



Strahlenschutzkommission

Geschäftsstelle der  
Strahlenschutzkommission  
Postfach 12 06 29  
D-53048 Bonn

<http://www.ssk.de>

---

**Radiologische Betrachtungen zu unkonventioneller  
Förderung von Erdgas  
(Hydraulic Fracturing – Fracking)**  
Empfehlung der Strahlenschutzkommission

---

Verabschiedet in der 270. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 17./ 18. Juli 2014

## **Inhalt**

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Radioaktivität und Strahlenschutz bei der konventionellen Erdgasförderung.....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Unkonventionelle Erdgasförderung .....</b>	<b>6</b>
	3.1 Technologische Aspekte der unkonventionellen Erdgasförderung .....	6
	3.2 Radioaktivität und Strahlenschutz bei der unkonventionellen Erdgasförderung.....	8
<b>4</b>	<b>Empfehlungen .....</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>12</b>

## 1 Einleitung

In Deutschland wird derzeit Erdgas vor allem aus Lagerstätten gewonnen, die sich in hydraulisch durchlässigen (permeablen) Speichergesteinen (Sandstein, Kalkstein) befinden und die nach oben durch undurchlässige Gesteinsschichten (Barrieregestein) abgedichtet sind. Das Erdgas, das in anderen, tiefer liegenden Horizonten aus organischen Sedimenten entstand, wanderte in diese geologischen Fallenstrukturen und ist dort seit Jahrmillionen eingeschlossen. Diese in Norddeutschland vor allem in Schichten des Buntsandstein, Zechstein und Rotliegenden vorkommenden „konventionellen“ Lagerstätten werden durch Tiefbohrungen aufgeschlossen, die teilweise über größere Strecken horizontal vorgetrieben werden. Aufgrund des hohen hydrostatischen Drucks von einigen 100 bar in den Lagerstätten tritt das Gas spontan und mit einer hinreichenden Fließgeschwindigkeit aus. Die Förderung von Erdgas aus solchen Lagerstätten wird als konventionelle Erdgasförderung bezeichnet.

In Deutschland gibt es aber auch Erdgasvorkommen in Lagerstätten mit gering permeablen Gesteinen. Darüber hinaus gibt es weitere (nicht-konventionelle) Erdgasvorkommen auch als Gashydrate und Aquifergas (BGR 2012a).

Zu den Vorkommen in gering permeablen Gesteinen zählen Tight Gas, Schiefergas (shale gas) oder auch Kohleflözgas (coal bed methane).

Tight Gas ist Erdgas, das sich in kleinen, nur schlecht miteinander verbundenen Hohlräumen im Gestein (meist Sandstein) gesammelt hat.

Schiefergas und Kohleflözgas ist Erdgas, das in sehr gering permeablen Schiefen oder Kohleflözen gebildet wurde, aus denen es auch über geologische Zeiträume nicht entweichen konnte. Durch die wenig durchlässigen Gesteine kann das Erdgas nicht frei zu einer Bohrung strömen.

Um das in gering permeablen Lagerstätten befindliche Gas zu fördern, muss die Durchlässigkeit des Gesteins technisch vergrößert werden. Beim „Hydraulic Fracturing“, umgangssprachlich häufig Fracking genannt, wird das Gestein durch Einpressen einer Flüssigkeit unter hohem Druck aufgebrochen. Es werden kontrolliert künstliche Risse (Fracs) erzeugt, die je nach Spannungszustand und aufgewendeter Energie unterschiedlich groß sein können.

Tight Gas wird seit mehreren Jahrzehnten in Deutschland gefördert. Die Förderung konzentriert sich aufgrund der geologischen Gegebenheiten vorwiegend auf Vorkommen in Niedersachsen. Hier lagert Tight Gas in tief liegenden Gesteinsschichten aus dichtem Sandstein. Um das Tight Gas aus rund 4 000 Meter und tiefer zu fördern, kommt die Fracking-Technologie zum Einsatz.

In den letzten Jahren sind in Deutschland einige Studien zu den Umweltrisiken, den energiewirtschaftlichen oder rechtlichen Aspekten von Fracking veröffentlicht oder in Auftrag gegeben worden.

In der Stellungnahme „Einschätzung der Schiefergasförderung in Deutschland“ vom Dezember 2011 hat das Umweltbundesamt eine Zusammenstellung zur Exploration und Erdgasgewinnung aus gering permeablen Lagerstätten in Gegenüberstellung zu konventionellen Verfahren sowie offene Fragestellungen und Forschungsbedarf dargelegt (UBA 2011).

In der Studie der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) aus dem Jahr 2012 „Abschätzung des Erdgaspotenzials aus dichten Tongesteinen (Schiefergas) in Deutschland“ wurden die wichtigsten Gesteinsformationen mit Schiefergaspotenzial untersucht (BGR 2012b). Analysiert wurden Daten aus wissenschaftlichen Veröffentlichungen und Berichten von Fachbehörden. Danach befinden sich die größten Schiefergaspotenziale im Norddeutschen Becken sowie kleinere Potenziale im Oberrheingraben. Das Ergebnis beruht auf überregionalen Untersuchungen geologischer Formationen und weist keine konkreten Vorkommen aus.

Das Umweltbundesamt (UBA) hat die „Umweltauswirkungen von Fracking bei der Aufsuchung und Gewinnung von Erdgas aus unkonventionellen Lagerstätten“ auf den Wasserhaushalt in einer Studie untersuchen lassen (Meiners et al. 2012a). In dieser Studie werden Risiken für Grund- und Trinkwasser benannt. Die Studie rät davon ab, Fracking derzeit im großtechnischen Maßstab in Deutschland einzusetzen. Zu ähnlichen Ergebnissen kommt das „Gutachten mit Risikostudie zur Exploration und Gewinnung von Erdgas aus unkonventionellen Lagerstätten in NRW und deren Auswirkungen auf den Naturhaushalt insbesondere die öffentliche Trinkwasserversorgung“ im Auftrag des Landes Nordrhein-Westfalen (Meiners et al. 2012b). Der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) nahm im Mai 2013 zu „Fracking zur Schiefergasgewinnung – Ein Beitrag zur energie- und umweltpolitischen Bewertung“ Stellung (SRU 2013).

