



# Risiken, Potenziale und Chancen von Hydraulic Fracturing (Fracking)

*Beurteilung und Handlungsempfehlungen der Eidgenössischen Geologischen Fachkommission EGK*

## Inhalt

Einleitung	1
Technische Aspekte des Frackings	2
Risiken des Frackings	2
Gewässerverschmutzung	3
Erdbeben	3
Klimagase	4
Chancen (ökonomische und in Bezug auf Wissenszuwachs)	4
Soziokulturelle Aspekte	5
Potenziale	6
Wissenlücken und Defizite	6
Beurteilung	6
Handlungsempfehlungen	7
Weiterführende Literatur	8

## Einleitung

Für die Förderung von Erdgas und Erdöl sowie für die Geothermie werden Verfahren zur Vergrößerung der Durchlässigkeit von geologischen Formationen eingesetzt. Das Erzeugen von Rissen geschieht mittels Einpressen von Wasser, Chemikalien und Mineralstoffen unter hohem Druck; deshalb wird dieses Vorgehen „hydraulic fracturing“, abgekürzt „fracking“ genannt. Fracking ist eine Technik, nicht ein Rohstoff. Sie findet in der Erdöl- und Erdgasindustrie seit den 1960er-Jahren Anwendung. In der Bevölkerung, in der Politik und in Fachkreisen werden die Chancen und Risiken des Frackings unterschiedlich beurteilt.

In den Reaktionen der Kantone und Institutionen im Sommer 2013 zum Entwurf der EGK-Empfehlungen über die Nutzung des tiefen Untergrundes (definitive Fassung 22. Januar 2014) wurde der Wunsch geäußert, dass bezüglich Chancen und Risiken von Fracking klare Empfehlungen von wirtschaftlich und politisch unabhängiger Seite erfolgen müssten. Die EGK

hat in der Folge anlässlich ihrer 59. Sitzung vom 13. November 2013 u.a. beschlossen, sich über die Chancen und Risiken des Frackings möglichst breit zu informieren und im Anschluss daran Bundesrat und Verwaltung einen Bericht mit Empfehlungen abzugeben. Dieser Beschluss beruht auf einer der Aufgaben der EGK, den Bundesrat und die Departemente in geologischen Grundsatzfragen zu beraten.

Wichtige Grundlagen für die vorliegende Beurteilung ergaben sich aus einem am 7. Oktober 2014 durchgeführten Symposium mit dem Titel: „Energie aus dem Untergrund: Who cares?“. Dieses wurde unter Federführung der Landesgeologie durchgeführt und vom Schweizer Geologenverband CHGEOL, der Akademie der Naturwissenschaften scnat und der Schweizerischen Vereinigung von Energie-Geowissenschaftlern SASEG unterstützt. Experten aus der Erdgasindustrie, der Geothermie, der Versicherungswirtschaft und der kritischen Wissenschaft referierten zu Technik, Potenzialen, Chancen und Risiken des Frackings.

### **Technische Aspekte des Frackings**

Grundsätzlich wird beim Fracking über Bohrlöcher respektive über das Bohrgestänge Wasser unter hohem Druck in tiefe Gesteinsformationen gepresst, um Risse zu erzeugen oder bestehende Klüfte zu öffnen. Aus den so erzeugten Bruchstellen kann entweder Gas und Erdöl oder heisses Wasser an die Oberfläche gefördert werden.

Damit sich die erzeugten Risse nicht schliessen, müssen je nach Bohrung Sand- oder Keramikkügelchen (Proppants) eingebracht werden. Dazu braucht es Chemikalien wie Stabilisatoren, Geliermittel, Biozide, Vernetzungs- und Konservierungsmittel etc. Diese machen einen Anteil von ca. 1% der gesamten Wassermenge aus.

Für die Aufweitung von kristallinem Gestein zur Förderung von heissem Wasser braucht es keine oder nur wenig Chemikalien. Hier reichen in der Regel Wasser und Proppants. Für die bessere Erschliessung von Tiefengrundwasser aus Kalkschichten wird oft mit Salzsäure „stimuliert“, das heisst die Porenräume werden durch Einpressen von Säure erweitert, welche durch die Reaktion mit dem Kalk neutralisiert wird. Diese Stimulation kommt vor allem bei der hydrothermalen Geothermie zur Anwendung.

