

Bericht aus dem Projekt

„Hydraulic Fracturing – eine Technologie in der Diskussion“

Rolf Emmermann (Projektleitung)

Stand: 4. September 2014

Angesichts der kritischen Diskussion über das Hydraulic Fracturing einerseits und der wirtschaftlichen und umweltpolitischen Bedeutung dieser Technologie andererseits hat die Deutsche Akademie der Technikwissenschaften das Projekt „Hydraulic Fracturing – eine Technologie in der Diskussion“ ins Leben gerufen. Die Projektgruppe erarbeitet einen wissenschaftlich fundierten Überblick über Potenziale, Chancen und Risiken des Hydraulic Fracturing. Wichtig für die Beurteilung der Technologie und ihres Einsatzes sind „Best Practices“, welche die Grundlage für die zukünftigen operationellen Standards liefern sollen. Ob man sich letztendlich für oder gegen Hydraulic Fracturing entscheidet bzw. unter welchen Bedingungen man diese Methode in Deutschland weiter verfolgen will, ist eine Frage der politischen und persönlichen Wertvorstellungen und Präferenzen. Die Informationsbasis für die politische und gesellschaftliche Diskussion zu verbreitern, ist das vordringliche Anliegen dieses Projekts. Der vorliegende Bericht gibt einen Einblick in die bisherigen Resultate des Projekts und einen Ausblick auf die acatech POSITION, die nach externem Review und Syndizierung durch das acatech Präsidium Ende 2014 erscheinen wird.

Autoren:

Prof. Dr. Rolf **Emmermann**, Mitglied acatech Präsidium; Dr. Peter **Burri**, Präsident Schweizerische Vereinigung von Energie-Geowissenschaftlern (SASEG); Prof. Dr. Andreas **Dahmke**, Institut für Geowissenschaften der Universität Kiel; Dr.-Ing. Klaus **Freytag**, Präsident Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Berlin/Brandenburg; Prof. Dr. Hans-Peter **Harjes**, Prof. emer. für Geophysik, Ruhr-Universität Bochum; Prof. Dr. Michael **Kühn**, Sektion Hydrologie, GFZ Potsdam; Prof. Dr. Hans-Joachim **Kümpel**, Präsident Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover; Prof. Dr. Ortwin **Renn**, Mitglied acatech Präsidium, Institut für Sozialwissenschaften der Universität Stuttgart; Prof. Dr. Martin **Sauter**, Geowissenschaftliches Zentrum der Universität Göttingen sowie als Referenten Dr. Jörn **Lauterjung**, GFZ Potsdam; Dr. Marcus **Wenzelides**, acatech

Einführung und Überblick

„Fracksausen vor dem Fracking“ lautete die Überschrift eines Leitartikels in der FAZ vom März 2013. Tatsächlich gibt es bei uns gegenwärtig wohl kaum ein anderes technisches Verfahren, das derart kontrovers diskutiert wird und auf so viele Widerstände stößt, wie das Fracking.

Die Bundesregierung hat in ihrem Koalitionsvertrag vom Dezember 2013 diese Thematik erneut aufgegriffen und dem „Fracking“ einen eigenen Abschnitt gewidmet. Darin wird auf das mögliche Risikopotenzial des Einsatzes der Fracking-Technologie bei der unkonventionellen Erdgasgewinnung verwiesen und herausgestellt, dass die Auswirkungen auf Mensch, Natur und Umwelt wissenschaftlich noch nicht hinreichend geklärt sind und dass die Themen Grundwasser und Gesundheit absolute Priorität besitzen. Gleichzeitig lässt sich aus dem Text aber auch eine Handlungslinie ableiten, die heißt: „Moratorium > Forschen > Endgültig entscheiden“. Die Regierungsparteien haben im Koalitionsvertrag vereinbart, kurzfristig Vorschläge zur Änderung des Wasserhaushaltsgesetzes und der Umweltverträglichkeitsprüfung zu erarbeiten. Ausgehend davon haben Bundesumweltministerin Barbara Hendricks und Bundeswirtschaftsminister Sigmar Gabriel im Juli 2014 gemeinsame Eckpunkte für eine gesetzliche Regelung von „Fracking“ vorgestellt.

Vor dem Hintergrund dieser Entwicklung wird acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften auf der Grundlage von wissenschaftlichen und technischen Fakten Ende 2014 „Position“ beziehen und das Thema Hydraulic Fracturing mit seinen vielfältigen Facetten einschließlich der ökologischen, rechtlichen, wirtschaftlichen und energiepolitischen Implikationen, der Kommunikation und gesellschaftlichen Akzeptanz sowie einer integrativen Abwägung von Risiken und Chancen beleuchten.

Fracking ist die umgangssprachlich inzwischen allgemein verwendete Kurzform für Hydraulic Fracturing. Es handelt sich dabei um ein Verfahren der hydraulischen Gesteinsbehandlung, die in der Regel aus Tiefbohrungen heraus und durch ausgewählte, nachträglich perforierte Abschnitte der Verrohrung erfolgt. Ziel einer Frac-Maßnahme ist es, in festen, wenig durchlässigen Gesteinen im tieferen Untergrund mit Hilfe von erhöhtem Wasserdruck Risse (=fractures) und damit Wegsamkeiten für die Freisetzung und/oder den Transport von Fluiden (Flüssigkeiten und Gase) zu erzeugen. Je nach Anwendungsgebiet können dabei zusätzlich Stützmittel zum Offenhalten der Risse (z. B. Quarzsand oder Keramikkügelchen) sowie weitere Substanzen als Additive beigemischt werden.