Am 22.01.2014 fand ein Fachgespräch des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) und des UBA mit über 100 Teilnehmern in Berlin statt. Ziel der Veranstaltung war es, die vorläufigen Ergebnisse der Gutachter frühzeitig in die fachliche Diskussion einzuspeisen, um für das endgültige Gutachten möglichst viele Aspekte betroffener Akteure, Verbände und Interessensgruppen berücksichtigen zu können. In dem Folgevorhaben – Teil 2 „Monitoring, Frackingchemikalien und Flowback, Klimabilanz, induzierte Seismizität, Flächenverbrauch, Auswirkungen auf die Natur“ im Auftrag des UBA werden die im ersten Gutachten (Meiners et al. 2012a) benannten offenen Fragen sowie weitere aktuelle umweltrelevante Themen der Schiefergasgewinnung durch Fracking untersucht.

Vor dem Hintergrund, dass die Einführung der Fracking-Technologie zur Nutzung der unkonventionellen Erdgasförderung in Deutschland diskutiert wird, bat das BMU mit Schreiben vom 18.07.2011 die Strahlenschutzkommission (SSK) um eine Bewertung der beim Fracking möglichen radiologischen Risiken.

Da es bisher keine klare Klassifizierung von „konventionellen“ oder „unkonventionellen“ Erdgaslagerstätten gibt (s. BGR 2012a), betrachtet die SSK für ihre Bewertung die Erdgasgewinnung aus allen gering permeablen Lagerstätten, in denen das Erdgas nur durch Anwendung der Fracking-Technologie wirtschaftlich gewonnen werden kann, als unkonventionelle Erdgasförderung.

## **2 Radioaktivität und Strahlenschutz bei der konventionellen Erdgasförderung**

Das in Erdgaslagerstätten vorhandene Lagerstättenwasser ist vielfach hochsalinär und enthält die Erdalkalielemente Radium, Barium und Strontium in verglichen mit Süßwässern deutlich höheren Konzentrationen. Dieses Lagerstättenwasser wird bei der konventionellen Förderung von Erdgas mitgefördert. Dabei wird es durch Kondenswasser aus dem Gasstrom verdünnt und es kommt außerdem zur Ausfällung von Salzen. Das Übertage anfallende Produktionswasser ist deshalb mit dem Lagerstättenwasser nicht identisch.

Messwerte von Radionukliden an Produktionswässern aus deutschen Erdöl- und Erdgaslagerstätten (WEG 2014) belegen, dass die Konzentrationen von Uran in salinären Wässern (mehr als 1 000 mg/l Cl<sup>-</sup>) mit größenordnungsmäßig 1 mBq/l bis 10 mBq/l mit denen in gering mineralisierten Grundwässern vergleichbar sind. Obwohl Th-232 bisher nicht gezielt untersucht wurde, belegen die hydrogeochemischen Kenntnisse, dass es auch in salinären Wässern praktisch unlöslich ist. Radiologisch relevante Konzentrationen sind für die Radiumisotope und Pb-210 bekannt. Sowohl Messungen an Lagerstättenwässern der Erdöl- und Erdgasgewinnung (Kolb und Wojcik 1985, WEG 2014) als auch von salinären Wässern von Geothermianlagen in Norddeutschland (Köhler et al. 2013) zeigen, dass Wertebereiche

zwischen 1 Bq/l bis 50 Bq/l Ra-226 und 1 Bq/l bis 30 Bq/l Ra-228 typisch für solche Wässer sind. Der Wertebereich von Pb-210 kann bis über 100 Bq/l reichen (Kolb und Wojcik 1985, Köhler et al. 2013). Diese Konzentrationen liegen um Größenordnungen höher als die entsprechenden Wertebereiche schwach mineralisierter Süßwässer, die bei < 0,8 mBq/l bis 350 mBq/l Ra-226, <0,7 mBq/l bis 120 mBq/l Ra-228 und <0,6 mBq/l bis 250 mBq/l Pb-210 liegen (BfS 2009).

Aus dem Speichergestein tritt darüber hinaus Radon in das Erdgas über. Aufgrund des hohen Gasdrucks in Erdgaslagerstätten, der in tief liegenden Lagerstätten (in Deutschland bis 5 000 m tief) ca. 60 MPa (600 bar) betragen kann (BGR 2012b<sup>1</sup>), nimmt die Radonkonzentration mit der Entspannung des Erdgases bei der Förderung ab.

Die standardmäßig bei der Erkundung von Erdgaslagerstätten ausgeführten geophysikalischen Messungen (Gamma-Logs) enthalten grundsätzlich Informationen über die Uran-, Thorium- und Radiumgehalte von Wirtsgesteinen und damit auch des Potenzials an freisetzbaren Radionukliden.

Beim Abteufen der Bohrungen werden unvermeidbar Aquifere und wasserundurchlässige Schichten durchbohrt. Das Bohrloch wird in Horizonten, in denen Zuflüsse von Wasser möglich sind, durch Systeme von Zementbrücken und Dickspülungssuspension (tonhaltige Suspension) abgedichtet. Auch im Bereich des Reservoirgesteins müssen die Rohrtouren<sup>2</sup> teilweise durch Zementation stabilisiert werden. In Bohrungen, die mit einem zementierten Liner komplettiert wurden, werden zum Anschließen der Fördersonde an die Lagerstätte in den einzementierten Liner mit Perforationskanonen Löcher gesprengt. Das ist mit mikroseismischen Ereignissen verbunden, die allerdings an der Geländeoberfläche nicht spürbar sind.