Die ständige Verbesserung des Frackings in Bohrungen, sei es für Wasser oder Kohlenwasserstoffe, ist in der spezialisierten Industrie ein wichtiges Thema. Die beschriebenen Techniken sind denn auch einem permanenten Entwicklungsprozess unterworfen. Die Wahl der Methode ist jeweils abhängig von den spezifischen geologischen Verhältnissen. Man unterscheidet gewöhnlich zwischen hydraulischem Fracking, hydraulischer Stimulation und chemischem Fracking.

### **Risiken des Frackings**

Fracking wird im Zusammenhang mit Tiefbohrungen angewandt. Tiefbohrungen sind bezüglich Platzbedarf und Emissionen mit anderen Industrieanlagen zu vergleichen. Neben den üblichen Umwelteinwirkungen von industriellen Anlagen (Lärm, Abgase, Verkehr, Beanspruchung von Kulturland etc.) sind beim Fracking insbesondere Gewässerverschmutzungen und Erdbeben (induzierte Seismizität) als wichtige Themen zu beachten.

### **Gewässerverschmutzung**

Der Schutz des Grundwassers ist eine der wichtigsten Kritikpunkte beim Fracking. Die Sorge um die Qualität und der Schutz des Trinkwassers ist ein unbestrittenes Anliegen. Grundwasser in Trinkwasserqualität befindet sich in der Regel im oberflächennahen Lockergestein. Solche Areale geniessen einen flächendeckenden Grundwasserschutz. Trinkwasser kann auch in Felsaquiferen vorkommen und ist gleichermassen schützenswert.

Der Untergrund ist generell wassergesättigt. Poren und Hohlräume im Felsuntergrund sind immer wassergefüllt. Die Qualität dieser Wässer ist abhängig von der Zirkulation. Schwach zirkulierende oder stagnierende Wässer weisen eine hohe Mineralisation (vorwiegend NaCl) auf und sind in der Regel ungeniessbar. Aquifere mit einer hohen Durchlässigkeit und Zirkulation können auch in grösseren Tiefen noch Trinkwasserqualität aufweisen. Die Durchlässigkeit nimmt auch in regionalen Aquiferen mit der Tiefe tendenziell ab. Da Salzwasser eine höhere Dichte als Süsswasser aufweist, wird in Folge zunehmender Mineralisation mit der Tiefe oft eine Stratifizierung beobachtet. Dass Kurzschlüsse zwischen salinen Tiefenwässern mit trinkwasserführenden Schichten vermieden werden müssen, ist bei jeder Tiefbohrung zentral.

Oberflächliche und oberflächennahe Gewässerverschmutzungen lassen sich durch verschiedene Vorsorgemassnahmen in der Regel vermeiden, insbesondere durch abgedichtete und umweltgerecht entwässerte Bohrplätze und durch fachgerecht ausgeführte Verrohrung und Zementation der Bohrlöcher.

Besondere Beachtung muss den obersten 200 bis 500 Metern des Grundwasserbereichs geschenkt werden. Um eine Kontaminierung zu verhindern, muss beim Einsatz von wassergefährdenden Chemikalien die abdichtende Verrohrung absolut sicher sein. Die Fortschritte in der Technologie bieten Lösungen zu diesem Problem an. Ebenso müssen die belasteten Wässer beim Rückfluss an die Oberfläche umweltgerecht aufgefangen, behandelt und / oder entsorgt werden.

Gewässerverschmutzung von unten nach oben, also von salinen Wässern aus der gefrackten Formation ins Grundwasser oder in oberirdische Gewässer, sind in der Regel ebenfalls beherrschbar. Besondere Vorsicht ist geboten, wenn geothermische Projekte in der Nähe von Mineral- und Thermalwassernutzungen geplant werden.

