



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Verteidigung,  
Bevölkerungsschutz und Sport VBS

armasuisse  
**Bundesamt für Landestopografie swisstopo**

# **Anhang (Entwurf V1, 28.3.2014, bop)**

## **TFS-Frage 103c**

### **Nutzungskonflikte**

März 2014

Autoren

Mauro Häusler, swisstopo  
Pascal Kuhn, swisstopo  
Paul Bossart, swisstopo

# Inhaltsverzeichnis

1	Einführung .....	3
1.1	Methode .....	3
1.2	Bisherige TFS-Fragen zum Thema.....	3
1.3	Permokarbontröge .....	4
2	CO <sub>2</sub> -Sequestrierung .....	4
2.1	Quellen .....	4
2.2	Zusammenstellung.....	4
2.3	Interpretation .....	5
3	Geothermie.....	5
3.1	Quellen.....	5
3.2	Zusammenstellung.....	6
3.2	Zielhorizonte für Geothermie .....	7
3.4	Interpretation .....	7
4	Fossile Energieträger .....	8
4.1	Quellen .....	8
4.2	Zusammenstellung.....	8
4.3	Interpretation .....	9
5	Steine und Erden, Industrieminerale.....	10
5.1	Quellen .....	10
5.2	Zusammenstellung.....	10
5.3	Interpretation .....	13
6	Schlussfolgerung.....	14
7	Quellenverzeichnis .....	15

# 1 Einführung

## 1.1 Methode

Nachfolgende Zusammenstellung der potentiellen Ressourcen- und Nutzungskonflikte im Raum der Standortgebiete für Hochaktive Abfälle (HAA) basiert ausschliesslich auf einer Literaturstudie und deren Interpretation.

Die Informationen, insbesondere die Geodaten, wurden mit ArcMap 10 kompiliert und zu den vorliegenden Karten verarbeitet.

## 1.2 Bisherige TFS-Fragen zum Thema

### 1.2.1 Frage D-22

Fragesteller: Ausschuss der Kantone  
Beantwortet: Nagra, ENSI; 26.08.2010  
Inhalt: Tiefliegende Erdgasvorkommen

Fazit: Nutzungskonflikt mit der Förderung von Kohlenwasserstoffen wird nicht ausgeschlossen. Den Konsequenzen des Anbohrens von geologischen Tiefenlager für radioaktive Abfälle können mit der Kompartimentalisierung des Lagers entgegen gewirkt werden (Nagra, 2002).

### 1.2.2 Frage C-36 und D-21

Fragesteller: Jura-Südfuss und Ausschuss der Kantone  
Beantwortet: BFE, resp. ENSI; 26.08.2010  
Inhalt: Nutzungsbeschränkungen, Nutzungskonflikte

Fazit: Nutzungskonflikte zwischen dem Abbau von Bausteinen / Erden ab 50m Tiefe unter Terrain; Erdwärmesonden ab 200m Tiefe unter Terrain; Tiefbohrungen, welche durch das Standortgebiet führen oder dieses tangieren und einem geologischen Tiefenlager sind nicht auszuschliessen. Einführung einer Meldepflicht nach Etappe 1 für Projekte wie Tiefbohrungen, Stollenbauten, etc. sowie Ausscheidung von Schutzbereichen.

### 1.2.3 Frage H-48

Fragesteller: Herr Baldinger, geotherma.ch  
Beantwortet: ENSI; 10.06.2011  
Inhalt: Eigenschaften des Standortgebiets Jura Ost

Fazit: Die Indikatoren «Rohstoffvorkommen unterhalb des Wirtsgestein», «Mineralthermen und Quellen», «Geothermie» und «Rohstoffvorkommen innerhalb des Wirtsgestein» bilden das Kriterium 4.2 «Nutzungskonflikte» im Sachplan. Die Nagra bewertet dieses Kriterium wie in Tabelle 1 dargestellt (Nagra, 2008):

**Tabelle 1: Beurteilung des Kriteriums 4.2 im Nagra NTB 08-03**

Gebiet	Rohstoffvorkommen unterhalb d. WG	Geothermie	Mineralthermen und Quellen	Rohstoffvorkommen innerhalb d. WG	Kriterium «Nutzungskonflikte»
Zürich Nordost	günstig bis sehr günstig	günstig	günstig	sehr günstig	günstig
Nördlich Lägern	bedingt günstig	bedingt günstig	bedingt günstig	sehr günstig	bedingt günstig
Jura Ost	bedingt günstig	bedingt günstig	günstig	sehr günstig	günstig

### 1.2.4 Frage D-58

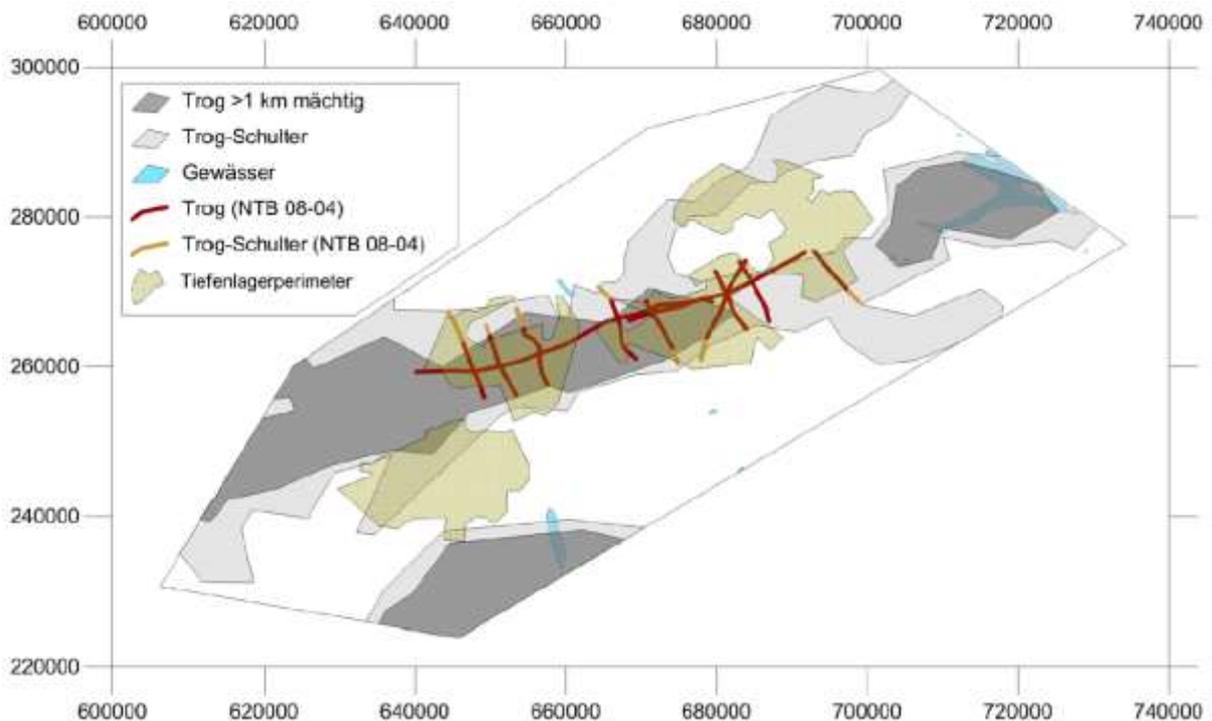
Fragesteller: Herr Schenker, Geologe  
Beantwortet am: 31.05.2012  
Inhalt: Shale-Gas Potential des Opalinustons

Fazit: Die Antwort gibt Aufschluss über das Potential für Kohlenwasserstoffe im Opalinuston und dem ihn unterliegenden Posidonienschiefer. Beide Formationen zeigen geringes Potential.