Als Folge der Erdgasförderung kommt es durch die Druckentlastung des Gebirges auch zu Senkungen der Geländeoberfläche (Bergsenkungen). Diese Senkungen können mit seismischen Ereignissen verbunden sein. Radiologische Konsequenzen dieser Ereignisse, z. B. dadurch induzierte relevante Anstiege von Radonkonzentrationen in Gebäuden, sind nach derzeitigem Kenntnisstand nicht zu erwarten.

Das bei der Gewinnung mitgeführte Produktionswasser wird in der Regel in Versenkbohrungen verpresst (SRU 2013).

Müssen Produktionswässer abgeleitet und in abwassertechnischen Anlagen behandelt werden, kann es dort zu Ausfällungen und Ablagerungen kommen. Radiologische Auswirkungen solcher Ableitungen sind bisher nicht untersucht.

Ableitungen von Radon mit dem geförderten Erdgas wurden schon von Kolb und Wojcik (1985) betrachtet. Die von ihnen untersuchten Erdgasproben besaßen Rn-222-Konzentrationen zwischen 0,15 Bq/l und 1,0 Bq/l (entspricht 150 Bq/m<sup>3</sup> bis 1 000 Bq/m<sup>3</sup>). Diese im Vergleich zu Bodenluft in 1 m Tiefe geringen Konzentrationen sind eine Folge der Druckentlastung bei der Gewinnung des Erdgases.

Die mitgeführten Produktionswässer sind selbst bei hohen Konzentrationen gelöster Radionuklide (100 Bq/l entsprechen einer massenbezogenen Aktivität von etwas weniger als 0,1 Bq/g) keine Strahlenquelle, die zu einer signifikanten äußeren Strahlenexposition führt. Arbeiten mit Produktionswässern selbst (z. B. Rückpumpen in Bohrungen) sind daher ohne radiologische Relevanz. Produktionswässer sind derzeit in der Positivliste der Anlage XII

---

<sup>1</sup> in BGR 2012b: Porendruckgradient 12 MPa/km nach Röckel und Lempp 2003

<sup>2</sup> Unter Rohrtour versteht man die bestimmte, festgelegte Länge von Bohrgestängen.

Teil A Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) auch nicht als Rückstände aufgeführt (BMU 2012).

Durch die Veränderung der chemischen Milieubedingungen fallen die im Lagerstättenwasser gelösten Erdalkalielemente sowie ggf. andere Spurenelemente als unlösliche Salze aus und bilden in den Anlagen Ablagerungen, die sowohl als feste Schichten (Scale) als auch in schlammiger Form vorkommen können. Da die gelösten Radionuklide Ra-226, Ra-228 und teilweise Pb-210 mit ausfallen, entstehen häufig Materialien mit radiologisch relevanter Radioaktivität. Dieser Sachverhalt ist seit langem bekannt und wurde von Kolb und Wojcik in den 1980er Jahren auch für Lagerstätten in der Bundesrepublik Deutschland beschrieben (Kolb und Wojcik 1985).

Seit 2001 sind Schlämme und Ablagerungen aus der Gewinnung, Verarbeitung und Aufbereitung von (Erdöl und) Erdgas in der Anlage XII Teil A StrlSchV als Rückstände benannt. Soweit die Überwachungsgrenzen der Anlage XII Teil B StrlSchV überschritten sind, unterliegen die Rückstände den Regelungen der StrlSchV und sind radioaktive Stoffe im Sinne des § 2 Abs. 2 Atomgesetzes (AtG 2013).

Die Überwachung von Rückständen dient dem Schutz von Einzelpersonen der Bevölkerung bei der Beseitigung oder Verwertung von Rückständen (§ 97 Abs. 1 StrlSchV). Andere Expositionssituationen können nur dann strahlenschutzrechtlich überwacht werden, wenn die effektive Dosis einen Wert von 1 Millisievert pro Jahr überschreiten kann (§ 102 StrlSchV). Von Seiten des Wirtschaftsverbandes Erdöl- und Erdgasgewinnung (WEG) e. V. wird festgestellt, dass diese Dosischwelle an Arbeitsplätzen in den Unternehmen der Erdöl-Erdgasgewinnung nicht überschritten wird (s. WEG 2012). Es sind auch keine Fälle bekannt, bei denen aus radiologischen Gründen die Beseitigung von Rückständen auf Deponien nicht zugelassen werden konnte (IAF et al. 2012).

Ein spezieller in Deutschland praktizierter Entsorgungsweg beinhaltet die vakuothermische Extraktion von Quecksilber aus Rückständen der Erdöl- und Erdgasgewinnung als Zwischenschritt vor einer Deponierung. Für diesen Entsorgungsweg wird teilweise eine Dosisüberwachung der Beschäftigten praktiziert. Die ermittelten Dosen lagen maximal bei 0,1 mSv pro Monat (Mothes 2014).

Unbeabsichtigte Freisetzungen, Handhabungsverluste und unsachgemäße Beseitigung von Ablagerungen können zu Bodenkontaminationen führen. Derartige Bodenkontaminationen sind nach § 101 StrlSchV bei einer Beendigung von Arbeiten auf einem Grundstück so zu entfernen, dass die Rückstände keine Einschränkung der Nutzung begründen. Maßstab für eine Grundstücksnutzung ohne Einschränkungen ist, dass im Hinblick auf die Strahlenexposition von Einzelpersonen der Bevölkerung durch die nicht entfernten Rückstände als Richtwert eine effektive Dosis von 1 Millisievert im Kalenderjahr eingehalten wird.

