

# DALLAS RELOADED

## TEIL 2: SCHIEFERGAS-EXPLORATION IN DEUTSCHLAND? DIE GEOLOGEN SIND GEFRAGT!

Nachdem im ersten Teil der Fracking Reihe auf Grundlagen der Technik, die Umweltauswirkungen, die Veränderung für die internationale Energieversorgung sowie die Rolle Deutschlands in der internationalen Energiepolitik eingegangen wurde, wird nun im zweiten Teil die konkrete Situation in Deutschland bezüglich des Hydraulic Fracking und die geologischen Hintergründe beschrieben.

### Energieversorgung in Deutschland

Als hochentwickelte Industrienation gehört Deutschland mit zu den größten Energieverbrauchern der Welt. Hauptenergieträger sind Erdöl (34 %), Erdgas (20 %), Steinkohle (Hartkohle) und Braunkohle (24 %) sowie Erneuerbare Energien (12 %, 2012) und Kernenergie mit noch (8 %, 2012). Die Kernenergie wird schon in wenigen Jahren durch den nun doch sehr schnellen vorgezogenen Ausstieg keine Rolle mehr spielen.

Aus Bild 1 wird deutlich, dass wir ganz überwiegend auf Importe der Energierohstoffe angewiesen sind. Nur bei der Braunkohle sind wir mit großen Reserven für viele Jahrzehnte Selbstversorger. Der traditionelle heimische Steinkohlebergbau läuft bereits in wenigen Jahren aus (unrentabel). Die Erneuerbaren Energien sollen und müssen in den kommenden

Jahrzehnten im Energiemix eine gewichtigere Rolle spielen als heute. Dies sollte vor allem aus Gründen des Klimaschutzes und eines möglichst raschen Abbaus der Abhängigkeit vom Import von Erdöl/-gas erfolgen.

### Der Schiefergas-Rausch in den USA

In den letzten 10 bis 15 Jahren hat in den USA eine kleine „Energierévolution“ stattgefunden. Die intensive Explorationstätigkeit in den ausgedehnten Landflächen hat die bisher hohe Importabhängigkeit insbesondere von Erdgas radikal verändert. Die USA sind dank der Erschließung ihrer „nicht-konventionellen“ Schiefergas-Vorkommen, die bereits ca. 30 % ihrer gesamten Erdgasförderung ausmachen, importunabhängig geworden. Sie sind in wenigen Jahren zum größten Erdgasproduzenten neben Rußland geworden. Damit sind auch die Weltmarktpreise für Erdgas kräftig „durcheinander geschüttelt“ worden.

### Schiefergassuche in Deutschland

Die Euphorie über diese Erfolge bei der Förderung von Erdgas aus Schiefergestein hat auch in Deutschland verstärkte Aktivitäten geweckt, die eigenen Kohlenwasserstoff-Ressourcen nach neuen

Gesichtspunkten zu erkunden und zu bewerten – insbesondere die bisher ungenutzten Schiefergas-Vorkommen.

Die Geologen sind nun gefordert, Möglichkeiten der Exploration und Erschließung heimischer Schiefergase einzuschätzen sowie die Risiken der Gewinnung aufzuzeigen.

Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) in Hannover hat im Mai 2012 bereits eine erste Studie vorgestellt: „Abschätzen des Erdgaspotenzials aus dichten Tongesteinen (Schiefergas) in Deutschland.“ Bevor auf deren wichtigsten Aussagen eingegangen wird, sollen zum besseren Verständnis der Nomenklatur (Bild 3 + 4) ganz knapp die genetischen Zusammenhänge zwischen Erdöl/Erdgas und Kohle angerissen werden.

### Genese der fossilen Energierohstoffe

Erdöl und Erdgas entstehen in Tongesteinen mit einem relativ hohen Anteil organischer Substanz. Der Korndurchmesser der Mineralbestandteile Tonminerale und etwas Quarz ist < 0,02 mm. Die Biomasse entstammt ganz überwiegend dem Plankton, das sich in nährstoffreichen strömungsarmen Meeresregionen oder auch in großen Seen anreichert und zu einem geringen Teil mit dem Tonmaterial sedimentiert hat. Für die Anreicherung der Biomasse sind großräumig anaerobe reduzierende Bedingungen erforderlich (Sauerstoff-freies Milieu). Der Geologe spricht von Sapropel-Fazies, wie sie in der Erdgeschichte in fast allen Formationen vorkommt. Diese dunklen, mit etwa 2 bis 20 % organischen Kohlenstoff (C<sub>org</sub>) angereicherten tonigen Gesteine werden als Erdöl-Muttergesteine bezeichnet.