### 1.3 Permokarbontröge

Das Vorkommen und die Ausdehnung von weitläufigen Trögen im Kristallin, welche mit permischen und / oder karbonen Sedimenten verfüllt wurden (Permokarbontröge) haben wesentlichen Einfluss auf die Verbreitung von fossilen Energieträgern und des geothermischen Potentials in der Schweiz.

Abdelfettah und Kuhn (2013) und Kuhn et al. (2013) haben durch die Anwendung von Filtern auf Schweredaten (Bougeranomalie) der Nordschweiz die Verteilung der Permokarbontröge neu interpretiert (Abbildung 1) und mittels gravimetrischer Vorwärtsmodellierung validiert. Daraus wurde eine Mächtigkeitskarte abgeleitet (Abdelfettah et al. (in prep.). und Kuhn et al. (2013)).



**Abb. 1:** Nordschweizer Permokarbontröge, hergeleitet aus prozessierten Schweredaten. Abgebildet zusammen mit den Tiefenlagerperimetern und der Ausdehnung der Tröge, wie sie die Nagra aus seismischen Linien abschätzt (Kuhn, 2013).

## 2 CO<sub>2</sub>-Sequestrierung

### 2.1 Quellen

Die Studie von Chevalier et al. (2010) ist derzeit die detaillierteste und in ihrer Art einzige Abschätzung des CO<sub>2</sub>-Speicherpotentials in der Schweiz. Die nachfolgende Zusammenstellung basiert ausschliesslich auf dieser Arbeit.

### 2.2 Zusammenstellung

Aus dem Abstract von Chevalier et al. (2010): "The Fribourg–Olten–Luzern area is the most favoured owing to the presence of several sealed aquifers within the preferred 800–2'500 m depth interval, and to its low seismicity, low geothermal gradient, low fault density, and long groundwater residence times. Smaller areas with good potential lie between Zürich and St. Gallen. In contrast, western Switzerland, the Jura and the southern SMB [Anm.: Swiss Molasse Basin] have markedly poorer potential. Consid-

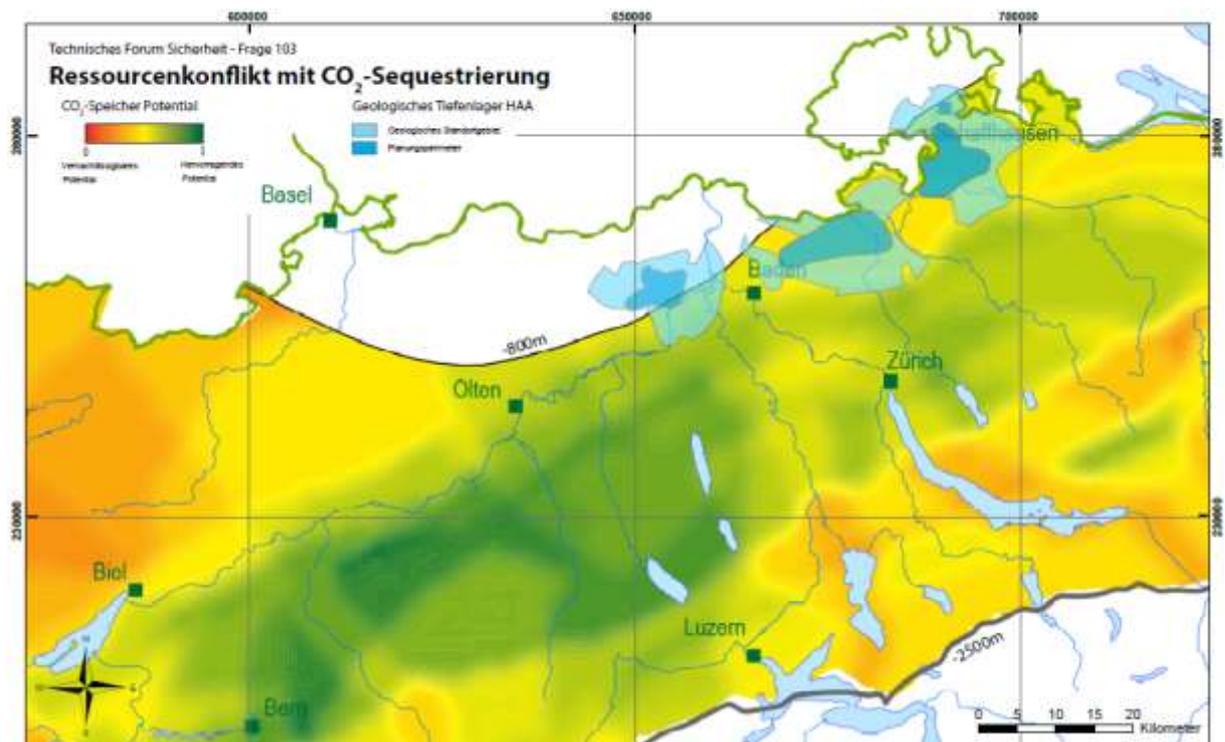
ering only the portions of the aquifers with potential above 0.6, the theoretical, effective storage capacity of the basin is estimated to be 2'680 million tonnes of CO<sub>2</sub>."

Das grösste Potential wird dem *Muschelkalk* (708 Mt. CO<sub>2</sub> für  $x > 0.6$ ) sowie der *oberen Malm* und der *unteren Kreide* östlich von Biel (1497 Mt. CO<sub>2</sub> für  $x > 0.6$ ) zugesprochen, wobei  $x$  das Potential darstellt; es gilt  $0 \leq x \leq 1$ ;  $1 \approx$  höchstes Potential). Ferner eignet sich auch der *Hauptrogenstein* (240 Mt. CO<sub>2</sub> mit  $x > 0.6$ ).

Die Autoren bemerken, dass das Speicherpotential der Permokarbontröge noch weitgehend unbekannt ist und berücksichtigen diesen Speicher dementsprechend nicht in ihrer Studie. Insbesondere die permischen Sandsteine zeigten allerdings Eigenschaften für ein mögliches CO<sub>2</sub>-Speicherreservoir.

## 2.3 Interpretation

Gemäss der Karte von Chevalier et al. befinden sich die Standortgebiete nicht in einem Gebiet mit hohem Speicherpotential (Abbildung 2).



**Abb. 2:** Darstellung des Potentials für CO<sub>2</sub>-Sequestrierung in der Nordschweiz und der Standortgebiete für HAA; Chevalier et al. (2010), ergänzt mit Geodaten der Standortgebiete (BFE, 2012).

Die Standortgebiete für die Tiefenlager eignen sich nicht für die CO<sub>2</sub>-Sequestrierung, weil der Ziel-Aquifer im Gebiet der möglichen Tiefenlagerstandorte in zu geringer Tiefe liegt (< 800m), ausgenommen Teile des Muschelkalks (nördlich Lägern, Zürich Nordost). Dieses Gebiet eignet sich jedoch auf Grund des relativ hohen geothermischen Gradienten und verbreiteten Störungszonen nur beschränkt für die CO<sub>2</sub>-Sequestrierung. Sollten sich die Permokarbontröge generell als geeignete Speicherhorizonte herausstellen, so wird sich der Nordschweizer Permokarbontrög auf Grund des erhöhten geothermischen Wärmeflusses dennoch nicht als sehr geeignet klassifizieren lassen.

