



Eine Technik im Fokus: Fracking

Potenziale, Chancen und Risiken

Fracking wird für die bessere Ausschöpfung von konventionellen Öl- und Gaslagerstätten bereits seit Jahrzehnten eingesetzt. Eine verbesserte Fördertechnik und steigende Gaspreise ermöglichen seit einigen Jahren die wirtschaftliche Nutzung von unkonventionellen, d.h. schwer erschliessbaren, Gasressourcen. Auch in der tiefen Geothermie kommt Fracking zum Einsatz. Beide Anwendungen

führen zu kontroversen Diskussionen. Gasfracking und die Nutzung geothermischer Ressourcen unterscheiden sich nicht nur hinsichtlich der Umweltwirkungen. Bei der Beurteilung der beiden Energieträger sind weitere Aspekte zu berücksichtigen, insbesondere Nachhaltigkeit, Potenziale und Wirtschaftlichkeit. Nebst den generellen Chancen und Risiken stellen sich spezifische Fragen für die Schweiz.

Die Technik des Fracking

Grundsätzlich bedeutet Fracking (auch hydraulische Frakturierung oder Stimulation), dass Flüssigkeit mit hohem Druck in den Untergrund gepumpt wird, um die vorhandenen Poren zu vergrössern respektive neuen Porenraum durch Riss- und Bruchbildung zu schaffen und miteinander zu verbinden. Dadurch wird die Durchlässigkeit des Gesteins erhöht. Wenn der Prozess der Rissbildung abgeschlossen ist, wird der in der Tiefe entstandene Überdruck abgebaut, indem die Frackingflüssigkeit wieder an die Oberfläche geholt wird. Ein Teil der Flüssigkeit verbleibt in der Regel in den stimulierten Formationen. Fracking kommt heute bei der Nutzung unkonventioneller Gasressourcen und bei der Nutzung tiefer geothermischer Ressourcen zum Einsatz. Je nach Anwendung unterscheidet sich das Verfahren in verschiedenen Punkten. Diese Unterschiede beeinflussen die Umweltwirkungen, den Wasserbedarf und das Erdbebenrisiko.

Gasfracking

Die Technik der hydraulischen Frakturierung wird bereits seit Ende des 2. Weltkrieges in konventionellen Öl- und Gaslagerstätten angewendet. Dort lässt sich durch das Verfahren 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 Förderung von Schiefergas ist jedoch deutlich aufwändiger als die Tight Gas-Förderung, weil Schiefergas in noch weniger durchlässigem Gestein adsorbiert ist.

Beim Fracking zur Nutzung unkonventioneller Gasvorkommen besteht die Fracking-Flüssigkeit hauptsächlich aus Wasser. Ein Anteil von rund 5 Prozent Sand dient als Stützmittel dazu, dass sich die offenen Risse nach Druckabfall nicht wieder schliessen. Chemische Zusätze mit einem Anteil von unter einem Prozent haben verschiedene Funktionen: Unter anderem transportieren und verteilen sie das Stützmittel, hemmen Bakterienwachstum, verhindern Korrosion an den Förderungsanlagen und regulieren den pH-Wert.



Bohrplatz für Gasfracking in den USA.

Der sogenannte Gasboom erfasste zunächst Nordamerika und hat dessen Energiewirtschaft revolutioniert. Bereits 2009 wurden die USA zum wichtigsten Förderland von Erdgas (vor Russland und Kanada). Sofern die Entwicklung anhält, könnten die USA in wenigen Jahren zum Netto-Erdgasexporteur werden. Allerdings gibt es auch kritische Stimmen, insbesondere zu den Umweltwirkungen von Gasfracking. Dazu gehören das Risiko negativer Auswirkungen aufs Grundwasser, der Landbedarf für Bohrlochfelder, der Wasserbedarf für die hydraulische Frakturierung, insbesondere in Trockengebieten, der Einsatz von chemischen Zusatzstoffen und der Umgang mit Abwasser.

