



Akademien der Wissenschaften Schweiz  
Académies suisses des sciences  
Accademie svizzere delle scienze  
Academias svizas da las ciencias  
Swiss Academies of Arts and Sciences

# Eine Technik im Fokus: Fracking

## Potenziale, Chancen und Risiken

### Langfassung



## **Impressum**

### **Redaktion**

Esther Volken

### **Projektleitung**

Dr. Pierre Dèzes, Plattform Geowissenschaften

Dr. Christoph Ritz, ProClim–

### **Auf Anregung von**

SR Pankraz Freitag (†), Präsident Parlamentarische Gruppe Klimaänderung

Energiekommission der Akademien Schweiz

### **Der Artikel entstand unter Einbezug der nachfolgenden Experten:**

Dr. Keith Evans, Geologisches Institut, ETH Zürich

Benjamin Jost, Geotechnische Kommission, ETH Zürich

Dr. Ronald Kozel, Leiter Sektion Hydrogeologie, Bundesamt für Umwelt BAFU

Prof. Dr. Simon Löw, Geologisches Institut, ETH Zürich

Dr. Volker Lützenkirchen, Dr. von Moos AG, Zürich und Baden

Dr. Federico Matousek, Dr. von Moos AG, Zürich und Baden

Dr. Marianne Niggli, Dr. von Moos AG, Zürich und Baden

Dr. Gunter Siddiqi, Sektion Energieforschung, Bundesamt für Energie BFE

Prof. Dr. Stefan Wiemer, Direktor des Schweiz. Erdbebendienstes und Professor für Seismologie, ETH Zürich

Dr. Roland Wyss, Dr. Roland Wyss GmbH, Geologische Beratungen, Frauenfeld

Dr. Benoît Valley, Geologisches Institut, ETH Zürich

### **Zitiervorschlag**

Akademien der Wissenschaften Schweiz (2013): Eine Technik im Fokus: Fracking. Potenziale, Chancen und Risiken. Langfassung, 16 S.

### **Layout**

Esther Volken

### **Bildnachweis**

Titelseite:

o.l.: Bohrplatz im Marcellus Shale, USA. Quelle: Wikimedia Commons/US Geological Survey

o.r.: Bohrplatz für die Förderung von unkonventionellem Gas in den USA. Quelle: EcoFlight

u.l.: Bohrung für eine Geothermieanlage in Neuseeland. Quelle: Wikimedia Commons/Rjglewis

u.r.: Geothermieanlage in Island. Quelle: Wikimedia Commons/Mike Schiraldi

Kapitelbilder:

S. 3: Geothermieanlage in Island. Quelle: Wikimedia Commons/Ásgeir Eggertsson

S. 5: Bohrplatz im Marcellus Shale, USA. Quelle: Wikimedia Commons

S. 7: Unkonventionelle Gasförderung in den USA. Quelle: EcoFlight; Bohrplatz Villeneuve. Quelle: Pierre Dèzes

S. 9: Geothermieanlage in Island. Quelle: Wikimedia Commons/Christian Bickel

S. 14: Schematische geologische Karte der Alpen. Quelle: Wikimedia Commons

### **Kontakt**

ProClim– / Plattform Geowissenschaften

Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT)

Schwarztorstrasse 9, 3007 Bern

proclim@scnat.ch / www.proclim.ch

info@geosciences.scnat.ch / www.geosciences.scnat.ch

www.akademien-schweiz.ch/factsheets

Der vorliegende Bericht sowie die Kurzfassung können heruntergeladen werden unter:  
[www.proclim.ch/Media?3061](http://www.proclim.ch/Media?3061)



**Fracking (auch Hydrofracking oder hydraulische Frakturierung) bedeutet „Aufbrechen“ des Untergrundes. Das Verfahren kommt bei der Förderung fossiler Energieträger zum Einsatz und, in ähnlicher Form, bei der Geothermie. Die Anwendung dieser Technik führt aktuell zu heftigen Diskussionen. Dabei geht es um das Verfahren selbst, um die damit geförderten Energieträger und um grundsätzliche Fragen zur Nutzung des Untergrundes: Wo liegen die Chancen und Risiken? Wie gross ist das Potenzial der betreffenden Energieressourcen? Welche Fragen stellen sich für die Schweiz?**

### **Energieträger im Untergrund**

Die Diskussion um die zukünftige Energieversorgung dreht sich nicht nur um Sonne, Wind, Biomasse und Wasserkraft – der Blick richtet sich auch auf bisher nicht genutzte Energieressourcen im Untergrund. Während die fossilen Energieträger Kohle, Erdöl und konventionelles Erdgas schon seit langem gefördert werden, gibt es Energieressourcen im Untergrund, deren Verwendung erst seit einigen Jahren in Frage kommt. Dazu gehören die unkonventionellen Erdgasvorkommen, insbesondere Schiefergas und Tight Gas, sowie die Erdwärme im tiefen Untergrund.

#### **Konventionelle Gasvorkommen**

Konventionelle Gasvorkommen entstehen durch thermochemische Aufspaltung organischer Stoffe im Sedimentgestein, dem sogenannten Muttergestein. Je nach Geologie und Struktur des Standortes bewegen sich diese Gase auf- oder seitwärts in poröse Schichten. Sind diese an ihrer Obergrenze beispielsweise durch eine undurchlässige Gesteinschicht abgeschlossen, sammelt sich das Erdgas in der porösen Schicht an. Diese Vorkommen sind relativ einfach zu fördern.

#### **Unkonventionelle Gasvorkommen**

Unkonventionelle Gasvorkommen zeichnen sich dadurch aus, dass sie schwieriger zu erschliessen

sind als konventionelle Vorkommen. Konventionelle und unkonventionelle Erdgasvorkommen lassen sich nicht scharf voneinander trennen; der Übergang ist fließend.

Bei den unkonventionellen Gasvorkommen werden folgende Formen unterschieden:

Sammelt sich das Gas in einem Gestein mit niedriger Porosität und Durchlässigkeit, bezeichnet man dieses Gas als Tight Gas. Tight Gas-Vorkommen liegen meist in Tiefen von mehr als 3500 Metern und sind vergleichbar mit konventionellen Lagerstätten mit geringer Durchlässigkeit.

Bei Schiefergas handelt es sich um Gasvorkommen, die beim Abbau von organischem Material bei erhöhten Temperaturen und Drücken in-situ, d.h. an Ort und Stelle, entstanden. Das Gestein, in dem das Gas adsorbiert ist, ist feinkörnig, oft tonmineralhaltig und weist eine sehr geringe Durchlässigkeit auf. Für die Erschliessung solcher Gasvorkommen müssen die Bindungen des Gases mit dem Gestein gelöst werden. Schiefergasvorkommen treten in Tiefen zwischen 1000 und 5000 Metern auf.

Kohle, Erdöl		
<b>Erdgas</b>	konventionell	
	unkonventionell	Schiefergas Tight Gas
		Kohleflözgas Aquifergas Gashydrate
<b>Geothermie</b>	untiefe Geothermie	
	tiefe Geothermie	Hydrothermale Geothermie Petrothermale Geothermie

Überblick über die Energieträger im Untergrund. Das Faktenblatt fokussiert auf das Thema Fracking zur Förderung der unkonventionellen Gasvorkommen Schiefergas und Tight Gas sowie der tiefen geothermischen Ressourcen (in der Tabelle grau hinterlegt).

Kohleflözgase sind in den Poren von Kohleflözen gespeichert. Sie entstanden bei der Umwandlung organischer Materie. Der grösste Teil dieses Gases ist an den Kohlepartikeln adsorbiert. Nutzbare Kohleflöze sind in Tiefen zwischen 200 und maximal 1500 bis 2000 Meter vorhanden.