Im frühen Stadium nach der Sedimentation wird die Biomasse biochemisch und mikrobakteriell zersetzt und mit einer Abgabe von Methan (CH<sub>4</sub>) verändert. Die Restmasse ist nun weitgehend unlöslich und bildet die Ausgangssubstanz für die Erdöl/Erdgas-Bildung – das Kerogen (Bild 2). Gelangen diese bituminösen Tongesteine durch Erdkrustenbewegungen (Subsidenz) in größere Tiefen, so werden sie höheren Drucken und vor allem höheren Temperaturen ausgesetzt.

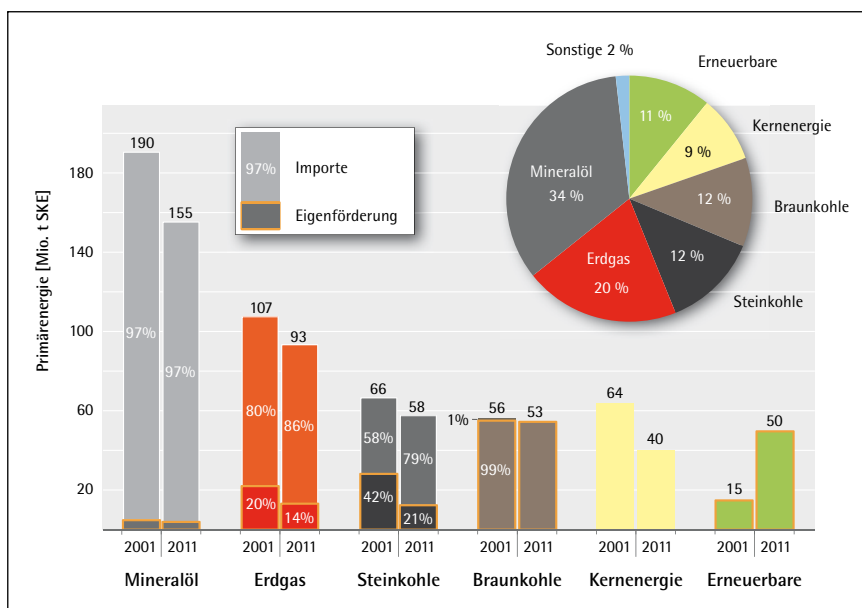
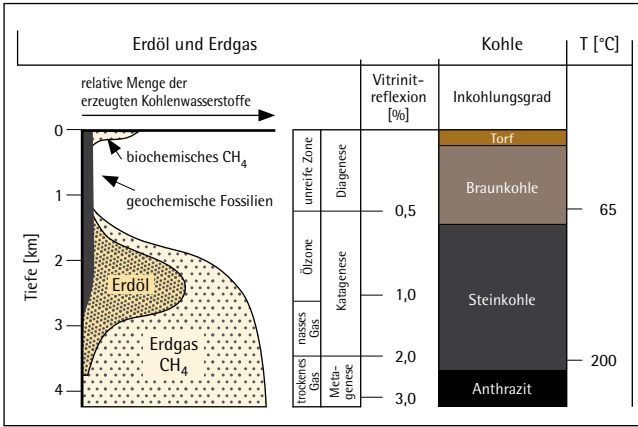


Bild 1: Vergleich Primärenergie 2011



**Bild 2:** Gegenüberstellung der Bildungsbedingungen von Erdöl, Erdgas und Kohle: Relative Menge der erzeugten Kohlenwasserstoffe (links), Korrelation der Diagenesestadien organischer Materie und der Inkohlungsreihe (rechts)

	Erdöl	Erdgas	Kohle	Kernbrennstoffe
konventionell	Leichtöl Schweröl Kondensat	Freies Erdgas Erdölgas	Hartkohle Weichbraunkohle	Uran in Erzlagerstätten Thorium
nicht konventionell	Schweröl Bitumen (Ölsand) Schieferöl (Ölschiefer)	Tight gas Schiefergas Kohleflözgas Aqifergas Gashydrat		Phosphate Granite Meerwasser