Hydraulic Fracturing zur Kohlenwasserstoffförderung

Diese Technologie wurde erstmals in den 1940er Jahren von der Kohlenwasserstoff(KW)-Industrie zur Erhöhung der Ausbeute von Erdgas und Erdöl aus konventionellen Lagerstätten eingesetzt, d. h. KW-Vorkommen in porös-permeablen, von undurchlässigen Barriere-Formationen abgedichteten Speichergesteinen. Hydraulic Fracturing hat sich seitdem zu einer Schlüsseltechnologie zur Erschließung insbesondere von Erdgas aus relativ dichten Sandsteinen oder karbonatischen Speichergesteinen (sogenanntes Tight Gas) entwickelt. Weltweit sind inzwischen rund drei Millionen Frac-Maßnahmen in Bohrungen durchgeführt worden. In Deutschland wird die Frac-Technologie seit 1961 – ohne messbare Beeinträchtigungen der Umwelt – zur Steigerung der Produktionsrate von weniger ergiebigen KW-Lagerstätten und insbesondere zur Gewinnung von Tight Gas eingesetzt.

Hydraulic Fracturing zur Nutzung der Tiefengeothermie

Ein vergleichsweise junges, inzwischen aber weltweit etabliertes weiteres Anwendungsgebiet der Frac-Technologie ist die Erschließung von Erdwärme-Reservoirs im tieferen Untergrund zur Energiegewinnung (Tiefengeothermie). Dabei werden durch Wasserinjektion (in der Regel ohne chemische Additive) in dichten, heißen Gesteinen (petrothermale Geothermie) in Tiefen ab vier Kilometern bereits vorhandene geologische Schwächezonen reaktiviert oder künstliche Rissflächen geschaffen,

um einen verbesserten Durchfluss von Wasser im Gestein zu ermöglichen. Auf diese Weise entstehen unterirdische Wärmetauscher mit guten Wegsamkeiten für die Erhitzung von Wasser, das von der Erdoberfläche über eine Tiefbohrung in den Wärmetauscher gepumpt und über entsprechende Produktionsbohrungen wieder nach oben zur energetischen Nutzung gefördert wird.

Weitere Anwendungen von Hydraulic Fracturing

Darüber hinaus kommt Fracking gelegentlich zur Anwendung bei Grundwasserbohrungen, der Erschließung mineralischer Ressourcen oder zur Entgasung von Kohleflözen. Ein wichtiges Feld ist auch die Nutzung dieser Technologie für wissenschaftliche Zwecke. In einer Reihe von nationalen und internationalen Forschungsbohrungen wurde die Methode des Hydraulic Fracturing eingesetzt, um Informationen über die mechanischen und hydrologischen Gesteinseigenschaften im Untergrund sowie die natürliche Erdbebenaktivität zu gewinnen.

Deutschland verfügt aus dem ehemaligen Kontinentalen Tiefbohrprogramm (KTB) über umfassende Erfahrungen in der wissenschaftlichen Nutzung von Hydraulic Fracturing. Die Methode wurde hier eingesetzt zur Erforschung des tektonischen Spannungsfeldes der oberen Erdkruste und der Gesteinsfestigkeit (in Abhängigkeit von der Erdtiefe) sowie zum quantitativen Verständnis des Frac-Prozesses und der Entstehung und Ausbreitung von Frac-induzierten (Mikro-)Erdbeben. Im Rahmen dieses vom damaligen Bundesministerium für Forschung und Technologie und der Deutschen Forschungsgemeinschaft gemeinsam finanzierten geowissenschaftlichen Großforschungsprojekts wurden in der Oberpfalz bei Windischeschenbach zwischen 1987 und 1994 zwei Tiefbohrungen (4.000 m und 9.100 m) niedergebracht, die auch heute noch für Experimente zugänglich sind und genutzt werden können. Neben Tests zur Weiterentwicklung der Technologie wurden in einem Tiefenbereich zwischen 1.000 m und 8.000 m zahlreiche Frac-Operationen durchgeführt und dabei Tausende von induzierten Mikrobeben generiert, die mit einem seismischen Messnetz – insbesondere mit einem in 4.000 m Tiefe installierten Bohrlochseismometer – aufgezeichnet wurden. Deren Auswertung hat entscheidende Grundlagenkenntnisse über den in-situ Spannungszustand der oberen Erdkruste, das Bruchverhalten der Gesteine und die Entstehung von Erdbeben geliefert.