Als Aquifergas wird im Grundwasser gelöstes Erdgas bezeichnet. Gashydrate sind eisförmige, feste Verbindungen aus Gas und Wasser, die sich bei niedrigen Temperaturen und hohem Druck bilden können. Aquifergase und Gashydrate werden bisher kaum genutzt und werden daher in dieser Publikation nicht weiter thematisiert.

### Geothermie

In der Geothermie wird zwischen tiefer und un tiefer Geothermie unterschieden. Die un tiefe Geothermie nutzt die Wärmereservoirs in den obersten 400 Metern der Erde zum Heizen mittels Wärmepumpen. Diese Nutzung ist in der Schweiz weit verbreitet und technisch ausgereift. In den meisten Fällen kommen Wärmepumpen zum Einsatz. Um den Strombedarf für Heizzwecke zu senken, müssten vermehrt tiefere Wärmesonden zum Einsatz kommen.

Bei der tiefen Geothermie wird zwischen hydrothermalen und petrothermalen Geothermie unterschieden. Die hydrothermale Geothermie nutzt Heisswasserressourcen, die in wasserführenden Gesteinsschichten vorkommen. Diese können ab einer

Temperatur von 80 bis 100°C zur Wärme- und Stromerzeugung verwendet werden, im Schweizer Mittelland bedeutet dies ab einer Tiefe von etwa 3 Kilometern. Bei der petrothermalen Geothermie werden heisse, überwiegend trockene respektive gering durchlässige Gesteine in einer Tiefe von 5000 Metern und mehr erschlossen. Die in diesen Tiefen herrschenden höheren Temperaturen von über 200°C ergeben für die Stromerzeugung entscheidend höhere Wirkungsgrade.

Im Gegensatz zur Nutzung der un tiefen Geothermie spielt die Stromerzeugung mittels geothermischer Ressourcen in grossen Tiefen in der Schweiz heute noch keine Rolle. Anders ist dies in den traditionellen Geothermie-Ländern wie den Philippinen, Indonesien, Italien, den USA, El Salvador und Island. Dort sind die geologischen Verhältnisse günstig und die Temperaturzunahme in der Tiefe ist gross.



## Hydraulische Frakturierung zur Gasförderung

### Technik

Die Förderung der unkonventionellen Gasvorkommen Tight Gas, Schiefer- und Kohleflözgas erfordert in der Regel die hydraulische Frakturierung (Fracking), d.h. die Erzeugung von Rissen im Untergrund, um die Durchlässigkeit des Gesteins für das Gas zu erhöhen. Dabei wird die Fracking-Flüssigkeit mit hohem Druck in den Untergrund gepumpt, um die Poren zu vergrössern, neuen Porenraum durch Riss- und Bruchbildung zu schaffen und miteinander zu verbinden. Die Fracking-Flüssigkeit besteht hauptsächlich aus Wasser, enthält rund 5 Prozent Sand und weniger als ein Prozent chemische Zusätze. Der Sand dient als Stützmittel, so dass sich die offenen Risse nach Druckabfall nicht wieder schliessen. Die Chemikalien erfüllen verschiedene Funktionen: Unter anderem transportieren und verteilen sie das Stützmittel, hemmen Bakterienwachstum, verhindern Korrosion an den Förderungsanlagen und regulieren den pH-Wert. Wenn der Prozess der Risserzeugung abgeschlossen ist, wird der in der Tiefe entstandene Überdruck abgebaut, indem das verpresste Wasser samt Zusätzen sowie im Gestein gelöste Mineralien, vorhandene Gase und eventuell in Gesteinsporen gehaltenes Wasser (Formationswasser) wieder an die Oberfläche geholt werden. Ein Teil der Fracking-Flüssigkeit verbleibt mit den Zusätzen im stimulierten Gestein. Weil die Förderrate bei unkonventionellen Gasvorkommen rasch absinkt – um mehrere Prozentpunkte pro Monat respektive um 50 Prozent oder mehr während des ersten Jahres der Nutzung – kann ein rascher Rückgang der geförderten Gasmenge nur durch ständig neue Bohrungen kompensiert werden (s. Tabelle S. 12/13).

Die Technik der hydraulischen Frakturierung ist nicht neu, sondern wird bereits seit Ende des 2. Weltkrieges routinemässig angewendet: In kon-

ventionellen Öl- und Gaslagerstätten lässt sich durch die Frakturierung des Gesteins in Bohrlöchern die Ausschöpfung bereits erschlossener Lagerstätten verbessern. Nebst der Anwendung in konventionellen Lagerstätten wurde das Verfahren auch relativ früh für die Förderung von Tight Gas-Vorkommen eingesetzt. Mit der Verbesserung der Fördertechniken und den höheren Gaspreisen stieg das Interesse an der Förderung der umfangreichen Schiefergasvorkommen. Insbesondere die zielgenaue horizontale Ablenkung von Bohrungen ermöglichte deren wirtschaftliche Förderung. Die Schiefergasförderung ist jedoch deutlich aufwändiger als jene von Tight Gas: Weil Schiefergas in noch weniger durchlässigem Gestein adsorbiert ist, sind mehr Bohrungen erforderlich, um genügend Fliesswege zu schaffen und es wird mehr Fracking-Flüssigkeit benötigt. Ausserdem unterscheiden sich die hydraulische Frakturierung von Tight Gas und Schiefergas durch den höheren Flächenbedarf bei Schiefergas und die Zusammensetzung der Bohrflüssigkeit.

### Auswirkungen auf die Einschätzung der globalen Ressourcen

Mit der Erschliessbarkeit der unkonventionellen Gasvorkommen sind die weltweiten Reserven brennbarer Gase massiv gewachsen. So schätzte die Internationale Energieagentur IEA<sup>1</sup> die konventionellen Gasvorkommen im Jahr 2012 auf rund 460 tcm (Trillion m<sup>3</sup>). Dies entspricht rund 140mal der heutigen jährlichen globalen Gasproduktion. Mit dem Einbezug der unkonventionellen Reserven erhöhen sich die Gasvorkommen um rund 70 Prozent oder auf 230 Förderjahre gemäss heutiger Rate. Überdies lassen sich mit den neuen Techniken auch die unkonventionellen Ölvorkommen fördern und erhöhen dadurch die Reserven der fossilen Energieträger weiter.

<sup>1</sup> OECD/IEA: World Energy Outlook. 2012.

## Unkonventionelle Gasvorkommen und Förderung in verschiedenen Regionen

### Schiefergas- und Tight Gas Boom in den USA und Kanada

Das dank der Fracking-Technologie erschließbare unkonventionelle Gas hat die Energiewirtschaft vor allem in Nordamerika revolutioniert. Während im Jahr 2000 die Förderung von unkonventionellem Gas noch kaum eine Rolle spielte, erreichte die Produktion in den USA im Jahr 2012 einen Anteil von rund 60 Prozent an der Gesamtproduktion von Erdgas. Zum Boom beigetragen hat der Beschluss des US-Parlamentes im Jahr 2005, das Hydrofracking-Verfahren vom Trinkwasserschutzgesetz freizustellen, nachdem die amerikanische Umweltschutzbehörde aufgrund einer Studie die Risiken auf Trinkwasservorkommen als nicht vorhanden oder sehr gering einstufte.

Bereits 2009 wurden die USA zum wichtigsten Förderland von Erdgas (vor Russland und Kanada). Sofern die Entwicklung anhält, könnte die USA in wenigen Jahren zum Netto-Erdgasexporteur werden. Aus geopolitischer Sicht der USA ist die zunehmende Unabhängigkeit von Energieimporten mehr als erwünscht. Ausserdem konnte die USA dank der einheimischen Gasförderung ihre CO<sub>2</sub>-Emissionen reduzieren, weil anstelle der CO<sub>2</sub>-intensiven Verbrennung von Kohle vermehrt Gas zum Einsatz kommt.