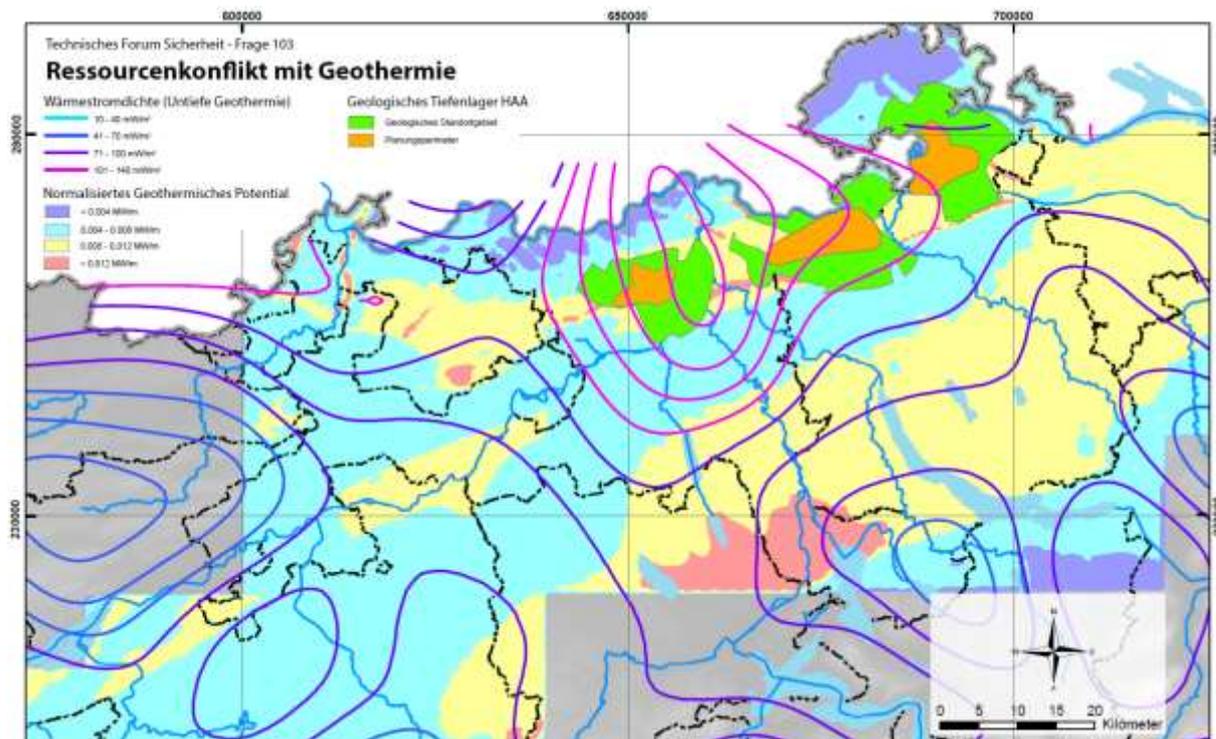
## 3 Geothermie

### 3.1 Quellen

Die Hauptquellen für die Zusammenstellung bilden die Wärmeflusskarte der Schweiz (Bodmer, 1982/2001), welche unter [map.geo.admin.ch](http://map.geo.admin.ch) eingesehen werden kann, der geothermische Ressourcenatlas der Schweiz (Signorelli et al., 2004) sowie die Karte „Normalized Geothermal Productivity“ der Geowatt AG, welche modifiziert auch im Buch der swisstopo „Geologie Schweiz - das Wissen aus dem Untergrund“ von (2013) erscheint (Abbildung 3).

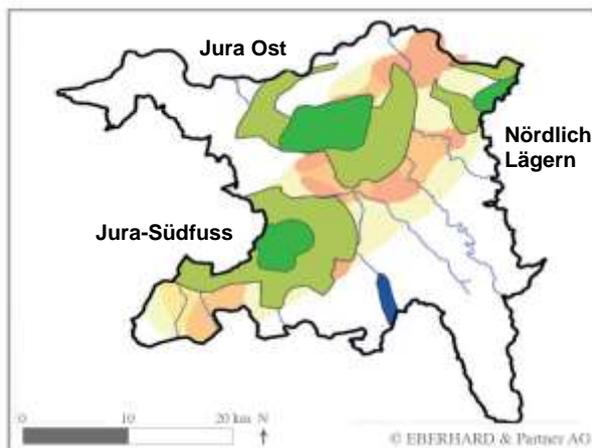
### 3.2 Zusammenstellung

Die Standortgebiete Jura Ost und nördlich Lägern liegen in einem Gebiet mit einem erhöhten geothermischen Wärmefluss ( $> 101 \text{ mW/m}^2$ ) und eignen sich daher für oberflächennahe geothermische Nutzung. Diese Nordschweizer Wärmeanomalie ist die stärkste positive Anomalie der Schweiz, gefolgt von St. Gallen und dem Lauterbrunnental (Bodmer, 1982/2001) und (Rybach and Medici, 1995). Insbesondere im südlichen Gebiet der Region um den Bözberg sind bereits heute zahlreiche tiefe Erdwärmesonden (maximale Tiefe bis 700m) im Einsatz (Beres et al., 2013).



**Abb. 3:** Darstellung des Potentials für Geothermie in der Nordschweiz und der Standortgebiete für HAA; Basiskarte: GEOWATT (2007), Wärmeflusskarte: (Bodmer, 1982/2001), ergänzt mit Geodaten der Standortgebiete (BFE, 2012).

Die Standortgebiete Jura Ost und nördlich Lägern, z.T. auch Zürich Nordost, liegen gemäss der Karte der GEOWATT AG (Abbildung 3) in Gebieten mit gutem normalisiertem geothermischen Potential (z.T.  $> 0.012 \text{ MW/m}$ ), womit sie auch für tiefe Geothermieprojekte interessant werden. Im Kanton Aargau soll bis 2020 ein geothermales Pilotkraftwerk realisiert werden (Lüthi, 2012). Gemäss Eberhard & Partner AG (2012) befinden sich Teile des Standortgebietes Jura Ost auf einer Fläche mit grossem Potential, auf welcher ein solches Kraftwerk zu stehen kommen könnte. (Abbildung 4).



**Abb. 4:** Planungsperimeter (hellgrün) und Standortgebiete (dunkelgrün) für hoch, schwach und mittelaktive Abfälle sowie Gebiete mit hohem geothermischem Potential (orange) im Kanton Aargau. Figur aus Eberhard&Partner (2012)

### 3.3 Zielhorizonte für Geothermie

Ausführlichere Erklärungen über die verschiedenen Nutzungshorizonte und die in der Schweiz geplanten, resp. angewandten Anlagentypen finden sich auf der Homepage der Schweizerischen Vereinigung für Geothermie: [www.geothermie.ch](http://www.geothermie.ch) (2014).

#### Lockergestein

Der Zielhorizont liegt in den obersten Metern bis Zehnermetern, wobei über das Grundwasser Wärme ausgetauscht wird und für Heizzwecke verwendet wird. Lockergestein-Geothermie hat keine Relevanz für geologische Tiefenlager.

#### Untiefe bis mitteltiefe Geothermie

Unter untiefer und mitteltiefer Geothermie versteht man die geothermische Nutzung des Untergrundes bis 300m mittels Erdwärmesonden. Auch diese Nutzungsart beschränkt sich auf die Gewinnung von Heizwärme und hat keine Relevanz für geologische Tiefenlager.

#### Tiefe Geothermie mit Erdwärmesonden

Tiefe Erdwärmesonden reichen bis 700m Tiefe und weisen grössere Heizleistungen aus. Je nach Standortgebiet reichen diese Erdwärmesonden daher in den Zielhorizont potentieller Tiefenlager.

#### Tiefe Geothermie mit hydrothermalen Systemen

Tiefe Geothermie mit hydrothermalen Systemen nutzen natürliche Aquifere für den Wärmetausch. In der Nordschweiz sind dies insbesondere das zerklüftete Grundgebirge (Kristallin), die Permokarbontröge (inkl. Buntsandstein), das oberste Mesozoikum (oberer Malm) und die obere Meeresmolasse (Signorelli et al., 2004). Um ausreichende Durchflussraten im System zu generieren wird das Gestein z.B. hydraulisch und chemisch stimuliert. Bei ausreichend hohen Temperaturen (ca. 140°C) entsteht so die Möglichkeit, Strom zu erzeugen.