Gesellschaftliche Debatte um Hydraulic Fracturing zur Schiefergasgewinnung

Die grundsätzliche und emotionale Ablehnung in Teilen der Gesellschaft beruht im Wesentlichen auf spektakulär aufbereiteten und teilweise sensationsgetragenen Medienberichten über Vorfälle im Zusammenhang mit der Gewinnung von Schiefergas in den USA. Dort werden Frac-Operationen seit mehr als zehn Jahren in großem Stil zur Freisetzung von Erdgas (jüngst auch Erdöl) aus kleinen, isolierten Porenräumen in dichten Tonschiefern (englisch: Shale Gas, deutsch: Schiefergas) durchgeführt. Diese sogenannten unkonventionellen KW-Vorkommen, in denen sich das Erdgas noch in seinem Muttergestein befindet, in dem es generiert wurde (und nicht wie bei den konventionellen Lagerstätten durch die Erdkruste in eine Speicherformation migriert ist), sind in den USA weit verbreitet, kommen aber auch in anderen Regionen der Erde in teilweise beträchtlichem Ausmaß vor. Um diese Ressourcen nutzbar zu machen und die Kohlenwasserstoffe freizusetzen, werden die Frac-Operationen in der Regel von abgelenkten Horizontalbohrungen aus durchgeführt, wobei dem Frac-Fluid zur Verbesserung der Ausbeute, zum Korrosionsschutz und zur Reduzierung des Energieaufwandes (Herabsetzung des Fließwiderstandes in der Bohrung) neben Stützmitteln auch eine Reihe von Additiven beigemischt werden.

Ausgelöst durch die oben beschriebenen Medienberichte haben sich vor allem in Teilen der europäischen Gesellschaft generell ablehnende Haltungen gegenüber dem Hydraulic Fracturing entwickelt: Sie würden darauf hinauslaufen, dass nicht nur der Einsatz, sondern auch die weitere Erforschung – ohne die eine für Deutschland spezifische Einschätzung der Risiken nicht möglich ist – verboten würde. Die meisten Meldungen über Zwischenfälle beim Fracking haben sich im Nachhinein jedoch

als übertrieben oder unzutreffend erwiesen. So wurden beispielsweise „Lodernde Feuerbälle aus dem Wasserhahn“ im Film Gasland (2010) gezeigt. Der Hinweis, dass Gas auch – unabhängig vom Hydraulic Fracturing – durch natürliche Prozesse ins oberflächennahe Grundwasser aufsteigt, wurde unterlassen.

Gleichwohl bleibt eine Reihe von Fragen, Vorbehalten, Kritikpunkten und möglichen Risiken im Zusammenhang mit dem Einsatz dieser Technologie, die im Detail und wissenschaftlich objektiv adressiert und behandelt werden müssen. Dazu gehören beispielsweise der Landverbrauch und der Wasserbedarf, die mögliche Beeinträchtigung des Grundwassers und der Umwelt durch die Verwendung von Additiven, die Migration von Methan in die Atmosphäre bzw. in Trinkwasserhorizonte oder eine durch den Frac-Prozess verursachte induzierte Seismizität.

Bericht aus dem Projekt Hydraulic Fracturing

Der vorliegende Bericht aus dem Projekt gibt einen Einblick in die Ergebnisse der Projektgruppe. Diese erscheinen nach Review und Syndizierung durch das acatech Präsidium Ende des Jahres als POSITION der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften. Mit den oben skizzierten und weiteren umweltrelevanten Themen befassen sich die Kapitel „Ökologische Aspekte“ und „Risiken und Chancen“. Darin werden insbesondere auch die *state-of-the-art* Monitoringverfahren vorgestellt, die im Zusammenhang mit der Bohrungsdurchführung, dem Reservoir-Management und den Frac-Operationen eingesetzt und z. B. zur Erfassung der induzierten Seismizität sowie zur Langzeit-Beobachtung wichtiger Umweltparameter benötigt werden. Damit korrespondiert das Kapitel „Rechtliche Aspekte“, das sich mit planungs-, wasser- und bergrechtlichen Auflagen beschäftigt.

Den Schwerpunkt des Positionspapiers bildet das Kapitel „Technologische Aspekte“, in dem wesentliche, mit dem Einsatz der Frac-Technologie verbundene Themen angesprochen werden. Das Spektrum reicht dabei von der Bohrtechnik, den Frac-Methoden und der Fluid-Zusammensetzung über die Rissentstehung und Rissausbreitung bis hin zur Frac-induzierten (Mikro-)Seismizität, einschließlich ihrer Erfassung und Steuerung. Wichtig für die Beurteilung der Methode sind dabei die „Best Practices“, welche die Grundlage für die zukünftigen operationellen Standards liefern sollen.

