

Wasserwirtschaftliche Risiken bei Aufsuchung und Gewinnung von Erdgas aus unkonventionellen Lagerstätten im Einzugsgebiet der Ruhr

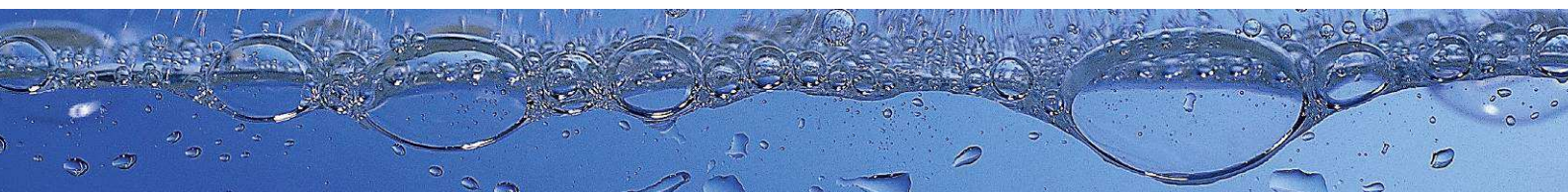


Gutachten zum Angebot 10335/2013/22617

September 2013

Im Auftrag von

**Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr
und Ruhrverband**



Bearbeitung

IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasser
Beratungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH
Moritzstraße 26
45476 Mülheim an der Ruhr

www.iww-online.de

Dr. Axel Bergmann
Telefon: 0208 40303-251
a.bergmann@iww-online.de

Dr. Frank-Andreas Weber
Telefon: 0208 40303-612
fa.weber@iww-online.de

Wissenschaftlicher Direktor: Prof. Dr. Schüth

Bearbeitung Geosystem (Kapitel 5):

ahu AG Wasser Boden Geomatik
Kirberichshofer Weg 6
52066 Aachen

www.ahu.de

Dr. Michael Denneborg, Dipl.-Geol. Frank Müller, Dr. H. Georg Meiners

Auftraggeber:

AWWR Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr e.V.
Zum Kellerbach 52
58239 Schwerte

www.awwr.de

Dipl.-Geol. Ulrich Peterwitz
c/o GELSENWASSER AG
Willy-Brandt-Allee 26
45891 Gelsenkirchen

Telefon: 0209 708-274
ulrich.peterwitz@gelsenwasser.de

Ruhrverband
Kronprinzenstr. 37
45128 Essen

www.ruhrverband.de

Dipl.-Ing. Peter Klein
Telefon: 0201 178-2600
pk1@ruhrverband.de

Bearbeitungszeitraum: 31. Juli 2013 bis 16. September 2013

Zusammenfassung der Ergebnisse

Im Einzugsgebiet der Ruhr prüfen derzeit Unternehmen der Erdgasbranche die Möglichkeit, ob in Formationen des Unterkarbons vermutete unkonventionelle Schiefergasvorkommen unter Einsatz der Fracking-Technologie erschlossen werden können. Dazu wurden von der zuständigen Bezirksregierung Arnsberg die **Erlaubnisfelder „Ruhr“ und „Falke-South“** vergeben, die zusammen knapp 50 % der Fläche des Ruhreinzugsgebietes umfassen.

Zur Klärung der mit der Aufsuchung und Gewinnung dieser Schiefergasvorkommen unter Einsatz der Fracking-Technologie möglicherweise verbundenen Risiken wurde das IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasser Beratungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH unterstützt durch die ahu AG von der AWWR Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr e.V. und dem Ruhrverband beauftragt, die wasserwirtschaftlichen Risiken unter den spezifischen geologisch-hydrogeologischen, wasserwirtschaftlichen und flächennutzungsspezifischen Standortbedingungen im Ruhreinzugsgebiet zu untersuchen und zu bewerten.

Die durchgeführte **Abgrenzung der vermuteten Schiefergasvorkommen** zeigt, dass die Zielformation (Hangende Alaunschiefer) auf einer Fläche von bis zu ca. 679 km² in den Erlaubnisfeldern im Einzugsgebiet der Ruhr verbreitet ist, davon aber zu rund Zweidritteln in Tiefenlagen von weniger als 1.000 m u. GOK ansteht.

Die Bewertung der mit einer flächenhaften Erschließung dieser Vorkommen verbundenen obertägigen Eingriffe kommt zu dem Ergebnis, dass diese aufgrund der Dimension eines solchen Vorhabens eine **obertägige Gefährdung** insbesondere für die zur Trinkwassergewinnung genutzten Oberflächengewässer und das Grundwasser im Einzugsgebiet der Ruhr darstellen können.

Geologisch-technische Risiken sind bei einer flächenhaften Erschließung des Hangenden Alaunschiefers nach dem gegenwärtigen Wissensstand zwar wahrscheinlich als weniger relevant einzustufen, aber insbesondere in Gebieten mit ungünstigen geologisch-hydrogeologischen Standortbedingungen nicht auszuschließen.

Wasserwirtschaftliche Risiken, die mit der **Entsorgung des bei der Gasförderung anfallenden Flowback** verbunden sein können, können derzeit nicht bewertet werden, da von Seiten der Betreiber bislang keine Entsorgungskonzepte im Einzugsgebiet der Ruhr thematisiert wurden.

Empfehlungen

Aufgrund der Bewertung der wasserwirtschaftlichen Risiken und der bestehenden Wissenslücken und Unsicherheiten wird empfohlen, **Ausschlussgebiete festzulegen**, in denen keine Tiefbohrungen mit anschließendem Einsatz von Fracking abgeteuft und die untertägig auch nicht (z.B. durch Horizontalbohrungen) unterfahren werden dürfen.

Als Ausschlussgebiete empfehlen wir diejenigen Gebiete obertägig und untertägig auszuschließen, in denen entweder aufgrund ungünstiger geologisch-hydrogeologischer Standortbedingungen eine ausreichende Barrierewirkung der dem Frack-Horizont überlagernden Deckschichten aufgrund geringer Mächtigkeit oder dem Vorhandensein tiefgreifender Störungen oder anthropogener Wegsamkeiten eingeschränkt sein kann, oder in denen aufgrund besonderer wasserwirtschaftlicher Schutzbedürfnisse im Sinne eines vorsorgenden Gewässerschutzes von einem Einsatz der Fracking-Technologie abzusehen ist. Aus Sicht der Gutachter zählen hierzu:

Ausschlussgebiete aufgrund ungünstiger geologisch-hydrogeologischer Standortbedingungen:

- Unkonventionelle Erdgaslagerstätten mit einer Deckschichtmächtigkeit von weniger als 1.000 m
- Kohlenbergbauggebiete inklusive Einflussbereich der Sümpfungsmaßnahmen
- Tiefreichende Altbergbauggebiete und Gebiete mit Altbohrungen
- Gebiete mit bekannten oder vermuteten tiefreichenden Störungszonen
- Gebiete mit artesischem oder hoch gespanntem Tiefenwasser

Ausschlussgebiete aufgrund besonderer wasserwirtschaftlicher Schutzbedürfnisse:

- Trinkwasserschutzgebiete (Zone I bis III)
- Heilquellenschutzgebiete (alle Schutzzonen)
- Einzugsgebiete von direkt oder mittelbar zur Trinkwasserversorgung genutzten Talsperren
- Wassergewinnungsgebiete der öffentlichen Trinkwasserversorgung (ohne ausgewiesene Wasserschutzgebiete)
- Gebiete für die Gewinnung von Trinkwasser und Mineralwasser, die nicht zur öffentlichen Trinkwassergewinnung genutzt werden
- Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für den Trinkwasserschutz

Die **Einzugsgebiete der direkt oder mittelbar zur Trinkwassergewinnung genutzten Talsperren** sind nach unserer Empfehlung sowohl aufgrund ihrer besonderen Schutzbedürfnisse im Hinblick auf ihre Bedeutung für die öffentliche Trinkwassergewinnung an der Ruhr als auch aufgrund der unzureichenden Deckschichtmächtigkeit über den Hangenden Alaunschiefern in diesem Gebiet von teilweise deutlich unter 1.000 m für die Aufsuchung und Gewinnung von Schiefergas unter Einsatz der Fracking-Technologie auszuschließen.

