

## UNKONVENTIONELLE GAS-PRODUKTION MIT FRACKING - EINE SICHERE TECHNOLOGIE

Dr. Peter Burri, Präsident SASEG (Swiss Association of Energy Geoscientists), Basel

### 1. Hintergrund zur Technologie

Der globale Bedarf an fossiler Energie und damit die Gewinnung von *Kohle*, *Erdöl* und *Erdgas* steigen rasant an. Die Ursache dieses Trends liegt vor allem bei den Entwicklungsländern, die es sich aus wirtschaftlichen Gründen nicht nehmen lassen werden, ihren stark anwachsenden Energiehunger auf möglichst einfachem technischem Niveau zu stillen.

Im Folgenden sei nur die Gewinnung von *flüssigen* und *gasförmigen Kohlenwasserstoffen* in Form von Erdöl und Erdgas betrachtet. Bis etwa 2005 nutzte man vor allem die mit klassischen Fördermethoden direkt anzapfbaren Erdöl- und Gasreserven, und es gab immer wieder beunruhigende Prognosen, wie lange diese Energiequellen der Menschheit überhaupt noch zur Verfügung stünden. Schon seit Jahrzehnten gibt es eine *Technologie, welche den Zufluss zum Bohrloch stimuliert* und mit der auch Öl- und Gasvorkommen in sehr dichten, wenig durchlässigen und daher schwierig zu erschliessenden Gesteinen gewonnen werden können. Die Methode wurde in den letzten 10 Jahren stark weiterentwickelt und kommt neuerdings in sog. *Muttergesteinen* zur Anwendung, oft schieferartige Formationen mit hohem Gehalt an organischem Material, das beim Absinken in grössere Tiefen und bei Temperaturen  $>100^{\circ}\text{C}$  in Kohlenwasserstoffe umgewandelt wurde. Ein grosser Teil der so generierten Kohlenwasserstoffe wandert nicht – wie bisher in der Geologie angenommen – in die umgebenden Sedimente, sondern bleibt im Muttergestein zurück. Die auf diese Weise im dichten Muttergestein gefangenen Mengen betragen vermutlich ein *Vielfaches des gesamten Öl- und Gasvolumens*, das bisher durch die weltweite konventionelle Exploration entdeckt wurde, und - selbst wenn nur ein Teil dieses Volumens gefördert werden kann – vergrössern sie das Potenzial einer längerfristigen Energieversorgung der Menschheit in ungeahntem Ausmass. Die Möglichkeit der Förderung unkonventioneller Kohlenwasserstoffe aus Muttergestein hat die Prognosen für die Reichweite der fossilen Ressourcen in den letzten Jahren völlig auf den Kopf gestellt.

Die Technologie, die eine Ausbeutung dieser gefangenen Öl- und Gasvolumen (Schiefergas, Tight-Gas) erlaubt, nennt man *Unkonventionelle Gas-Produktion* [1]. Sie umfasst

a) das *Abteufen von Horizontalbohrungen*, die über viele Kilometer dem gashaltigen Gestein im Untergrund folgen können und

b) das *Aufbrechen* des dichten Gesteins mittels *Hydraulic Fracturing* (Abkürzung: *Fracking*).

Fracking wird in dichten Sanden und Kalken bereits seit Mitte des letzten Jahrhunderts angewandt (in grossem Umfang auch in Europa), und die Einführung des horizontalen Bohrens erfolgte ab 1980.

Beim Fracking wird heute meist ein Gemisch von rund 99% Wasser und Quarzsand mit 0.5 bis 1% Additiven unter hohem Druck in das Gestein gepresst. Dabei werden im Gestein Klüfte geöffnet und

Risse erzeugt. Der injizierte Sand oder andere Stützmittel wie Keramik­kügelchen verhindern nach Abfall des Druckes ein Schliessen der Klüfte bzw. Risse. Die Additive dienen in erster Linie zur Eindickung der Flüssigkeit (bessere Tragkraft für Sand) und als Reibungshemmer für einen besseren Transport des Sandes.