Der regionale Fokus des Positionspapiers liegt auf der Nutzung von Hydraulic Fracturing in Deutschland, wobei als Anwendungsgebiete sowohl die potenzielle Gewinnung von Tight Gas und Schiefergas aus konventionellen bzw. unkonventionellen Lagerstätten als auch die Stromerzeugung und Wärmebereitstellung durch die Tiefengeothermie betrachtet werden. Aus diesem Grund werden im Eingangskapitel „Geologischer Untergrund“ zunächst die für das Hydraulic Fracturing selbst und für die beiden Anwendungsbereiche wichtigsten Grundinformationen und Rahmenbedingungen dargestellt: der Strukturbau und Stoffbestand der oberen Erdkruste in Deutschland, das tektonische Spannungsfeld und die natürliche Erdbebentätigkeit sowie die regional unterschiedliche Temperaturverteilung in der Tiefe. Für die Umweltthematik von besonderer Relevanz ist dabei der Abschnitt über freie Fluide, Grundwasser/Trinkwasser, Tiefenwässer sowie langfristige Transportprozesse in der oberen Erdkruste. Die wichtige Rolle von geophysikalischen Tiefensondierungen in Kombination mit Geologie und Modellierung zur Erstellung eines 3D-Abbilds des geologischen Untergrunds im Rahmen der Vorerkundung und Lokationswahl wird dokumentiert.

Das Kapitel „Ökonomische und energiepolitische Aspekte“ betrachtet das wirtschaftliche Potenzial, das durch den Einsatz der Frac-Technologie in Deutschland grundsätzlich erschlossen werden kann. Dabei wird unterschieden zwischen der Erdgasförderung, die aus gering permeablen Sandsteinen/Karbonatgesteinen (Tight Gas) oder aus Tonschiefern (Schiefergas) erfolgt, und der Erdwärmegewinnung aus dichten heißen Gesteinen im tieferen Untergrund. Auch wenn es sich nach jetzigem Kenntnisstand nur um eine näherungsweise Abschätzung handelt, wird die Bedeutung der Nutzung

dieser Energieträger für die heimische Energieversorgung transparent und damit verständlich, warum sich Politik und Gesellschaft mit der Technologie des Hydraulic Fracturing befassen sollten.

Außer Zweifel steht, dass die gesellschaftliche Akzeptanz die größte Herausforderung für die Zukunft des „Fracking“ bei uns darstellt. Diesem Thema widmet sich das Kapitel „Soziologische Aspekte“. Im Vordergrund stehen dabei das Entscheidungsverfahren und die Frage, wie die unterschiedlichen Interessengruppen sowie die lokal betroffene Öffentlichkeit informiert und einbezogen werden können und sollen. Wie kann man die berechtigten Anliegen von Umweltschützern und lokaler Bevölkerung aufgreifen und angemessen berücksichtigen? Wie kann dabei sichergestellt werden, dass die Erkenntnisse aus Wissenschaft und Praxis sachgerecht einbezogen werden? Dazu werden Vorschläge ausgearbeitet.

Generelle Aussagen und Feststellungen

Hydraulic Fracturing ist ein Verfahren der hydraulischen Gesteinsbehandlung, das aus Tiefbohrungen heraus zur Erzeugung von Rissen/Wegsamkeiten in festen, gering durchlässigen Gesteinen im tieferen Untergrund durchgeführt wird. Die eigentlichen Frac-Operationen erfolgen dabei aus nachträglich perforierten und isolierten Abschnitten der Verrohrung in die ausgewählten Zielhorizonte. Druckmedium (Frac-Fluid) ist Wasser, dem bei der Förderung von Kohlenwasserstoffen (KW) aus sonst wenig ergiebigen oder gar nicht gewinnbaren Erdgas-Vorkommen Stützmittel und weitere Additive zugefügt werden.

Das Verfahren wurde von der KW-Industrie entwickelt, ist technisch erprobt und weltweit inzwischen rund drei Millionen Mal zum Einsatz gekommen. In Deutschland wurden seit 1961 insbesondere zur Gewinnung von Tight Gas ca. 350 Frac-Operationen durchgeführt – ohne messbare Beeinträchtigungen der Umwelt.

Die beiden Hauptanwendungsgebiete sind: die Gewinnung von Tight Gas aus relativ dichten Sandsteinen/Karbonatgesteinen und die Erschließung von Schiefergas aus Tonschiefern einerseits sowie die Nutzung von Erdwärme aus tiefen (> 4 Kilometer) geothermischen Reservoiren (hydrothermale oder petrothermale Systeme) andererseits. Die Förderung von Schiefergas und die weitere Entwicklung der Tiefengeothermie sind ohne den Einsatz von Tiefbohrungen in Verbindung mit Hydraulic Fracturing nicht möglich.

Hydraulic Fracturing zur Erdgasgewinnung

Überlegungen zum Einsatz von Hydraulic Fracturing in Deutschland basieren auf Abschätzungen des wirtschaftlichen Potenzials, der umweltpolitischen Relevanz für die Energiewende sowie der geostrategischen Bedeutung im Hinblick auf die Versorgungssicherheit bzw. Abhängigkeit von Gasimporten. Bezüglich der Nutzung von Schiefergas kommt eine Studie der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) zu dem Ergebnis, dass die technisch gewinnbare Menge dieses Energieträgers ca. 1,3 Billionen Kubikmeter beträgt und eine Fortsetzung der heimischen Erdgasproduktion für mindestens 100 Jahre auf dem derzeitigen Niveau (ca. 11 Prozent des jährlichen Erdgas-Verbrauchs von 90 Milliarden Kubikmeter) erlauben würde.