#### Tiefe Geothermie mit petrothermalen Systemen

Petrothermale Systeme werden vorwiegend durch hydraulische Stimulation im ungestörten kristallinen Grundgebirge angelegt. Wie die hydrothermalen Systeme sind auch petrothermale Systeme auf die Stromproduktion ausgelegt.

### 3.4 Interpretation

Die Anomalien im Wärmefluss lassen sich durch aufströmendes Tiefenwasser aus dem zerklüfteten Kristallin sowie dem Nordschweizer Permokarbontrög erklären (Schärli, 1989). Gemäss Schärli sind die lokalen Anomalien zwischen Frick und Böttstein sowie zwischen Schinznach und Baden durch laterale Wärmeleitfähigkeitskontraste in der Sedimentbedeckung zu erklären, welche zumindest in Schinznach-Baden durch aufsteigende Thermalwässer entlang der Jura-Hauptüberschiebung verstärkt werden.

Auch das normierte geothermische Potential wird wesentlich vom Vorhandensein der Permokarbontröge beeinflusst, dessen zerklüftete Randbereiche und eventuell auch Trog-interne Bruchzonen von besonderem Interesse sind. Die Randbereiche weisen höhere hydraulische Leitfähigkeiten auf, welche grundlegend für die Wirtschaftlichkeit von (tiefen) geothermischen Anlagen ist.

Folglich ist denkbar, dass sowohl die geologische Tiefenlagerung als auch die geothermale Nutzung, insbesondere tiefe Erdwärmesonden und hydro- und petrothermale Systeme, eine gleiche Fläche für ihre Zwecke als geeignet erachten. Nutzungskonflikte mit tiefer Geothermie sind daher nicht auszuschliessen:

Einerseits wird durch die Bohraktivität die Barriereneigenschaft des Wirts- und Rahmengesteins verletzt. Dabei bilden sich geologische Kurzschlüsse aus, welche die Permeabilität einzelner Formationen um mehrere Grössenordnungen erhöhen kann. Andererseits besteht die Gefahr, dass ein Tiefenlager durch die Bohraktivität direkt angebohrt wird. Die Nagra (2002) begegnet diesem Ereignis mit einer Kompartimentalisierung des Lagers (d.h. abgegrenzte Bereiche für die einzelnen HAA-Behälter und deren vollständige Umhüllung mit Bentonit).

2006 ereignete sich in Basel im Rahmen einer Geothermiebohrung, bei welcher das Gestein stimuliert wurde, ein Beben der Magnitude 3.4 auf der Richterskala. Bei der Geothermiebohrung St. Gallen wurde 2013 durch hydraulische Stimulation ein Erdbeben der Magnitude 3.5 ausgelöst. Beben dieser

Grösse sind für die Nordschweiz nicht aussergewöhnlich. Durch die Anwendung von Fracking könnte allerdings deren Häufigkeit erhöht werden (EcotoxCentre and EAWAG, 2013; SED, 2013). Inwiefern die induzierte Seismizität zu Bruchbildungen im Fernfeld der Bohrungen führen und somit ein geologisches Tiefenlager beeinträchtigen kann müssen weitere Untersuchungen zeigen.

Mittelfristig lassen sich diese Nutzungskonflikte durch vorausschauende Zonenplanung, welche das Abteufen tiefer Bohrungen in den Standortgebieten verhindert, umgehen. Langfristig müssten Nutzungskonflikte in die Markierung von Tiefenlagern einbezogen werden.

Untiefe Erdwärmesonden (Molassebecken) stellen weniger Konfliktpotential dar. Je entfernter sich allerdings die Oberflächenanlagen von einem Tiefenlager befinden, desto länger kreuzen mögliche Zugangsstollen untiefe Formationen, welche für oberflächennahe Geothermie genutzt werden kann.

## **4 Fossile Energieträger**

### **4.1 Quellen**

Das Wissen über das Potential von fossilen Energieträgern in der Schweiz ist unter Berücksichtigung der unkonventionellen Fördertechnologien noch relativ gering. „Im weltweiten Vergleich ist die Dichte an Explorationsdaten im Schweizer Mittelland sehr klein, womit jede Beurteilung mit grösseren Unsicherheiten behaftet ist, und eine Quantifizierung des verbleibenden Potentials quasi unmöglich ist“ (Leu, 2008 in: NAB 08-35).

### **4.2 Zusammenstellung**

Die Suche nach längerfristig wirtschaftlichen, konventionellen Erdgasvorkommen in der Schweiz verlief bislang erfolglos.

Nach Leu (2008):

Der Nordschweizer Permokarbondrog bildet für Tigtgas und Coal Bed Methane CBM (Kohleflözgas) eine Potentialklasse 1 (P1)<sup>1</sup>, in welcher das wirtschaftliche Vorkommen des betreffenden Rohstoffes möglich ist. Die Muttergesteine dazu bilden Kohlen aus dem Karbon, wobei das Tigtgas durch strukturelle und stratigraphische Fallen in den überlagernden Sandsteinen des Karbons (evtl. Perm) zurückgehalten wird. Die Vorkommen werden auf 1200 bis 6000m Tiefe vermutet (die durchschnittliche mesozoische Überdeckung im Untersuchungsgebiet beträgt rund 1000m). Dabei ist die Förderung bis 4000m, resp. 2000m für CBM als wirtschaftlich zu erwarten.

Indikatoren liefern die Tiefbohrungen Weichach-1 und 2 sowie Entlebuch-1. Wirtschaftliche Funde sind derzeit keine bekannt.

Gemäss Geologieviewer (SGTK, 2013a) befindet sich um die Standortgebiete nur ein einzelnes nennenswertes Vorkommen an Braunkohle: Raaterberg, 676813/266190, Abbau durch Stollen bis 1837, nur geringe Ausbeute.