Nach einer vorläufigen Abgrenzung der empfohlenen Ausschlussgebiete verbleibt für die Aufsuchung und Gewinnung von Schiefergas im Ruhreinzugsgebiet eine Potenzialfläche von weniger als 3 % der erteilten Erlaubnisfelder „Ruhr“ und „Falke-South“, auf der zusätzlich **konkurrierende Flächennutzungen** mit hohem oder sehr hohem Raumwiderstand zu berücksichtigen sind.

Mülheim an der Ruhr, den 16.09.2013

IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasser
Beratungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH

i.V.

i.V.



Dr. W. Merkel

Dr. A. Bergmann

Dr. F.-A. Weber

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Hintergrund	1
1.1	Projektziele und Vorgehensweise	6
2	Vulnerabilität der Wasserressourcen im Einzugsgebiet der Ruhr	8
3	Aufsuchung und Gewinnung von Erdgas aus unkonventionellen Lagerstätten im Einzugsgebiet der Ruhr	10
3.1	Vergebene Erlaubnisfelder	10
3.2	Aufsuchungs- und Gewinnungstechniken	10
3.3	Gefährdungspotenzial einsetzbarer Frack-Fluide	12
3.4	Gefährdungspotenzial des zu entsorgenden Flowback	14
3.5	Clean-Fracking	14
3.6	Erschließungsszenario	15
3.7	Kennzahlen einer potenziell flächenhaften Erschließung unkonventioneller Lagerstätten im Einzugsgebiet der Ruhr	16
3.8	Wasserwirtschaftliche Risiken bei Aufsuchung und Gewinnung von Erdgas aus unkonventionellen Lagerstätten mittels Fracking	18
4	Obertägige Risiken	20
4.1	Gefährdungspotenzial durch den Einsatz von wassergefährdenden Frack-Additiven, insbesondere Bioziden	21
4.2	Risiken bei Transport, Lagerung und Verpressung der Frack-Additive	24
4.3	Bewertung der obertägigen Risiken	25
4.4	Wissenslücken und Unsicherheiten	25
5	Geologisch-technische Risiken	26
5.1	Risiken bei der Aufsuchung und Gewinnung von Schiefergas im Rheinischen Schiefergebirge	26
5.1.1	Geosystem Rheinisches Schiefergebirge	26
5.1.2	Verbreitung und Tiefenlage der Hangenden Alaunschiefer	32
5.1.3	Bergbauzone und Grubenwasserhaltung	34
5.1.4	Störungszonen und Altbohrungen	37
5.1.5	Bewertung der geologisch-technischen Risiken	38
5.2	Risiken bei der Aufsuchung und Gewinnung von Kohleflözgas im Münsterländer Becken für das Einzugsgebiet der Ruhr	39
5.2.1	Geosystem Münsterländer Becken	39
5.2.2	Wirkungspfade vom Geosystem Münsterländer Becken zur Bergbauzone im Ruhrgebiet	40
5.2.3	Bewertung der geologisch-technischen Risiken für das Einzugsgebiet der Ruhr	42



5.3	Unsicherheiten und Wissenslücken	43
6	Entsorgungslage des Flowback im Einzugsgebiet der Ruhr	45
7	Ausschlussgebiete und konkurrierende Flächennutzungen	46
7.1	Empfohlene Ausschlussgebiete aufgrund ungünstiger geologisch-hydrogeologischer Standortbedingungen	46
7.2	Empfohlene Ausschlussgebiete aufgrund besonderer wasserwirtschaftlicher Schutzbedürfnisse	47
7.3	Entwurf einer Abgrenzung der empfohlenen Ausschlussgebiete im Einzugsgebiet der Ruhr	48
7.4	Verbleibende Potenzialflächen für eine Schiefergasgewinnung	54
7.5	Konkurrierende Flächennutzungen auf den verbleibenden Potenzialflächen	56
8	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	59
9	Literatur	63

1 Einleitung und Hintergrund

Die Wasserwerke im Ruhreinzugsgebiet gewinnen täglich Trink- und Brauchwasser für 4,6 Mio. Menschen sowie für Gewerbe und Industrie in einem Versorgungsgebiet, das über das Einzugsgebiet der Ruhr hinaus bis an die Emscher, Lippe und Ems reicht. Im Ruhrtal erfolgt die Trinkwassergewinnung überwiegend aus Uferfiltrat und Grundwasser; letzteres wird zu einem großen Teil über Versickerungsbecken mit Flusswasser aus der Ruhr angereichert. Der Anteil des Oberflächenwassers der Ruhr an der Gesamtförderung der Wasserwerke beträgt insgesamt mehr als 70 %. Zum Ausgleich jahreszeitlicher Schwankungen im Wasserdargebot der Ruhr sind die Talsperren im Oberlauf ein wesentlicher Bestandteil der Wasserversorgung im Versorgungsgebiet. Ein Teil der Trinkwasserversorgung erfolgt darüber hinaus direkt aus den Talsperren.

Derzeit prüfen mehrere Unternehmen der Erdöl- und Erdgasbranche die Möglichkeit, im Einzugsgebiet der Ruhr Erdgas aus unkonventionellen Schiefergaslagerstätten unter Einsatz der Fracking-Technologie (engl. *hydraulic fracturing*) zu fördern. Dazu wurden von der zuständigen Bezirksregierung Arnsberg zwei Bergbauberechtigungen zur Aufsuchung von Kohlenwasserstoffen zu gewerblichen Zwecken vergeben (Erlaubnisfeld „Ruhr“ der Wintershall Holding GmbH und Statoil Deutschland Hydrocarbons GmbH und Erlaubnisfeld „Falke-South“ der Falke Hydrocarbons GmbH). Diese beiden Aufsuchungsgebiete umfassen eine Fläche von knapp 50 % des Ruhreinzugsgebietes (Abbildung 1). Die benachbarten Aufsuchungsgebiete von Kohleflözgas- und Schiefergasvorkommen (u.a. das erteilte Erlaubnisfeld „Nordrhein-Westfalen Nord“ der Mobil Erdgas-Erdöl GmbH und das derzeit nicht erteilte Erlaubnisfeld „Adler South“ der BNK Deutschland GmbH in Hessen) grenzen darüber hinaus fast unmittelbar an das Ruhreinzugsgebiet an.

Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe führt im Rahmen des laufenden Projektes NiKo (Nicht-konventionelle Kohlenwasserstoffe) eine Abschätzung des Schiefergaspotenzials in Deutschland durch. In einem Zwischenbericht wurden die Schiefergas-Gesamt mengen in Tongesteinen des Unterkarbons, im jurassischen Posidonienschiefer sowie im Wealden (Unterkreide) bewertet und die in Deutschland technisch förderbare Schiefergasmenge mit ca. 1,3 Billionen m³ (Bandbreite 0,7 bis 2,3 Billionen m³) abgeschätzt (BGR 2012). Diese Mengenangaben sind nur als vorläufig anzusehen, da die Untersuchungen voraussichtlich erst 2014 abgeschlossen sein werden.

Die im Einzugsgebiet der Ruhr in Formationen des Unterkarbons vermuteten Schiefergasvorkommen sind in dieser Abschätzung nicht berücksichtigt, da die Datenlage der wesentlichen Eingangsparameter (u.a. Menge und Typ des organischen Materials, thermische Reife, Mächtigkeit des Zielhorizonts) im Unterkarbon des Rheinischen Schiefergebirges für eine

belastbare Abschätzung der Schiefergaspotenziale nach den statistischen Methoden der BGR (2012) derzeit nicht ausreichend ist. Nach unserem Kenntnisstand liegen damit keine Angaben zur vermuteten Schiefergas-Gesamtmenge oder den technisch förderbaren Schiefergas-Ressourcen im Einzugsgebiet der Ruhr vor.