Auch in Europa gibt es unkonventionelle Gasvorkommen, jedoch in deutlich geringeren Mengen als in den USA. In Polen, ein «traditionelles» Kohle- und Gasland, wird die Erkundung der Schiefergasvorkommen vorangetrieben. Ganz anders in Frankreich, wo die Erschliessung unkonventioneller Gasvorkommen inzwischen verboten ist. Ebenfalls verboten ist die hydraulische Frakturierung in Bulgarien, während in Rumänien, der Tschechischen Republik und den Niederlanden Moratorien beschlossen wurden. In Deutschland laufen die Diskussionen um einen Gesetzesentwurf.

Fracking in der Geothermie

Die hydraulische Frakturierung zur Nutzung der Geothermie ist dem Verfahren zur Förderung 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 deren Durchlässigkeit 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.

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 gesamtes Volumen in der Grössenordnung von einigen Kubikkilometern liegt. Bei der Frakturierung zur Nutzung geothermischer Ressourcen sind, je nach Gegebenheiten im Untergrund, Stützmittel oder chemische Zusätze – im Gegensatz zur Förderung unkonventioneller Gasvorkommen – nicht zwingend erforderlich.

Anschliessend an den Frackingprozess zirkuliert das Wasser durch die beiden Bohrlöcher: Durch das eine Bohrloch gelangt das Wasser in die Tiefe, wird im Kontakt mit dem heissen Gestein erwärmt und durch das zweite Bohrloch wieder zur Oberfläche gepumpt. Dort wird es für die Strom- und /oder Wärme-gewinnung genutzt.

Potenziale in der Schweiz

Das Wissen über den geologischen Untergrund ist in der Schweiz beschränkt. Es sind Bemühungen im Gange, mehr über die

Struktur des Untergrundes in Erfahrung zu bringen. Die Schweiz beteiligt sich an europäischen Forschungsprojekten (GeoORG, GeoMol) und auch auf politischer Ebene wird mit dem Mittel der parlamentarischen Motion die nationale Erkundung des Untergrundes gefordert.

Potenzial für unkonventionelle Gasvorkommen

Aufgrund der oben erwähnten schwachen Datengrundlage lässt sich das Potenzial der unkonventionellen Gasressourcen schwer abschätzen. Schiefergas- und Tight Gas-Vorkommen sind in der Schweiz wahrscheinlich, während die Kohleflöze für eine wirtschaftliche Nutzung vermutlich zu tief liegen.

Potenzial für tiefe Geothermie

Die tiefe Geothermie weist von allen erneuerbaren Ressourcen in der Schweiz das grösste theoretische Potenzial auf, 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.

Das theoretische thermische Potenzial wird für die Westschweiz und das nördliche Mittelland bis in eine Tiefe von 5000 Meter 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.

Gesetzliche Grundlagen

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. Sie 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.

Die Haltung der Kantone hinsichtlich einer allfälligen Gasnutzung sind sehr unterschiedlich: Die Kantone Freiburg und Waadt haben sich für ein Moratorium in Bezug auf die Gaserkundung und -förderung entschieden. Der Kanton Bern andererseits gab die Bewilligung für Gaserkundungen zwischen Aarberg und Biel.

Auf nationaler Ebene gibt es Forderungen nach einer raumplanerischen Grundlage zur Nutzung des Untergrundes. Die Eidgenössische Geologische Fachkommission (EGK) ortete bereits 2009 einen dringenden Handlungsbedarf, die Ansprüche an den Untergrund 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. Der Schwei-

zerische Geologenverband empfahl 2013 die Harmonisierung der kantonal unterschiedlichen Regelungen. Auch auf politischer Ebene gibt es Vorstösse zum Thema: Ein entsprechendes Postulat wurde im Jahr 2010 angenommen. Dieses verlangt erstens eine Klärung der rechtlichen Regelung auf nationaler und kantonaler Ebene. Zweitens sollen die Möglichkeiten einer nachhaltigen Nutzung des Untergrundes aufgezeigt werden. Als Antwort auf das angenommene Postulat erarbeitet das Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) im Rahmen der 2. Teilrevision des Raumplanungsgesetzes (RPG) einen Bericht.

Fazit

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. Die Anforderungen der Raumplanung müssen 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



Kohlenwasserstoff-Prospektionsbohrung in Noville (VD).

koordiniertes Vorgehen der Kantone respektive das Festlegen von Grundsätzen für die Ausgestaltung der gesetzlichen Regelungen erscheint daher sinnvoll.