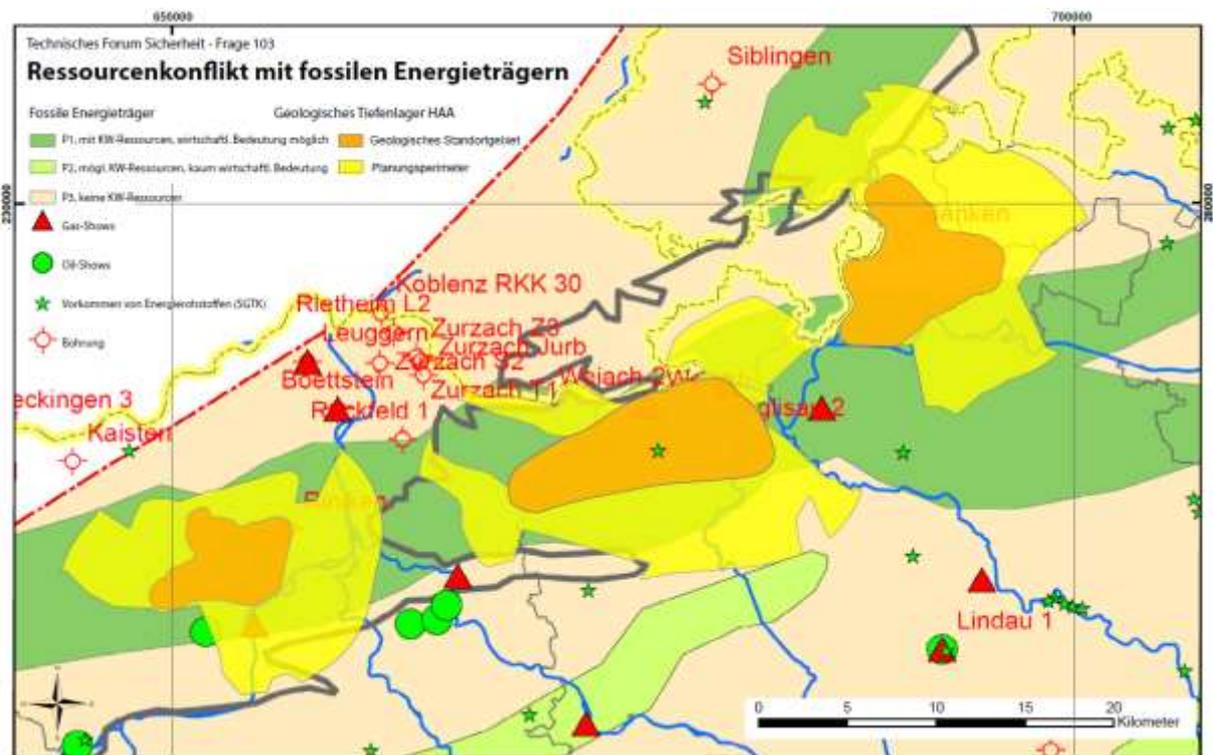
---

<sup>1</sup> Leu unterscheidet drei Potentialklassen:

P 1: Gebiete mit Kohlenwasserstoff-Ressourcen (in Zukunft wirtschaftliche Bedeutung möglich, heute Explorationsaktivität)

P 2: Gebiete mit möglichen Kohlenwasserstoff-Ressourcen (auch in Zukunft kaum wirtschaftliche Bedeutung)

P 3: Gebiete ohne Kohlenwasserstoff-Ressourcen



**Abb. 5:** Darstellung des Potentials für die Förderung von fossilen Energieträgern in der Nordschweiz und der Standortgebiete für HAA. Basiskarte: (Leu, 2008); Standortgebiete: BFE (2012); Punktdaten Energierohstoffe: (SGTK, 2013a).

### 4.3 Interpretation

Die Standortgebiete und Planungsperimeter Jura Ost und Nördlich Lägern decken sich zum Teil weitläufig mit Gebieten, in welchen die Förderung von Gas als wirtschaftlich erwartet wird (Abbildung 5 und Tabelle 2). Dies geht hauptsächlich auf die in diesen Gebieten vorhandenen Permokarbontröge zurück.

Die Nutzung von Gasressourcen aus Permokarbontrögen könnte zu einem Nutzungskonflikt mit einem geologischen Tiefenlager führen. Einerseits wird durch die Bohraktivität die Barriereeigenschaft des Wirts- und Rahmengesteins verletzt. Dabei bilden sich geologische Kurzschlüsse aus, welche die Permeabilität einzelner Formationen um mehrere Grössenordnungen erhöhen kann. Andererseits besteht die Gefahr, dass ein Tiefenlager durch die Bohraktivität direkt angebohrt wird. Die Nagra (2002) begegnet diesem Szenario mit einer Kompartimentalisierung des Lagers (d.h. abgegrenzte Bereiche für die einzelnen HAA-Behälter und deren vollständige Umhüllung mit Bentonit).

Die Ausbeutung von Gasressourcen führt zu einer Umlagerung der Gebirgsspannungen und –drucke, was die Subsidenz der überliegenden Formationen als Folge haben kann (Ketelaar, 2009). Ebenfalls führen aufgegebene Bohrlöcher in einem Produktionsfeld zu einer Absenkung des Porenwasserdruckes um die Bohrlöcher, was ebenfalls zu induzierter Subsidenz führen kann. Die Subsidenz ist hauptsächlich von der vertikalen Gebirgsspannung (Überlast), dem Porendruck im Speichergestein und dem Volumen des Reservoirs abhängig. Wie stark die Subsidenz in der Nordschweiz auf Grund von Gasförderung ausfällt müssten weitere Untersuchungen zeigen.

Der Einsatz von Fracking zur Förderung von Tight Gas kann zu schwachen Erdbeben führen, wie dies z.B. im Blackpool Gebiet (GB) geschah (Magnitude 1.5 und 2.3) (Broderick et al., 2011). Beben dieser Grösse sind für die Nordschweiz nicht aussergewöhnlich. Durch die Anwendung von Fracking könnte allerdings deren Häufigkeit erhöht werden. Das Erdbeben 2006 in Basel, welches durch die Tiefenbohrung im Rahmen des Geothermie Projektes ausgelöst wurde, erreichte eine Magnitude von 3.4 auf der Richterskala. Bei dieser Bohrung wurde das Gestein ebenfalls künstlich stimuliert (Fracking), allerdings weist die Zone um Basel ein allgemein aktiveres seismisches Regime auf (EcotoxCentre and EAWAG, 2013). Inwiefern die induzierte Seismizität zu Bruchbildungen im Fernfeld führen und somit ein geologisches Tiefenlager beeinträchtigen kann müssen weitere Untersuchungen zeigen.

Mittelfristig lassen sich diese Nutzungskonflikte durch eine vorausschauende Zonenplanung, welche das Abteufen tiefer Bohrungen in den Standortgebieten verhindert, umgehen.

**Tabelle 2:** Gemäss Karte von W. Leu (2008) befinden sich die Standortgebiete wie folgt in der Potentialklasse 1:

	Jura Ost	Nördlich Lägern	Zürich Nordost
Standortgebiet	vollständig	vollständig	teilweise
Planungsperimeter	zum grössten Teil	zum grössten Teil	teilweise

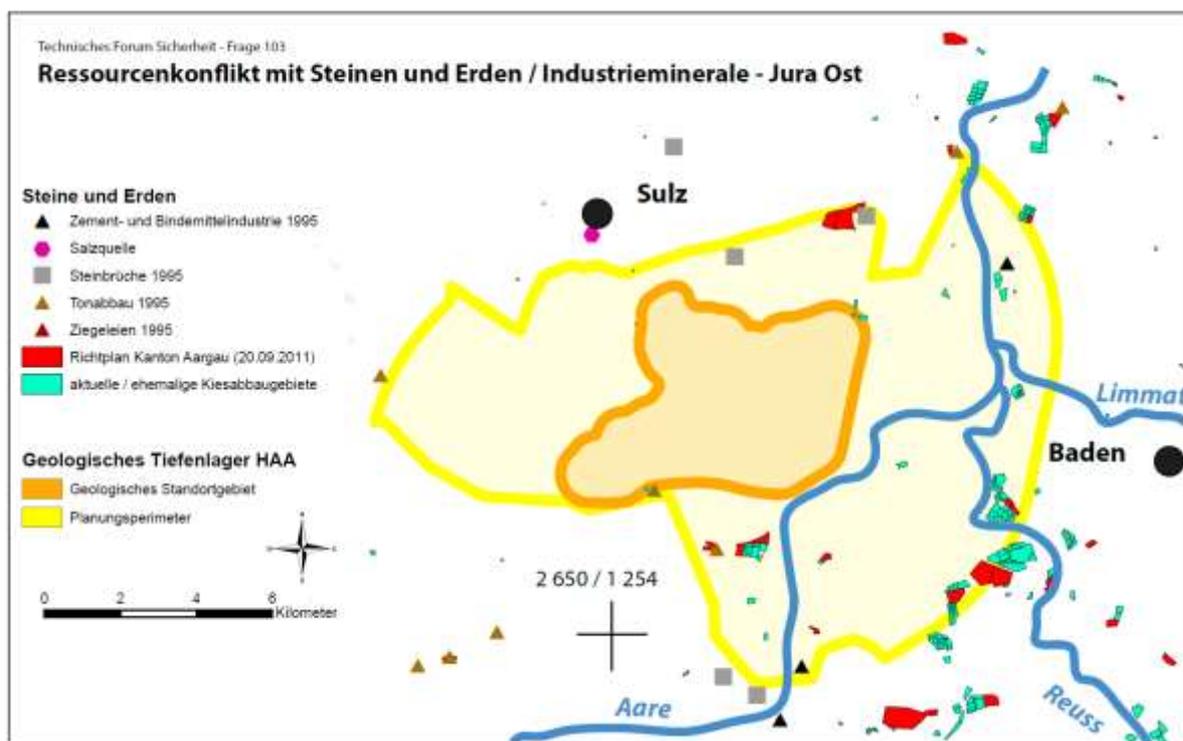
## 5 Steine und Erden, Industrieminerale