### **3 Unkonventionelle Erdgasförderung**

#### **3.1 Technologische Aspekte der unkonventionellen Erdgasförderung**

Um das in gering permeablen Lagerstätten befindliche Gas zu fördern, muss die Durchlässigkeit des Gesteins technisch vergrößert werden. Die dazu genutzte Fracking-Technologie wurde in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts entwickelt und wird auch in Deutschland bereits seit mehreren Jahrzehnten angewandt. Die Fracking-Technologie beinhaltet folgende im Vergleich zur konventionellen Gewinnungstechnologie neue Aspekte:

- Das Aufbrechen des gering permeablen Lagerstättengesteins erfolgt durch Hochdruckinjektion von Flüssigkeiten („Frac-Fluid“, Mischung aus Wasser und

Additiven) mit Drücken bis 1 000 bar (SRU 2013). Mit den Frac-Fluiden werden auch Stützmittel („Frac-Sande“) in das Lagerstättengestein eingebracht, die zum Offenhalten der Risse dienen.

- Die Mengen an eingebrachten Fluiden unterscheiden sich abhängig von den Lagerstättenbedingungen erheblich. Nach den in (Meiners et al. 2012a) zusammengestellten Daten von 30 in Deutschland ausgeführten Frackingmaßnahmen lagen die pro Frac eingesetzten Mengen an Wasser in Tight Gas-Lagerstätten zwischen 37 m<sup>3</sup> und 2 336 m<sup>3</sup>, in einer Schiefergaslagerstätte wurden 4 040 m<sup>3</sup> Wasser pro Frac eingesetzt.
- Abhängig von den Gesteinen muss ggf. mehrfach gefrackt werden, um die Lagerstätten effektiv auszubeuten. Bei Schiefergaslagerstätten wird in einer Studie im Auftrag des UBA (Dannwolf et al. 2014) von 10 Fracs je Bohrung ausgegangen. Da in solchen Fällen eine Wiederverwendung von aufbereitetem Flowback nicht ausreicht, muss mit einem erheblichen Bedarf an Frischwasser gerechnet werden.
- Um den hohen Druck beim Fracken aufnehmen zu können, müssen die Rohrtouren besonders dicht in den Gesteinskörper eingebaut sein.
- Die in die Bohrungen injizierten Frac-Fluide enthalten zusätzlich zu den bereits in Bohrspülungen enthaltenen Chemikalien (GWE 2014) weitere Chemikalien, mit denen die Viskosität angepasst wird, um das Einbringen von Stützmitteln („Frac-Sande“) in das gefrackte Gestein zu gewährleisten. Die chemischen Zusätze sollen weiterhin Ablagerungen reduzieren, mikrobiologischen Bewuchs sowie die Bildung von Schwefelwasserstoff und ein Quellen der Tonminerale im Frack-Horizont verhindern, Korrosion vermeiden und die Fluidreibung bei hoher Pumpleistung minimieren (Meiners et al. 2012b). Die Frac-Fluide werden in ihrer Zusammensetzung auf die Lagerstätten-gesteine abgestimmt.
- Vor Beginn der Gasförderung muss das injizierte Frac-Fluid aus den Bohrungen entfernt werden. Dabei fallen große Mengen an rückgefördertem Wasser („Flowback“) an. Dieser Flowback enthält eine Mischung aus injizierten Frac-Fluiden und Lagerstättenwasser, wobei der Anteil des letzteren im Verlauf der Rückförderung zunimmt. Geht man davon aus, dass bei Schiefergaslagerstätten in der Regel mehrfach gefrackt werden muss, so ist mit großen Mengen an zu entsorgendem oder zu rezyklierendem Abwasser zu rechnen (s. Dannwolf et al. 2014).
- Zur effektiven Erschließung von gering permeablen Lagerstätten werden mehr Einzelbohrungen benötigt als bei permeablen Lagerstätten. Auch wenn der Flächenverbrauch über Tage durch Multilateral-Bohrungen, bei denen von einem Bohransatzpunkt mehrere Bohrungen in die Lagerstätten abgeteuft werden, reduziert werden kann, entstehen grundsätzlich mehr Bohrkanäle und Durchörterungen von gering permeablen Gesteinen als bei der Erschließung permeabler Lagerstätten.
- Bisher wurden in Deutschland nur Tight Gas-Lagerstätten mittels Fracking aufgeschlossen, die in großer Tiefe liegen, und die durch Barrieregesteine von nutzbaren Grundwasserleitern getrennt sind. Es gibt allerdings auch Lagerstätten in geringerer Tiefe, die nicht durch impermeable Deckschichten von nutzbaren Grundwasserleitern getrennt sind. So kommt Kohleflözgas in Verbindung mit Steinkohle z. B. in einer Tiefe zwischen 700 m und 2 000 m vor (SRU 2013). Grundsätzlich ist es möglich, mittels Fracking-Technologie auch Gas aus solchen Lagerstätten zu gewinnen.

### 3.2 Radioaktivität und Strahlenschutz bei der unkonventionellen Erdgasförderung

Die Thematik Radioaktivität wird im Zusammenhang mit der unkonventionellen Erdgasförderung seit mehreren Jahren international diskutiert (GAO 2012, EU 2012, USGS 2012, PHE 2013). Es gibt allerdings nur wenige wissenschaftlich belastbare Untersuchungen, mit denen die radiologischen Folgen des Fracking differenziert bewertet werden können.

