF et al. (1995) postulierten Hegau-Bodensee-Graben.

3. Der mit den gemessenen Temperaturen ableitbare geothermische Gradient liegt deutlich über 37 °C/km und ist somit ausserordentlich hoch. Speziell die Temperaturen in Berlingen-3 weisen auf aufsteigende Tiefenwässer hin, die möglicherweise im Zusammenhang mit tief greifenden Brüchen stehen, die eine vertikale Zirkulation erlauben.

4 ALTERNATIVE NUTZUNG DER BOHRUNGEN UND VERFÜLLUNG

Nachdem 1997 die SWISSGAS-Speicher AG beschlossen hatte die Untersuchungen aufgrund der nicht klar definierbaren Speicherstruktur abbrechen, wurde noch abgeklärt, ob sich die Sondierbohrungen für eine Nutzung von geothermischer Energie verwenden lassen. Dabei hat sich jedoch gezeigt, dass ausser bei Berlingen-3 die Distanz zu potentiellen Wärmeabnehmern für eine wirtschaftliche Nutzung von Erdwärme zu gross ist. Nach umfassenden Langzeitpumpversuchen und weiteren Messungen wurde beschlossen, die Bohrung Berlingen-3 in das Projekt für eine geplante Weinkellerei mit einzubeziehen.

Die verbleibenden Bohrungen Homburg-1, Steckborn-1 und Berlingen-2 wurden im Frühjahr 2002 definitiv verschlossen. Dabei wurden nicht einzementierte Verrohrungen ausgebaut und die Bohrlöcher mit Zement rückverfüllt, um eine Verunreinigung oder Kurzschliessung der Grundwasserstockwerke auszuschliessen.

VERDANKUNGEN

Der Autor dankt der SWISSGAS-Speicher AG für deren Erlaubnis, die Dokumente im Archiv einsehen zu dürfen, sowie der Schweizerischen Erdöl AG SEAG und deren Partner für die Publikationsbewilligung des seismischen Profils SEAG-74-V6.

ZUSAMMENFASSUNG

Anfang der achtziger Jahre des letzten Jahrhunderts wurden von der SWISSGAS-Speicher AG im Thurgauer Seerücken vier bis zu 900 m tiefe Erkundungsbohrungen abgeteuft, um die Eignung von Sandsteinen der Oberen Meeresmolasse (OMM) für die unterirdische Speicherung von Erdgas abzuklären. Die Resultate dieser Untersuchungen haben deutlich gezeigt, dass sich die erkundeten Gesteinsschichten und im Speziellen ihre räumliche Verteilung nicht für eine wirtschaftliche Gasspeicherung eignen.

Die vier Bohrungen ermöglichen eine detaillierte Korrelation der Gesteinsschichten der Molasse, deren Einheiten bereits von der Erdöl-explorationsbohrung Berlingen-1 bekannt waren. Die Bohrprofile zeigen

deutlich den graduellen Übergang von der Glimmersandstein-Rinne (Berlingen-3) zu einer zunehmenden Verzahnung mit den Sedimenten des Hörnli-Schuttfächers in südlicher Richtung (Homburg-1). Zudem belegen die Bohrungen eine Abschiebung von mindestens 70 m des Gebietes nördlich von Berlingen-2. Zusammen mit Resultaten der Interpretation von seismischen Messungen sind dies deutliche Indizien für den bereits früher postulierten Hegau-Bodensee-Graben.

LITERATUR

- BÜCHI, U.P. & SCHLANKE, S. (1977): Zur Paläogeographie der Schweizerischen Molasse. – Erdöl-Erdgas, **93** Jg, Sonderausgabe, 51–69.
- BÜCHI, U.P. (1957): Zur Gliederung der Oberen Süßwassermolasse (OSM) zwischen Bodensee und Reuss. – Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing., **24/66**, 35–42.
- BÜCHI, U.P. (1972): Die Untertagespeicherung von Erdgas und flüssigen Kohlenwasserstoffen. – Schweizer Maschinenmarkt, **16**, 6 pp.
- BÜCHI, U.P., WIENER, G. & HOFMANN, F. (1965): Neue Erkenntnisse im Molassebecken auf Grund von Erdöltiefbohrungen in der Zentral- und Ostschweiz. – Eclogae geol. Helv., **58/1**, 87–108.
- LAHUSEN, P. & WYSS, R. (1995): Erdöl- und Erdgasexploration in der Schweiz: Ein Rückblick. – Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing., **62/141**, 43–72.
- LEU, W. & GREBER, E. (1998): Warmwassernutzung in der Bohrung Berlingen-3 (Kanton Thurgau). – Geothermie CH, **21**, 5–6.
- MÉGEL, T., WYSS, R., GREBER, E. & LEU, W. (1997): Hydraulische Modellierung der Geothermiebohrungen Kreuzlingen und Konstanz. – Geothermie – Energie der Zukunft. Tagungsband. 7. Fachtagung der SVG. 18.–20. Sept. 1996 Konstanz, 162–169.
- NAEF, H., BIRKHÄUSER, PH. & ROTH, PH. (1995): Interpretation der Reflexionsseismik im Gebiet nördlich Lägeren – Zürcher Weinland. – Nagra Technischer Bericht **94-14**, 120 pp.
- SCHLÄFLI, A., BAUMANN, M., HIPPEL, R., HOFFMANN, F., KELLER, O., KRAYS, E., NAEF, H., WIELAND, CH. & WYSS, R. (1999): Erläuterungen zur geologischen Karte des Kantons Thurgau 1:50'000. – Mitt. thurg. naturf. Ges., **55**, 102 pp., mit Karte und Exkursionsführer.
- VILLINGER, E. (2000): Geologische Zeittafel für Baden-Württemberg. – WWW-Homepage Geol. Landesamt Freiburg-Württemberg., 1 pp.

Adresse des Verfassers:

Werner Leu (Geoform AG), Postfach 1515, 6648 Minusio
Tel. 091 744 69 70, E-mail: werner.leu@geoform.ch