Ungenügende Kenntnisse

Die Kenntnisse über die Beschaffenheit des Untergrundes, insbesondere im Mittelland unterhalb von 1000 Metern, sind in der Schweiz aktuell ungenügend. Daher sind Potenzialabschätzungen – sowohl für die Gasnutzung wie für die Geothermie – schwierig. Eine flächendeckende Erkundung des Untergrundes der Schweiz wurde zwar auf politischer Ebene beschlossen, deren Finanzierung ist jedoch nicht geklärt.

Gasfracking

Aufgrund der bisherigen (unzureichenden) Datengrundlage gibt es in der Schweiz Gasvorkommen, deren Nutzung sich unter Umständen lohnen könnte. Diese könnte zur Versorgungssicherheit und zur Diversifikation der einheimischen Energiequellen beitragen. Allerdings stellen sich im Zusammenhang mit der unkonventionellen Gasförderung Fragen zu den Auswirkungen auf die Umwelt. Erstens handelt es sich um einen nicht erneuerbaren Energieträger, dessen Bereitstellung und Verbrauch mit beträchtlichen CO₂-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, die fragliche Wirtschaftlichkeit sowie die öffentliche Akzeptanz.

Fracking zur Nutzung geothermischer Ressourcen

Die Geothermie zählt zu den erneuerbaren, CO₂-armen Energieressourcen. Deren Nutzung steht im Einklang mit den Klimazielen und ist Teil der Energiestrategie 2050. Das theoretische Potenzial ist enorm, das wirtschaftliche realisierbare Potenzial ist hingegen noch sehr ungewiss. Die Umwelteinflüsse, insbesondere das erhöhte Risiko von Erdbeben, sind 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.

Langfassung

Dieses Factsheet ist eine Kurzfassung des Artikels «Eine Technik im Fokus: Fracking. Potenziale, Chancen und Risiken» (2013). www.proclim.ch/Media?3061

WEITERFÜHRENDE LITERATUR

Akademien der Wissenschaften Schweiz (2012) Zukunft Stromversorgung Schweiz – Langfassung.

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

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

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

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

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

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

Broderick J et al (2011) 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.

IMPRESSUM

REDAKTION
Esther Volken

PROJEKTLEITUNG
Dr. Pierre Dèzes, Platform Geosciences
Dr. Christoph Ritz, ProClim-

AUF ANREGUNG VON
SR Pankraz Freitag (†)
Präsident Parlamentarische Gruppe Klimaänderung
INITIIERT UND RATIFIZIERT VON
Energiekommission der Akademien Schweiz

GRAFIK UND GESTALTUNG
aplus caruso kaeppli gmbh, Esther Volken

BILDNACHWEIS
Wikimedia Commons; EcoFlight; Wikimedia Commons; Pierre Dèzes

HERAUSGEBER UND KONTAKT
Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT)
ProClim- / Platform Geosciences
Schwarztörstrasse 9, 3007 Bern
proclim@scnat.ch / www.proclim.ch
info@geosciences.scnat.ch / www.geosciences.scnat.ch

ZITIERVORSCHLAG
Akademien der Wissenschaften Schweiz (2014) Eine Technik im Fokus: Fracking. Potenziale, Chancen und Risiken. Swiss Academies Factsheets 9 [2].

www.akademien-schweiz.ch/factsheets

EXPERTEN

Dr. Keith Evans
Prof. Dr. Simon Löw
Dr. Benoît Valley
Geologisches Institut, ETH Zürich

Benjamin Jost
Schweiz. Geotechnische Kommission, ETH Zürich

Dr. Ronald Koziel
Leiter Sekt. Hydrogeologie, Bundesamt für Umwelt

Dr. Volker Lützenkirchen
Dr. Federico Matousek
Dr. Marianne Niggli
Dr. von Moos AG, Zürich und Baden

Dr. Gunter Siddiqi
Sekt. Energieforschung, Bundesamt für Energie

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

Dr. Roland Wyss GmbH
Geologische Beratungen, Frauenfeld

Dieses Factsheet wurde von ProClim- und der Platform Geosciences der Akademie der Naturwissenschaften erarbeitet.

sc | nat 

Swiss Academy of Sciences
Akademie der Naturwissenschaften
Accademia di scienze naturali
Académie des sciences naturelles

Energieträger im Untergrund

Kohle		
Erdöl	konventionell und unkonventionell	
Erdgas	konventionell	
	unkonventionell	Schiefergas Tight Gas Kohleflözgas
		Aquifergas Gashydrate
Geothermie	untiefe Geothermie	
	tiefe Geothermie	Hydrothermale Geothermie
		Petrothermale Geothermie

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

Box 1: Gasvorkommen

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 Gesteinsschicht abgeschlossen, sammelt sich das Erdgas in der porösen Schicht an.