Im Zusammenhang mit dem Strahlenschutz ergeben sich bei einer Erschließung gering permeabler Erdgaslagerstätten mittels Fracking-Technologie folgende zu beachtende Sachverhalte:

- Gering permeable Gesteine wie Tonstein oder Schiefer weisen tendenziell höhere Gehalte natürlicher Radionuklide auf als die besser durchlässigen Speichergesteine Sandstein oder Kalkstein (Siehl 1996). Auch die Konzentrationen von Radium in den (hochsalinaren) Lagerstättenwässern solcher Speichergesteine liegen tendenziell höher als die in permeablen Lagerstätten (Rowan et al. 2011).
- Soweit gering permeable Gesteine (deutlich) höhere Uran- oder Thoriumgehalte aufweisen als übliche Lagerstätten, kann das beim Aufschluss der Lagerstätten anfallende Bohrklein (nach derzeitigen Maßstäben der StrlSchV) im Einzelfall bereits eine strahlenschutzrechtliche Überwachung erfordern.
- Genau wie bei der konventionellen Förderung von Erdgas muss auch beim Fracking mit dem Anfallen von Radium- oder Pb-210-haltigen Rückständen gerechnet werden. Durch die gezielte Injektion von größeren Mengen an Frac-Fluid und die im Vergleich zu konventionellen Fördersonden geringere Nutzungsdauer kann es allerdings zu einer Zunahme der Menge an Rückstandmaterial pro gewonnener Normmenge Erdgas kommen. Signifikante Veränderungen in Hinblick auf die Strahlenexposition von Beschäftigten oder Einzelpersonen der Bevölkerung sind allerdings nur zu erwarten, wenn die Gesamtmenge an Rückständen als Folge einer extensiven Erschließung vieler Lagerstätten deutlich zunimmt. Das ist derzeit für Deutschland nicht zu erwarten.
- Jede Entsorgung des Flowbacks, die nicht als Injektion in aufgelassene Tiefbohrungen, sondern als Behandlung in technischen Anlagen oder Einleitung in Kläranlagen ausgeführt wird, kann durch Ausfällung von gelösten Radionukliden zur Bildung von radiologisch relevanten Ablagerungen führen. Die in Anlage VII Teil D StrlSchV genannten Aktivitätskonzentrationen, die aus Strahlenschutzbereichen in Abwasserkanäle eingeleitet werden dürfen, berücksichtigen keine Anreicherungseffekte, die aufgrund des besonderen Chemismus dieser hochmineralisierten Wässer auftreten können. Die Anlage VII Teil D StrlSchV ist daher wenig geeignet, um die radiologischen Folgen einer derartigen Ableitung von salinaren Wässern realistisch zu bewerten.
- Bei einer Nutzung von Lagerstätten, die nicht durch hinreichend mächtige Barrieregesteine von oberflächennahen Grundwasserleitern getrennt sind, könnten Aufstiege von Tiefenwässern entlang neu geschaffener Ausbreitungspfade in das oberflächennahe Grundwasser auftreten. Eine Strahlenbelastung von Personen der Bevölkerung ist allerdings unwahrscheinlich, da derart kontaminiertes Grundwasser aufgrund seines Salzgehaltes nicht direkt als Trinkwasser genutzt werden kann und die Radium- und Pb-210-Konzentrationen bei Abnahme des Salzgehaltes ebenfalls abnehmen. In beschränktem Maße sind allerdings Nutzungen schwach salinärer Wässer zur Viehtränke oder zur Feldberegnung und damit Nahrungsmittelproduktion nicht völlig auszuschließen. Aussagen zu einem solchen Szenario können nur einzelfallbezogen getroffen werden.

- Sofern es durch undichten Einbau von Rohrtouren oder Störungen beim Fracking selbst zum Übertritt von salinaren Tiefenwässern in nutzbare Grundwasserleiter kommt, gelten grundsätzlich ähnliche Einschätzungen in Hinblick auf die radiologischen Konsequenzen wie im vorhergehenden Absatz dargestellt. Allerdings sind in einem solchen Fall die damit verbundenen Grundwasserkontaminationen noch stärker als lokale Effekte zu bewerten.
- Neben dem Schutz von nutzbaren Trinkwasservorkommen ist der Schutz von Thermalwasser oder Heilwasser aus tiefen Horizonten ein weiterer zu beachtender Aspekt (SRU 2013). Hierbei ist allerdings zu beachten, dass stark mineralisierte Wässer aus tiefen Grundwasserleitern in der Regel auch höhere Konzentrationen an Radium als oberflächennahe Grundwasserleiter enthalten. Inwieweit eine schädliche Veränderung durch steigende Konzentrationen natürlicher Radionuklide zu besorgen ist, kann nur im Einzelfall geprüft werden.

Sofern zur Gewinnung des Frischwassers zum Fracking Grundwasser gefördert wird, sind Expositionen durch Radon, z. B. in Brunnenstuben, ein möglicher Expositionspfad. Bei einer Gleichbehandlung dieser Anlagen mit anderen Anlagen der Wassergewinnung kann der Strahlenschutz gewährleistet werden.

Für folgende Aspekte der Fracking-Technologie gibt es nach Einschätzung der SSK derzeit keine belastbaren Hinweise auf strahlenschutzseitig zu beachtende Sachverhalte:

