Appendix 5

Datengrundlagen zu den Aquiferen.

Dr. Roland Wyss GmbH, Frauenfeld

Inhalt:

A. 5-1: Tiefbohrungen in der Schweiz (>400 m): Endtiefen

A. 5-2: Tiefbohrungen in der Schweiz (>400 m): Zweck der Bohrungen

A. 5-3: Obere Meeresmolasse: Porosität

A. 5-4: Obere Meeresmolasse: Permeabilität

A. 5-5: Obere Meeresmolasse: Hydraulisches Potenzial

A. 5-6: Oberer Malm: Porosität

A. 5-7: Oberer Malm: Permeabilität

A. 5-8: Oberer Malm: Hydraulisches Potenzial

A. 5-9: Oberer Malm: Salinität

A. 5-10: Hauptrogenstein: Salinität

A. 5-11: Oberer Muschelkalk: Porosität

A. 5-12: Oberer Muschelkalk: Permeabilität

A. 5-13: Oberer Muschelkalk: Hydraulisches Potenzial

A. 5-14: Oberer Muschelkalk: Salinität

A. 5-15: Buntsandstein: Porosität

A. 5-16: Buntsandstein: Permeabilität

A. 5-17: Buntsandstein: Salinität

Erläuterungen:

In den Karten in Appendix 5 wurde versucht, für die wichtigsten Faktoren der CO_2-Sequestrierung Tendenzen im Tiefenbereich von 800–2500 m darzustellen. Es sind dies die Porosität, die Permeabilität, die hydraulische Druckhöhe (und damit die Fliessrichtung) sowie die Salinität. Hierfür wurden die verfügbaren Bohrdaten zusammengetragen und interpoliert. Aufgrund der Datenlage ist es zwar nicht überall möglich, klare Entwicklungen innerhalb der Aquifere zu beschreiben, es können jedoch in der Regel, zumindest lokal, generelle Trends dargestellt werden. Daraus ergibt sich ein transparentes Bild über den derzeitigen Kenntnisstand des Untergrundes nördlich der Alpen.

A. 5-1: Tiefbohrungen in der Schweiz (>400 m): Endtiefen

Für die CO_2-Sequestrierung sind die Tiefbohrungen mit einer Tiefe ab 800 m als die beste Informationsquelle für den tiefen Untergrund anzusehen. Grössere Lücken bestehen in der Ostschweiz, rund um das Napfgebiet, im Faltenjura und nordwestlich des Genfersees. In Alpenrandnähe wurden die Aquifere, zumindest zum Teil, nur in drei Bohrungen angebohrt (Linden, Thun und Entlebuch).

A. 5-2: Tiefbohrungen in der Schweiz (>400 m): Zweck der Bohrungen

Die wichtigsten Bohrungen im Mittelland stammen aus der Erdöl- und Erdgas-Prospektion. Diese Daten sind jedoch nur teilweise zugänglich. Die zentrale Nordschweiz ist in erster Linie dank der Nagra-Tiefbohrungen gut erkundet und die Daten sind umfangreich publiziert.

A. 5-3: Obere Meeresmolasse: Porosität

Datengrundlage: Leu et al. 2006. Es handelt sich dabei einerseits um Oberflächenmessungen, sowie um Bohrdaten bis in maximal 510 m Tiefe (Fehraltdorf). Im Tiefenfenster der OMM unter 800 m u. T. sind keine Daten vorhanden.

Trend: Es ist anzunehmen, dass die Porosität im Bereich des Hörnlischuttfächers infolge verstärkter Zementation in den Nagelfluh-Serien und durch Kompaktion in grösserer Tiefe tendenziell tiefer liegt als in den angegebenen Messwerten. Für die Abschgätzung des CO_2-Sequestrierungspotenzials wurde eine Porosität von 12.5% angenommen.

A. 5-4: Obere Meeresmolasse: Permeabilität

Die Permeabilitäten wurden nach der Abschätzung von Mégel (1996) eingezeichnet. Es bestehen jedoch keine Bohrdaten in der weiteren Umgebung des Tiefenfensters unterhalb 800 m.

Trend: Es wird angenommen, dass die Permeabilität in Richtung SE zum Hörnlischuttfächer hin infolge verstärkter Zementation abnimmt.

A. 5-5: Obere Meeresmolasse: Hydraulisches Potenzial

Datengrundlage: Die Isopotenziallinien wurden auf Grundlage der Daten im Süddeutschen Raum (Berleff et. al. 2005) sowie aufgrund der Oberflächenaufschlüsse der OMM eingezeichnet.

Trend: Die OMM entwässert im Tiefenfenster unterhalb 800 m nach N bis NW.

A. 5-6: Oberer Malm: Porosität

Datengrundlage: Im Norden: Nagra; Im Kanton Bern und im Westen: SEAG. Insbesondere im tieferen östlichen Molassebecken standen keine Daten zur Verfügung.