### 5.1 Quellen

Die hier verwendeten Richtpläne, Materialabbaupläne und Kieskataster wurden von den Ämtern des entsprechenden Kantons zur Verfügung gestellt. Die Punktdaten zu einzelnen Rohstoffen stammen von der Schweizerischen Geotechnischen Kommission und werden auch unter [www.geologieviewer.ch](http://www.geologieviewer.ch) dargestellt.

### 5.2 Zusammenstellung

#### 5.2.1 Jura Ost



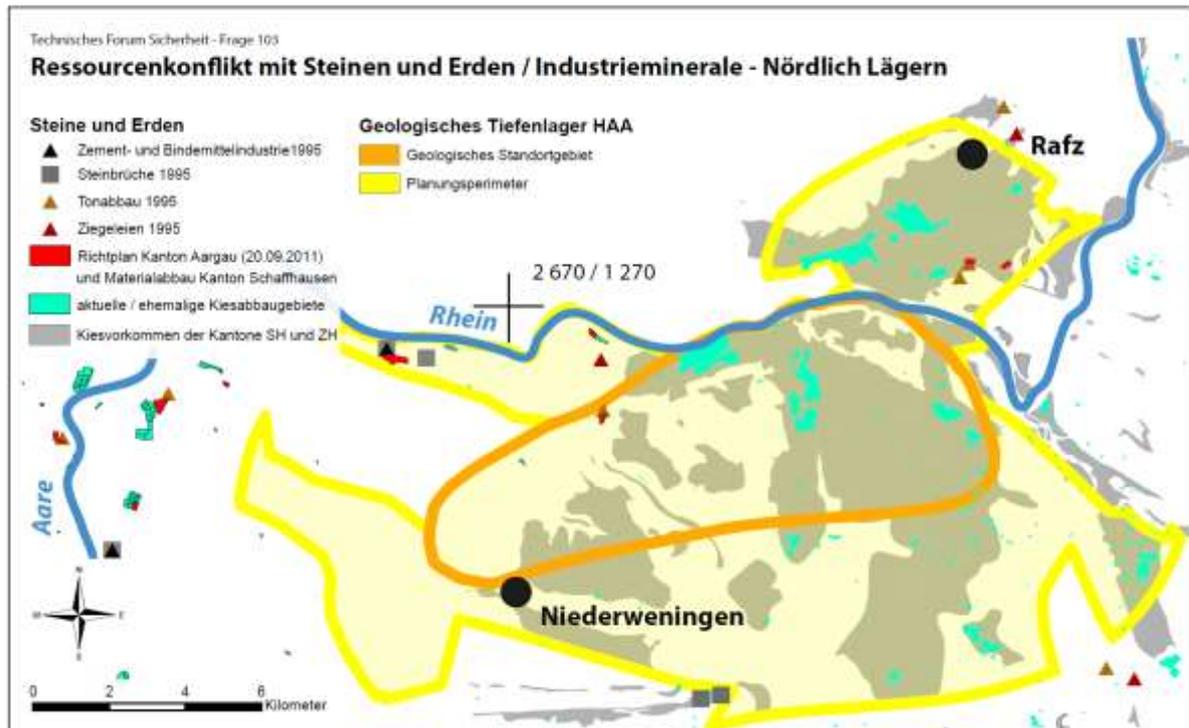
**Abb. 6:** Steine und Erden im Standortgebiet Jura Ost. Basiskarte: swisstopo (2008); Richtplan des Kantons Aargau; Punktdaten Steine und Erden: SGK (2013a); Standortgebiete: BFE (2012)

Der Planungsperimeter (Abbildung 6) schliesst peripher einige Kiesabbaugebiete des aktuellen Richtplanes des Kantons Aargaus mit ein (z.B. Schinznach und Windisch). Das gesamte Kiesvorkommen ist auf der Karte Jura Ost im Unterschied zu den Karten Nördlich Lägern und Zürich Nordost nicht enthalten.

Ebenfalls peripher werden Kalke und Mergel für die Bindemittelindustrie gefördert (Holcim bei Villigen mit Verarbeitung in Siggenthal, Umbricht AG bei Mönthal (aktuell nur Lager) sowie Jura Cement AG bei Wildegg mit Verarbeitungsstandorte bei Holderbank durch Fixit (Schweiz) AG.

Die beiden Ziegeleien um Schinznach (Eigentum der Winerberger Gruppe, AT) sind stillgelegt. Bei Sulz wurde aus einer Salzquelle Salz gewonnen (Burger, 2009).

## 5.2.2 Nördlich Lägern

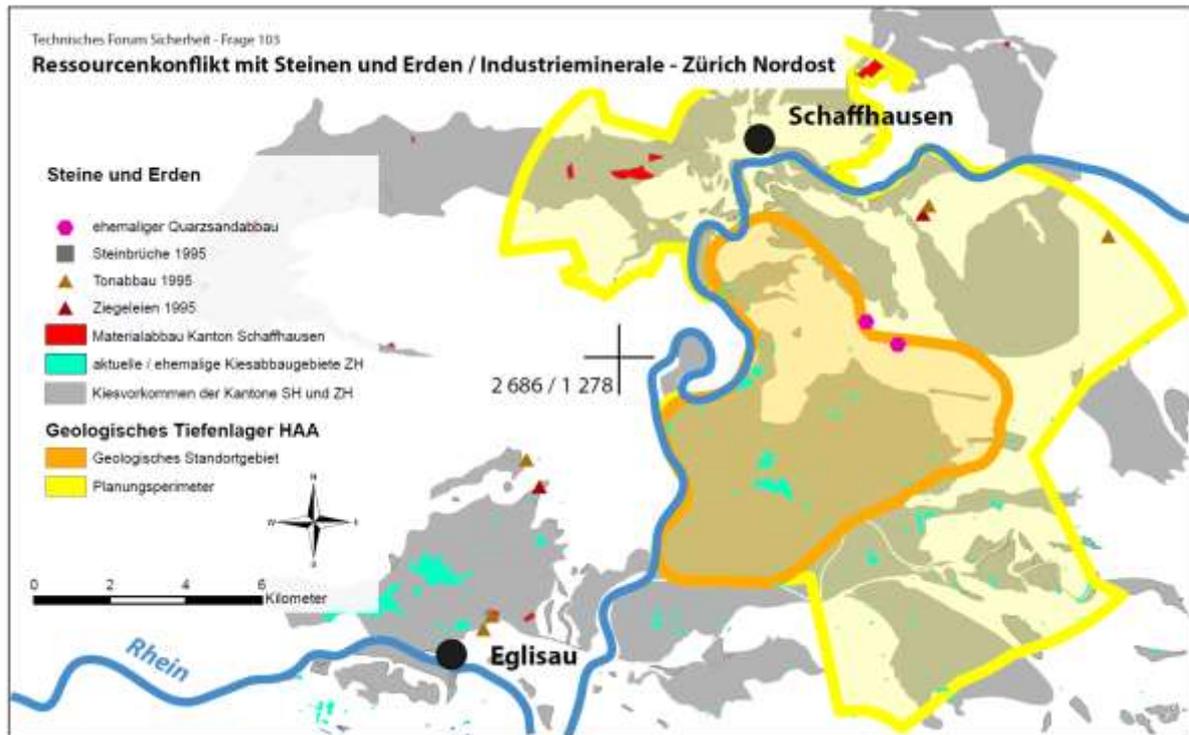


**Abb. 7:** Steine und Erden im Standortgebiet Nördlich Lägern. Basiskarte: swisstopo (2008); Punktdaten Steine und Erden: SGK (2013a); Standortgebiete: BFE (2012); Geodaten Kanton Aargau: Daten des Kanton Aargau; Geodaten Kanton Zürich: Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft; Geodaten Kanton Schaffhausen: Tiefbauamt Kanton Schaffhausen.