Ohne Schiefergasförderung sind die Reserven der konventionellen Erdgasvorkommen in etwa zehn Jahren aufgebraucht, so dass Deutschland vollständig von ausländischen Erdgaslieferungen abhängig wäre. Die potenzielle Nutzung von Schiefergas durch Einsatz von Hydraulic Fracturing ist daher eine Option, dieser Abhängigkeit entgegenzuwirken. Deutschland wird trotz des weiteren Ausbaus der erneuerbaren Energien noch auf Jahrzehnte hinaus auf Erdgas als Energieträger angewiesen sein. Die wirtschaftliche Bedeutung der heimischen Erdgasvorkommen liegt beim derzeitigen Erd-

gaspreis und einer jährlichen Förderrate von zwölf Milliarden Kubikmeter für jedes Förderjahr bei vier Milliarden Euro.

Bei der Beurteilung der Umweltrelevanz von Erdgas muss berücksichtigt werden, dass Gas von allen fossilen Energieträgern die mit Abstand „sauberste“ Energie liefert. Wichtig ist dabei nicht nur der geringere CO₂-Ausstoß im Vergleich zu Kohle und Öl, sondern auch das Fehlen anderer luftbelastender Stoffe wie Kohlenmonoxid, Schwefel und vor allem Feinpartikel. Bei heimischer Förderung kann mit den in Deutschland bestehenden Standards, Auflagen und Kontrollen gewährleistet werden, dass die Produktion sicher und umweltverträglich erfolgt. Bei der einheimischen Produktion entfällt auch der Energieaufwand, der bei Importen nötig ist, um das Erdgas oft über tausende Kilometer nach Deutschland zu transportieren. Außerdem lässt sich das Risiko potenzieller Methanlecks an der Produktionsstätte oder entlang von Pipelines dadurch weitgehend ausschließen.

Hydraulic Fracturing zur Nutzung der Tiefengeothermie

Die Tiefengeothermie ist eine vergleichsweise junge Energietechnologie, die zum Ziel hat, die im tieferen Untergrund verfügbaren geothermischen Ressourcen in Tiefen ab vier Kilometern zu erschließen und energetisch zur Wärmegewinnung und/oder Stromerzeugung zu nutzen.

Diese Energieform, die „heimische Erdwärme“, ist grundlastfähig und langfristig nachhaltig verfügbar. Sie ermöglicht eine sichere, regelbare Wärme- und Stromversorgung und kann flexibel auf Lastschwankungen bei der Einspeisung anderer erneuerbarer Energien reagieren. Geothermie-Anlagen haben einen geringen Platzverbrauch/Landbedarf und können in unmittelbarer Nähe zu Siedlungsgebieten betrieben werden, so dass sie eine dezentrale Option für deren Energieversorgung bieten (z. B. Geothermieheizkraftwerk Unterhaching). Von den derzeit in Deutschland in Betrieb befindlichen 22 Geothermie-Heiz-, Kraft- oder Heizkraftwerken befinden sich 17 in Bayern und nutzen, meist mit einer Dublette aus Förder- und Injektionsbohrung, natürliche heiße Tiefenwässer (hydrothermale Systeme), die in Form von Aquiferen im Süddeutschen Molassebecken vorkommen. Diese stellen jedoch eine in der Natur seltene geologische Besonderheit dar.

Der größte Teil (> 90%) der heimischen Erdwärme ist in dichten heißen Gesteinen (Temperaturen oberhalb von 120°C) gespeichert (petrothermale Systeme). Das theoretische Potenzial dieser Energieform ist mit ca. 1.500 EJ (1 Exa-Joule = 278.000.000 MWh) – gemessen am Gesamtenergieverbrauch Deutschlands von 14 EJ pro Jahr – sehr groß. Damit diese petrothermale Energie einen signifikanten Beitrag zur Energieversorgung leisten kann, sind die serienmäßige Durchführung von tiefen Geothermiebohrungen und die Erstellung von Wärmetauschern als „Durchlauferhitzer“ mit Hilfe des Hydraulic Fracturing sowie die systematische Weiterentwicklung der sogenannten EGS (Engineered Geothermal Systems)-Technologie erforderlich.

Hydraulic Fracturing und Umweltaspekte

Jeder Eingriff in den geologischen Untergrund, wie die Niederbringung einer Tiefbohrung und die Förderung von Ressourcen, bedürfen einer gründlichen Vorbereitung im Rahmen eines umfassenden Vorerkundungsprogramms. Oberstes Gebot bei der Durchführung derartiger Aktivitäten ist es, potenzielle Risiken für die menschliche Gesundheit sowie schädliche Umweltauswirkungen zu verhindern und unter den verfügbaren technologischen Optionen diejenige auszuwählen, die die geringsten Auswirkungen auf Schutzgüter besitzt.

Bürgerinitiativen, Umweltschützer, Wasserwirtschaft, Kommunen und die lokale Bevölkerung befürchten insbesondere Schadstoffeinträge von der Erdoberfläche, den Aufstieg und die Ausbreitung von chemischen Substanzen und Methan entlang der Bohrungen sowie generell einen Schadstofftransport durch die oberste Erdkruste bis an die Erdoberfläche. Thematisiert werden dabei vor

allem Trinkwasser- und Grundwasserverunreinigungen, Gasaustritte in die Atmosphäre, Wasser- und Landverbrauch sowie eine durch den Frac-Prozess induzierte Seismizität (IS).