**Bild 3:** Einteilung der Energierohstoffe (nach BGR)

Unter diesen neuen Bedingungen werden nun aus dem Kerogen verschiedene Kohlenwasserstoffe abgespalten. In der Anfangsphase der thermischen Überprägung zwischen etwa 65°C und 150°C und in 1 bis 3 km Tiefe bildet sich hauptsächlich die flüssige Phase, das Erdöl mit geringem Anteil Erdöl-Begleitgas (Erdölfenster, in dem sich die Erdölreife vollzieht, Bild 2). Das Erdölgas wird leider in vielen großen Erdölregionen völlig ungenutzt und umweltschädlich abgefackelt.

Mit zunehmender Temperatur wird dann hauptsächlich Erdgas abgespalten und vorhandenes Erdöl in Erdgas umgewandelt bis zum Schluss aus der Gruppe der Kohlenwasserstoffe nur noch stabiles Methan gebildet wird. Für diese Umbildungsprozesse der Reifung sind neben der erforderlichen Tiefen-/Temperaturbedingungen die geologischen Zeiträume – Jahrmillionen – ein ganz wesentlicher Faktor, der in Laborversuchen nicht hinreichend berücksichtigt werden kann.

Die Kohlen sind fossile Rückstände von abgestorbenem Pflanzenmaterial, das sich hauptsächlich in tropisch-subtropischen Sumpfbereichen bildet (zumeist in ausgedehnten Delta-Regionen großer Flüsse, oder wie in den Everglades, Florida). Aus dem abgestorbenen Torfmaterial entstehen die verschiedenen reifen Kohlen durch die sogenannte Inkohlung. Die Prozesse der Erdölbildung aus der Biomasse im Tongestein und der Inkohlung können prinzipiell als ähnlich angesehen werden. Beim Inkohlungsprozess im Steinkohle-/Anthrazit-Stadium wird auch vermehrt Methan abgespalten. Dieses Methan aus tief versenkten Steinkohleflözen der Karbonzeit speist die großen Erdgasfelder im Norddeutschen Becken bis nach Holland. Ein Teil des Gases verbleibt in zahlreichen Flözen als Flözgas gefangen. (Siehe hierzu Abbildung 2, S. 17, H.3 2013: Verfahren der Erdgasförderung).

### Klassifikation fossiler Energieträger

Mit zunehmender Versenkung (Subsidenz) und Überlagerung mit verschiedenen jüngeren Gesteinen werden die Erdöl-Muttergesteine stärker verdichtet (Kompaktion) und verlieren ihre anfangs hohe Porosität. Durch Umkristallisation der Tonminerale (Schichtsilikate) entstehen wasserärmere stabilere Vertreter. Das neu gebildete Dehydrationswasser transportiert nun als Formations-Wasser einen Teil des gebildeten Erdöls und Erdgas in gelöster Form in kleinen Tröpfchen oder Bläschen aus dem Muttergestein in ein überlagerndes oder seitlich benachbartes poröses Speichergestein. Diese komplizierten (nicht voll erforschten) Vorgänge im geologischen Zeitmaß werden „primäre Migration“ genannt. Damit entstehen Erdöl/Erdgas-Lagerstätten in verschiedenen Fallenstrukturen, wie z.B. die dominierenden Sattelstrukturen oder im Bereich von Salzstöcken (Bild 2, H.3).