Als Reaktion auf die Zulassung von großflächigen Aufsuchungsfeldern in Deutschland und Medienberichte zu Umweltrisiken in den Fracking-Gebieten der USA und der daraus entstandenen großen Verunsicherung der Öffentlichkeit wurden in Deutschland in mehreren Gutachten die potenziellen Risiken und Umweltauswirkungen bei der Aufsuchung und Gewinnung unkonventioneller Erdgasvorkommen untersucht (Meiners et al. (2012a-c), MKULNV (2012), Ewen et al. (2012), HLUG (2013), SRU (2013), BGR (2012), SGD & BGR (2013), GD NRW (2011)), ohne jedoch dabei auf die spezifischen Standortbedingungen im Einzugsgebiet der Ruhr eingehen zu können. Alle genannten Gutachten kommen zu dem Ergebnis, dass der Einsatz der Fracking-Technologie in Deutschland aufgrund bestehender Umweltrisiken und erheblicher Wissensdefizite hohe Anforderungen an das bergrechtliche Genehmigungsverfahren stellt und bestimmte Gebiete für die Aufsuchung und Gewinnung von unkonventionellen Erdgaslagerstätten auszuschließen sind.

Das Umweltministerium in Nordrhein-Westfalen hat deswegen angekündigt, bis auf weiteres keine Genehmigungen für die Erkundung und Gewinnung unkonventioneller Erdgaslagerstätten unter Einsatz von schädlichen Substanzen zu vergeben (MKULNV NRW, Pressemitteilung vom 07.09.2012). In Niedersachsen wurden vom Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie in einer Rundverfügung Mindestanforderungen an Betriebspläne, Prüfkriterien und Genehmigungsablauf für hydraulische Bohrlochbehandlungen in Erdöl- und Erdgaslagerstätten erlassen (LBEG, Rundverfügung vom 31.10.2012).

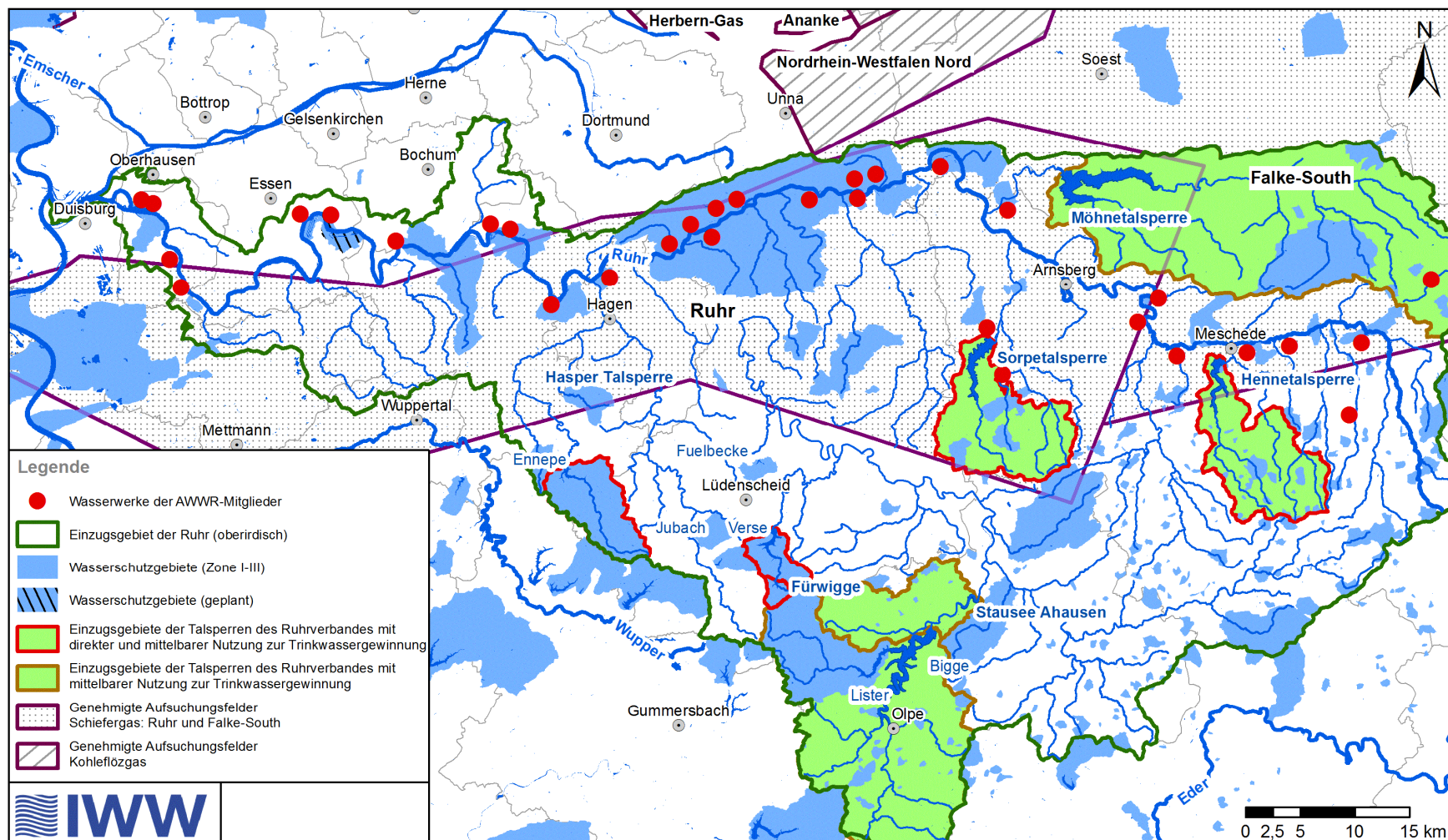


Abbildung 1: Erteilte Bergbauberechtigungen zur Aufsuchung von Kohlenwasserstoffen zu gewerblichen Zwecken (ohne Grubengas) im zur Trinkwassergewinnung genutzten Einzugsgebiet der Ruhr.

Auf der 79. Umweltministerkonferenz am 15. und 16.11.2012 in Kiel (Umweltministerkonferenz 2012) stellten die Umweltminister und -senatoren der Länder fest, dass

- die Aufsuchung und Gewinnung von Erdgas aus unkonventionellen Lagerstätten unter Einsatz umwelttoxischer Chemikalien erhebliche Risiken beinhaltet,
- der Einsatz von Fracking-Technologien mit umwelttoxischen Chemikalien in Trinkwasserschutzgebieten auszuschließen ist,
- auf Grund der aktuellen wissenschaftlichen Datenlage es nicht verantwortbar ist, zu diesem Zeitpunkt Vorhaben zur Aufsuchung und Gewinnung von Erdgas aus unkonventionellen Lagerstätten mit dem Einsatz der Fracking-Technologie mit umwelttoxischen Chemikalien zu genehmigen,
- über Anträge auf Genehmigung von Fracking-Maßnahmen mit umwelttoxischen Chemikalien zur Gewinnung von Erdgas aus unkonventionellen Lagerstätten erst dann entschieden werden kann, wenn die nötige Datengrundlage zur Bewertung vorhanden ist und zweifelsfrei geklärt ist, dass eine nachteilige Veränderung der Wasserbeschaffenheit nicht zu besorgen ist (Besorgnisgrundsatz des Wasserhaushaltsgesetzes; die im Auftrag des Bundes und des Landes NRW erstellten Gutachten kommen zu dem Ergebnis, dass diese Voraussetzungen z. Zt. nicht vorliegen),
- Disposalbohrungen als Mittel der Entsorgung von Frackflüssigkeiten mit umwelttoxischen Chemikalien aus der Gewinnung von Erdgas aus unkonventionellen Lagerstätten abzulehnen sind.