In der Debatte um Hydraulic Fracturing spielt in Deutschland der Grundwasserschutz eine besondere Rolle. Dabei ist festzustellen, dass der Begriff Grundwasser in der öffentlichen Diskussion in der Regel mit Trinkwasser gleichgesetzt wird, während die verwaltungsrechtliche Definition darunter das gesamte auf Grund von Druckunterschieden freibewegliche Wasser in geologischen Formationen versteht, das deren Hohlräume zusammenhängend erfüllt. Allerdings ist das Grundwasser häufig schon ab einer Tiefe von etwa 50 bis 400 m (regional unterschiedlich) auf Grund seiner chemischen Zusammensetzung mit zum Teil sehr hohen Salzgehalten (bis zu 30 Prozent im Norddeutschen Becken), erhöhten Konzentrationen an Schwermetallen und gelegentlich auch natürlichen radioaktiven Stoffen für eine Trinkwassergewinnung absolut ungeeignet. Aus naturwissenschaftlich-technischer Sicht erscheint es deshalb angeraten, in der Begrifflichkeit zwischen oberflächennahen Grundwasservorkommen zur potenziellen Trinkwassergewinnung und Formationswässern zu unterscheiden.

In den mannigfaltigen Studien zu den Risiken von Hydraulic Fracturing im Allgemeinen und zum Schiefergas-„Fracking“ im Besonderen besteht weitgehend Einigkeit, dass eine Gefährdung des oberflächennahen Grundwassers in erster Linie durch Unfälle oder Leckagen von Anlagen an der Geländeoberfläche zu befürchten ist. Als weiterer, insgesamt aber weniger bedeutender Gefährdungspfad werden Leckagen aus defekten Bohrungen angeführt.

Als Indikatoren dafür werden einzelne hydrochemische Untersuchungen aus Brunnenanlagen in Schiefergas-Fracking Gebieten in den USA herangezogen. Ein wesentlicher Teil der diskutierten Risiken resultiert also aus dem unsachgemäßen Einsatz der Technologie, weshalb die Einhaltung hoher Standards beim Einsatz (Best Practice) von besonderer Bedeutung ist.

Alle mit der Erschließung und Nutzung der Georessourcen Erdgas und Erdwärme verbundenen technischen Maßnahmen, wie die Erkundung des Untergrundes, die technische Ausgestaltung des Bohr-/Betriebsplatzes, die Niederbringung von Bohrungen, die Durchführung von Frac-Operationen und der Einsatz von Frac-Fluiden, unterliegen in Deutschland einem umfassenden verwaltungsrechtlichen Genehmigungsprozess. Neben dem Bergrecht sind insbesondere die Vorgaben des Wasserhaushaltsgesetzes einschließlich der zugehörigen Verordnungen sowie weitere Regelungen und Festlegungen der jeweiligen Bundesländer relevant. Diese beinhalten bereits heute ein umfassendes Schutzregime für Gewässer und andere Schutzgüter.

Die Regierungsparteien haben im Koalitionsvertrag vereinbart, kurzfristig Vorschläge zur Änderung des Wasserhaushaltsgesetzes und der Umweltverträglichkeitsprüfung zu erarbeiten. Ausgehend davon haben Bundesumweltministerin Barbara Hendricks und Bundeswirtschaftsminister Sigmar Gabriel im Juli 2014 gemeinsame Eckpunkte für die gesetzliche Regelung von „Fracking“ vorgestellt. Mit den vorgesehenen Änderungen soll eine umfassende Untersuchung und Bewertung der Auswirkungen gewährleistet, der Gewässerschutz verstärkt und eine Verbesserung der Information der Öffentlichkeit sowie eine Transparenz der Entscheidungsprozesse erzielt werden.

In einer offenen Gesellschaft ist der künftige Einsatz von Hydraulic Fracturing auf die Zustimmung der betroffenen Gruppen und Anwohner angewiesen. Einschlägige Umfragen zeigen, dass die Mehrheit der Befragten in Deutschland diese Technologie nicht grundsätzlich ablehnt, sondern befürwortet, dass das Verfahren wissenschaftlich weiter erforscht werden soll, dass aber auch die Risiken stärker beachtet und der Schutz der Umwelt effektiv reguliert werden. Auf diese Weise kann Vertrauen aufgebaut und im Zuge weiterer Erfahrungen auch mehr Aufgeschlossenheit gegenüber den ökonomischen und ökologischen Potenzialen von Hydraulic Fracturing erzielt werden.

Alle wissenschaftlichen Institutionen in Europa, die sich intensiv mit Explorationstechniken des tiefen Untergrundes auseinandersetzen (Tiefe Geologie/Geophysik, Bohrtechnologie, Subsurface Engineering und Reservoir Engineering), sind bisher ohne Ausnahme zu dem Schluss gekommen, dass Hydraulic Fracturing nicht verboten werden sollte, sondern durch klare Vorschriften und Standards geregelt werden kann. Sämtliche verfügbaren Gutachten und Berichte dieser Einrichtungen sind sich einig in dem Punkt, dass durch gründliche vorbereitende und begleitende Forschung, strikte Vorgaben, adäquate technische Maßnahmen und umfassende behördliche Kontrollen die verbleibenden Umweltrisiken beherrschbar sind.