## 2. Kritik an der Unkonventionellen Gas-Produktion

Zu Beginn der Unkonventionellen Gas-Produktion in den USA ist es im letzten Jahrzehnt bei mehreren Fördereinrichtungen zu nicht tolerierbaren Verunreinigungen des Bodens und teilweise des Grundwassers gekommen. Inzwischen wurden die Methoden und vor allem die Produktionsstandards drastisch verbessert. Letztere werden heute von vielen Unternehmen auch tatsächlich routinemässig eingehalten, vor allem in Gebieten, die neu genutzt werden wie z.B. im Marcellus Shale Gas Play, Pennsylvania [2]. Es zeigt sich, dass bei der Anwendung von „Best Practice“ fast sämtliche Problempunkte der Schiefergas-Exploration und –Gewinnung inzwischen technisch gelöst sind. Die Unkonventionelle Gas-Produktion darf heute als *sicher, umweltfreundlich* und erst noch als *wirtschaftlich* bezeichnet werden. Die entsprechenden Produktionsstandards sollten die Basis für die zukünftige *Regelung* und *Gesetzgebung* der entsprechenden Aktivitäten in Europa bilden.

In der öffentlichen Wahrnehmung und auf der politischen und medialen Ebene wird diese positive Entwicklung aber bisher kaum zur Kenntnis genommen und das Unfallgeschehen aus den Anfängen der Schieferöl- bzw. Schiefergasgewinnung nach wie vor hochgespielt. Der Film "Gasland" [3], der die weltweite Fracking-Kritik auslöste, wurde inzwischen selbst von der US-Umweltbehörde EPA als in grossen Teilen irreführend beurteilt, vor allem was den Einfluss des Fracking auf das Trinkwasser anbelangt [4], [5]. Auch in Europa wird die Diskussion von emotionalen Ansichten bestimmt, die in den meisten Fällen wenig mit der technischen Wirklichkeit zu tun haben.

## 3. Kritikpunkte und Fakten

Eine umfangreiche Sammlung von Publikationen verschiedener europäischer Autoren zu diesem Abschnitt findet sich in der Sondernummer des Swiss Bulletins für angewandte Geologie zum Thema „Hydraulic Fracturing/Fracking“ [6]. Speziell sei auf den darin enthaltenen Übersichtsartikel [7] verwiesen.

### a) Erzeugung von Rissen bis an die Oberfläche und Kontamination des Trinkwassers

In den USA liegen die Erfahrungen von über 2 Mio durchgeführten einzelnen Fracking-Operationen vor. In keinem Fall konnte bisher nachgewiesen werden, dass künstlich erzeugte Risse aus 2000 - 4000m Tiefe sich bis an die Oberfläche oder bis zum Niveau der Trinkwasseradern (Aquifere) ausgedehnt hätten. Die Ausdehnung der Risse kann heute mit hochempfindlichen Seismometern präzise gemessen werden. Demnach haben die Risse eine maximale vertikale Ausdehnung von wenigen 100m. Auch ein Flüssigtransport über bestehende natürliche Brüche wurde bis jetzt nicht beobachtet. Da zudem Tiefenwässer meist reich an Salzen und gelösten Materialien sind und wie die Fracking-Flüssigkeit ein wesentlich höheres spezifisches Gewicht als Trinkwasser aufweisen, verhindert die Schwerkraft fast überall eine Vermischung von Tiefenwasser und Trinkwasser. Kontamination des Grundwassers und Verschmutzungen am Boden waren fast immer auf Unfälle an der Oberfläche oder auf nicht sachgerechte Bohrungen zurückzuführen (z.B. ungenügende Verrohrung, schlechte Zementierung der Bohrung), nicht aber auf die Fracking-Operation selbst. Fehler beim Bohren und

beim Verrohren des Bohrlochs können bei jeder konventionellen Bohrtätigkeit auftreten; sie sind aber selten und lassen sich nachträglich beheben.