Zur Regelung von Ausschlussgebieten werden derzeit Gesetzesentwürfe zur Änderung der UVP-V Bergbau und Änderung des WHG (u.a. BMU 2013) diskutiert. Den Entwürfen zur Änderung des WHG zufolge wird vorgeschlagen, Tiefbohrungen, bei denen zur Aufsuchung oder Gewinnung von Erdgas, Erdöl oder Erdwärme Gesteine unter hydraulischem Druck aufgebrochen werden, und die untertägige Ablagerung der bei diesen Tiefbohrungen anfallenden Stoffe,

- in Wasserschutz- und Heilquellenschutzgebieten
- sowie in Gebieten, aus denen über oberirdische Gewässer der gesamte Oberflächenfluss in einen natürlichen See gelangt, aus dem unmittelbar Rohwasser für die öffentliche Wasserversorgung entnommen wird,

zu verbieten. Außerdem wird diskutiert, dass behördliche Verbots- und Beschränkungsregelungen im Einzelfall ggf. auch außerhalb von Wasserschutzgebieten getroffen werden können.

Das Einzugsgebiet von Talsperren, aus denen nicht unmittelbar, aber mittelbar Trinkwasser gewonnen wird, würden den diskutierten Gesetzesentwürfen zur Folge nicht generell als Ausschlussgebiete angesehen, obwohl sie, wie an der Ruhr, einen wesentlichen Beitrag zur Trinkwasserqualität und Versorgungssicherheit der öffentlichen Wasserversorgung leisten und damit eine vergleichbare Schutzbedürftigkeit wie die direkt zur Rohwasserentnahme genutzten natürlichen Seen aufweisen.

Der DVGW hat in einer Stellungnahme zum geplanten Gesetzesentwurf gefordert, die Möglichkeit eines Verbotes neben Wasserschutzgebieten auch auf Einzugsgebiete von Wassergewinnungsanlagen der öffentlichen Wasserversorgung zu beziehen (DVGW 2013), da nicht in allen Einzugsgebieten von Wassergewinnungsanlagen der öffentlichen Wasserversorgung Wasserschutzgebiete ausgewiesen sind bzw. den Status als „Wasserschutzgebiet vorgesehene Gebiet“ besitzen.

Nach § 11 Nr. 10 BBergG ist die Erteilung einer (Aufsuchungs-)Erlaubnis zu versagen, wenn „überwiegende öffentliche Interessen die Aufsuchung im gesamten zuzuteilenden Feld ausschließen“. In einem vom Hessischen Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz in Auftrag gegebenen Rechtsgutachten wurde festgestellt (Hessischer Landtag 2013), dass die Erteilung einer Erlaubnis nicht in Betracht kommt, wenn aller Voraussicht nach auf einem Großteil der beantragten Aufsuchungsfläche keine spätere Gewinnung möglich sein wird, weil

- aller Voraussicht nach keine Vorkommen vorhanden sind,
- die geologisch-hydrogeologischen Standortbedingungen keine ausreichende Barrierewirkungen gewährleisten oder
- überwiegende konkurrierende Nutzungsansprüche im öffentlichen Interesse im gesamten zuzuteilenden Feld entgegenstehen.

Im Hinblick auf den Aufsuchungsantrag im Erlaubnisfeld „Adler South“ wurden vom Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie nach Überlagerung der geologischen Potenzialräume mit den Schutzgebieten für den Grundwasserschutz und weiteren Nutzungsansprüchen festgestellt, dass insgesamt 79 % dieses Aufsuchungsfeldes mit konkurrierenden Nutzungsansprüchen überlagert ist (HLUG 2013; Hessischer Landtag 2013). Das Rechtsgutachten kommt in Anbetracht der vom HLUG und von den Fachbehörden belegten öffentlichen Interessen einerseits und der nach derzeitigem Kenntnisstand nur unzureichenden Aussicht auf eine wirtschaftliche Gewinnbarkeit von Bodenschätzen durch Fracking andererseits zum Ergebnis, dass die Erteilung der beantragten Aufsuchungserlaubnis im Erlaubnisfeld „Adler South“ nicht in Betracht kommt (Hessischer Landtag 2013).

Energiepolitisch ist die Nutzung von Schiefergas umstritten. Während die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe nach Abschätzung der Vorkommen in Deutschland zur Einschätzung kommt, dass Schiefergas einen Beitrag zur heimischen Energieversorgungssicherheit leisten kann (BGR 2012), kam der Sachverständigen Rat für Umweltfragen zu dem Schluss, dass Erdgasgewinnung unter Einsatz von Fracking „energiepolitisch nicht notwendig“ ist und „keinen maßgeblichen Beitrag zur Energiewende leisten“ kann (SRU 2013).

1.1 Projektziele und Vorgehensweise

Ziel des vorliegenden Gutachtens ist es, die wasserwirtschaftlichen Risiken bei einer Aufsuchung und Gewinnung von Erdgas aus unkonventionellen Lagerstätten unter den spezifischen geologisch-hydrogeologischen, wasserwirtschaftlichen und flächennutzungsspezifischen Standortbedingungen im Einzugsgebiet der Ruhr zu untersuchen und zu bewerten.

Dazu werden zunächst die besonderen wasserwirtschaftlichen Rahmenbedingungen im Einzugsgebiet der Ruhr (Kapitel 2) und der gegenwärtige Kenntnisstand zu möglichen Erschließungstechniken, -strategien und -risiken bei der Aufsuchung und Gewinnung der vermuteten Schiefergasvorkommen dargestellt (Kapitel 3).

Zur **Bewertung oberirdischer Risiken** (Kapitel 4) wird anschließend die Dimension einer flächenhaften Erschließung dieser Schiefergasvorkommen im Einzugsgebiet der Ruhr abgeschätzt und der Einsatz wassergefährdender Frack-Additive – insbesondere Biozide – im Hinblick auf den Schutz der Oberflächengewässer, des Bodens und des Grundwassers im Ruhreinzugsgebiet bewertet.

Zur **Bewertung geologisch-technischer Risiken** (Kapitel 5) werden in den Aufsuchungsgebieten „Ruhr“ und „Falke-South“ die Verbreitung und Teufenlage der vermuteten Schiefergasvorkommen im Einzugsgebiet der Ruhr abgegrenzt und die Relevanz möglicher Wirkungspfade im Hinblick auf eine Gefährdung nutzbarer Grundwasservorkommen bewertet.

Zur **Bewertung von Risiken bei der Entsorgung des anfallenden Flowback** wird die Entsorgungslage im Einzugsgebiet der Ruhr diskutiert und mögliche Alternativen aufgezeigt (Kapitel 6).

Nach der Bewertung der wasserwirtschaftlichen Risiken werden **Kriterien für Ausschlussgebiete empfohlen** (Kapitel 7) und die empfohlenen Ausschlussgebiete im Einzugsgebiet der Ruhr überschlägig abgegrenzt. Ausgehend von der vermuteten Verbreitung der Schiefergasvorkommen werden die nach Abzug der Ausschlussgebiete für eine mögliche Schie-

fergasgewinnung verbleibenden Flächen (sog. **Potenzialflächen**) abgeschätzt und die auf diesen Gebieten konkurrierenden Flächennutzungen dargestellt.

Daraus werden **Schlussfolgerungen und Empfehlungen** abgeleitet (Kapitel 8), ob und in welchem Umfang die Aufsuchung und Gewinnung der vermuteten Schiefergasvorkommen unter den spezifischen geologisch-hydrogeologischen, wasserwirtschaftlichen und flächennutzungsspezifischen Standortbedingungen im Einzugsgebiet der Ruhr in Betracht kommen könnte.

Im Rahmen dieses Gutachtens nicht betrachtet werden Umweltrisiken, die z.B. mit einer möglichen Induktion seismischer Ereignisse oder einem verstärkten Methan-Aufstieges verbunden sein können. Außerdem wurden Umweltauswirkungen, z.B. durch Flächenverbrauch, Luftemissionen, Lärm, Wasserentnahme und der Entsorgung fester Abfälle, im Folgenden nicht untersucht.