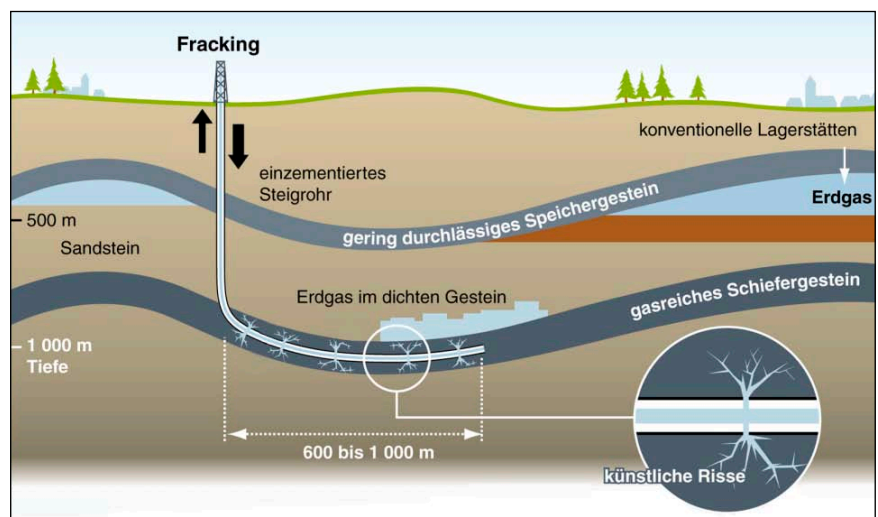
Nach der Art des Vorkommens und der Art der Gewinnbarkeit werden die

Energieträger gebräuchlich in „konventionelle“ und „nicht-konventionelle“ unterschieden (Bild 3).

Unterscheidungskriterien sind die Methoden der Gewinnbarkeit. Konventionell: Wenn nach herkömmlicher Erschließung und Förderung die Rohstoffe gewonnen werden.

Nicht-konventionelle Vorkommen sind mit alternativen aufwändigeren Techniken zu erschließen (Bild 4): Es sind Vertikal- und Horizontalbohrungen im Zielhorizont mit Fracking-Maßnahmen mit künstlicher Rissbildung unter Einsatz von verschiedenen Chemikalien und Zusatzstoffen (letztes Kapitel). Liegt das Öl bzw. das Gas nicht in freier Phase vor oder das Speichergestein ist nicht ausreichend durchlässig, wie beim Tight-Gas (Erdgas aus dichten Sandsteinen oder Kalksteinen), wird das Fracking bereits schon länger weltweit zur Gasproduktion eingesetzt.

Beim Schiefergas (shale-gas) handelt es sich um unterschiedlich alte dunkle stark bituminöse Tonsteine, deren Gas



**Bild 4:** Erdgasgewinnung durch Fracking

gar nicht oder nur unvollkommen in ein poröses Speichergestein migriert ist. Die geringe Durchlässigkeit (Permeabilität) des Tongesteins verhindert eine freie Gasmigration. Das Schiefergas-Gestein ist also Muttergestein und Speichergestein (Reservoir) zugleich. Ähnliches gilt für das Schieferöl; Bildung und Zusammensetzung entsprechen jedoch dem von konventionellem Erdöl/-gas. Beim Schiefergas ist ein ganz großer Teil des Gases an die organische Substanz im Gestein gebunden. Die Freisetzung dieses Gases erfolgt in einem ersten Schritt äußerst langsam über Diffusion. Deswegen muss eine möglichst große vernetzte Oberfläche im Gestein durch Fracking erzeugt werden.

Aquifergas – im tiefen salinaren Grundwasser gelöstes und dispers verteiltes Erdgas – sowie Gashydrat – feste eisförmige Verbindung aus Methan und Wasser – sind nicht wirtschaftlich gewinnbar.

### Die heimischen Schiefergas-Vorkommen

In Europa steckt die Erkundung und Entwicklung von Schiefergas-Vorkommen noch in einem frühem Stadium. Mögliche Schiefergaspotenziale liegen in allen großen Sedimentationsbecken vor, in denen bis mehrere 100 Millionen Jahre starke Absenkungen stattgefunden haben und die Sedimentabfolgen bis über 8.000 m Mächtigkeiten aufweisen können.

In Deutschland liegen solche gashaltigen Gesteine in verschiedenen Erdzeitaltern vor (Bild 5).

Der erste Zwischenbericht des sogenannten NIKO-Projektes der BGR (nicht konventionelle Kohlenwasserstoffe) ist vielversprechend bezüglich der Gesamtgasmenge (GIP = Gas in Place).

Für die Abschätzung – nach einem nicht einfachen Verfahren – wurden fünf Kriterien genutzt:

- Menge und Typ des organischen Materials,
- Thermische Reife (nach Vitrinit-Reflexionswerten),
- Mächtigkeit und Tiefenlage der Formationen.