Aus wirtschaftlicher Sicht verschafft die billige Energie amerikanischen Unternehmen einen Vorteil. Energieintensive Industrien nutzen die günstigen Energiekosten als Wettbewerbsfaktor und siedeln sich wieder an. In Zukunft könnte sich die Verfügbarkeit günstiger fossiler Energie aber negativ auf die Innovationstätigkeit in den Bereichen Energieeffizienz und CO<sub>2</sub>-arme Technologien auswirken.

Kritisiert wird der Boom bei der Förderung unkonventioneller Gasressourcen vor allem aufgrund umweltrelevanter Aspekte. Industrie, Behörden und vor allem Betroffene sehen die Möglichkeit negativer Auswirkungen auf das Grundwasser als Hauptgefahr. Kritiker gehen von einem systematischen Zusammenhang zwischen hydraulischer Frakturierung und Grundwasserverschmutzung aus. Dies hat die amerikanische Umweltschutzbehörde EPA (Environmental Protection Agency) zu einer erneuten umfangreichen Studie veranlasst. Weitere wichtige Kritikpunkte sind der Landbedarf für Bohrlochfelder, der Wasserbedarf für die hydraulische Frakturierung, insbesondere in Trockengebieten, der Einsatz von chemischen Zusatzstoffen, der Umgang mit Abwasser und das Risiko induzierter Erdbeben (s. Tabelle S. 12/13).

### Zurückhaltung in der EU und im übrigen Europa

Auch in Europa gibt es unkonventionelle Gasvorkommen, allerdings in deutlich geringeren Mengen als in den USA. Die bedeutendsten Schiefergasvorkommen befinden sich in Polen und Frankreich, gefolgt von Norwegen, der Ukraine, Schweden, Dänemark und Grossbritannien. Tight Gas-Vorkommen gibt es vor allem in Deutschland, der Tschechischen Republik, der Slowakei und in Ungarn. Kohleflözvorkommen sind primär in der Ukraine, Grossbritannien, Deutschland, Polen und der Türkei zu finden.<sup>2,3</sup>

Die Haltung der europäischen Länder gegenüber der hydraulischen Frakturierung ist sehr unterschiedlich: In Polen, ein „traditionelles“ Kohle- und Gasland, wird die Erkundung der Schiefergasvorkommen vorangetrieben. Der Gasbedarf des Landes ist sehr gering, wird aber bereits heute zu 30 Prozent aus der Förderung inländischer konventioneller Vorkommen gedeckt.

<sup>2</sup> International Energy Agency: Golden Rules for a Golden Age of Gas. World Energy Outlook – Special Report on Unconventional Gas. 2012.

<sup>3</sup> Umweltbundesamt: Einschätzung der Schiefergasförderung in Deutschland. 2011.



Ganz anders ist die Situation in Frankreich. Nachdem bereits Bewilligungen für die Erkundung der Vorkommen vergeben worden waren, löste die Ankündigung, diese zu erschliessen, in der Bevölkerung starken Widerstand aus. Im Juni 2011 beschloss das französische Parlament ein Verbot der Erschliessung unkonventioneller Gasvorkommen. Auch bereits erteilte Bohrgenehmigungen fielen unter dieses Verbot. Erlaubt bleiben Bohrungen zu wissenschaftlichen Zwecken.

Ebenfalls verboten ist die hydraulische Frakturierung in Bulgarien. Moratorien gibt es in Rumänien, der Tschechischen Republik und den Niederlanden. In Deutschland laufen die Diskussionen um einen Gesetzesentwurf. Gemäss diesem würde die hydraulische Frakturierung in Wasserschutzgebieten generell verboten. Für alle anderen Standorte wäre eine Umweltverträglichkeitsprüfung erforderlich. Im Weiteren verlangt der Gesetzesentwurf die zwingende Deklaration der verwendeten Chemikalien und erlaubt es den Bundesländern, strengere Vorschriften zu erlassen.

### **Die Situation in der Schweiz**

Das Potenzial der unkonventionellen Gasressourcen lässt sich schwer abschätzen (s. Tabelle S. 15), weil das Wissen über den Untergrund lückenhaft ist. Schiefergas- und Tight Gas-Vorkommen sind in der Schweiz wahrscheinlich, während die Kohleflöze für eine wirtschaftliche Nutzung vermutlich zu tief liegen.

Die Nutzung der vermuteten Schiefergas- und Tight Gas-Vorkommen ist aus verschiedenen Gründen ungewiss, zum einen aufgrund der Rahmenbedingungen, zum anderen aufgrund der bislang wenig erfolgreichen Exploration und schliesslich

wegen gesellschaftlich-politischer Faktoren, welche die Nutzung unkonventioneller Gasressourcen in Frage stellen:

- In vielen Kantonen fehlt ein gesetzlicher Rahmen, der die Nutzung möglicher Erdgasvorkommen regelt.
- Die Skepsis gegenüber der Anwendung der hydraulischen Frakturierung zur Gasnutzung ist sehr gross. Sie beruht primär auf der Wahrnehmung der Gefahr von Grundwasserverschmutzungen durch die Chemikalien in der Fracking-Flüssigkeit oder das Lösen giftiger Stoffe in der Lagerstätte sowie auf dem hohen Flächen- und Wasserbedarf.
- Die Vereinbarkeit der Gasnutzung mit den Energie- und Klimazielen der Schweiz wird in Frage gestellt.
- Es ist unklar, ob Schiefer- oder Tight Gas in der Schweiz, insbesondere angesichts der erwarteten strengen Umweltauflagen, wirtschaftlich gefördert werden kann.
- Der Flächenbedarf für die unkonventionelle Gasförderung ist gross, was deren Nutzung in der dicht besiedelten Schweiz erschwert.
- Die Nutzung unkonventioneller Gasressourcen könnte zu einer Belastung des tiefen Untergrundes führen.

Unabhängig von einer allfälligen Gasförderung wäre es für die Schweiz vorteilhaft, mehr über die Struktur des Untergrundes zu wissen. Dieses Wissen ist auch für andere Nutzungen erforderlich,

insbesondere für die Geothermie oder Projekte zur CO<sub>2</sub>-Speicherung (CCS, Carbon Capture and Storage).<sup>4</sup> Entsprechende Bemühungen sind im Gange. So forderte eine Motion im Jahr 2011,<sup>5</sup> dass der Staat die Erkundung organisieren und finanzieren soll. Die Motion wurde, entgegen der ablehnenden Haltung des Bundesrates, durch National- und Ständerat angenommen. Die Finanzierung ist jedoch nicht geklärt.

Auf europäischer Ebene untersuchte das Projekt GeORG zwischen 2008 und 2012 das geologische Potenzial im Oberrheingraben. Aktuell läuft innerhalb Europas ein weiteres, von der EU gefördertes Projekt: GeoMol dient der Erstellung eines länderübergreifenden geologischen Datensatzes für das alpine Vorlandbecken, inklusive einer Bewertung der Potenziale der im Untergrund gelagerten Bodenschätze. Das Bundesamt für Landestopographie swisstopo koordiniert die nationalen und internationalen Arbeiten für die Schweiz. Das Projekt GeoMol CH soll auf der Grundlage bestehender Daten (Seismischer Atlas<sup>6</sup>, geologischer Atlas, Bohrungen, Profile) im Zeitraum zwischen 2013 und 2015 eine dreidimensionale Datenbasis des schweizerischen Molassebeckens liefern.