Best Practice

Best Practice beschreibt Schritte und Maßnahmen, die beim Einsatz von Hydraulic Fracturing unbedingt eingehalten werden müssen, um potenzielle Umweltgefährdungen weitgehend auszuschließen.

- **Geologisch-geophysikalische Vorerkundung:** Erstellung eines hoch-aufgelösten 3D-Abbilds des unterirdischen Raums im Umfeld der ausgewählten Lokation, abgeleitet aus einer Integration verschiedener Verfahren der geophysikalischen Tiefensondierung mit allen verfügbaren geologischen Daten/Informationen und Modellierungstechniken.
- **Standortbezogene Risikobewertung zur Bohrplatzgestaltung und zum Bohrkonzzept:** Identifikation von Gewässerschutzgebieten, Ermittlung der Grenze zwischen oberflächennahem Grundwasser und Formationswasser sowie der hydrogeologischen Gesamtsituation, Nachweis von geologischen Barriereformationen und tektonischen Störungszonen, Bewertung des natürlichen Erdbebenrisikos.
- **Referenzmessungen (Baseline-Werte) und Langzeitmonitoring:** Grundwasser (stoffliche Zusammensetzung und physikalisch-chemische Parameter), Atmosphäre (z. B. Emissionen von Methan) und natürliche Seismizität (Signal/Rausch-Verhältnisse) vor und während des Projekts
- **Identifikation und Weiterentwicklung von Monitoringsystemen:** Smart Casing-Technologien, Measurement-while-Drilling, Glasfaser-Technologie zum kostengünstigen Einbau hinter der Verrohrung (Bohrungsintegrität), Reservoir-Monitoring (permanent oder periodisch)
- **Frac-Fluid:** Offenlegung aller Additive und relevanten Daten, Reduktion von Additiven und Ersatz von potenziell schädlichen Zusätzen durch unbedenkliche Stoffe. Verzicht auf Frac-Fluide der Einstufung „giftig“, umweltgefährlich und höher als schwach wassergefährdend.

Der Gebrauch von Additiven in Deutschland konnte inzwischen deutlich reduziert werden: Über 99 Prozent des Frac-Fluids bestehen heute bereits aus Wasser und Stützmitteln. Für die verbleibenden Additive stehen rund 50 Inhaltsstoffe zur Verfügung, von denen keiner die Wassergefährdungsklasse 1 (WGK 1 = schwach wassergefährdend) übersteigt. Für die Zubereitung eines Frac-Fluids werden in der Regel 5 bis 15 dieser Stoffe verwendet.

- **Flowback, Recycling, Wasserverbrauch:** Flowback-Fluide und Bohrflüssigkeiten können heute nahezu vollständig durch Recycling wiederaufbereitet werden. Dadurch wird der Wasserverbrauch insbesondere bei der Schiefergasgewinnung wesentlich reduziert, so dass auf Injektionsbohrungen zur Entsorgung von Restwasser größtenteils verzichtet werden kann (diese Injektionen – und nicht die eigentlichen Frac-Operationen – sind Hauptquellen von induzierter Seismizität).

Beprobung, Analyse und Bewertung Trinkwasser-relevanter Inhaltsstoffe in der Flowback-Förderung; Untersuchung mikro-biologischer/chemischer Umsetzungsprozesse der in der Formation verbliebenen Stoffe.

- **Landverbrauch, Clusterdrilling:** Schiefergasbohrungen werden heute nicht mehr als einzelne Vertikalbohrungen erstellt, sondern es werden bis zu 30 im Untergrund horizontal abgelenkte Bohrungen von einem einzelnen Bohrplatz aus in Form eines sogenannten Clusters abgeteuft. Durch das Clusterkonzept wird der Landverbrauch stark reduziert und es können bis zu 10 km² im Untergrund erschlossen werden.

Cluster erlauben auch eine effiziente und wirtschaftliche Konzentration von Oberflächenanlagen zur Reinigung von Wasser und Gas, zur Stromversorgung etc. Die Negativbeispiele mit Bildern von dicht-gedrängten Bohrplätzen gehören damit der Vergangenheit an.

- **Multifrac, zyklisches Fracking:** Schiefergasbohrungen bedienen sich heute alle einer Kombination von Horizontalbohrungen (oder geneigten Bohrungen) mit Multifracs. Dabei werden bis zu 30 Fracs in einer einzigen Bohrung vorgenommen und Horizontalstrecken von oft mehreren Kilometern Länge aufgeschlossen. Da die Produktion bei Schiefergasbohrungen im ersten Jahr stark abnimmt (um sich dann auf einem tieferen Niveau für viele Jahre zu stabilisieren), werden sogenannte Refracs vorgenommen, bei denen eine Bohrung neu stimuliert wird. Dies hat zu wesentlichen Produktionssteigerungen geführt.