- Der Einsatz von Chemikalien, die den Fracking-Prozess unterstützen (Frac-Fluide), hat nach bisheriger Kenntnis keine Auswirkungen auf die Freisetzung von Radionukliden aus dem Gestein.
- Es ist derzeit noch Gegenstand von Fachdiskussionen, ob seismische Ereignisse, die durch Fracking-Vorgänge ausgelöst werden, auch über Tage spürbar sind. In (Meiners et al. 2012b) wird unter Hinweis auf die Fachliteratur ein Zusammenhang zwischen seismischen Ereignissen und Frack-Vorgängen als möglich beschrieben. Insbesondere in Formationen mit großflächigen Störungen, die auch unter tektonischen Spannungen stehen<sup>1</sup>, kann nicht ausgeschlossen werden, dass diese durch induziertes hydraulisches Fracking aktiviert werden und Beben auslösen (sog. getriggerte Erdbeben). Soweit derartige Erschütterungen auftreten, können sie zum Anstieg von Radonkonzentrationen in der Bodenluft und darüber auch in Gebäuden führen. Nur wenn durch solche Effekte dauerhafte Wegsamkeiten im Kontaktbereich von Gebäuden mit der Bodenluft entstehen, kann die Radonkonzentration in Innenräumen auch langfristig zunehmen.
- Die Freisetzung von Radon mit dem geförderten Erdgas ist bei konventioneller Förderung kein radiologisches Problem. Erheblich höhere Radonkonzentrationen im Ergebnis von Fracking gering permeabler Lagerstätten sind nur zu erwarten, wenn die so genutzten Lagerstätten uranreiche Wirtsgesteine umfassen. Das ist derzeit nicht zu erwarten.

Die folgenden im Zusammenhang mit Umweltauswirkungen und -risiken thematisierten Aspekte sind aus Sicht des Strahlenschutzes ohne Belang:

- Andere im Grundwasser enthaltene Radionuklide als die der natürlichen Zerfallsreihen des Urans und Thoriums (z. B. H-3, C-14) können aus radiologischer Sicht außer Acht gelassen werden.

---

<sup>1</sup> Das ist in Deutschland vor allem bei geothermisch genutzten Formationen der Fall.

- Kontaminationen von Böden, Grund- oder Oberflächenwasser durch „Störfälle“ mit Freisetzung von Frac-Fluiden oder Produktionswasser an der Geländeoberfläche sind radiologisch von geringer Relevanz.

## 4 Empfehlungen

Die SSK sieht in der Fracking-Technologie bei der Erschließung gering permeabler Lagerstätten keine grundsätzlich anderen radiologischen Aspekte als bei der konventionellen Gewinnung von Erdöl und Erdgas. Der bisher etablierte Strahlenschutz bei NORM (Naturally Occurring Radioactive Material) ist nach Meinung der SSK auch für Rückstände eines Fracking grundsätzlich geeignet. Die SSK weist allerdings darauf hin, dass für die allgemeine Bewertung der Fracking-Technologie in Hinblick auf radiologische Konsequenzen noch Kenntnisse zu diversen Einzelfragen fehlen (z. B. Wirkung der chemischen Zusätze auf die Radionuklidkonzentrationen). Daher empfiehlt sie, bei einer Nutzung der Fracking-Technologie durch ein geeignetes Monitoring die Kenntnisgrundlagen zur Bewertung radiologischer Konsequenzen zu verbessern.

Die SSK weist weiterhin darauf hin, dass die Strahlenexpositionen für Beschäftigte und Personen der Bevölkerung, die bei der Entsorgung von Rückständen im Sinne der StrlSchV und anderen Abfällen auftreten, vor allem von der Gesamtaktivität der Materialien abhängt, die im Zusammenhang mit der Gewinnung von Erdöl- und Erdgas anfallen. Da bei einer umfangreichen Nutzung der Fracking-Technologie die Mengen an Rückständen zunehmen könnten, empfiehlt die SSK, im Falle einer möglichen Zulassung weiterer Fracs von Anfang an ausreichende Daten zur Beurteilung der radiologischen Konsequenzen zu erheben. Die Daten sollten geeignet sein, vollständige Bilanzen über die radiologisch relevanten Radionuklide (Ra-226, Ra-228, Pb-210) über die Betriebszeit einer Anlage aufzustellen.

Sollte gemäß dem Vorschlag des Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) die Fracking-Technologie im Rahmen von Pilotprojekten untersucht werden, empfiehlt die SSK, dabei auch die radiologischen Konsequenzen einzubeziehen und vollständige Bilanzen über die radiologisch relevanten Radionuklide (Ra-226, Ra-228, Pb-210) aufzustellen und daraus resultierende Dosen für Beschäftigte und Einzelpersonen der Bevölkerung auch unterhalb von Grenz- oder Richtwerten zu ermitteln. Nur so können radiologische Konsequenzen bei einer Ausweitung dieser Technologie belastbar beurteilt werden.

Die im Zusammenhang mit einer Planung zur Nutzung gering permeabler Lagerstätten vorzunehmende Umweltbewertung sollte die Prüfung der radiologischen Bedingungen in der konkreten Lagerstätte und die Bewertung der radiologischen Konsequenzen mit einbeziehen. Dieser Prüfschritt sollte unabhängig davon durchgeführt werden, ob die Umweltbewertung eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) einschließt oder nur Teil des bergrechtlichen Betriebsplanverfahrens ist.

Umweltrisiken sind dann in besonderem Maße zu beachten, wenn Lagerstätten aufgeschlossen werden (sollen), die nicht durch Barrieregesteine von nutzbaren Grundwasserleitern abgetrennt sind. Den Risiken eines unbeabsichtigten Eintrags von Radionukliden in nutzbare Grundwasserleiter über Ausbreitungspfade, die durch das Fracking geschaffen wurden, ist in der Umweltbewertung Rechnung zu tragen. Dabei sollte nach Meinung der SSK berücksichtigt werden, dass die Migration von Radium und Pb-210 nach allen bisher vorliegenden Kenntnissen unmittelbar an die Ausbreitung von salzhaltigen Lösungen gebunden ist und die Radionuklidkonzentrationen bei Verdünnung der Salze abnehmen.