Die Erdgeschichte (Bild 5) umfasst eine Zeitspanne von 560 Millionen Jahren mit der ältesten Formation, dem Kambrium, und der jüngsten geologischen Zeiteinheit, dem Quartär (Eiszeitalter).

In der Abbildung sind die Zeitabschnitte markiert, in denen bituminöse Tongesteine im Norden, in der Mitte und im Süden Deutschlands vorkommen. Die mit roten Balken versehenen Bereiche haben

Stufe	Nord	Mitte	Süd
Quartär			
Tertiär			
Kreide			
Jura			
Trias			
Perm			
Karbon			
Devon			
Silur			
Ordovizium			
Kambrium			

Bild 5: Erdgeschichtstabelle mit den verschiedenen Zeitaltern; schwarze und rote Balken markieren bituminöse Tongestein-Vorkommen, rot: Schiefergasreiche Horizonte

nach ersten geologischen Einschätzungen ein „förderwürdiges“ Schiefergaspotenzial.

Die vorläufige Abschätzung ergab, dass die Tongesteins-Formationen mit überregionaler Verbreitung in Norddeutschland (Bild 6) ein hohes Schiefergaspotenzial aufweisen, nämlich:

1. die Tongesteine des Unterkarbons (Zeit um 320 Mill. Jahre vor heute); Der nördliche Teil Deutschlands war von einem flachen, wechselnd tiefen Meeresbecken bedeckt mit weit verbreiteten sauerstoffarmen Bedingungen (Schwarzschiefer).
2. der Posidonienschiefer des Jura (Zeit um „200 Mill. J. vor heute“); Im Unterjura (Lias) war ganz Deutschland von einem Flachmeer überflutet, in dessen landferneren Bereichen sich bituminöse Tongesteine abgelagerten.
3. Tongestein des Wealden, Unterkreide (Zeit um 130 Mill. J. vor heute); Nach der Jurazeit bedeckte ein ausgedehnter, vom Weltmeer weitgehend abgeschlossener Binnensee ganz Norddeutschland mit mächtigen bituminösen Ton- und Mergelsteinen in den tieferen Beckenbereichen.

Der süddeutsche Raum sowie der mittlere Oberrheingraben (starke tektonische Zerstückelung, geringe Mächtigkeit) erfüllen wohl nicht die geologischen Kriterien für eine erfolgversprechende wirtschaftliche Prospektion; wohl auch aus Landschafts-/Naturschutzgründen und hoher Besiedlungsdichte.

Die Tongesteine des Unterkarbons liegen in einer wechselnden Tiefe zwischen ca. 1.000 m und 5.000 m – auf Grund des intensiven Faltenbaus des Gebirges –, haben eine Mächtigkeit zwischen ca. 30 m und 340 m mit einer durchschnittlichen Norm-Menge Erdgas ( $m^3/t$  Gestein) von ca. 3,3 bis 5,9. Der Posidonienschiefer sowie das Wealden weisen Mächtigkeiten von nur 20 bis 50 m bzw. 200 bis 800 m auf in Tiefen von ca. 1300 m bis 2000 m mit höheren aber stark schwankenden Norm-Mengen Erdgas (2,8 bis ca. 14  $m^3/t$  Gestein).

Die Gesamtmenge (GIP) an Schiefergas mit deutlicher Dominanz der Vorkommen des Unterkarbons belaufen sich auf geschätzte 13 Billionen  $m^3$ . Die tatsächlich gewinnbaren Mengen, die Ressourcen, sind wesentlich geringer und können nach konservativer Abschätzung mit 10 % der GIP-Mengen angegeben werden, d.h. ca. 1,3 Bill.  $m^3$ . Diese vorläufige Mengenabschätzung liegt deutlich über Deutschlands konventionellen Gasressourcen: 0,12 Bill.  $m^3$ ; vorhandene Erdgasreserven mit tight-gas 0,13 Bill.  $m^3$ .

Nach bisherigen Einschätzungen der Geologen der BGR ist ein breiter Streifen bis weit östlich und westlich von Hannover für eine Prospektion und Exploration von Schiefergas-Vorkommen geeignet.