Der Planungssperimeter (Abbildung 7) umfasst weite Gebiete mit Schottervorkommen, insbesondere im östlichen Teil zwischen Dielsdorf und Rafz, welche zum Teil auch aktuell gefördert werden, z.B. Holcim bei Hüntwangen, Weiacher Kies AG bei Weiach (Rüteren) und Hastag AG bei Will (ZH). Die Schotter enthalten z.T. hochwertige Alluvialkiese, ihre Mächtigkeit variiert zwischen wenigen Metern und 40m.

Die Ziegelei Fisibach AG unterhält südlich von Fisibach eine Tongrube mit aktiver Produktion (Aquitane, Untere Süsswassermolasse).

### 5.2.3 Zürich Nordost



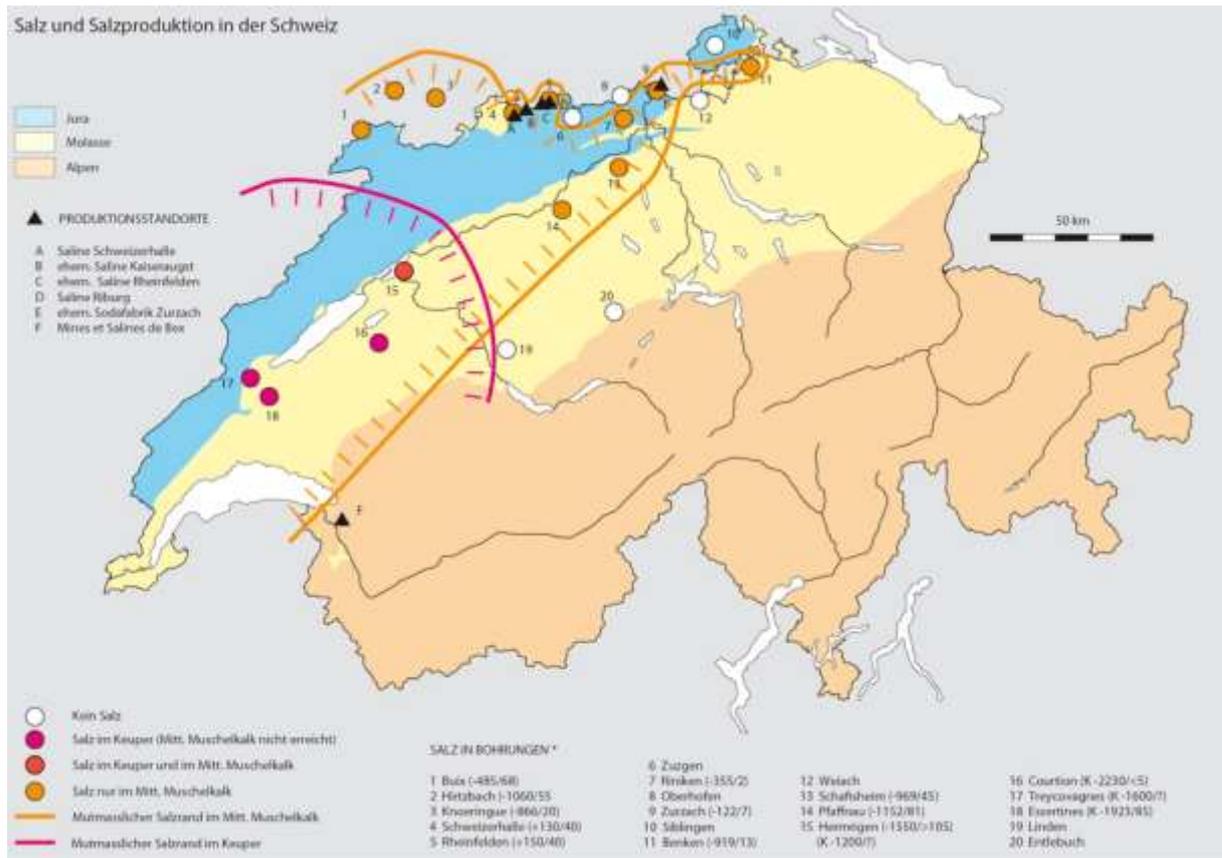
**Abb. 8:** Steine und Erden im Standortgebiet Jura Ost. Basiskarte: swisstopo (2008); Punktdaten Steine und Erden: SGK (2013a); Standortgebiete: BFE (2012); Geodaten Kanton Zürich: Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft; Geodaten Kanton Schaffhausen: Tiefbauamt Kanton Schaffhausen.

Der Planungsperimeter (Abbildung 8) umfasst weitläufige Gebiete mit Schottervorkommen, welche z.T. aktuell ausgebeutet werden, z.B. durch die Kies AG Zurzach bei Beringen oder durch die Toggenburger AG bei Marthalen. Die Schotter enthalten z.T. hochwertige Alluvialkiese, ihre Mächtigkeit variiert zwischen wenigen Metern und 40m.

Die Keller AG Ziegeleien betreibt eine Ziegelei mit Tongrube bei Schlatt.

Nah Trüllikon und Benken wurde früher aus den Graupensandsteinen (Brackwassermolasse, oberes Helvétien) Quazsand gewonnen.

## 5.2.4 Salzvorkommen



**Abb. 9:** Verbreitung der Steinsalzvorkommen in der Schweiz. \* Die Zahlen in Klammern geben die Höhe über Meer und die Mächtigkeit des Salzlagers an (SGTK, 2013b)

Die für die Salzgewinnung relevanten Formationen liegen hauptsächlich im Muschelkalk und im Keuper (Trias). In den Schweizer Rheinsalinen in der Nordwestschweiz wird das Salz in rund 400m Tiefe durch Laugungsprozesse gefördert (rheinsalinen.ch, 2013). Im Untersuchungsgebiet liegen Muschelkalk und Keuper zwischen rund 700 und 1000m Tiefe. Die mutmassliche laterale Verteilung ist in Abbildung 9 dargestellt.

Bis ins 20. Jahrhundert wurde bei Sulz eine Salzquelle gefasst (Burger, 2011).

## 5.3 Interpretation

Die Villigen- und Wildeggenformation um den Bözberg bilden Potential für einen Abbau von Kalk und Mergel, welches z.T. schon heute genutzt wird. Inwiefern sich ein exzessiver Abbau dieser Ressourcen auf die darunterliegenden Schichten auswirkt bedarf weiterer Abklärung. Änderungen im Spannungsfeld und Ausbildung von Auflockerungszonen (Dekompaktion) auf Grund von Druckentlastung sind denkbar. Das Salzlager im mittleren Muschelkalk hat auf Grund seiner Tiefe (Bohrung Riniken: 740.4 bis 742.7m) (Nagra, 1987) und in Anbetracht des vielfältigen und zahlreichen Vorkommen der Ressource im In- und Ausland kaum wirtschaftliche Bedeutung.