Beim Fracking für Geothermienutzung im Kristallin durch hydraulische Stimulation werden dem eingepumpten Wasser keine oder nur wenig Chemikalien beigefügt. Bei tiefer Geothermie in Sedimentgesteinen werden jedoch Säuren zur Verbesserung der Durchlässigkeit und zur Entfernung von Mineralneubildungen verwendet.

Im tiefen Untergrund gibt es grundsätzlich keine leeren Hohlräume; Hohlräume sind entweder mit Wasser, Erdöl oder Gas oder mit einem Gemisch dieser Fluide gefüllt (vgl. Tiefbohrung in St. Gallen). Die gilt auch für das Kristallin.

### **Erdbeben**

Jede Veränderung des Porendrucks im Fels hat eine Veränderung der Spannungsverhältnisse

zur Folge. Dies geschieht bei jedem Eingriff in den Untergrund, sei das im Tunnel- und Stollenbau, im Untertagebergbau oder bei Tiefbohrungen. Eine Porendruckerhöhung bewirkt in einem gespannten Gestein eine Herabsetzung der Scherfestigkeit, was zu spontanen Bruchbildungen führen kann. Diese sind mit Erdbeben verbunden.

Bei der hydraulischen Stimulation in petrothermalen Geothermiesystemen werden solche Vorgänge bewusst angestrebt, da sie die Durchlässigkeit des Gesteins erhöhen (vgl. Tiefbohrung in Basel). Dabei können spürbare Erdbeben ausgelöst werden. Man unterscheidet hier zwischen induzierten und getriggerten Erdbeben. Induzierte Erdbeben haben eine Grösse, die der Spannungsänderung durch die Fluidinjektion entspricht. Sie sind zeitlich durch die Druckveränderungen des Pumpvorgangs und die injizierten Volumina kontrolliert. Getriggerte Erdbeben werden durch kleine spontane Spannungsänderungen ausgelöst und sind weder exakt voraussehbar noch kontrollierbar. Inwieweit natürliche vorhandene, zu spontanen Erdbeben führende Spannungen durch hydraulische Stimulation vorzeitig ausgelöst werden, ist eher schwierig zu beurteilen. Die betroffene Region und der ungefähre Zeitpunkt von solchen Erschütterungen sind jedoch voraussehbar, was bei spontan sich ereignenden Erdbeben (noch) nicht möglich ist.

Bei der hydraulischen Frakturierung (Fracking sensu stricto) wird der Porendruck lokal sehr stark erhöht. Dabei werden in erster Linie Zug- und weniger Scherrisse erzeugt. Dieser Vorgang ist lokal beschränkt, hat weniger Spannungslösungen im Gestein zur Folge und ist in eher seltenen Fällen für die Erzeugung spürbarer Erschütterungen verantwortlich. Tonsteine sind Gesteinsformationen, die eine geringere innere Festigkeit aufweisen und kaum grosse differenzielle Gebirgsspannungen aufbauen können. Das bedeutet, dass in Tonsteinen die Wahrscheinlichkeit für die Auslösung von stärkeren seismischen Ereignissen entsprechend geringer ist als im Kristallin.

Die Versicherung solcher induzierter Erdbeben ist gemäss Versicherungsfachleuten ein schwieriges Unterfangen; entsprechend sind die Prämien für den Versicherungsschutz hoch.

### **Klimagase**

Die Förderung von Erdgas mittels Fracking wird das Zeitalter der fossilen Energie und somit den Ausstoss von Kohlendioxid verlängern. Gleichzeitig könnte aber durch Preiskonkurrenz die mit noch höheren CO<sub>2</sub>-Emissionen verbundene Verbrennung von Kohle reduziert werden. Eine Bilanzierung des daraus resultierenden CO<sub>2</sub>-Ausstosses ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht möglich. Geothermie jedoch könnte einen Beitrag zur substanziellen Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstosses leisten.

### **Chancen (ökonomische und in Bezug auf Wissenszuwachs)**

Fracking in Kombination mit abgelenkten Bohrungen für die Erdgas- und Erdölförderung hat die Ressourcensituation sowie die Energieversorgung grundlegend verändert und wird dies auch in

Zukunft tun. Kohlenwasserstoffe dürften in Zukunft noch billiger werden als sie es bereits sind<sup>1</sup>. Dadurch werden die Anreize zur Verminderung von Kohlenwasserstoffverbrennung für Transport und Stromerzeugung geringer, das heisst, der CO<sub>2</sub>-Ausstoss wird global weiter zunehmen.