### Umweltaspekte

Die Speichergesteine von Schiefergas haben eine ganz geringe Porosität und Permeabilität. Dadurch erfordert die Gasförderung eine besondere Stimulation des Gasflusses durch die hydraulische Erzeugung von Rissen (hydraulic fracturing, fracking, Bild 4). Dabei werden Wegsamkeiten geschaffen für den Zustrom des



Bild 6: Schiefergas in Deutschland (Vorkommen allgemein: braun, Bergbau Berechtigung: gelb)

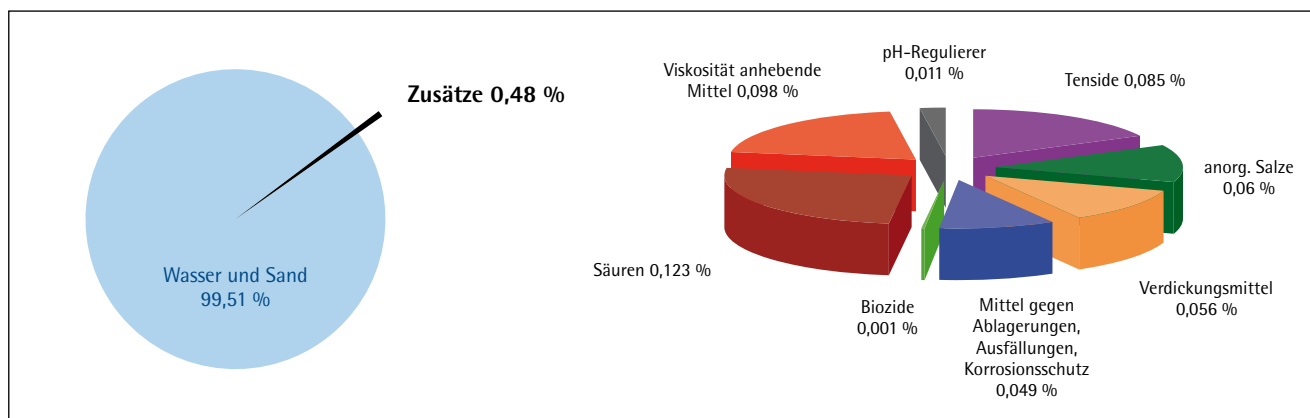


Bild 7: Beispiel für die Zusammensetzung der Frackingflüssigkeit (variiert stark je nach geologischen Gegebenheiten)

Gases zum Bohrloch; ein Verfahren, das in der Erdölindustrie schon lange Praxis ist. (Einzelheiten über das Fracking werden im Internet vielfach beschrieben).

Die Rissbildung in der Zielformation erfolgt unter hohem Druck durch Einpressen von Wasser mit Stützkörpern (Sand u.a.) und verschiedenen Chemikalien (Bild 7). Der Einsatz dieser zum Teil umweltschädlichen Stoffe beim Fracken hat große Besorgnis und Debatten auf verschiedenen Ebenen ausgelöst. Die Hauptsorge gilt dabei dem Grundwasserschutz. Hierbei wird jedoch ohne Sachkenntnis, ohne hydrogeologische Zusammenhänge zu berücksichtigen, leicht übertrieben Angst geschürt. Alle Frackmaßnahmen in Deutschland fußen auf einem rechtlichen Genehmigungsrahmen mit strengen Auflagen (anders als in den USA). Zu nennen sind das Bundesberggesetz (BbergG) mit Zuständigkeit der Bundesländer, die ein strenges Genehmigungsverfahren anwenden. Hinsichtlich der Benutzung und des Schutzes des Grundwassers und des Trinkwassers greifen das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) sowie die Grundwasserverordnung. Es muss weiterhin Einvernehmen mit den zuständigen Wasserbehörden bestehen. Die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) greift zusätzlich als wirksame Umweltvorsorge. Bei sorgfältig angewendeten Maßnahmen kann eine Grundwassergefährdung durch Frackingmaßnahmen nahezu ausgeschlossen werden.