---

<sup>4</sup> ProClim/OcCC: Technischer Klimaschutz: Wo steht die CCS-Technologie? Climate Press Nr. 27. 2009.

<sup>5</sup> Motion Gutzwiller (11.3563): Tiefe Geothermie. Schweizweite geologische Erkundung. Eine weitere Motion (Motion Riklin 11.4027), welche einen Aktionsplan für die tiefe Geothermie fordert, ist noch hängig.

<sup>6</sup> Sommaruga, A., Eichenberger, U. & Marillier, F.: Seismic Atlas of the Swiss Molasse Basin. Edited by the Swiss Geophysical Commission. - Matér. Géol. Suisse, Géophys. 44. 2012.





## Hydraulische Frakturierung in der tiefen Geothermie

Die hydraulische Frakturierung zur Nutzung der Geothermie ist dem Verfahren zur Nutzung der unkonventionellen Gasvorkommen ähnlich. Bei der hydrothermalen Geothermie, d.h. wenn eine wasserführende Gesteinsschicht vorhanden ist, erfordert die Erschliessung mindestens eine Bohrung. Meist wird jedoch durch zwei Bohrungen ein Kreislauf hergestellt. Eine Stimulation, d.h. das Verpressen von Wasser, ermöglicht oder verbessert den Anschluss der Bohrung an ein Geothermie-Reservoir. Während bei hydrothermalen Systemen eine hydraulische Frakturierung nicht in jedem Fall erforderlich ist, können petrothermale Systeme nur mit Hilfe einer Stimulation, welche die Durchlässigkeit des heissen Gesteins erhöht, wirtschaftlich genutzt werden. Bei der Stimulation petrothermaler Systeme wird bei aktuellen Projekten die Nähe zu (bekannten) Störungszonen vermieden, weil die Frakturierung solcher Strukturen die Erdbebengefährdung vergrössert.

Bei der Frakturierung sind, je nach Gegebenheiten im Untergrund, Stützmittel oder chemische Zusätze – im Gegensatz zur Förderung unkonventioneller Gasvorkommen – nicht zwingend erforderlich. Allerdings wird beispielsweise in kalkhaltigem Gestein dem Wasser unter Umständen Salzsäure beigegeben, um das Gestein durchlässiger zu machen. Nach der Frakturierung bleibt die erhöhte Durchlässigkeit ohne Zugabe von Stützmitteln zu einem grossen Teil erhalten. Für die Nutzung petrothermaler geothermischer Ressourcen mit Hilfe einer Frakturierung sind mindestens zwei Bohrungen erforderlich. Durch das eine Bohrloch wird Wasser unter hohem Druck in das heisse, trockene, meist kristalline Gestein gepresst. Dadurch wird im Untergrund ein System von Klüften geschaffen, dessen gesamte Oberfläche in

der Grössenordnung von einigen Quadratkilometern liegt. Im Kontakt mit dem heissen Gestein erwärmt sich das Wasser. Es wird durch das zweite Bohrloch zur Oberfläche gepumpt und für die Strom- und/oder Wärme Gewinnung genutzt.

Die im Erdinnern gespeicherte Wärme ist nach menschlichem Ermessen unerschöpflich. Wird bei der tiefen Geothermie die Wärme in grösserer Tiefe genutzt, wird Wärme von allen Seiten zugeführt. In Abhängigkeit davon, wie rasch die Wärmezufuhr erfolgt, nimmt die Temperatur im genutzten System langsam ab. Nach einer Phase der Nutzung ist daher eine ähnlich lange Phase der Regeneration erforderlich, deren genaue Dauer von den geologischen Rahmenbedingungen abhängt.

### Weltweites Potenzial

Das Potenzial der tiefen Geothermie, insbesondere der petrothermalen Geothermie, wird weltweit als sehr gross eingeschätzt. Genutzt wird bisher fast ausschliesslich die hydrothermale Geothermie, also die Wärme in heisswasserführenden Gesteinsschichten. Um eine wirtschaftliche und sichere Nutzung der petrothermalen Geothermie zu erreichen, sind weitere Forschungsanstrengungen erforderlich. Diese konzentrieren sich insbesondere auf die Erkundung geothermischer Reservoirs, deren bohrtechnische Erschliessung, die Herstellung und Aufrechterhaltung des Wasserkreislaufes, die Überwachung und Beurteilung des Risikos von induzierten Erdbeben sowie die Energiewandlung.

Petrothermale Systeme werden bisher nur in Demonstrations- und Pilotprojekten genutzt. Das grösste und am weitesten fortgeschrittene Projekt

in Europa ist die Anlage in Soultz-sous-Forêts im Elsass. Start des Projektes war bereits vor 20 Jahren; im Sommer 2008 nahm ein Kraftwerk mit einer elektrischen Leistung von 1.5 MW<sub>el</sub> den Betrieb auf.

### Tiefe Geothermie in der Schweiz

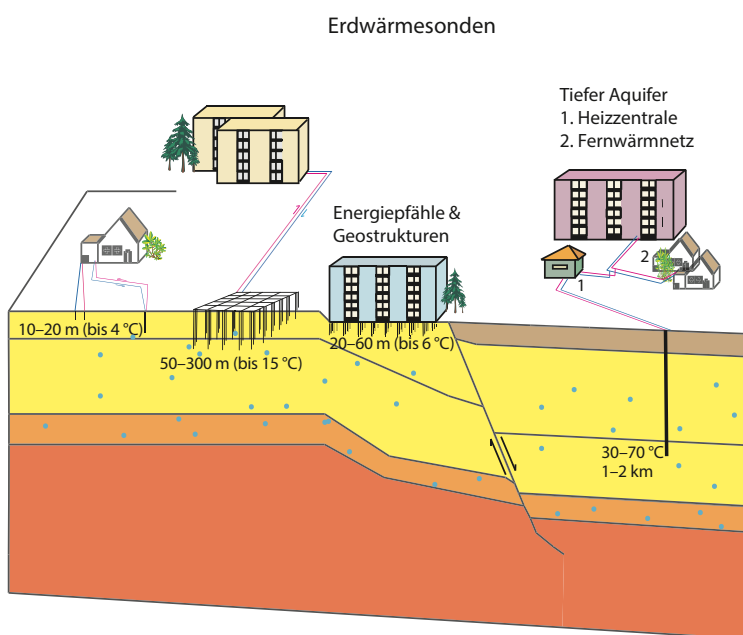
Von allen erneuerbaren Energieressourcen weist die tiefe Geothermie in der Schweiz das grösste theoretische Potenzial auf (s. Tabelle S. 15), wobei das Potenzial der petrothermalen Geothermie deutlich grösser ist als das der hydrothermalen Geothermie. Die Abschätzung der technisch und wirtschaftlich nutzbaren Energiemenge ist vom Stand der Technik und den damit verbundenen Kosten abhängig.