#### b) Toxische Substanzen in der Fracking-Flüssigkeit

Zu Beginn der Gewinnung von Schiefergas wurden in den USA als Additive teilweise potenziell schädliche Substanzen verwendet. In Deutschland kamen bisher Additive zum Einsatz, die in konzentrierter Form der gleichen schädlichen Stoffkategorie wie Gülle angehören. Dabei wurden sie aber um rund einen Faktor 100 verdünnt und erst noch in einigen Tausend Metern Tiefe angewendet, während Gülle nur wenige 10 Meter über dem Grundwasser eingesetzt werden darf! Inzwischen werden in Deutschland vom grössten Operator, Exxon-Mobil, lediglich zwei nicht toxische und biologisch abbaubare Substanzen als Additive zugelassen, nämlich Cholinchlorid und Butyldiglycol [8]. Eine Gefahr für das Grundwasser in der Schweiz durch Hydraulic Fracturing wird auch durch ausgewiesene Grundwasserexperten verneint [12].

#### c) Grosser Wasserbedarf

Fracking benötigt in der Tat grosse Mengen an Wasser: einige 100 m<sup>3</sup> pro Fracking-Operation und mehrere 1000 m<sup>3</sup> bis >10'000 m<sup>3</sup> pro Bohrung. Ein grosser Teil dieses Wassers wird heute bei der Gas-Produktion als Rückfluss zurückgewonnen und rezykliert. Die Verbrennung von Gas erzeugt natürlich ebenfalls Wasser und CO<sub>2</sub>. Das auf diese Weise über die Lebenszeit einer Förderstelle produzierte Wasser entspricht einer Menge, die bis zu 5 mal grösser ist als diejenige, die für die Bohrung und die Fracking-Operation einer durchschnittlichen Anlage benötigt wird. Die Gasförderung bedeutet daher gesamthaft einen Nettobeitrag zum Wasserhaushalt, wobei allerdings Produktions- und Verbrennungsstandorte geographisch oft voneinander getrennt sind. Optimal wäre unter diesem Gesichtspunkt die Gewinnung von Elektrizität durch Gaskraftwerke am Produktionsstandort.

#### d) Methan im Grundwasser und Gas-Austritte an der Oberfläche

Das aufsteigende Gas kann bei schlecht ausgeführten Bohrungen unter Umständen in höheren, bodennahen Schichten austreten und ins Trinkwasser gelangen. Solche Probleme sind selten (<1% der Bohrungen) und lassen sich durch eine nachträgliche Reparatur beheben. Natürliche Gaseintritte in Trinkwasseranlagen kommen in Gebieten mit reifen Muttergesteinen und vor allem mit mächtigen, untiefen Kohlenflözen vor, die Methan generieren, das bis an die Erdoberfläche diffundiert. Der berühmte Wasserhahn im Film „Gasland“, bei dem anstelle von ausfliessendem Wasser eine Gasflamme zu sehen ist, basiert auf einer solchen Situation und hat nichts mit Fracking zu tun. Natürliche Gas-Austritte sind in allen Gebieten mit reifen Muttergesteinen im Untergrund eine häufige und normale Erscheinung (in den Niederlanden müssen die meisten produzierenden Geothermiebohrungen mit Gas-Abscheidern [sog. Gas Separators] ausgestattet werden, um natürliches Gas abzutrennen).

#### e) Oberflächen-Fussabdruck

Landverbrauch war ein gravierendes Problem, als anfänglich die Unkonventionelle Gas-Produktion auf vielen vertikalen Bohrungen basierte. Inzwischen sind fast alle Bohrungen horizontal und werden als „Cluster“ (Bündel) von bis zu 30 Bohrungen von einem einzigen zentralen Bohrplatz aus abgeteuft. Ein Cluster kann dabei Schieferöl oder -gas aus einem Gebiet von bis zu 10 km<sup>2</sup> und mehr fördern. So würde theoretisch z.B. ein einziges Cluster am HB Zürich für die Förderung auf einer Fläche der ganzen Stadt einschliesslich eines Teils der Vororte genügen.