Unkonventionelle Gasvorkommen

Unkonventionelle Gasvorkommen zeichnen sich dadurch aus, dass sie schwieriger zu erschliessen sind als konventionelle Vorkommen. Bei den unkonventionellen Gasvorkommen kommen folgende Formen für die Förderung in Frage: Tight Gas sammelt sich in Gesteinen mit niedriger Porosität

und Durchlässigkeit. Die Vorkommen liegen in Tiefen von mehr als 3500 Metern und sind vergleichbar mit konventionellen Lagerstätten mit geringer Durchlässigkeit.

Schiefergasvorkommen entstanden beim Abbau von organischem Material bei erhöhten Temperaturen und Drücken *in situ*, d.h. an Ort und Stelle. Das Gestein, in dem das Gas adsorbiert ist, ist feinkörnig, oft tonmineralhaltig und weist eine sehr geringe Durchlässigkeit auf. Schiefergasvorkommen treten in Tiefen zwischen 1000 und 5000 Metern auf.

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

Box 2: Geothermie

In der Geothermie wird zwischen tiefer und untiefer Geothermie unterschieden. Die untiefe Geothermie nutzt die Wärmereservoirs in den obersten 400 Metern der Erde zum Heizen



Geothermisches Kraftwerk in Island.

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 hydrothormaler und petrothormaler 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 km.

Bei der petrothormalen 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 ermöglichen zur Stromerzeugung entscheidend höhere Wirkungsgrade.