Trends: Die gemessenen Werte bewegen sich zwischen 0.6 und 12.3%. Als Karst- und Kluftaquifer ist die Porosität sehr heterogen und daher schwer zu kartieren. Es lässt sich jedoch ein abnehmender Trend vom Jura ins Molassebecken hin erkennen. Die Bohrung Entlebuch zeigte jedoch auf, dass auch hier signifikante Porositäten, besonders im verkarsteten Top, möglich sind.

A. 5-7: Oberer Malm: Permeabilität

Datengrundlage: Im Norden: Nagra 2002, 2008; Jura-Südfuss (Hermrigen): SEAG. Von der Bohrung Entlebuch ist kein Wert bekannt. Dass hier Gas gefördert werden konnte zeigt jedoch auf, dass hier eine gewisse Durchlässigkeit vorhanden sein muss. Die Linien gleicher Permeabilität im Raum Schaffhausen-Bodensee beruhen, etwas angepasst, auf einer Karte von Jodocy & Stober (2008).

Trends: Die Datengrundlagen sind nicht genügend gut, als dass sich für einen grösseren Bereich ein Trend abschätzen liesse. Die zur Verfügung stehenden Werte sind alle relativ tief und stammen, ausser der Bohrung Berlingen, nicht aus dem Tiefenbereich von 800–2500 m. Es ist zu beachten, dass der Obere Malm im süddeutschen Molassebecken bis in grössere Tiefe einen bedeutenden Aquifer ausbildet, er dort jedoch meist in einer anderen Fazies vorliegt.

A. 5-8: Oberer Malm: Hydraulisches Potenzial

Datengrundlage: Die Daten basieren auf Karten aus den Nagra-Berichten NTB 88-25 und NTB 02-03 sowie auf Abschätzungen aufgrund der Aufschlussverhältnisse.

Trends: Der Malm entwässert im Tiefenbereich von 800–2500 m im Allgemeinen nach Norden in Richtung der tiefer liegenden Aufschlüsse am Genfersee sowie an Aare und Rhein.

A. 5-9: Oberer Malm: Salinität

Datengrundlage: Ganz im NE: Karte aus Bertleff et al. 2005; Im westlichen Mittelland: SEAG 1983 (Hermrigen), SEAG unveröffentlicht (Linden und Romanens); Bohrungen am Jura-Südfuss: Muralt 1999.

Trend: Die Salinität nimmt im Tiefenbereich von 800–2500 m von tiefen Werten am Jura-Südfuss und der Region Schaffhausen (< 1g/l) nach SE hin rasch auf Werte bis über 20 g/l zu.

A. 5-10: Hauptrogenstein: Salinität

Datengrundlage: Im Molassebecken standen einzig Daten aus den Bohrungen Hermrigen (SEAG 1983) und Linden-1 (SEAG, unveröffentlicht) zur Verfügung.

Trend: Die Salinität nimmt von NW nach SE zu. Aufgrund der relativ schlechten Datengrundlage bestehen bei den absoluten Werten grössere Unsicherheiten, sie dürften sich jedoch im Bereich von 3–50 g/l bewegen.

A. 5-11: Oberer Muschelkalk: Porosität

Datengrundlage: Die Daten stammen im tieferen Molassebecken von der SEAG und im Bereich des Nordrandes von der Nagra. Dabei handelt es sich die verbundene Porosität, welche sich aus dem Mittelwert von Trigonodus-Dolomit und Hauptmuschelkalk ergibt. Der vergleichsweise poröse Trigonodus-Dolomit weist dabei Werte bis 25% auf, während der Hauptmuschelkalk als Kluftaquifer vor allem in tektonisch beanspruchten Gebieten eine signifikante Porosität aufweist. Ansonsten besitzt er eine Matrixporosität von wenigen Prozent. Keine Daten liegen aus der Westschweiz vor.

Trend: Die mittlere Porosität nimmt gegen SW tendenziell ab und dürfte im Tiefenfenster von 800–2500 m im Bereich von 3–15% liegen.

A. 5-12: Oberer Muschelkalk: Permeabilität

Datengrundlage: Die Daten stammen einerseits von der Nagra, andererseits von der SEAG. Dabei sind die vorhandenen SEAG-Daten der Nagra-Bohrungen deutlich tiefer, als in den Nagra-Berichten angegeben. Zumindest für die Bohrung Weiach lässt sich dies dadurch erklären, dass in der SEAG-Datenbank der Permeabilitätswert festgehalten wurde, welcher mittels Quecksilber-Tests am Probenmaterial bestimmt wurde (2.3 mD). Der aus Pumpversuchen eruierte Wert ist dagegen deutlich höher (100 mD) und ist als aussagekräftiger anzusehen.

Trend: Wie auch die Porosität nimmt die Durchlässigkeit gegen SE in der Tendenz deutlich ab.