Ein durchschnittliches Produktionscluster mit 20 horizontalen Gas-Bohrungen in Norddeutschland liefert pro Stunde 30'000 m<sup>3</sup> Gas auf einer Fläche von einer Hektare (0.01 km<sup>2</sup>). Dies entspricht einer Energie von 300 MWh. Um die gleiche Energiemenge zu erzeugen, braucht es bei

- Biogas: 400 km<sup>2</sup> Maisfelder
- Wind: 25 km<sup>2</sup> für ein Feld, auf dem 200 grosse Windturbinen angeordnet sind
- Sonne: 19 km<sup>2</sup> Solarpanelen

Unkonventionelle Gas-Produktion ist also bezüglich Flächenbedarf extrem sparsam [9]. Das obige Zahlenbeispiel bezieht sich allerdings auf konventionelle Gas-Produktion, da in Deutschland noch kein unkonventionelles Gas gefördert wird. Der Vergleich würde aber auch für Unkonventionelle Gasproduktion zutreffen.

#### f) Induzierte Erdbeben

Potenziell gefährliche seismische Erschütterungen werden häufig mit Fracking in Verbindung gebracht. Bei weltweit mehr als 3 Mio Fracking-Operationen gibt es aber keinen einzigen dokumentierten Fall eines Schadenbebens, das durch Fracking in *Sedimenten* ausgelöst wurde. Die dadurch verursachten Erschütterungen liegen weit unterhalb einer Grenzintensität, die an der Oberfläche noch wahrgenommen werden kann. Seismizität kann aber bei Wiedereinpressen von grösseren Flüssigkeitsmengen in den Untergrund auftreten, wie dies beispielsweise bei Injektionsbohrungen für die Verpressung von Restwasser der Fall ist. Recycling der rückgeführten Flüssigkeiten aus der Bohrung reduziert nicht nur den Wasserverbrauch, sondern eliminiert auch die Notwendigkeit der Injektion von Wasser und verringert dadurch das seismische Risiko.

Stärkere, selten auch mit zumeist geringen Schäden verbundene Erdbeben treten hingegen gelegentlich bei Fracking im Zusammenhang mit der *geothermischen Energiegewinnung* auf, vor allem wenn im kristallinen *Grundgebirge* (z.B. Granit) Klüfte geöffnet bzw. Scherrisse erzeugt werden (Hot Dry Rock, HDR-Verfahren oder Enhanced Geothermal Systems). Der grösste bekannte Fall trat 2006 bei der Geothermie-Bohrung in Basel auf (siehe TGZ-These Nr. 6). Dabei gab es aber keine strukturellen Schäden an Gebäuden, sondern nur Risse im Verputz, Gips etc.

## 5. Fazit

Das bei der *Unkonventionellen Gas-Produktion* verwendete *Hydraulic Fracturing (Fracking)* ist keine neuartige Methode, sondern findet zur Verbesserung der Fließraten in wenig permeablen Gesteinsschichten, die Öl- und Gasreserven enthalten, schon seit Mitte des letzten Jahrhunderts Anwendung, auch in Europa. Neu ist, dass Fracking seit der Jahrtausendwende zur *Gas- und Öl-Produktion direkt aus dem Muttergestein*, das die Kohlenwasserstoffe generiert, eingesetzt wird. In der Anfangsphase traten dabei auch unerwünschte, *umweltschädliche Nebeneffekte* auf (Kontamination des Grundwassers und des Bodens durch toxische Substanzen sowie Gas-Lecks, Erdbeben etc.). Das Verfahren wurde aber in der Folge wesentlich *verbessert* und beinhaltet heute *keine Risiken*, die diejenigen anderer industrieller Tätigkeiten übersteigen. Die nunmehr existierenden *Produktionsstandards* ermöglichen eine *saubere und sichere Förderung* von Schieferöl und –gas. Ein *Verbot* ist also heute aus wissenschaftlich-technischer Sicht *nicht zu rechtfertigen*, wohl aber braucht es *klare Regeln, Standards und Kontrollen*.