2 Vulnerabilität der Wasserressourcen im Einzugsgebiet der Ruhr

Die Wasserwerke im Ruhreinzugsgebiet gewinnen täglich Trink- und Brauchwasser für 4,6 Mio. Menschen sowie für Gewerbe und Industrie. Das Versorgungsgebiet reicht über das Einzugsgebiet der Ruhr hinaus bis an die Emscher, Lippe und Ems. Dazu werden aus der Ruhr jährlich rund 600 Mio. m³ Wasser entnommen (Ruhrverband 2012b).

Die in der Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr (AWWR) zusammengeschlossenen 19 Wasserversorgungsunternehmen gewinnen mit ihren 32 Wasserwerken mehr als 265 Mio. m³ Trinkwasser pro Jahr. Die Trinkwassergewinnung an der Ruhr erfolgt überwiegend aus Uferfiltrat und Grundwasser, wobei das Grundwasser zu einem großen Teil über Versickerungsbecken mit Flusswasser aus der Ruhr angereichert wird.

Der Ruhrverband betreibt zum Ausgleich jahreszeitlicher Schwankungen im Wasserdargebot 8 Talsperren mit einem Stauinhalt von 462,9 Mio. m³ (Abbildung 1; Tabelle 1). Das Talsperrensystem des Ruhrverbandes wird derart gesteuert, dass an ausgewählten Kontrollquerschnitten bestimmte Mindestabflüsse nicht unterschritten werden, damit auch in Trockenzeiten ausreichend Wasser für die Trinkwassergewinnung entlang der Ruhr zur Verfügung steht (Ruhrverband 2013). Die Talsperren Möhne, Henne, Sorpe, Bigge, Lister, Verse, Ennepe und Fürwigge stellen damit mittelbar über die künstliche Grundwasseranreicherung einen wesentlichen Bestandteil der öffentlichen Trinkwasserversorgung an der Ruhr dar.

Tabelle 1: Speicherraum und Einzugsgebiet der direkt oder mittelbar zur Trinkwassergewinnung genutzten Talsperren des Ruhrverbandes (Ruhrverband 2012b).

	Speicherraum	Einzugsgebiet der Talsperren	Mittlere jährliche Zuflusssumme
	Mio. m ³	km ²	Mio. m ³
Bigge	171,7	287,4	240,2
Möhne	134,5	436,4	192,4
Sorpe	70,4	100,3*	42,2
Henne	38,4	98,5*	57,7
Verse	32,8	23,7	21,6
Ennepe	12,6	48,2	39,2
Kleinere Talsperren	9,5	47,2	-
Summe	462,9	842,9	-

* mit Beileitungen

Die Talsperren Sorpe, Verse, Ennepe, Fürwigge und Bigge (Lister) werden darüber hinaus direkt zur Trinkwasserentnahme genutzt; für die Henne-Talsperren ist eine direkte Trinkwasserentnahme ab voraussichtlich 2015 geplant ((Abbildung 1). Außerdem werden im Ruhreinzugsgebiet weitere, nicht im Eigentum des Ruhrverbandes stehende Talsperren direkt zur Trinkwasserentnahme genutzt (Talsperren Hasper, Heilenbecke, Fuelbecke und Jubach nach Angaben in DTK 2013).

Darüber hinaus wird im Ruhreinzugsgebiet Grundwasser aus dem Quartär und den durchlässigen Massenkalken sowie Quelfassungen zur Trinkwassergewinnung genutzt. Der tiefste Förderbrunnen eines AWWR-Mitgliedsunternehmens ist nach unserer Kenntnis der Tiefbrunnen Schellenstein der Hochsauerlandwasser GmbH mit einer Filterstrecke bis 150 m u. GOK.

Im Einzugsgebiet der Ruhr sind auf 852,5 km² und damit auf 19 % der Fläche Wasserschutzgebiete (Zone I-III) ausgewiesen. Auf die für die AWWR-Wasserwerke festgesetzten Wasserschutzgebiete entfallen davon nur 335 km² und damit knapp 8 % des Ruhreinzugsgebiets (Ruhrverband 2012a), obgleich sie mit den größten Entnahmemengen einen entscheidenden Beitrag zur öffentlichen Trinkwasserversorgung leisten. Entlang der Ruhr und ihrer Nebenflüsse sowie in den Einzugsgebieten der Talsperren sind nur auf Teilflächen Wasserschutzgebiete festgesetzt (Abbildung 1), obwohl sie direkt oder mittelbar der Trinkwassergewinnung dienen. Dem vorsorgenden Gewässerschutz kommt im Einzugsgebiet dieser Gewässer damit eine besondere Bedeutung zu.

3 Aufsuchung und Gewinnung von Erdgas aus unkonventionellen Lagerstätten im Einzugsgebiet der Ruhr

3.1 Vergebene Erlaubnisfelder

Die zuständige Bezirksregierung Arnsberg hat zwei Bergbauberechtigungen zur Aufsuchung von Kohlenwasserstoffen zu gewerblichen Zwecken im Einzugsgebiet der Ruhr vergeben: Erlaubnisfeld „Ruhr“ der Wintershall Holding GmbH und Statoil Deutschland Hydrocarbons GmbH und Erlaubnisfeld „Falke-South“ der Falke Hydrocarbons GmbH. Diese beiden Aufsuchungsgebiete umfassen zusammen fast 50 % des Ruhreinzugsgebietes (Tabelle 2).

In beiden Erlaubnisfeldern werden unkonventionelle Schiefergasvorkommen in Formationen des Unterkarbons vermutet, die in Kapitel 5.1 beschrieben und räumlich abgegrenzt werden. Gebietsweise könnten in den Erlaubnisfeldern auch (ggf. teilweise schon entgaste) Kohleflözgasvorkommen anstehen, die aber nach unseren Kenntnissen nicht Zielhorizont der Aufsuchung und einer möglichen sich anschließenden Gewinnung in den Erlaubnisgebieten „Ruhr“ und „Falke-South“ darstellen.

3.2 Aufsuchungs- und Gewinnungstechniken

Ein flächenhafte Felderschließung würde mehrere, zum Teil parallel verlaufende Aufsuchungs- und Erkundungsphasen durchlaufen, beginnend mit der Exploration mittels Bohrungen und Untersuchungen des Untergrundes ohne Einsatz der Fracking-Technologie (Phase A) und mit Einsatz der Fracking-Technologie (Phase B1), über das Abteufen von Gewinnungsbohrungen bzw. den Ausbau vorhandener Bohrungen zu Förderbetrieben einschließlich der dazu nötigen Produktionsfracks (Phase B2), über die Gewinnungsphase (Phase C) bis hin zur Rückbau- und Nachsorgephase (Endphase D) (Abbildung 2).

Tabelle 2: Kennzahlen der erteilten Erlaubnisfelder „Ruhr“ und Falke-South“ im Einzugsgebiet der Ruhr.

	Fläche gesamt	davon im Einzugsge- biet der Ruhr	Anteil am Einzugsge- biet der Ruhr
Oberirdisches Einzugsgebiet der Ruhr	4.485 km ²	4.485 km ²	-
Erlaubnisfeld „Ruhr“	2.493 km ²	1.657 km ²	37 %
Erlaubnisfeld „Falke-South“	2.004 km ²	561 km ²	13 %
Erlaubnisfelder zusammen	4.497 km ²	2.218 km ²	49 %

Phase	Beschreibung	betrachtete Dimension	Raum	Zeit
Aufsuchung				
A	Bohrung zur Erkundung (ohne Frack)	Einzelfall	Standort / kleinräumig	Monate / Jahre
B1	Fracken zur Erkundung	Einzelfall	Standort / kleinräumig	Wochen
Gewinnung				
B2	Fracken zur Gewinnung	Summenwirkung	Gewinnungsfeld / großräumig	Wochen / Monate
C	Gewinnung (Betrieb)	Summenwirkung	Gewinnungsfeld / großräumig	Jahrzehnte
D	Abschluss / Nachsorge*	Summenwirkung	Gewinnungsfeld / großräumig	Jahrzehnte / dauerhaft

Abbildung 2: Aufsuchungs- und Gewinnungsphasen bei der flächenhaften Erschließung von Schiefergaslagerstätten (MKULNV 2012).