Aufgrund der Bevölkerungsdichte, den einzuhaltenden Vorschriften und der sich bereits abzeichnenden Skepsis in Teilen der Schweizer Bevölkerung wird eine weltmarktfähige Nutzung von allfällig vorhandenen Kohlenwasserstoffen im Schweizer Untergrund in den nächsten Jahren kaum stattfinden. Die Ressourcen bleiben jedoch erhalten und können bei Bedarf von späteren Generationen mit den dazumal verfügbaren Technologien genutzt werden, sofern sie dies wünschen.

Geothermie mit hydraulischer Stimulierung ist noch nicht marktreif. Diese Technologie muss noch weiterentwickelt werden und dürfte ohne massive Förderung durch öffentliche Gelder kurz- und mittelfristig kaum gewinnbringend sein. Zudem ist über die langfristigen Folgen des Wärmeentzugs im Untergrund noch wenig bekannt. Auch hier besteht erheblicher Forschungsbedarf. Die Geothermie könnte aber eine wichtige Rolle in der angestrebten Wende hin zu erneuerbaren, sauberen Energien spielen.

## **Soziokulturelle Aspekte**

Die Kenntnis über Aufbau und Zusammensetzung des Untergrundes ist in der Öffentlichkeit gering und im wörtlichen Sinne *terra incognita*. Die Erschliessung von Ressourcen aus einer solchen Umgebung wirft verständlicherweise Fragen auf. Ängste über eine Verschmutzung des Grundwassers, einer unserer Lebensgrundlagen, sowie die Erzeugung von Erdbeben müssen ernst genommen werden. Gut verständliche Informationen und transparente Kommunikation sind notwendig. Ohne umfassende Aufklärung der Bevölkerung, insbesondere der direkt betroffenen, wird die Nutzung lokaler Ressourcen schwierig sein.

Erdgas und allenfalls Erdöl wird von multinationalen Firmen exploriert, gefördert und verkauft. Es gibt in diesem Bereich keine schweizerischen Unternehmen. Die in der Schweiz ansässigen globalen Rohstofffirmen sind am steuerlich günstigen Standort Schweiz interessiert. Ihr Geschäftsfeld ist vornehmlich der Handel.

Die Bevölkerung ist gegenüber der Geothermie offener als gegenüber Erdgas- und Erdölförderung, da es sich um eine saubere und unbegrenzte Energiequelle handelt. Eine Zusammenarbeit von Energiefirmen (mit Schweizer Mehrheitsbeteiligung) mit Gemeinden und Kantonen bei der Nutzung von Erdgas und Erdöl könnte die Akzeptanz möglicherweise erhöhen. Die bei beiden Technologien zu erwartenden spürbaren Erdbeben wirken jedoch abschreckend. Eine klare Kommunikation ist bei künftigen Projekten daher unabdingbar.

---

<sup>1</sup> „Peak Oil“ versus unendlicher Rohstoffreichtum. Eine wichtige Diskussion, zu welcher Julian L. Simon die wesentlichen Teile beigesteuert hat. [http://de.wikipedia.org/wiki/Julian\\_L.\\_Simon](http://de.wikipedia.org/wiki/Julian_L._Simon)

## Potenziale

Das Potenzial für Erdgas aus Tonsteinen, aus kohlenhaltigen Schichten (vorwiegend aus dem Permokarbon) und auch aus konventionellen Lagerstätten ist vorhanden. Die Ergiebigkeit und Ausdehnung der Potenziale ist in der Schweiz jedoch nur sehr lückenhaft bekannt und kaum abschätzbar. Von Tonsteinen weiss man allerdings, dass der für eine Schiefergasförderung notwendige Reifegrad des organischen Materials erst im zentralen und südlichen Molassebecken erreicht wird.