Der Abbruch des Geothermieprojektes in Basel im Jahr 2006 nach Auftreten spürbarer Erdbeben bedeutete einen Rückschlag für die Nutzung der petrother-

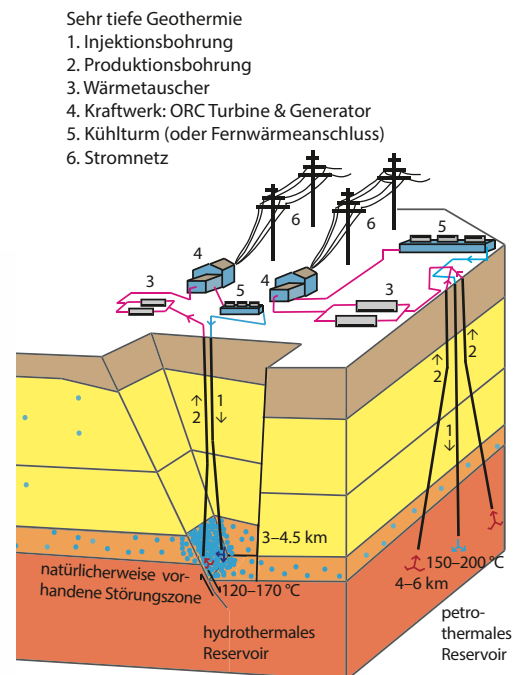
malen Geothermie in der Schweiz. Nach gründlicher Auswertung der Daten und unter Berücksichtigung neuer Erkenntnisse in der Stimulationstechnologie und Erdbebenforschung sind inzwischen vier neue Kraftwerke in Planung: in Avenches, Haute-Sorne, Sursee-Mittelland und Etwilen.

Das mögliche Auftreten von induzierten Beben wurde im Sommer 2013 bei einer Probebohrung in St. Gallen für die Nutzung eines hydrothermalen Reservoirs bestätigt. Im Bohrloch trat unerwartet Gas auf, was einen Druckanstieg bewirkte. Zur Bekämpfung eines drohenden Gasaustritts wurde Wasser und schwere Bohrflüssigkeit in das Bohrloch gepumpt. In der Folge bebte die Erde mit einer Stärke von 3.5 auf der Richter-Skala. Das Projekt wurde vorübergehend gestoppt und nach Abklärungen und einer Neubeurteilung fortgeführt.

#### a) Niedertemperatur-Geothermie



#### b) Hochtemperatur-Geothermie



Nutzung geothermischer Ressourcen:

- Die linke Seite der Grafik zeigt die Nutzung der untiefen Geothermie (Niedertemperatur-Geothermie). Sie dient der Wärmeengewinnung mittels Erdwärmesonden fürs Heizen. Bei Vorlauftemperaturen unter 50 Grad kommen zusätzlich Wärmepumpen zum Einsatz.
- Die rechte Seite der Grafik illustriert die Nutzung der tiefen Geothermie (Hochtemperatur-Geothermie) primär zur Stromgewinnung. Der linke Teil der Abbildung zeigt die Nutzung eines hydrothermalen Reservoirs gemäss dem Beispiel St. Gallen, der rechte Teil der Abbildung die Nutzung eines petrothermalen Reservoirs so wie es in Basel geplant war. Bei hydrothermalen Systemen kann die natürlich vorhandene Wasserdurchlässigkeit und das hydrothermale Wasser genutzt werden. Bei petrothermalen Systemen wird die Durchlässigkeit künstlich erhöht und ein lokaler Wasserkreislauf wird injiziert.

Quelle: E. Kissling, ETH Zürich

## Gesetzliche Grundlage in der Schweiz

### Vielfalt oder Chaos?

In der Schweiz ist die Nutzung des Untergrundes der Kantonshoheit unterstellt. Die entsprechenden gesetzlichen Bestimmungen finden sich meist in den Bergregalen der Kantone, die häufig aus dem 19. Jahrhundert stammen. Eine neue gesetzliche Grundlage gibt es im Kanton Aargau. Diese berücksichtigt die neuen Entwicklungen im Energiebereich, indem sie zum Beispiel die Bewilligungspflicht für die Erkundung oder Nutzung von Bodenschätzen im tiefen Untergrund regelt. Der Kanton Luzern plant, die Regelung des Kantons Aargau in ähnlicher Form zu übernehmen. Neun Ostschweizer Kantone (AI, AR, GL, SG, SH, SZ, TG, ZG, ZH) beabsichtigen, gemeinsam eine gesetzliche Grundlage zu erarbeiten.

Im Hinblick auf eine allfällige Gasnutzung gibt es grosse Unterschiede zwischen den Kantonen: So haben sich die Kantone Freiburg und Waadt für ein Moratorium in Bezug auf die Gaserkundung und -förderung entschieden. Der Kanton Bern andererseits gab die Bewilligung für Gaserkundungen zwischen Aarberg und Biel.

### Die nationale Raumplanung als Grundlage?

Bereits im Jahr 2009 hielt ein Rapport der Eidgenössischen Geologischen Fachkommission EGK an den Bundesrat fest, dass dringender Handlungsbedarf bestehe, die Nutzung des Untergrundes zu koordinieren. Sie schlug vor, Ziele festzulegen, Nutzungen aufgrund von Kriterien zu priorisieren, Gefährdungen zu definieren und eine landesweite, vierdimensionale Raumplanung

durchzuführen, d.h. die heutige Flächenplanung um die Dimensionen „Tiefe“ und „Zeit“ zu erweitern. Eine Motion<sup>7</sup> forderte auf Grundlage des EGK-Rapports, die Nutzung des Untergrundes in die Raumplanung miteinzubeziehen. Die Motion wurde abgelehnt.

Im Jahr 2010 wurde ein Postulat<sup>8</sup> angenommen, das erneut die Frage nach der rechtlichen Regelung für die Nutzung des Untergrundes aufgriff. Dieses verlangt, dass der Bund die gesetzlichen Grundlagen klärt und die nachhaltigen Nutzungsmöglichkeiten identifiziert. Als Antwort auf dieses Postulat erarbeitet das Bundesamt für Raumentwicklung im Rahmen der 2. Teilrevision des Raumplanungsgesetzes einen Bericht. Weitere politische Vorstösse fordern, dass sich die Schweiz mit der Nutzung des Untergrundes und einem angemessenen gesetzlichen Rahmen sowie mit den absehbaren Auswirkungen des Einsatzes der Fracking-Technologie auseinandersetzt.<sup>9</sup>

Im Februar 2013 publizierte der Schweizerische Geologenverband (CHGEOL) einen Bericht<sup>10</sup> mit Empfehlungen zur Harmonisierung der rechtlichen Aspekte des Untergrundes. Er hält darin fest, dass die Nutzung des Untergrundes zunehme und vielfältiger werde, was zu Konflikten und Risiken führe. So fehlten klare und einheitliche Regeln für die Bewilligung von Projekten, für die Erforderlichkeit von Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVPs) oder für den Umgang mit gemessenen Daten.

<sup>7</sup> Motion Gutzwiller (09.4067): Im Untergrund herrscht Chaos. Ergänzung im Raumplanungsgesetz nötig.

<sup>8</sup> Postulat Riklin (11.3229): Nutzung des Untergrundes.

<sup>9</sup> Motion Reimann (12.5466): Kein Fracking. Zum Schutz des Bodensee-Trinkwassers sowie von Flora und Fauna; Postulat Trede (13.3108): Fracking in der Schweiz.

<sup>10</sup> CHGEOL: Die Nutzung des geologischen Untergrunds in der Schweiz: Empfehlungen des Schweizer Geologenverbands CHGEOL zur Harmonisierung von Verfügungshoheit, Sachherrschaft und Nutzungsvorschriften. 2013.