- **Induzierte Seismizität, seismisches Monitoring:** Als induzierte Seismizität (IS) bezeichnet man Bruchprozesse, die als Folge eines Eingriffs in den Untergrund entstehen. In Deutschland wurde IS im Zusammenhang mit Bergbau sowie bei der Gewinnung von Erdgas und geothermischer Energie beobachtet. Hydraulic Fracturing löst bei der Bildung der Risse kleine seismische Signale aus. Diese erlauben es, mit hochsensitiven Instrumenten an der Erdoberfläche und in Bohrungen die Frac-Prozesse sehr präzise zu lokalisieren und damit die exakte Rissausbreitung zu kartieren: Das seismische Monitoring zeigt, dass diese Risse sich in vertikaler Richtung meist um einige Zehner bis maximal wenige 100 Meter ausdehnen. Trotz rund drei Millionen Frac-Operationen weltweit gibt es keine Beispiele von Fracs in Schiefergas-Fördergebieten oder in der Tiefengeothermie, bei denen künstliche Risse die Oberfläche oder Trinkwasserhorizonte erreicht hätten. In allen Fällen liegen mindestens 1.000 Meter Sedimentgesteine zwischen Fracs und Oberfläche/Trinkwasser.

IS tritt auch beim Einpressen von großen Mengen von Wasser in den Untergrund auf. Beispiele sind Injektionsbohrungen zur Entsorgung von Restwasser aus der Öl- und Gas-Produktion (kürzlich in der Presse wegen spürbarer Beben in Oklahoma) oder auch Tiefengeothermie-Bohrungen, in denen meist größere Wassermengen injiziert werden. Zur Reduktion der Stärke der seismischen Ereignisse gibt es Überlegungen, in EGS-Projekten, ähnlich wie bei der Schiefergasgewinnung, Horizontalbohrungen in Verbindung mit Multifracs (geringere Injektionsvolumina) einzusetzen. Wichtig ist die Tatsache, dass es weltweit kein Beispiel gibt, bei dem der Prozess des Hydraulic Fracturing in Sedimentgesteinen ein Schadenbeben ausgelöst hat. Spürbare Erschütterungen (bis Magnitude 2,5) wurden 2012 in Blackpool/UK durch Fracturing in Schiefergasgestein ausgelöst, waren aber noch sehr weit von möglichen Schadenwirkungen entfernt. Spürbare IS mit Schadenwirkung an der Erdoberfläche wurde bei hydraulischer Stimulation in tektonisch gespannten Kristallingesteinen beobachtet, so 2006 in der Geothermiebohrung Basel. Daher wird die IS in Geothermieprojekten in der Regel in Echtzeit überwacht, um die Wasserinjektion abubrechen, bevor schadensrelevante Seismizität auftritt. Allerdings befinden sich diese auch als „Ampelsteuerung“ bezeichneten Frühwarnsysteme noch im Entwicklungsstadium.

- **„Bohrloch-TÜV“:** Einrichtung einer unabhängigen Prüfinstanz (vergleichbar mit TÜV und DEKRA), die die obertägigen Installationen einschließlich Bohrplatz, die Bohrlochintegrität und die Monitoring-Systeme zur Betriebsüberwachung in regelmäßigen Zeitabständen überwacht und die Einhaltung von Sicherheitsstandards sicherstellt.

- **Kommunikation mit den Medien und der Öffentlichkeit:** Erarbeitung von verbindlichen Kommunikationsansätzen. Angesichts der starken Vorbehalte in Teilen der Bevölkerung gegen den Einsatz von Hydraulic Fracturing ist zu prüfen, ob die im Planungsprozess spät angesiedelte konsultative Beteiligung der Bürgerinnen und Bürger nicht vorgezogen und bereits bei der Frage der Bergbauberechtigung zum Einsatz kommen soll.

Fazit

Ein generelles Verbot von Hydraulic Fracturing erscheint auf der Basis von wissenschaftlichen und technischen Fakten nicht begründbar. Der Einsatz der Technologie muss allerdings strengen Sicherheitsstandards folgen, klar geregelt sein und umfassend überwacht werden. In Deutschland gelten bereits heute strenge technische Anforderungen an alle Verfahrensschritte des Bohrens, Untertage-Engineerings und Hydraulic Fracturings. Daher kann die Technologie in die weitere Erforschung und Anwendung gehen, wenn sachgerecht gearbeitet wird.

Wichtig erscheinen in der gegenwärtigen Situation wissenschaftlich begleitete Demonstrationsvorhaben. Diese sollten unter klaren Auflagen und zu vorgegebenen Standards ausgeführt werden. Die Auswertung der Ergebnisse und Erfahrungen ermöglicht eine ständige Weiterentwicklung und Anpassung der Methoden. Zugleich wird durch behördlich überwachte Operationen und die transparente Information der Öffentlichkeit Vertrauen aufgebaut, auf das zukünftige Projekte aufbauen können. Dies gilt sowohl für die Schiefergasförderung als auch für die Tiefengeothermie. Die Umsetzung der Demonstrationsvorhaben sollte den unter „Best Practice“ aufgeführten Standards entsprechen, wobei zu einigen der genannten Punkte noch ein besonderer F&E-Bedarf besteht.