Bei Lagerstätten in Tonsteinen und Schiefer ist es grundsätzlich möglich, dass (wegen der Horizontalbohrtechnik in großen Mengen) Bohrklein anfällt, das aus gering permeablen

Gesteinen stammt und dessen Radioaktivität nach Maßstäben der (derzeitigen) StrlSchV aus Strahlenschutzgründen nicht außer Acht gelassen werden kann. Die SSK empfiehlt, die Daten von Gamma-Logs als Indikation von erhöhter Radioaktivität zu nutzen und hierfür Schwellenwerte festzulegen, bei deren Überschreiten eine Kontrolle des Bohrkleins auf natürliche Radioaktivität vorzunehmen ist.

Es ist bisher nicht absehbar, dass die zu entsorgenden Mengen an festen oder schlammigen Rückständen aus einer Erdgasproduktion mittels Fracking-Technologie aus radiologischen Gründen bei den gegenwärtigen Maßstäben des Strahlenschutzes (Richtdosis 1 mSv/a für Personen der Bevölkerung) nicht konventionell entsorgt werden könnten. Eine über die derzeitigen Regelungen zu überwachungsbedürftigen Rückständen hinausgehende Regelung ist daher nach Ansicht der SSK nicht erforderlich. Zur Klarstellung empfiehlt die SSK allerdings, in eine auf der Basis der neuen EU-Grundnormen (Euratom 2014) neu gefasste Positivliste auch den Sachverhalt Fracking in geeigneter Weise mit aufzunehmen.

Um die radiologischen Konsequenzen der Entsorgung von Produktionswasser oder Flowback besser steuern zu können, empfiehlt die SSK, im Zusammenhang mit der Umsetzung der neuen EU-Grundnormen (Euratom 2014) zu überprüfen, unter welchen Voraussetzungen die Radioaktivität dieser Lösungen aus Gründen des Strahlenschutzes nicht außer Acht gelassen werden kann. Dabei sollten auch die potenziellen Dosen auf die belebte Umwelt bei Ableitungen in Gewässer einbezogen werden.

Die SSK weist darauf hin, dass die Fracking-Technologie auch benötigt wird, um kristalline Gesteine für die Gewinnung geothermischer Energie aufzuschließen (Hot-Dry-Rock-Kraftwerke). In solchen Kraftwerken ist nach bisher vorliegenden Kenntnissen mit erheblichen Mengen an radiologisch relevanten Materialien (NORM) zu rechnen (Köhler et al. 2013). Die radiologischen Konsequenzen dieser Energiegewinnung müssen daher Gegenstand des Strahlenschutzes sein.

Soweit der in den Gutachten (SRU 2013, Meiners et al. 2012b) festgestellte Forschungsbedarf in Hinblick auf Umweltauswirkungen bei der Erschließung gering permeabler Lagerstätten in konkreten Projekten umgesetzt wird, sollten, wie bereits in anderen Zusammenhängen empfohlen (s. oben), auch radiologische Aspekte (Bilanzierung von Aktivitäten, Dosisermittlung) in diese Vorhaben einbezogen werden.

Die SSK sieht die Frage, ob und in welcher Ausprägung seismische Ereignisse und Bergsenkungen durch Ausbeutung von Lagerstätten zu Veränderungen von Radonkonzentrationen in der Bodenluft und darüber auch in Gebäuden führen, als eine grundsätzlich zu bearbeitende wissenschaftliche Fragestellung an. Sie empfiehlt daher, anknüpfend an bereits vorhandene Arbeiten (z. B. Schmid und Wiegand 1998, Duddridge und Grainger 1998) die Frage unabhängig von Frackingvorhaben weiterhin zu untersuchen.

Vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) als obere Fachbehörde des Bundes sollten ggf. Forschungsvorhaben zur Klärung von Einzelfragen angestoßen werden.



- Dannwolf et al. 2014      Dannwolf U, Heckelsmüller A, Steiner N, Rink C, Weichgrebe D, Kayser K, Zwafink R, Rosenwinkel K-H, Fritsche U R, Fingerman K, Hunt S, Rüter H, Donat H, Bauer S, Runge K, Heinrich S. Umweltauswirkungen von Fracking bei der Aufsuchung und Gewinnung von Erdgas insbesondere aus Schiefergaslagerstätten. Teil 2 – Grundwassermonitoringkonzept, Frackingchemikalienkataster, Entsorgung von Flowback, Forschungsstand zur Emissions- und Klimabilanz, induzierte Seismizität, Naturhaushalt, Landschaftsbild und biologische Vielfalt. Im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA). Dessau-Roßlau, Juli 2014
- Duddridge und Grainger 1998      Duddridge G A und Grainger P. Temporal variation in soil gas composition in relation to seismicity in south-west England. *Geoscience in south-west England*, 9, 224-230. 1998.  
[http://www.ussher.org.uk/journal/90s/1998/documents/Duddridge\\_Grainger\\_1998.pdf](http://www.ussher.org.uk/journal/90s/1998/documents/Duddridge_Grainger_1998.pdf) (abgerufen am 21.10.2014)
- EU 2012      European Commission. Support to the identification of potential risks for the environment and human health arising from hydrocarbons operations involving hydraulic fracturing in Europe. Report for European Commission. DG Environment. AEA/R/ED57281. Issue Number 11. 28/05/2012
- Euratom 2014      Richtlinie 2013/59/Euratom des Rates vom 5. Dezember 2013 zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung und zur Aufhebung der Richtlinien 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom und 2003/122/Euratom. Amtsblatt der Europäischen Union, L 13/1. Brüssel 17.01.2014
- GAO 2012      United States Government Accountability Office (GAO). Information on Shale Resources, Development, and Environmental and Public Health Risks. Report to Congressional Requesters. GAO-12-732. September 2012
- GWE 2014      Spülungsprodukte in der Rotary-Bohrtechnik. GWE Pumpenboese. SBF-Hagusta.  
[http://www.gwe-gruppe.de/export/sites/www.gwe-gruppe.de/pdf/Spuelung\\_deutsch.pdf](http://www.gwe-gruppe.de/export/sites/www.gwe-gruppe.de/pdf/Spuelung_deutsch.pdf) (abgerufen 21.10.2014)
- IAF et al. 2012      Arbeitsgemeinschaft IAF - Radioökologie GmbH (IAF), Fugro Consult GmbH (FCG), Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH (GRS), WISUTEC Umwelttechnik GmbH. Bestandsaufnahme und Prognose von NORM-Rückständen für die Endlagerung in einem Endlager für radioaktive Abfälle. Zwischenbericht zum AP2, Vorhaben 3610R03250, 27.09.2012 (unveröffentlicht).