## Kritische Aspekte von Fracking

### Nutzung von unkonventionellen Gasvorkommen

<b>Verschmutzung von Grundwasser und Oberflächengewässern</b>	<p>Bei der Erschliessung und Nutzung unkonventioneller Gasvorkommen besteht die Gefahr der Verschmutzung von Grundwasser und Oberflächengewässern. Potenzielle Schadstoffquellen sind die Fracking-Flüssigkeit, das geförderte Gas sowie das Lagerstättenwasser mit gelösten, teilweise giftigen oder natürlich vorkommenden radioaktiven Stoffen aus den Mineralien der Lagerstätte. Überdies bleiben chemische Rückstände in den gas-haltigen Gesteinsformationen.</p> <p>Zu Wasserverschmutzungen kann es an der Oberfläche kommen, und zwar durch Lecks bei Bohrungen, durch das Entweichen von Gas aus der Lagerstätte oder durch die unsachgemässe Entsorgung von Fracking-Flüssigkeiten. Nach der hydraulischen Frakturierung gelangen zwischen 20 und 80 % der Flüssigkeit wieder an die Oberfläche. Der Rückfluss wird teilweise rezykliert, der Rest wird grob gereinigt und entsorgt, z. B. über Tiefenbohrungen in leere Gaslagerstätten. Das Risiko von Verschmutzungen ist bei alten und generell bei ungenügend abgedichteten Bohrlöchern höher. Die rasche Abfallrate bei der Nutzung unkonventioneller Gasressourcen (s. Tabelle S. 15) beeinflusst das Verschmutzungsrisiko, indem sie eine grosse Anzahl an stets neuen Bohrlöchern bedingt. Nach der relativ kurzen Nutzungsphase muss deren Dichtigkeit langfristig gesichert werden.</p>
<b>Landverbrauch</b>	<p>Der Flächenbedarf für die Förderung unkonventioneller Gasvorkommen ist gross. In den USA erstreckt sich eine typische Bohrfläche für die Erschliessung eines Schiefergasvorkommens während der Bohr- und Frackingphase über eine Fläche von bis zu 20'000 m<sup>2</sup>.<sup>11</sup> Während der Produktion reduziert sich diese Fläche auf rund 5'000 bis 10'000 m<sup>2</sup>. Die Abwasserteiche, in denen das zurückströmende Abwasser vor dem Abtransport gesammelt wird, sind in diesen Zahlen nicht berücksichtigt. Sie können den Flächenbedarf von Gasförderanlagen verdoppeln. Durch sogenannte „Cluster-Bohrungen“, d. h. die sternförmige Erschliessung eines Gebietes durch 20 bis 30 Bohrungen von einem Bohrplatz aus, kann der Flächenbedarf reduziert werden. Für die Erschliessung von Tight Gas-Vorkommen ist der Flächenbedarf geringer als bei Schiefergas, da weniger Bohrlöcher erforderlich sind. Die kurze Dauer der Produktion, bedingt durch hohe Abfallraten, erfordert ständig neue Bohrungen, wenn die Fördermenge konstant bleiben soll.</p>
<b>Wasserverbrauch</b>	<p>Die für die hydraulische Frakturierung erforderliche Wassermenge ist je nach Bohrung unterschiedlich, abhängig von der Durchlässigkeit des Gesteins und vom Ausmass des Rissystems. Bei der Ausbeutung einer bestimmten Lagerstätte spielt schliesslich die Zahl der Bohrlöcher eine wichtige Rolle. Auf einem Bohrplatz sind zwischen einigen wenigen bis zu 20 oder 30 Bohrlöcher erforderlich. Pro Bohrloch werden für den Frackingprozess zwischen 9'000 bis 29'000 m<sup>3</sup> Wasser benötigt.<sup>12</sup> Je nach Region und Lagerstätte werden 20 bis 80 % des eingesetzten Wassers zurückgewonnen und zumindest teilweise als Fracking-Flüssigkeit wiederverwendet.<sup>13</sup></p>
<b>Treibhausgasbilanz</b>	<p>Unkonventionelle Gasvorkommen sind eine nicht-erneuerbare, fossile Energieform, die erhebliche CO<sub>2</sub>-Emissionen verursacht. Die gesamten Treibhausgasemissionen durch die Gewinnung, Verteilung und Verbrennung von unkonventionellem Gas variieren stark, je nach Erschliessungsaufwand, Förderrate pro Bohrloch und der Menge an freigesetztem Methan, liegen aber in untersuchten Fällen im Bereich von konventionellem Erdgas. Besonders relevant sind die Methanemissionen: Methan verweilt zwar nur rund 10 Jahre in der Atmosphäre, hat aber ein Treibhausgaspotenzial, das rund 25mal grösser ist als das von Kohlendioxid. Während der Erkundung, Erschliessung, Förderung und Verarbeitung von Gas kann bei unsachgemässer Ausführung Methan entweichen. Durch konsequentes Abfackeln nicht verwertbarer Gase und abgedichtete Anlagen kann die Emissionsmenge reduziert werden.</p>
<b>Induzierte Erdbeben</b>	<p>Bei der hydraulischen Frakturierung zur Nutzung von Schiefergas und Tight Gas erfolgen die Bohrungen in Sedimentschichten, welche die Energie in der Regel aufnehmen können oder sich verformen. Allerdings zeigen die Erfahrungen in den USA, wo die nicht mehr verwendbare Fracking-Flüssigkeit häufig in den Untergrund verpresst wird, dass auch dieser Vorgang Beben auslösen kann.</p>
<b>Weitere Umweltaspekte</b>	<p>Weitere negative Umwelteinflüsse sind Luftverschmutzung und Lärmbelastung durch die Bohrungen sowie den Verkehr während Bau, Frackingphase und Rückbau.</p>

<sup>11</sup> Fachabteilung Wirtschafts- und Wissenschaftspolitik, Europäisches Parlament: Auswirkungen der Gewinnung von Schiefergas und Schieferöl auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit. 2011.

<sup>12</sup> Tyndall Centre for Climate Change Research: Shale gas: a provisional assessment of climate change and environmental impacts. 2011.

<sup>13</sup> EAWAG: Schiefergas – Wissenswertes zum Hydraulic Fracturing (Fracking). Infoblatt / April 2013.

<sup>14</sup> Akademien der Wissenschaften Schweiz: Zukunft Stromversorgung Schweiz – Langfassung, Kapitel 3.7 Geothermie. 2012.

## Nutzung der tiefen Geothermie

---

Für die Nutzung der tiefen Geothermie gelten ähnliche Gefahren bezüglich der Verschmutzung von Grundwasser und Oberflächengewässer wie bei den unkonventionellen Gasvorkommen. Allerdings erfordert die hydraulische Frakturierung in der Geothermie nicht zwingend den Einsatz von Stützmitteln oder Chemikalien. Sofern die Fracking-Flüssigkeit keine chemischen Zusätze enthält, fällt diese Schadstoffquelle weg.

Zu Tage geförderte geothermische Fluide werden durch die Oberflächenanlagen (Wärmeentzug und Energiebereitstellung) zirkuliert und anschliessend – wieder gekühlt – in die Gesteinsschichten im tiefen Untergrund verpresst. In der Regel entfällt daher das Problem der Entsorgung von Rückfluss: Entweder verbleibt das injizierte Wasser im Untergrund oder es wird reinjiziert.

---

Ein Geothermie-Kraftwerk erfordert die Schaffung eines Industrieareals. Während der Bohrarbeiten wird am meisten Platz beansprucht (rund 5'000 m<sup>2</sup> für einen Bohrplatz). Nach Abschluss der Bohrungen ist der Flächenbedarf für ein Geothermie-Kraftwerk relativ gering. Der spezifische Flächenbedarf pro produzierte Energieeinheit ist kleiner als bei allen anderen erneuerbaren Energieträgern.

---

Die Schaffung eines petrothermalen Reservoirs erfordert rund 10'000 bis 20'000 m<sup>3</sup> Wasser. Während der Betriebsphase einer Geothermieanlage zirkuliert Wasser. Bei der petrothermalen Geothermie wird in der Regel weniger Wasser gefördert als reinjiziert. Für eine optimale Energieproduktion muss in diesem Fall zusätzliches Wasser bereitgestellt werden, das zusammen mit dem geförderten Wasser verpresst wird. Im Idealfall kann die geförderte Wassermenge der wieder injizierten Wassermenge entsprechen. Dies trifft auf die Anlage in Soultz-sous-Forêts zu (s. S. 10). Bei der hydrothermalen Geothermie wird das geförderte heisse Wasser wieder in die wasserführende Gesteinsschicht (Aquifer) injiziert.