Bislang sind im Erlaubnisfeld „Ruhr“ nach unserer Kenntnis zunächst Tiefbohrungen der Phase A zur Entnahme und Analyse von unverwittertem Gesteinsmaterials ohne Einsatz der Frack-Technologie geplant (Wintershall 2012). In der Gewinnungsphase (Phase C; ggf. auch in Phase B2) muss nach dem heutigen Kenntnisstand zwingend eine Stimulation eingesetzt werden, um das Erdgas in den gering permeablen Gesteinsformationen fördern zu können.

Beim *hydraulic fracturing* (Fracking) werden im Zielhorizont mit hohem hydraulischem Druck oberhalb der Gebirgsspannung Risse erzeugt. In die erzeugten Risse werden i.A. Stützmittel eingebracht, die die Risse gegen den Gebirgsdruck offen halten und dafür sorgen, dass die geschaffenen Wegsamkeiten auch in der Förderphase erhalten und damit dauerhaft bessere Fließbedingungen für das Erdgas zur Förderbohrung hin bestehen bleiben. Neben den Stützmitteln werden den Frack-Fluiden in Abhängigkeit der geologischen Verhältnisse der Zielformation weitere Additive zugegeben. Diese Frack-Additive haben u.a. den Zweck, den Transport des Stützmittels in die Risse zu gewährleisten, Ablagerungen, mikrobiologischen Bewuchs, die Bildung von Schwefelwasserstoff und ein Quellen der Tonminerale im Frack-Horizont zu verhindern, Korrosion zu vermeiden und die Fluidreibung bei hoher Pumpleistung zu minimieren (Meiners et al. 2012b).

Die Einrichtung von Bohrplätzen wird durch gesetzliche Bestimmungen und Vorschriften geregelt und im Rahmen des Betriebsplanverfahrens durch die zuständigen Aufsichtsbehörden festgelegt. Durch den Wirtschaftsverband Erdöl- und Erdgasgewinnung e.V. (WEG) wurden Richtlinien und Leitfäden erarbeitet, die die Mindestanforderungen an Bohrplätze beschreiben. Im Hinblick auf den Umfang mit wassergefährdenden Stoffen wird auf dem Bohrplatz ein Wassergefährdungsklassenbereich eingerichtet. Neben dem Bohrplatz wird

obertägig eine Infrastruktur mit Gastrocknungsanlagen, Pipelines zur Ableitung des Erdgases und des Flowback, Anfahrtswege, etc. benötigt.

Den derzeitigen Planungen verschiedener Firmen ist zu entnehmen, dass bei der Erschließung von Schiefergas-Lagerstätten in Nordrhein-Westfalen vor allem Horizontalbohrungen zum Einsatz kommen könnten, entweder einfache Horizontalbohrungen abgeteuft von Cluster-Bohrplätzen oder Multilateral-Horizontalbohrungen (MKULNV 2012).

Die Zementation der Bohrungen dient der Abdichtung der Bohrung insbesondere beim Durchteufen von Grundwasserleitern. Neben der vorgeschriebenen Drucküberwachung und der Vermessung der Zementationsstrecken gibt die Tiefbohrverordnung (BVOT NRW) weitere Prüfkriterien zur Beurteilung der Qualität der Zementation vor. Ein Misslingen der Zementation ist vom Betreiber unverzüglich der Behörde zu melden (MKULNV 2012).

3.3 Gefährdungspotenzial einsetzbarer Frack-Fluide

Nach Angabe der Betreiber ist die Rezeptur der im Ruhreinzugsgebiet zur Gewinnung der Schiefergasvorkommen einsetzbare Frack-Fluide derzeit noch nicht absehbar (Wintershall 2012). Für mögliche in Schiefergaslagerstätten einsetzbare Frack-Fluide liegen neben in den USA eingesetzten Frack-Fluiden in Deutschland nur Angaben zur Zusammensetzung eines sog. Slickwater-Fluides vor, das im Jahr 2008 bei 3 Fracks in der Bohrung „Damme 3“ im Auftrag der Firma ExxonMobil im Wealden-Tonstein in Niedersachsen eingesetzt wurde (Tabelle 3). Außerdem liegen Angaben von ExxonMobil zur Zusammensetzung einer geplanten Weiterentwicklung vor (Ewen et al. 2012). Die Gefährdungspotenziale, die von einer möglichen Freisetzung dieser Frack-Fluide auf den Wasserhaushalt – insbesondere auf das Grundwasser – ausgehen können, wurden im Hinblick auf den Menschen bei Aufnahme über den Trinkwasserpfad und auf die in der aquatischen Umwelt lebenden Organismen bewertet (Meiners et al. 2012a-c; MKULNV 2012).

Eine nachteilige Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit ist zu besorgen, wenn im wasserwirtschaftlich nutzbaren Grundwasser gesetzliche und untergesetzliche Grenz-, Richt- und Höchstwerte, insbesondere die Geringfügigkeitsschwellenwerte der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA 2004) überschritten werden. Diese Geringfügigkeitsschwellenwerte berücksichtigen vorrangig die Grenzwerte der Trinkwasserverordnung sowie human- und ökotoxikologisch begründete Wirkschwellen, damit das Grundwasser überall für den menschlichen Gebrauch als Trinkwasser nutzbar und als Lebensraum und als Bestandteil des Naturhaushalts intakt bleibt.

Da für einen Großteil der als Frack-Additive eingesetzten Stoffe keine Geringfügigkeits-schwellen oder andere wasserrechtliche Beurteilungswerte vorliegen, wurden in MKULNV (2012) diese Stoffe aufbauend auf LAWA (2004) anhand gesundheitlicher Leit- bzw. Orientierungswerte und ökotoxikologisch begründeter PNEC-Werte bewertet.

Bei dem in drei Fracks in der Bohrung Damme 3 eingesetzten Fluid kamen Additivkonzentrationen zum Einsatz, die relevante Beurteilungswerte um teilweise 4 bis 6 Größenordnungen überschreiten. Der Risikoquotient, berechnet aus der Stoffkonzentration im Frack-Fluid geteilt durch den jeweiligen human- bzw. ökotoxikologisch begründeten Beurteilungswert, liegt bei den verwendeten Additiven zwischen 7.500 und $> 10^6$ (Tabelle 3), so dass für dieses Fluid von einem hohen human- und ökotoxikologischen Gefährdungspotenzial auszugehen ist. Die Datenlage zur Bewertung des Tonstabilisators, aber auch zum Abbauverhalten der Stoffe unter Lagerstättenbedingungen ist als mangelhaft zu bewerten.

Die Bewertung der geplanten Weiterentwicklung zeigt, dass es im Vergleich zum Frack-Fluid Damme 3 gelungen ist, mehrere Additive durch Stoffe mit niedrigerem Gefährdungspotenzial zu ersetzen. Das verbleibende Gefährdungspotenzial wird im Wesentlichen durch den Einsatz eines Formaldehyd-abspaltenden Biozids bestimmt. Aufgrund der geplanten hohen Einsatzkonzentration und der mangelhaften Datenlage zu diesem Wirkstoff muss auch für die Weiterentwicklung von einem hohen Gefährdungspotenzial ausgegangen werden.

Tabelle 3: Bewertung der in dem Frack-Fluid Damme 3 und einer geplanten Weiterentwicklung eingesetzten Additiv-Konzentrationen anhand von human- und ökotoxikologischen Risikoquotienten (MKULNV 2012).