Beim Fracking im Schiefergestein werden allerdings mindestens 1.000 m<sup>3</sup> Wasser pro Einzelfrackingmaßnahme eingesetzt. Ein besonderes Problem ist deshalb der sichere Umgang und die langfristige Entsorgung die mit Methan und verschiedenen Chemikalien (Bild 7) belastete geförderte Frackflüssigkeit. Neben Recycling-Prozessen gibt es auch die Möglichkeit dieses Fluid über Versenkbohrungen in tieferliegende Gesteinskörper einzulagern.

Die beim Fracking erzeugte Seismizität (Erschütterungen) ist so gering, dass

sie – zumal in Tiefen weit über 1.000 m – nicht spürbar und deshalb vernachlässigbar ist. Ein weiteres Problem entsteht bei der Schiefergas-Exploration durch den relativ hohen Flächenverbrauch. Das Schiefergas ist im Gestein nicht homogen, gleichmäßig verteilt, sondern es sind größere Gehaltsschwankungen klein- und großräumig zu erwarten (vgl. Aussagen voriges Kapitel). Deswegen ist ein ziemlich engmaschiges Bohrgitter (Vertikal- und Horizontalbohrungen) erforderlich mit Problembeladenen Flächenbeanspruchungen.

Im vergangenen Jahr sind mehrere Studien mit einer umfassenden Betrachtung zu Umweltauswirkungen durch die Schiefergas-Gewinnung erstellt worden. Die Bewertungen sind teilweise recht unterschiedlich und auch widersprüchlich. Allen Studien gemeinsam ist aber, dass sie den umweltverträglichen Einsatz des Frackingverfahrens grundsätzlich nicht ausschließen.

### Fazit

Die geowissenschaftlich-technische Neugier, bisher ungenutzte Energierohstoff-Vorkommen zu erforschen, sollte nicht verhindert werden. Es wird noch einige Jahre dauern, bis wir Klarheit haben, welche Ressourcen, beispielsweise an Schiefergas, in Deutschland wirklich „schlummern“ und vor allem was wir damit machen sollten. Ob eine Förderung wirtschaftlich ist, hängt von vielen Faktoren, v.a. von unserem künftigen Energie- und Rohstoffbedarf, ab.

In der FAZ vom 16. Mai 2013 erschien ein größerer Artikel mit der Überschrift: „Fracking – müssen wir da mitmachen?“ – Nein – müssen wir nicht aus heutiger Sicht ist eine der Kernaussagen. Fracking ist technisch aufwändig, in Deutschland teuer, hat nur wenig Zustimmung in der Bevölkerung und es gibt auch nachhaltige Alternativen. Je nachdem wie schnell wir bei der Energiewende beim Ausbau der Erneuerbaren Energien und Ener-

gieeffizienzmaßnahmen vorankommen, müsste sich Deutschland am weltweiten Gasrausch auch aus ökonomischen Gründen nicht beteiligen.

### Quellen

- Andrleit, H. u.a. : Schiefergas-Potenzial in Deutschland; GMIT Nr. 51, März 2013.
- Andrleit, H. u.a. : Nicht-konventionelles Erdgas: weltweite Ressourcen und Entwicklungen eines „Hoffnungsträgers“ unter den fossilen Energierohstoffen. Erdöl Erdgas Kohle 126 (2010), H.7/8.
- Bahlburg/Breitkreuz: Grundlagen der Geologie 1998.
- Kulke, H. : Der Energieträger Erdgas; Geowissenschaften 12, 1994.
- Von Pietersdorf: Fracking – müssen wir da mitmachen? FSZ 26. Mai 2013.
- BGR (Bundesanstalt für Geologie und Rohstoffe): Abschätzung des Erdgaspotenzials aus dichten Tonsteinen (Schiefergas) in Deutschland, Hannover 2012.
- BGR: Wissenswertes über Schiefergas, Erdgas in dichten Tongesteinen.
- BGR: Stellungnahme der BGR zum Gutachten des Umweltbundesamtes (UBA) „Umweltauswirkungen von Fracking bei der Aufsuchung und Gewinnung von Erdgas aus unkonventionellen Lagerstätten, UFOPLAN-Nr. 371123299, August 2012.
- DERA – Rohstoffinformation 15: Energiestudie 2012, Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen.

### ZUM AUTOR:

► Dr. Manfred Böttger  
Institut für Angewandte Geowissenschaften Universität Karlsruhe  
manfred.boettger@agk.uni-karlsruhe.de