---

Die Geothermie ist eine erneuerbare Energieform, die lediglich erschliessungstechnische Emissionen verursacht. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden in erster Linie durch die Bohrungen bei der Erschliessung des Reservoirs verursacht. Betrieb und Rückbau machen nur rund 10 % der Umweltwirkungen aus. Die Emissionen sind abhängig von der geologischen Komplexität und betragen 25 bis 85 g CO<sub>2</sub>eq/kWh<sub>el</sub>.<sup>14</sup> Sie sind somit vergleichbar mit anderen neuen erneuerbaren Energiequellen, liegen um eine Grössenordnung höher als bei Wasserkraft und Kernenergie, betragen hingegen einen Bruchteil im Vergleich zu Schiefergas oder Tight Gas.

---

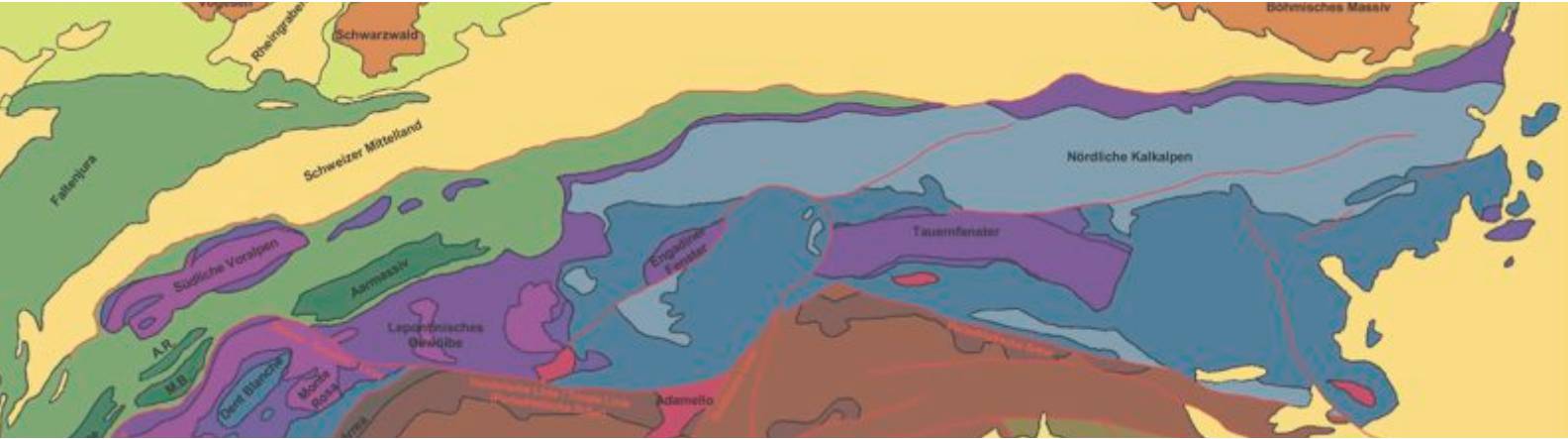
Bohrungen bei der petrothermalen Geothermie erfolgen in kristallinem Gestein. Das Potenzial für Erdbeben ist grösser als bei der hydraulischen Frakturierung zur Gasnutzung. Die Erfahrungen bezüglich der Stimulation petrothormaler Systeme sind sehr beschränkt. Die Geothermie-Probebohrung in Basel im Jahr 2006 verursachte ein Beben mit einer Stärke von 3.4. Das Projekt wurde in der Folge abgebrochen. Aufgrund neuer, ungesicherter Erkenntnisse sollen bei neuen Bohrungen kleinere Gesteinsvolumina etappenweise stimuliert werden, um Beben zu reduzieren. Ausserdem soll bei der Frakturierung petrothormaler Systeme bei zukünftigen Projekten die Nähe zu (bekannt)en Bruchzonen vermieden werden.

Im Juli 2013 bebte die Erde in St. Gallen als Folge einer Geothermie-Probebohrung (ohne Einsatz von Fracking) für die Nutzung eines hydrothermalen Reservoirs. Das Beben hatte eine Stärke von 3.5 und trat auf, als zur Bekämpfung eines drohenden Gasaustritts Wasser und schwere Bohrflüssigkeit ins Bohrloch gepumpt wurde.

---

Die Lärmemissionen sind während der Bohrphase am grössten. Der An- und Abtransport von Energieträgern entfällt.

---



## Fazit zur Situation der Schweiz

### Gesetzliche Grundlagen

Für die Schweiz ist – unabhängig von einer zustimmenden oder ablehnenden Haltung gegenüber Fracking – die Schaffung rechtlicher Grundlagen oder Richtlinien für Konzessionswesen sowie Bewilligungs- und Aufsichtsverfahren prioritär. Zudem müssen die Anforderungen der Raumplanung definiert und festgelegt werden. Angesichts der zunehmenden Ansprüche an den Raum und die Ressource Untergrund ist dies dringend. Der Untergrund lässt sich an den Kantons- und Landesgrenzen nicht abgrenzen. Ein koordiniertes Vorgehen der Kantone respektive das Festlegen von Grundsätzen für die Ausgestaltung der gesetzlichen Regelungen erscheint daher sinnvoll.

### Ungenügende Kenntnisse über die Beschaffenheit des Untergrundes

Nebst klaren gesetzlichen Grundlagen fehlt es in der Schweiz an relevantem Wissen, insbesondere an Kenntnissen über den Untergrund im Mittelland unterhalb von 1000 Metern. Dies macht Potenzialabschätzungen – sowohl für die Gasnutzung wie für die Geothermie – schwierig. Das Defizit betreffend der geologischen Kenntnisse über den Untergrund der Schweiz wird auf politischer Ebene thematisiert.

### Fracking in der Schweiz?

Aufgrund der bisherigen (unzureichenden) Datengrundlage gibt es in der Schweiz Erdgasvorkommen, deren Nutzung sich unter Umständen lohnen könnte. Diese könnte zur Versorgungssicherheit und zur Diversifikation der einheimischen Energiequellen beitragen. Allerdings stellen sich im Zusammenhang mit einer allfälligen unkonventionel-

len Gasförderung Fragen zu den Auswirkungen auf die Umwelt. Erstens handelt es sich um einen nicht erneuerbaren Energieträger, dessen Bereitstellung und Verbrauch mit beträchtlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen verbunden ist, sofern diese in die Atmosphäre gelangen. Zweitens dürfte der hohe Flächenbedarf in der verhältnismässig kleinen Schweiz zu Nutzungskonflikten führen. Zu bedenken sind auch die weiteren negativen Auswirkungen auf die Umwelt, insbesondere durch den Einsatz chemischer Zusätze und die Generierung von Verkehr. Neben den ökologischen Aspekten sind auch die fragliche Wirtschaftlichkeit, vor allem aufgrund zu erwartender Umweltauflagen, sowie die öffentliche Akzeptanz zu berücksichtigen.