Das Potenzial für tiefe petrothermale Geothermie ist sehr gross. Die Temperatur des Gesteins nimmt mit der Tiefe zu. Die besten Kenntnisse existieren durch die Untersuchungen der Nagra im Kristallin der Nordschweiz. Ansonsten ist die Kenntnis über Aufbau und Permeabilitäten des Kristallins noch lückenhafter als in den Gas führenden Sedimenten.

## Wissenslücken und Defizite

Ausreichende Kenntnisse des geologischen Untergrunds sind eine Voraussetzung für die Erschliessung der tiefliegenden Rohstoffe. Die Erkundung des Untergrunds erfolgt in der Schweiz aber weiterhin auf sehr bescheidenem Niveau. Sollen die grossen Wissenslücken so vermindert werden, dass die Schweiz den Anschluss an andere hochentwickelte Staaten finden kann, so sind erhebliche Anstrengungen für seismische Messkampagnen, tiefe Bohrungen und Pilotbetriebe notwendig. Solche wurden in der vom Parlament angenommenen Motion 11.3563 (Tiefe Geothermie. Schweizweite Erkundung) gefordert.

Um auf kommende Gesuche für Fracking-Operationen (sei es für Gas oder für Geothermie) gesetzgeberisch vorbereitet zu sein, müssen die gesamtschweizerisch geltenden Vorschriften aktualisiert werden. Insbesondere sind das Gewässerschutzgesetz (inklusive Gewässerschutzverordnung) und das Umweltschutzgesetz so zu aktualisieren, dass die Kantone überhaupt in der Lage sind, kommende Fracking-Gesuche mit adäquaten, auf revidierte Gesetzgebung abgestützten Auflagen, Überwachungen und Kontrollen zu bewilligen.

## Beurteilung

Die Schweiz ist das Wasserschloss Europas. Wenn je ein mineralischer Rohstoff knapp werden und nicht durch andere ersetzt werden könnte, so ist es sauberes Wasser in ausreichender Menge. Es scheint technisch möglich resp. es entspricht dem Stand der Technik, Wasserverschmutzungen weitestgehend zu vermeiden. Die für das Fracking eingesetzten Chemikalien werden zudem ständig in Richtung geringerer Wassergefährdung weiter entwickelt. In der Schweiz aber fehlt noch das gesetzgeberische Instrumentarium für die sachgerechte Beurteilung und Bewilligung von Fracking-Vorhaben.

Das Systemverständnis über unseren Untergrund die Erde ist zudem lückenhaft. So ist es nicht möglich vorauszusagen, wann, mit welcher Stärke und wo genau sich Erdbeben ereignen werden. In Basel, St. Gallen und anderswo haben sich in tektonisch aktiven Zonen des Untergrundes vorhandene Spannungen durch die Injektion von Flüssigkeiten in Bohrlöcher

lösen können. Sie haben zu bis an die Oberfläche spürbaren Erschütterungen geführt. Dank der Überwachung wurden aber Erkenntnisse über die Wirkung und mögliche Kontrollierbarkeit des Scherverhaltens des Gesteins in grosser Tiefe gewonnen. Ziel der Forschung ist es, Methoden zu entwickeln, welche die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten grösserer Bruchbildungen mit fühlbaren Erschütterungen minimieren.

Die strikte Umsetzung von Vorschriften, die föderalistische Gesetzgebung bezüglich der Nutzung des Untergrunds und die Furcht der Bevölkerung vor dauerhaften Schädigungen der Umwelt dürfte eine Exploration und Förderung von Erdgas und Erdöl zu Weltmarktpreisen vorderhand wohl verunmöglichen. Die allenfalls vorhandenen Ressourcen blieben aber erhalten.

Für die Geothermie besteht ein grosses Potenzial und, falls die Nutzung in einer Partnerschaft von privaten und öffentlichen Investoren abgewickelt wird, auch über eine grundsätzliche Akzeptanz. Es braucht jedoch hohe Investitionen für die Untersuchung des Untergrundes. Die für die Erkundung und die nachfolgende Errichtung notwendigen Mittel dürften bis zu einer Milliarde Franken erfordern. Eine substantielle Mitfinanzierung durch Bund und Kantone im Sinne einer Anschubfinanzierung und für Risikogarantien erscheint uns unumgänglich.