	Frack-Fluid Damme 3				Geplante Weiterentwicklung			
Wasserbedarf	4.040 m ³ /Frack				1.600 m ³ /Frack			
Stützmittel	196.000 kg/Frack				k.A.			
Additive	Stoff	Gelöste Konz.	Risikoquotient		Stoff	Gelöste Konz.	Risikoquotient	
			Humantox. Bewertung	Ökotox. Bewertung			Humantox. Bewertung	Ökotox. Bewertung
Tonstabilisator	Tetramethylammoniumchlorid	520 mg/l	1.733.000	Datenlage mangelhaft (> 2.600.000)	Cholinchlorid	750 mg/l	< 43	210
Reibungsminderer	Erdöldestillat, hydrogeniert, leicht	220 mg/l	733.000	11.000	Butyldiglycol	350 mg/l	40	6.600
Netzmittel	Octylphenyl-ether, ethoxyliert	36 mg/l	120.000	20.000	1-Hexanol, ethoxyliert	130 mg/l	433.000	760
Biozid	Isothiazolinon-Derivate	4 mg/l	7.520	72.000	Ethylenglycol(bis)-hydroxy-methylether	1.000 mg/l	10.000.000	Datenlage mangelhaft (139.000)

3.4 Gefährdungspotenzial des zu entsorgenden Flowback

Nach Ende der Druckbeaufschlagung wird das eingepresste Frack-Fluid mit dem der Bohrung zuströmenden Erdgas und Formationswasser teilweise zurückgefordert. Der meist über die gesamte Erdgasproduktionsphase zu Tage geförderte sog. Flowback besteht in variablen Mischungsanteilen aus verpresstem Frack-Fluid und mitgefördertem Formationswasser, wobei meist zunächst der Mischungsanteil des Frack-Fluids und später der des Formationswassers überwiegt. Aufgrund verschiedener hydrogeochemischer Prozesse im Lagerstättenhorizont kann der Flowback eine Reihe weiterer Stoffe enthalten (Meiners et al. 2012b):

- mobilisierte Lösungsprodukte aus der Lagerstätte,
- mobilisierte organische Substanzen aus der Lagerstätte (z.B. Toluol und Benzol),
- Transformations- und Abbauprodukte der eingesetzten Additive,
- natürlich vorkommende radioaktive Substanzen (NORM),
- Ton-, Schluff- und Sandpartikel (Stützmittel oder aus der Lagerstätte mobilisiert),
- Bakterien, z.B. sulfatreduzierende Bakterien und
- Gase (z.B. Methan und Schwefelwasserstoff).

Nach unserem Kenntnisstand liegen zur Beschaffenheit der Formationswässer in der Zielformation der Hangenden Alaunschiefer bislang keinerlei Daten vor. Die Angaben zu Sumpfungswässern in den Bergbaugebieten der Region beziehen sich auf andere geologische Formationen, die nicht auf die Formationswässer im Hangenden Alaunschiefer übertragen werden können.

Allgemein wird angenommen, dass die Zielformation aufgrund ihrer tonigen Ausbildung weitgehend grundwasserfrei ist und damit geringe Flowback-Mengen zu erwarten sind. Mit Injektion der Frack-Fluide in die meist pyritreichen Schiefer ist anzunehmen, dass mit der Oxidation des Pyrits hohe Sulfat- und Schwermetall-Frachten im Flowback auftreten. Weitergehende Aussagen zu der zu erwartenden Zusammensetzung und damit dem Gefährdungspotenzial des Flowback sind auf der Grundlage der gegenwärtigen Datenlage nicht möglich.

3.5 Clean-Fracking

Aktuelle Anstrengungen zur Verringerung des Chemikalieneinsatzes in Frack-Fluiden und der Substitution besonders gesundheits- und umweltgefährdender Additive sind in Meiners et al. (2012b) dargestellt. Die Ausführungen zeigen, dass sich die derzeit diskutierten Verfahren (z.B. UV-Bestrahlung der Frack-Fluide statt Einsatz von Bioziden) großteils noch im Forschungsstadium befinden und auch international kaum Erfahrungen mit einem großtechni-

schen Einsatz existieren (Meiners et al. 2012b). Wenn es gelingt, die Gefährdungspotenziale der Frack-Fluide zu reduzieren, verbleiben Gefährdungspotenzial durch die Schaffung von Wegsamkeiten und Austragspfaden für die ggf. vorhandenen Formationswässer sowie die Förderung des dann ausschließlich aus Formationswässern bestehenden Flowback. Diese Gefährdungspotenziale sind standortspezifisch zu bewerten.

3.6 Erschließungsszenario

Nach unserem Kenntnisstand haben die Rechtsinhaber der Aufsuchungserlaubnisse bislang keine konkreten Strategien für eine flächenhafte Erschließung der vermuteten Erdgaslagerstätten im Einzugsgebiet der Ruhr veröffentlicht (Wintershall 2012). Um für eine Risikobewertung die Größenordnung der bei einer flächenhaften Erschließung des Hangenden Alaunschiefers notwendigen Tiefbohrungen, Einsatzmengen von Frack-Fluiden, Entsorgungsmengen des Flowback etc. überschlägig abschätzen zu können, wurde ein fiktives, aber auf begründbaren Annahmen beruhendes Erschließungsszenario erstellt. Wesentliche Annahmen wurden aus dem in Meiners et al. (2012a) entwickelten 10 %-Flächenszenario übernommen, teilweise aber an die spezifischen Standortbedingungen im Ruhreinzugsgebiet angepasst.

Im Erschließungsszenario wurde angenommen, dass im Ruhreinzugsgebiet 15 % der gesamten Aufsuchungsgebiete „Ruhr“ und „Falke-South“ erschlossen werden (Erschließungsfläche 679 km²). Diese Erschließungsfläche wurde auf Grundlage der Untersuchungen in Kapitel 5.1 gewählt und entspricht der Gesamtfläche der vermuteten Schiefergasvorkommen im Ruhreinzugsgebiet im Tiefenbereich 300 bis 2.000 m u. GOK (Abbildung 8).

Das folgende Erschließungsszenario beschränkt sich auf die Gewinnung der Schiefergasvorkommen (Phase C). Die in einer Erkundungsphase (Phase A, B1, B2) durchgeführten Tiefbohrungen und Frack-Maßnahmen wird in der folgenden Abschätzung nicht berücksichtigt. Für den Gewinnungsbetrieb wird zugrunde gelegt, dass von Cluster-Bohrplätzen aus die Lagerstätte im Umkreis von 9 km² um den Bohrplatz flächenhaft erschlossen werden kann (Meiners et al. 2012a). Dazu werden von jedem Cluster-Bohrplatz jeweils 10 Horizontalbohrungen abgeteuft und auf der Laterallänge von 1.200 m alle 100 m gefrackt. Ferner wird angenommen, dass 25 % der Gewinnungsgetriebe wegen eines Rückgangs der Gasförderung über die Förderphase ein zweites Mal gefrackt werden (Re-Frack). Zur Abschätzung der Einsatzmengen von Frack-Fluiden und Additiven werden die Rezeptur des in Damme 3 eingesetzten Fluids sowie die genannte Weiterentwicklung (Tabelle 3) zugrunde gelegt. Die Menge des zu entsorgenden Flowback kann aufgrund fehlender Angaben zur Menge und Beschaffenheit der Formationswässer im Zielhorizont nicht abgeschätzt werden. Für die

Transportleistungen wird angenommen, dass die Frack-Additive per LKW angeliefert werden und das Wasser zur Herstellung der Frack-Fluide vor Ort gewonnen oder alternativ von der öffentlichen Trinkwasserversorgung bezogen werden kann.