*Fracking* ist zudem ein essentielles Verfahren der *Tiefengeothermie*. Ohne Fracking können keine künstlichen geothermischen Durchlauferhitzer zur Gewinnung von *thermischer Energie* erstellt werden. Heisses Wasser dient dabei *industriellen Zwecken* und dem Betrieb von *Fernheizungen*; ein *massgeblicher Beitrag zur Stromversorgung* ist hingegen zufolge der niederen Wassertemperaturen

und dem dadurch bedingten schlechten Wirkungsgrad der Dampfturbinen leider *nicht zu erwarten* (siehe TGZ-These Nr. 6).

Es gibt heute weltweit keine wissenschaftlich-technisch anerkannte Institution mit Knowhow auf den Gebieten der Tiefengeologie und Geophysik sowie des Bohr-, Reservoir- und Petroleum-Engineering, die ein Verbot von Fracking empfiehlt. Insbesondere haben sich alle entsprechenden Akademien der EU (EASAC), Deutschlands, Norwegens und der Schweiz gegen ein solches Verbot ausgesprochen [10],[11].

## Referenzen

- [1] P. Burri, „Unkonventionelles Gas und Fracking – Bedrohung oder Energiebücke in die Zukunft?“, TGZ-Vortrag, ETH Zürich, 16. März 2015
- [2] J.A. Parker, J. Kostelnik, „The Marcellus Shale Gas Play in Pennsylvania“  
[www.marcellus.psu.edu/resources/PDFs/DCNR.pdf](http://www.marcellus.psu.edu/resources/PDFs/DCNR.pdf)
- [3] Josh Fox, Filmemacher, „Gasland“. US-Dokumentarfilm, 2010
- [4] EPA’s Study of Hydraulic Fracturing for Oil and Gas and Its Potential Impact on Drinking Water Resources  
<http://www2.epa.gov/sites/production/files/documents/hf-progress-report-exec-summary20121214.pdf>
- [5] B. Plumer, EPA-study: „Fracking hasn’t widely harmed our drinking water – but it does pose risks“, update June 5, 2015  
[www.vox.com/2015/6/4/8730689/fracking-EPA-drinking-water](http://www.vox.com/2015/6/4/8730689/fracking-EPA-drinking-water)
- [6] Swiss Bulletin für angewandte Geologie, Sondernummer „Hydraulic Fracturing / Fracking“, Vol. 19/2, 2014. Schweizerische Vereinigung von Energie-Geowissenschaftlern – SASEG
- [7] P. Burri, Hydraulic Fracturing – Postscriptum. A geologist’s attempt to summarize what we know and where we go“. Swiss Bulletin für angewandte Geologie, Vol. 19/2, P. 143 – 150, 2014
- [8] ExxonMobil: Fracking-Flüssigkeiten (2014)  
[www.erdgassuche-in-deutschland.de/hydraulicfracturing/frac-fluessigkeiten/index.html](http://www.erdgassuche-in-deutschland.de/hydraulicfracturing/frac-fluessigkeiten/index.html)
- [9] ExxonMobil: Flächenbedarf (Vergleich von verschiedenen Energieträgern)  
[http://erdgassuche-in-deutschland.de/erkundung\\_foerderung/flaechenbedarf](http://erdgassuche-in-deutschland.de/erkundung_foerderung/flaechenbedarf)
- [10] Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Hrsg.): „Hydraulic Fracturing, eine Technologie in Diskussion“. acatech POSITION, 9. Juni 2015
- [11] European Academies Science Advisory Council (EASAC): Shale gas extraction issues of particular relevance to the European Union, 2014  
[http://www.easac.eu/fileadmin/Reports/EASC\\_Exec\\_Summary\\_Statement\\_Shale\\_Gas\\_Extraction\\_combined.pdf](http://www.easac.eu/fileadmin/Reports/EASC_Exec_Summary_Statement_Shale_Gas_Extraction_combined.pdf)

[12] D. Hartmann, B. Meylan, „Fracking in der Schweiz aus der Sicht des Grund- und Trinkwasser-Schutzes“. Swiss Bulletin für angewandte Geologie, Vol. 19/2, p. 109 – 113, 2014