Kritische Aspekte von Fracking

	Nutzung von unkonventionellen Gasvorkommen	Nutzung der tiefen Geothermie
Wasser- verschmutzung	Die Gefahr von Wasserverschmutzungen besteht durch die Fracking-Flüssigkeit, das geförderte Gas sowie das Lagerstättenwasser mit z.T. giftigen oder natürlichen radioaktiven Stoffen aus der Lagerstätte. Wasserverschmutzungen sind an der Oberfläche möglich, bei Bohrlecks, beim Entweichen von Gas aus der Lagerstätte oder bei der unsachgemässen Entsorgung der Fracking-Flüssigkeit. Der Rückfluss wird rezykliert oder grob gereinigt und entsorgt. Die rasche Abfallrate bedingt eine grosse Anzahl an stets neuen Bohrlöchern, deren Dichtigkeit langfristig gesichert werden muss.	Die Gefahren bezüglich der Verschmutzung von Grundwasser und Oberflächengewässer sind ähnlich wie bei den unkonventionellen Gasvorkommen. Die Frakturierung in der Geothermie erfordert jedoch nicht zwingend den Einsatz von Stützmitteln oder Chemikalien. Zu Tage geförderte geothermische Fluide werden wieder in die Gesteinsschichten im tiefen Untergrund verpresst. In der Regel entfällt daher das Problem der Entsorgung von Rückfluss.
Landverbrauch	Für die Bohr- und Frackingphase wird eine Fläche von bis zu 20 000 m ² beansprucht. Während der Produktion reduziert sich diese Fläche auf 5000 bis 10 000 m ² . Die Abwasserteiche, in denen das zurückströmende Abwasser vor dem Abtransport gesammelt wird, können den Flächenbedarf verdoppeln. Die Nutzung von unkonventionellen Gasressourcen erfordert zahlreiche Bohrplätze. Mit «Cluster-Bohrungen», d.h. der sternförmigen Erschliessung eines Gebietes von einem Bohrplatz aus, lässt sich der Flächenbedarf reduzieren.	Ein Industrieareal für ein Geothermie-Kraftwerk erfordert während der Bohrarbeiten rund 5000 m ² . Nach Abschluss der Bohrungen ist der Flächenbedarf relativ gering. Der spezifische Flächenbedarf pro produzierte Energieeinheit ist kleiner als bei allen anderen erneuerbaren Energieträgern.
Wasser- verbrauch	Die für das Fracking erforderliche Wassermenge ist abhängig von der Durchlässigkeit des Gesteins, dem Ausmass des Rissystems und der Zahl der Bohrlöcher. Auf einem Bohrplatz sind bis zu 20 oder 30 Bohrlöcher erforderlich. Pro Bohrloch werden zwischen 9000 und 29 000 m ³ Wasser benötigt. 20 bis 80 Prozent des eingesetzten Wassers werden zurückgewonnen und teilweise als Fracking-Flüssigkeit wiederverwendet.	Die Schaffung eines petrothermalen Reservoirs erfordert rund 10 000 bis 20 000 m ³ Wasser. Während der Betriebsphase einer Geothermieranlage zirkuliert Wasser. Bei der petrothermalen Geothermie wird in der Regel weniger Wasser gefördert als reinjiziert, so dass zusätzliches Wasser bereitgestellt werden muss. Im Idealfall kann die geförderte Wassermenge der wieder injizierten Wassermenge entsprechen.
Treibhausgas- bilanz	Unkonventionelle Gasvorkommen sind eine nicht-erneuerbare, fossile Energieform, die erhebliche CO ₂ -Emissionen verursacht. Die gesamten Treibhausgasemissionen durch Gewinnung, Verteilung und Verbrennung von unkonventionellem Gas variieren stark, je nach Erschliessungsaufwand, Förderrate pro Bohrloch und der Menge an freigesetztem Methan, liegen aber für Referenzfälle im Bereich von konventionellem Erdgas.	Die Geothermie ist eine erneuerbare, CO ₂ -arme Energieform. Die CO ₂ -Emissionen werden in erster Linie durch die Bohrungen verursacht. Betrieb und Rückbau machen nur rund 10 Prozent der Umweltwirkungen aus. Die CO ₂ -Emissionen sind vergleichbar mit anderen neuen erneuerbaren Energiequellen.
Induzierte Erdbeben	Bei Schiefergas- und Tight Gas-Vorkommen erfolgen die Bohrungen in Sedimentschichten, welche die Energie in der Regel aufnehmen können oder sich verformen. Wird die nicht mehr verwendbare Fracking-Flüssigkeit in den Untergrund verpresst, kann auch dieser Vorgang Beben auslösen.	Die Bohrungen erfolgen in kristallinem Gestein. Das Potenzial für Erdbeben ist grösser als bei der Gasnutzung. Die Erfahrungen bezüglich der Stimulation petrothormaler Systeme sind sehr beschränkt. Aufgrund neuer, ungesicherter Erkenntnisse sollen bei neuen Bohrungen kleinere Gesteinsvolumina etappenweise stimuliert werden, um Beben zu reduzieren. Die Nähe zu (bekanntem) Bruchzonen soll bei zukünftigen Projekten vermieden werden.
Nachhaltigkeit	Gasvorkommen sind fossile, nicht erneuerbare Ressourcen. Das typische Förderprofil bei unkonventionellen Gasvorkommen weist einen raschen Anstieg auf, fällt dann aber rasch ab. Die Abfallraten sind um eine Grössenordnung höher als bei konventionellen Vorkommen. Sie betragen einige Prozent im Monat respektive 50 Prozent und mehr im ersten Jahr. Die Fördermenge kann nur durch ständig neue Bohrungen konstant gehalten werden.	Die Geothermie zählt zu den erneuerbaren Energieressourcen. Dennoch kühlt sich mit der Nutzung der Untergrund ab und nach einer Phase der Nutzung ist eine Phase der Regeneration erforderlich. Gemäss Studien dauert diese ähnlich lange wie die Dauer der Produktion. Die exakte Regenerationszeit hängt vom Untergrund ab.
Weitere Umweltaspekte	Weitere negative Umwelteinflüsse sind Luftverschmutzung und Lärmbelastung durch die Bohrungen sowie den Verkehr während Bau, Frackingphase und Rückbau.	Die Lärmemissionen sind während der Bohrphase am grössten. Der An- und Abtransport von Energieträgern entfällt.