Das Standortgebiet Nördlich Lägern umfasst zahlreiche potentielle oder aktive Kiesabbaugebiete. Da Kies primär aus oberflächennahen fluvioglazialen und glaziolakustrischen Schottern gewonnen wird, sind mögliche Nutzungskonflikte mit einem eigentlichen Tiefenlager eher gering. Die Kiesvorkommen bilden aber für die Oberflächenanlagen einen Nutzungskonflikt, vor allem im Hinblick auf die Gewässerschutzbereiche Au<sup>2</sup>. Mit einem wirtschaftlichen Salzvorkommen ist nicht zu rechnen. Der Tonabbau stellt auf Grund des untiefen Abbaus des weitläufigen Vorkommens der geförderten Ressource kaum einen Nutzungskonflikt dar.

Das Standortgebiet Zürich Nordost umfasst zahlreiche potentielle oder aktive Kiesabbaugebiete. Da Kies primär aus oberflächennahen fluvioglazialen und glaziolakustrischen Schottern gewonnen wird,

<sup>2</sup> Gewässerschutzbereiche Au: Nutzbare Grundwasserleiter und deren Randbereiche (GSchV, Art. 29 und Anhang 4 der Gewässerschutzverordnung, SR 814.201.)

sind mögliche Nutzungskonflikte mit einem eigentlichen Tiefenlager eher gering. Die Kiesvorkommen bilden aber für die Oberflächenanlagen einen Nutzungskonflikt im Rahmen der Gewässerschutzbereiche Au. Das Salzlager im mittleren Muschelkalk hat auf Grund seiner grossen Tiefe (Bohrung Benken: 918.9 bis 931.9m, Nagra (2000)) und in Anbetracht des vielfältigen und zahlreichen Vorkommen der Ressource im In- und Ausland keine wirtschaftliche Bedeutung.

## **6 Schlussfolgerung**

Das Potential für einen Nutzungskonflikt von CO<sub>2</sub>-Sequestrierung und geologischer Tiefenlagerung sind gering.

Geologische Tiefenlager in den Standortregionen Jura Ost und Nördlich Lägern haben auf Grund ihrer Lage oberhalb des Nordschweizer Permokarbondrogens ein Potential für Nutzungskonflikte mit Geothermie und fossilen Energieträgern. Die Wirtschaftlichkeit von tiefer Geothermie wie auch für Tight Gas aus dieser Region ist allerdings noch nicht erwiesen.

Für die Abschätzung der Folgen eines exzessiven Kalkabbaus im Standortgebiet Jura Ost auf den tiefen Untergrund (Auflockerungszonen) bedarf es weitere Abklärungen.

Die Oberflächenanlagen stellen mit Hinblick auf die Gewässerschutzbereiche Au einen möglichen Nutzungskonflikt dar.

## 7 Quellenverzeichnis

- Aargau, 2013. Kanton: Daten des Kantons Aargau (Aargauisches Geographisches Informationssystem (AGIS)).
- Abdelfettah, Schill and Kuhn, in prep. Characterization of geothermally relevant inhomogeneities in crystalline basement using filters and gravity forward modeling: an example of Permo-Carboniferous grabens in Switzerland.
- Adelfettah and Schill, 2013. Exploration of geothermally relevant structures in the crystalline basement of Switzerland using gravity constrained by seismic data. EGC.
- Beres, M., Burkhalter, R., Caprio, M., Gouffon, Y., Kissling, E., Sellami, S., Vallin, S. and Vandelli, A., 2013. Geologie Schweiz - das Wissen aus dem Untergrund. Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Landesgeologie.
- BFE, 2012. Bundesamt für Energie. Geodaten Standortgebiete.
- Bodmer, P., 1982/2001. Geothermische Karte der Schweiz 1:500'000. Schweizerische Geophysikalische Kommission SGPK.
- Broderick, J., Anderson, K., Wood, R., Sharmina, P., Footitt, A., Glynn, S., Nicholls, F. and Gilbert, P., 2011. Shale gas: an updated assessment of environmental and climate change impacts. A report by researchers at the Tyndall Centre, University of Manchester.
- Burger, H., 2009. Vorkommen, Nutzung und Schutz von Thermalwässern und Mineralwässern im Kanton Aargau: eine Übersicht. Swiss Bulletin für angewandte Geologie, 14(1+2): 13-27.
- Burger, H., 2011. Die Thermalwässer und Mineralwässer im Kanton Aargau und seiner näheren Umgebung. Natur im Aargau 2011 – Jubiläumsband.
- Chevalier, G., Diamond, L.W. and Leu, W., 2010. Potential for deep geological sequestration of CO<sub>2</sub> in Switzerland: a first appraisal. Swiss Journal of Geosciences, 103(3): 427-455.
- Eberhard&Partner, 2012. Übersichtskarte zum Eignungspotenzial für ein geothermisches Kraftwerk im Kanton Aargau.
- EcotoxCentre and EAWAG, 2013. Shale gas – Information on hydraulic fracturing (“fracking”).
- GEOWATT, 2007. Normalized Geothermal Productivity. im Auftrag des SGPK und des BfE GSchV, Art. 29 und Anhang 4 der Gewässerschutzverordnung, SR 814.201.
- Ketelaar, 2009. Satellite Radar Interferometry - Subsidence Monitoring Techniques. Springer.
- Kuhn, P., 2013. Geologische Interpretation des Permokarbons vs. Seismik NTB 08-04. Bundesamt für Landestopographie swisstopo, Landesgeologie.
- Kuhn, P., Abdelfettah, Y. and Schill, E., 2013. 3D geological modelling of the Northern Swiss Permo-Carboniferous basin using gravity forward modelling, 2nd European Geothermal Workshop, Strasbourg.
- Leu, W., 2008. Potential der Kohlenwasserstoffressourcen, Schweizer Mittelland und subalpiner Bereich, Nagra NAB 08-35.
- Lüthi, H., 2012. 03.12.2012; Das Ziel ist ein Pilot-Kraftwerk bis im Jahr 2020, Aargauer Zeitung az.
- Nagra, 1987. NTB 86-02.
- Nagra, 2000. NTB 00-01, Sondierbohrung Benken Untersuchungsbericht.
- Nagra, 2002. NTB 02-05.
- Nagra, 2008. NTB 08-03.
- rheinsalinen.ch, 2013. Internetauftritt der Schweizer Rheinsalinen.
- Rybach, L. and Medici, F., 1995. Geothermal Map of Switzerland 1995 (Heat Flow Density). Schweizerische Geophysikalische Kommission.
- Schaffhausen, 2013. Kanton: Tiefbauamt Kanton Schaffhausen.
- Schärli, U., 1989. Geothermische Detailkartierung (1:100000) in der zentralen Nordschweiz mit besonderer Berücksichtigung petrophysikalischer Parameter. ETH Zurich.
- SED, 2013. Schweizerischer Erdbebendienst, [www.seismo.ethz.ch/monitor/temp\\_net/sg/sg\\_project/index](http://www.seismo.ethz.ch/monitor/temp_net/sg/sg_project/index).
- SGTK, 2013a. Geotechnische Daten, Schweizerische Geotechnische Kommission.
- SGTK, 2013b. Steinsalz. Schweizerische Geotechnische Kommission, [www.geologieportal.ch](http://www.geologieportal.ch).
- Signorelli, S., Berthoud, N.A. and Kohl, T., 2004. Geothermischer Ressourcenatlas der Schweiz, Geowatt, Zürich.
- SVG-SSG, 2014. Schweizerische Vereinigung für Geothermie, Zürcherstrasse 105, 8500 Freienfeld.
- swisstopo, 2008. Landeskarte 1:500'000. Bundesamt für Landestopografie.
- Zürich, 2013. Kanton: Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft; Abteilung Abfallwirtschaft und Betriebe.