- Köhler et al. 2013 Köhler M, Degering D, Fleischer K, Steinbach P, Brendler V. Untersuchungen zum Umgang mit natürlicher Radioaktivität bei tiefer Geothermie. Abschlussbericht. Fördervorhaben Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Förderkennzeichen 0325166, Dresden, 29.05.2013.
- Kolb und Wojcik 1985 Kolb W und Wojcik M. Strahlenschutzprobleme bei der Gewinnung und Nutzung von Erdöl und Erdgas in der Bundesrepublik Deutschland. BMI-Forschungsvorhaben St. Sch. 872. Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB). Bericht Ra-17. ISSN 0341-6747, Braunschweig, Februar 1985.
- Meiners et al. 2012a Meiners H G, Denneborg M, Müller F, Bergmann A, Weber F-A, Dopp E, Hansen C, Schüth C, Buchholz G, Gaßner H, Sass I, Homuth S, Priebes R. Umweltauswirkungen von Fracking bei der Aufsuchung und Gewinnung von Erdgas aus unkonventionellen Lagerstätten – Risikobewertung, Handlungsempfehlungen und Evaluierung bestehender rechtlicher Regelungen und Verwaltungsstrukturen. Berlin, Dessau-Roßlau: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Umweltbundesamt. August 2012.
- Meiners et al. 2012b Meiners H G, Denneborg M, Müller F, Pateiro Fernández J B, Deßmann G, Filby A, Barthel R, Cramer T, Bergmann A, Hansen C, Weber F-A, Dopp E, Schüth C, Schippers B, Simon A, König C, Rosen B, Alfermann D, Fuchs S, Tuxhorn L. Fracking in unkonventionellen Erdgas-Lagerstätten in NRW. Gutachten mit Risikostudie zur Exploration und Gewinnung von Erdgas aus unkonventionellen Lagerstätten in Nordrhein-Westfalen (NRW) und deren Auswirkungen auf den Naturhaushalt insbesondere die öffentliche Trinkwasserversorgung. Im Auftrag des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf, 6. September 2012.
- Mothes 2014 Mothes W. Private Mitteilung. GMR – Gesellschaft für Metallrecycling mbH, 2014.
- PHE 2013 Public Health England (PHE). Review of the potential public health impacts of exposure to chemical and radioactive pollutants as a result of shale gas extraction. Draft for Comment. October 2013. ISBN: 978-0-85951-744-7.
- Röckel und Lempp 2003 Röckel T und Lempp C. Der Spannungszustand im Norddeutschen Becken. Erdöl Erdgas Kohle. 119, 2, 73-80. Urban Verlag Hamburg/Wien, 2003.

- Rowan et al. 2011                      Rowan E L, Engle M A, Kirby C S und Kraemer T F.  
Radium Content of Oil- and Gas-Field Produced Waters in  
the Northern Appalachian Basin (USA): Summary and  
Discussion of Data. E.L. Scientific Investigations Report  
2011–5135. U.S. Department of the Interior. U.S. Geological  
Survey  
<http://pubs.usgs.gov/sir/2011/5135/pdf/sir2011-5135.pdf>  
(abgerufen 21.10.2014)
- Schmid und Wiegand 1998            Schmid S und Wiegand J. The influence of traffic vibrations  
on the radon potential. Health Physics 1998; 74(2):231-236
- Siehl 1996                                Siehl A (Hrsg.). Umweltradioaktivität. Verlag Ernst & Sohn,  
Berlin 1996
- SRU 2013                                 Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU). Fracking zur  
Schiefergasgewinnung – Ein Beitrag zur energie- und  
umweltpolitischen Bewertung. Stellungnahme Nr. 18. ISSN  
1612-2968. Mai 2013.
- UBA 2011                                 Umweltbundesamt (UBA). Stellungnahme: Einschätzung der  
Schiefergasförderung in Deutschland. - Dezember 2011.  
[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/  
pdfs/stellungnahme\\_fracking.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/pdfs/stellungnahme_fracking.pdf) (abgerufen 21.10.2014)
- USGS 2012                                U.S. Geological Survey. Radon-222 Content of Natural Gas  
Samples from Upper and Middle Devonian Sandstone and  
Shale Reservoirs in Pennsylvania: Preliminary Data. By E.L.  
Rowan and T.F. Kraemer, Open-File Report Series 2012–  
1159, U.S. Department of the Interior, 2012.
- WEG 2012                                 Wirtschaftsverband Erdöl- und Erdgasgewinnung e.V.  
Technische Regel. Leitfaden für Arbeiten mit natürlicher  
Radioaktivität. Stand: Juli 2012.
- WEG 2014                                 Wirtschaftsverband Erdöl- und Erdgasgewinnung e.V.  
Messdaten von 27 Förderbohrungen der Erdöl-  
Erdgasgewinnung in Norddeutschland. Zur Verfügung  
gestellt vom Wirtschaftsverband Erdöl- Erdgasgewinnung  
e.V. Hannover, 2014 (Persönliche Mitteilung,  
unveröffentlicht)