A. 5-13: Oberer Muschelkalk: Hydraulisches Potenzial

Datengrundlage: Die Bohrdaten wie auch die Spiegelhöhen wurden dem Nagra-Bericht NTB 02-03 entnommen und leicht ergänzt. Im Westen fehlen Angaben.

Trends: Im Osten entwässert der Obere Muschelkalk einerseits in den Rhein und andererseits nach Nordosten zur Donau hin mit einer Grundwasserscheide, welche ungefähr durch Schaffhausen von Norden nach Süden verläuft. Unklar ist der Verlauf in Westen. Vermutet werden kann, dass das Wasser im Molassetrog nach N bis NE hin fliesst. Unbekannt ist die Grundwasserscheide im Westen zur Rhone hin.

A. 5-14: Oberer Muschelkalk: Salinität

Datengrundlage: Hermrigen: SEAG, Linden: SEAG, unveröffentlicht (nur für Lias, wurde als Referenz benutzt); NE-Schweiz: Nagra.

Trend: Die Salinität nimmt im Tiefenbereich von 800–2500 m von rund 2 g/l im NE gegen SE und SW auf über 100 g/l zu. Ein sehr hoher Wert von 245 g/l wird in der Bohrung Hermrigen, obschon Jura-nah, erreicht.

A. 5-15: Buntsandstein: Porosität

Datengrundlage: Die Daten zur Porosität stammen von der SEAG (Erdöl-/Erdgasbohrungen) sowie von den Nagra-Bohrungen. Aus dem Faltenjura und dem grössten Bereich der Westschweiz sind keine Daten vorhanden.

Trend: Die belegte Porosität bewegt sich im Tiefenbereich von 800–2500 im Bereich von 3 bis 13%, tendenziell nach NW hin zunehmend.

A. 5-16: Buntsandstein: Permeabilität

Datengrundlage: Die Daten zur Porosität stammen von der SEAG (Erdöl-/Erdgasbohrungen) sowie von den Nagra-Bohrungen. Es wird nicht immer streng zwischen dem Basissand des Mittleren Muschelkalkes und dem Buntsandstein unterschieden.

Trend: Die Permeabilität nimmt im NE im Tiefenbereich von 800–2500 m von SE nach NW von schätzungsweise rund 1 mD auf bis gegen 1000 mD im Raum Schaffhausen zu (z.T. durch Tektonik bedingt).

A. 5-17: Buntsandstein: Salinität

Datengrundlage: Es standen nur Daten aus den Nagra-Bohrungen im NE zur Verfügung.

Trends: Im Bereich der Nagra-Bohrungen lässt sich im Tiefenbereich von 800 bis rund 1500 m ein Trend von rund 1g/l im NW auf über 15 g/l gegen SE hin erkennen.

Referenzen:

Bertleff, B., Ondreka, J., Plum, H., Storz, R., Schloz, W., Selg, M. und Trapp, C., 2005: Bereitstellung hydrogeologischer und geothermischer Grundlagen zur Nutzung der tiefen Geothermie/Hydrogeothermie in der Region Bodensee - Oberschwaben.

Jodocy, M., Stober, I. 2008: Verteilungskarte der hydraulischen Potenziale im Oberjura im baden-württembergischen Teil des Süddeutschen Molassebeckens, http://www.geotis.de/homepage/veroeffentlichungen.php.

Leu, W., Keller, B., Matter, A., Schärli, U. und Rybach, L., 2006: Geothermische Eigenschaften Schweizer Molassebecken (Tiefenbereich 0-500 m) - Datenbank Wärmeleitfähigkeit, Wärmekapazität, Gesteinsdichte und Porosität, Schlussbericht Bundesamt für Energie.

Muralt, R., 1999: Processus hydrogéologiques et hydrochimiques dans les circulations profondes des calcaires du Malm de l'arc jurassien (zones de Delémont, Yverdon-les-Bains, Moiry, Genève et Aix-les-Bains). Matériaux pour la géologie de la Suisse, Série Géotechnique 82, 236.

Nagra, 1988: Technischer Bericht NTB 88-25, Sedimentstudie – Zwischenbericht 1988 Möglichkeiten zur Endlagerung Langlebiger Radioaktiver Abfälle in den Sedimenten der Schweiz.

Nagra, 2002: Technischer Bericht NTB 02-03, Projekt Opalinuston, «Synthese der geowissenschaftlichen Untersuchungsergebnisse – Entsorgungsnachweis für abgebrannte Brennelemente, verglaste hochaktive sowie langlebige mittelaktive Abfälle»

Nagra, 2008: Technischer Bericht NTB 08-04, Vorschlag geologischer Standortgebiete für das SMA- und das HAA-Lager «Geologische Grundlagen» Textband + Beilagenband.

SEAG, 1983: Rapport fin de sondage Hermrigen, Elf Aquitaine/SEAG.

SEAG: Zur Verfügung gestellte Daten zur Permeabilität und Porosität von Bohrungen in der Schweiz.

SEAG: Unveröffentlichte Daten zu den Bohrungen Romanens und Linden.