Im Unterschied zur Nutzung unkonventioneller Gasvorkommen handelt es sich bei der Geothermie um einen praktisch unerschöpflichen, CO<sub>2</sub>-armen Energieträger. Dessen Nutzung steht im Einklang mit den Klimazielen und ist Teil der Energiestrategie 2050: Bis zum Jahr 2035 soll die tiefe Geothermie 1 TWh, bis 2050 4 bis 5 TWh zur Schweizer Stromproduktion beitragen (gesamte Schweizer Stromproduktion 2012: 68 TWh). Allerdings erfordert die wirtschaftliche und sichere Nutzung der Geothermie weitere Forschungsanstrengungen (Erkundung und Erschliessung von Reservoiren, Erdbebenrisiko, Energiewandlung). Ausserdem sind die Umwelteinflüsse zu berücksichtigen. Während der Flächenverbrauch im Vergleich zur unkonventionellen Gasnutzung gering ist, sind andere Umweltwirkungen wie Verkehrsaufkommen oder das Risiko von Wasserverschmutzungen ebenfalls in die Überlegungen einzubeziehen.

## Fracking: Methoden, Nachhaltigkeit und Potenziale in der Schweiz

	<b>Tight Gas</b>	<b>Kohleflözgas</b>	<b>Schiefergas</b>	<b>Tiefe Geothermie</b>
<b>Methode</b>	Für die Förderung von Tight Gas müssen Fliesswege durch Fracking künstlich erzeugt werden. Die Ausbeutung von Tight Gas-Lagerstätten ist deutlich weniger aufwändig als bei Schiefergas-Lagerstätten.	Die Förderung von Kohleflözgas erfolgt häufig mit Hilfe von Fracking. Es gibt auch Fälle, in denen bestehende Risse und Störzonen für die Gasförderung genutzt werden.	Für die Förderung von Schiefergas müssen Fliesswege durch Fracking künstlich erzeugt werden. Es sind wesentlich mehr Bohrlöcher nötig als bei Tight Gas-Lagerstätten, weil das Gas in viel weniger durchlässigem Gestein lagert. Der Wasserverbrauch ist höher; es braucht mehr Stützmittel als beim Fracken von Tight Gas, während der Anteil an chemischen Zusätzen geringer ist.	Bei der hydrothermalen Geothermie werden Aquifere mit heissem Thermalwasser erschlossen. Das heisse Wasser wird an die Oberfläche gepumpt, dort zur Strom- oder Wärmegewinnung genutzt und wieder in den Untergrund gepumpt. Fracking ist bei hydrothermalen Systemen nicht in jedem Fall erforderlich. Bei der petrothermalen Geothermie werden heisse, „trockene“ Gesteinsschichten mit einer sehr geringen Wasserdurchlässigkeit genutzt. Durch Fracking werden vorhandene Scherbrüche und Klüfte reaktiviert. Anschliessend wird über zwei Bohrlöcher ein – nicht vollständig geschlossener – Kreislauf hergestellt, im dem das Wasser nach unten transportiert wird, dort Wärme aufnimmt und diese anschliessend nach oben transportiert.
<b>Potenzial</b>	Eine Bohrung im Genferseengebiet (Noville-1) wies ein Tight Gas-Vorkommen nach.	Erste Abklärungen zum Potenzial deuten darauf hin, dass die Kohleflöze für eine wirtschaftliche Förderung zu tief liegen.	Gemäss ersten Schätzungen sind Vorkommen von 50–100 Mrd. m <sup>3</sup> förderbares Schiefergas möglich. Dies entspricht dem Gasbedarf der Schweiz während 15 bis 30 Jahren.	Das theoretische thermische Potenzial wird für die Westschweiz und das nördliche Mittelland bis in eine Tiefe von 5000 m auf rund 7200 TWh/Jahr geschätzt. Damit könnten 240 TWh/Jahr Strom erzeugt werden (aktueller Schweizer Strombedarf: rund 64 TWh/Jahr). Das bis 2035 wirtschaftlich realisierbare Potenzial ist mit 1 TWh/Jahr viel tiefer und auch bis 2050 werden nur 4 bis 5 TWh/Jahr Strom aus der Nutzung geothermischer Ressourcen erwartet.
<b>Nachhaltigkeit</b>	Gasvorkommen sind fossile, nicht erneuerbare Ressourcen. Im Vergleich zu konventionellen Gasvorkommen, wo die Abfallrate nach Erreichen des Maximums einige Prozent pro Jahr beträgt, weist das typische Förderprofil bei unkonventionellen Gasvorkommen einen raschen Anstieg auf, fällt dann aber rasch ab. Die typischen Abfallraten sind um eine Grössenordnung höher als bei konventionellen Vorkommen und betragen einige Prozent im Monat. Abfallraten von über 50 % im ersten Jahr sind häufig. Daher kann die Fördermenge nur durch ständig neue Bohrungen konstant gehalten werden.			Die Geothermie zählt zu den erneuerbaren Energieresourcen. Dennoch muss bei der Nutzung berücksichtigt werden, dass der Entzug von Wärme den Untergrund abkühlt. Studien zur langfristigen Nutzung geothermischer Ressourcen gehen davon aus, dass die thermische Regenerationszeit ähnlich lange dauert wie die Dauer der Produktion, d. h. nach einer Nutzung von 20 Jahren dauert die thermische Regenerationszeit ebenfalls rund 20 Jahre. <sup>15</sup>

<sup>15</sup> Akademien der Wissenschaften Schweiz: Zukunft Stromversorgung Schweiz – Langfassung. 2012.

## Entstehung des Berichts

Im Juni 2013 organisierte die Gruppe Klimaänderung unter dem Vorsitz von Pankraz Freitag ein Parlamentariertreffen zum Thema Fracking. Als Referenten wurden Dr. Marianne Niggli von der Dr. von Moos AG und Dr. Gunter Siddiqi, Bundesamt für Energie BFE, eingeladen. Parallel zur Vorbereitung des Parlamentariertreffens entstand auf Anregung von Pankraz Freitag und der Energiekommission der Akademien Schweiz ein erster Entwurf für ein Faktenblatt. Dieser wurde ausgesuchten Experten und Expertinnen zum Review zugestellt und in mehreren Runden überarbeitet und ergänzt. Die vorliegende Langfassung ist das Resultat dieser Zusammenarbeit. Eine Kurzfassung erscheint als Faktenblatt auf Deutsch und Französisch. Kurz- und Langfassung wurden von der Energiekommission der Akademien der Wissenschaften Schweiz ratifiziert.

Kurz- und Langfassung können unter folgendem Link heruntergeladen werden:

[www.proclim.ch/Media?3061](http://www.proclim.ch/Media?3061)

## Literatur

Akademien der Wissenschaften Schweiz: Zukunft Stromversorgung Schweiz – Langfassung. 2012.

Burri P. & Leu W.: Unkonventionelles Gas – Brückenenergie oder Umweltrisiko? Gefahren, Chancen und Nutzen. Aqua und Gas Nr. 9 / 2012.

CHGEOL: Die Nutzung des geologischen Untergrunds in der Schweiz: Empfehlungen des Schweizer Geologenverbands CHGEOL zur Harmonisierung von Verfügungshoheit, Sachherrschaft und Nutzungsvorschriften. 2013.

EAWAG: Schiefergas – Wissenswertes zum Hydraulic Fracturing (Fracking). Infoblatt / April 2013.

Fachabteilung Wirtschafts- und Wissenschaftspolitik, Europäisches Parlament: Auswirkungen der Gewinnung von Schiefergas und Schieferöl auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit. 2011.

International Energy Agency: Golden Rules for a Golden Age of Gas. World Energy Outlook Special Report on Unconventional Gas. 2012.

The Royal Society and The Royal Academy of Engineering: Shale gas extraction in the UK: a review of hydraulic fracturing. 2012.

Broderick J et al.: Shale gas: an updated assessment of environmental and climate change impacts. A report commissioned by The Co-operative and undertaken by researchers at the Tyndall Centre, University of Manchester. 2011.