## Handlungsempfehlungen

1. Fracking resp. hydraulische Stimulation sind Techniken. Techniken sollen nicht verboten oder mit Moratorien belegt werden.
2. Die Kenntnisse des Untergrundes sind in der Schweiz lückenhaft. Fortschritte können nur mit neuen Aufschlüssen (= tiefe Bohrungen) erzielt werden. Dazu braucht es auch Mittel des Bundes. So sollten in enger Zusammenarbeit von Industrieakteuren, Kantonen und Bund geophysikalische Untersuchungen und zirka 20 Bohrungen gemacht werden.
3. Im Zusammenhang mit der Erkundung des Untergrundes sollten in der Schweiz vermehrt Fachleute ausgebildet werden. Dazu braucht es in erster Linie konkrete Projekte, aber auch entsprechende Ausbildungsprogramme an den Hochschulen.
4. Hauptziel der Erkundungen soll die Abschätzung der Potenziale für tiefe Geothermie sein. Da es dort, wo Permeabilitäten vorhanden sind, aber auch Wasser, Öl oder Gas gibt, fallen Kenntnisse über andere Rohstoffe an. Über deren Nutzung ist separat zu entscheiden.
5. Gewässerschutzgesetz und Umweltschutzgesetz sind bezüglich Geothermie und Fracking gute Grundlagen, sie müssen aber bezüglich der neuen Technologie-Anwendungen angepasst werden. Das ist eine Voraussetzung für die systematische und kontrollierbare Erkundung und die anschliessende Nutzung.
6. Die Raumplanung des Untergrundes muss im Hinblick auf seine Nutzungspotenziale durchgeführt werden. Die Revision des RPG Phase 2 sollte dazu die rechtlichen Grundlagen geben.
7. Die Interessenstheorie des Art. 667 ZGB sollte mit einer den heutigen technischen

- Möglichkeiten und wirtschaftlichen Erfordernissen entsprechenden Regel angepasst werden.
8. Der Bund sollte ein nationales Konzept zur Risikobeurteilung und Schadensregelung erarbeiten. Er sollte ebenso im Rahmen der bestehenden Bundesstellen eine Fachstelle für Georessourcen aufbauen. So könnte der Bund die Kantone auf Wunsch beraten und beim Vollzug unterstützen.
  9. Überlegungen über eine nationale Regelung des tiefen Untergrundes mittels eines Bundesverfassungsartikels (bezüglich Nutzung der Erdwärme und des Grundwassers) sollten angestellt werden, wohl wissend, dass die Hoheit über den Untergrund bei den Kantonen liegt. Ressourcen im Untergrund halten sich weder an Gemeinde-, Kantons- noch Landesgrenzen.
  10. Für die Nutzung des Untergrundes muss bei der Bevölkerung eine Vertrauensbasis geschaffen werden. Eine nationale Informationsstrategie mit lokaler Ausrichtung ist angezeigt.

### Weiterführende Literatur

- Akademien der Wissenschaften Schweiz (Januar 2014): Eine Technik im Fokus: Fracking. <http://www.proclim.ch/4dcgi/proclim/en/Media?3061>
- Stefan Hirschberg, Stefan Wiemer, Peter Burgherr (Hrsg.) (November 2014): TA-SWISS-Studie „Energy from the earth: Deep geothermal as a resource for the future?“. <http://www.vdf.ethz.ch/vdf.asp?isbnNr=3654>
- Vereinigung für Umweltrecht VUR-ADE (November 2014): Beiträge zur Jahrestagung. Nutzung des Untergrunds – Herausforderungen und Handlungsbedarf aus rechtlicher Sicht. [http://www.vur-ade.ch/vur\\_vereinigung\\_fuer\\_umweltrecht.php?read\\_category=9](http://www.vur-ade.ch/vur_vereinigung_fuer_umweltrecht.php?read_category=9)
- „Energie aus dem Untergrund: Who cares?“ Symposium Hydraulic Fracturing 2014. <http://www.chgeol.org/aktivitaeten/tiefenplanung/symposium-hydraulic-fracturing-2014/>