3.7 Kennzahlen einer potenziell flächenhaften Erschließung unkonventioneller Lagerstätten im Einzugsgebiet der Ruhr

Um die gesamten vermuteten Schiefergasvorkommen im Aufsuchungsgebiet flächenhaft zu erschließen, müssen im zugrunde gelegten Erschließungsszenario 750 Tiefbohrungen von insgesamt 75 Bohrplätzen aus abgeteuft und rund 9.000 Fracks im Einzugsgebiet der Ruhr durchgeführt werden (Tabelle 4; 750 Bohrungen mal 10 Fracks pro Gesamtlateral; dazu ca. 25 % der Gewinnungsgetriebe wegen Rückgang der Gasförderung während der Förderphase ein zweites Mal gefrackt). Bei Einsatz des in „Damme“ verwendeten Frack-Fluids würden dafür ca. 37,9 Mio. m³ Frack-Fluid, über 1,8 Mio. t Stützmittel, 62.100 t Frack-Additive (davon ca. 1.440 t eines Biozids auf Isothiazolinon-Derivate Basis) in den Zielhorizont injiziert werden. Bei Einsatz des genannten weiterentwickelten Slickwater-Fluids würden ca. 15 Mio. m³ Frack-Fluid, eine unbekannte Menge an Stützmitteln, 52.500 t Frack-Additive (davon ca. 15.000 t eines Biozids mit Wirkstoff Ethylenglycol(bis)hydroxymethylether) in den Zielhorizont verpumpt.

Die Menge des zu entsorgenden Flowback ist derzeit nicht abzuschätzen, da es keine Datengrundlage zu der Menge an Formationswasser gibt, die mit dem Flowback zu Tage gefördert würde. Aufgrund der tonigen Ausprägung des Zielhorizontes werden relativ geringe Mengen an Formationswasser erwartet, so dass allein auf der Annahme, dass zwischen 5 % und 80 % der injizierten Frack-Fluide zurückgefördert werden, als Untergrenze der zu erwartenden Flowbackmenge zwischen 0,8 und 30,4 Mio. m³ (5 % bis 80 % der injizierten Frack-Fluidmenge) angegeben werden kann. Einschränkend muss gesagt werden, dass auch bei den Bohrungen im Wealden-Tonstein (Damme) wenig Formationswasser erwartet wurde, aber neben 8 % der injizierten Frack-Fluide über 2.000 m³ Formationswasser innerhalb von 2 Monaten von einer Bohrung zu Tage gefördert wurden (Rosenwinkel et al. 2012).

Nach den zugrunde gelegten Modelldaten sind für das Einrichten des Bohrplatzes, dem Abteufen der Bohrungen und der Anlieferung der Frack-Additive ca. 280.000 LKW-Fahrten notwendig. Transportleistungen für die Entsorgung des anfallenden Flowback wurden nicht berücksichtigt, da aufgrund der ungeklärten Entsorgungslage (Kapitel 6) derzeit nicht abschätzbar ist, ob der Flowback per Rohrleitung oder LKW zu geeigneten Entsorgungsstationen gebracht werden könnte.

Tabelle 4: Kennzahlen einer flächenhaften Gewinnung der vermuteten Schiefergasvorkommen in den Erlaubnisfeldern „Ruhr“ und „Falke-South“ im Einzugsgebiet der Ruhr auf der Grundlage eines fiktiven Erschließungsszenarios. Angenommene Erschließungsfläche 679 km².

Erlaubnisfelder “Ruhr” und “Falke-South” gesamt	4.497 km²																					
-davon im Einzugsgebiet der Ruhr	2.218 km²																					
Angenommen Erschließungsfläche	679 km²																					
	(15 % der Erlaubnisfelder gesamt) (31% der Erlaubnisfelder im Einzugsgebiet der Ruhr)																					
Anzahl Cluster-Bohrplätze	75																					
Flächenbedarf Bohrplätze	0,9 km²																					
Tiefbohrungen																						
Anzahl	750																					
Zement	60.000 – 100.500 m³																					
Schutzflüssigkeiten	18.000 – 55.500 m³																					
Wasserbedarf Bohrung	357.000 – 477.000 m³																					
Cuttings	106.500 m³																					
Fracking																						
Anzahl durchzuführender Fracks	9.375																					
	<table><tr><th></th><th>Bei Einsatz des Frack-Fluids “Damme”</th><th>Bei Einsatz des Frack-Fluids “Weiterentwicklung”</th></tr><tr><td>Einsatzmenge Frack-Fluide</td><td>37,9 Mio. m³</td><td>15,0 Mio. m³</td></tr><tr><td>Stützmittel</td><td>1,8 Mio. t</td><td>k.A.</td></tr><tr><td>Frack-Additive</td><td>62.100 t</td><td>52.500 t</td></tr><tr><td>-davon Tonstabilisatoren</td><td>33.200 t</td><td>15.000 t</td></tr><tr><td>-davon Reibungsminderer/Netzmittel</td><td>27.500 t</td><td>22.500 t</td></tr><tr><td>-davon Biozide</td><td>1.440 t</td><td>15.000 t</td></tr></table>		Bei Einsatz des Frack-Fluids “Damme”	Bei Einsatz des Frack-Fluids “Weiterentwicklung”	Einsatzmenge Frack-Fluide	37,9 Mio. m³	15,0 Mio. m³	Stützmittel	1,8 Mio. t	k.A.	Frack-Additive	62.100 t	52.500 t	-davon Tonstabilisatoren	33.200 t	15.000 t	-davon Reibungsminderer/Netzmittel	27.500 t	22.500 t	-davon Biozide	1.440 t	15.000 t
	Bei Einsatz des Frack-Fluids “Damme”	Bei Einsatz des Frack-Fluids “Weiterentwicklung”																				
Einsatzmenge Frack-Fluide	37,9 Mio. m³	15,0 Mio. m³																				
Stützmittel	1,8 Mio. t	k.A.																				
Frack-Additive	62.100 t	52.500 t																				
-davon Tonstabilisatoren	33.200 t	15.000 t																				
-davon Reibungsminderer/Netzmittel	27.500 t	22.500 t																				
-davon Biozide	1.440 t	15.000 t																				
Flowback zur Entsorgung	Anfallender Flowback aufgrund fehlender Datenlage zu Formationswasser in Zielhorizont nicht abschätzbar. Volumen der zurückgeförderte Frack-Fluide: 0,8 - 30,4 Mio. m³																					
Transportleistungen Lkw	ca. 280.000 Fahrten																					
Entsorgung Flowback	Entsorgung über Rohrleitungen/LKW-Transport wegen ungeklärter Entsorgungslage nicht berücksichtigt.																					

3.8 Wasserwirtschaftliche Risiken bei Aufsuchung und Gewinnung von Erdgas aus unkonventionellen Lagerstätten mittels Fracking

Obertägige Risiken umfassen Kontaminationen von Oberflächengewässer, Grundwasser und Boden bei Transport, Lagerung und Zubereitung der Frack-Fluide und bei Transport, Lagerung und obertägiger Entsorgung des Flowback, sowie ggf. der unkontrollierte Ausbruch von Fluiden aus der Bohrung (Blowout-Ereignisse). Insbesondere für Transport und Lagerung wassergefährdender Stoffe existieren eine Reihe technischer, organisatorischer und rechtlicher Vorschriften zur Verhinderung bzw. Minimierung obertägiger Risiken (u.a. Störfallverordnung und Unfallverhütungsvorschriften).

Über **geologische Wirkungspfade** können Stoffeinträge aus dem Bereich der Schiefergaslagerstätten zu einer Gefährdung nutzbarer Grundwasservorkommen führen. Die Relevanz der Wirkungspfade ist abhängig von den Geosystemen und wird über die beiden Parameter Durchlässigkeit (Permeabilität) und Gefälle (hydraulische Potenzialdifferenz) definiert. Geologische Wirkungspfade können vom Frack-Horizont aus ohne vorangegangenes Versagen technischer Systeme von Bedeutung sein, teilweise werden sie erst durch das Versagen technischer Systeme aktiviert (z.B. durch Versagen der Zementation). Für die **technischen Wirkungspfade** können teilweise Abschätzungen der Eintritts- bzw. Versagenswahrscheinlichkeiten aus veröffentlichten statistischen Daten der Öl- und Gasindustrie angegeben werden (MKULNV 2012), die jedoch meist konventionelle Erdgasvorkommen betreffen und somit nur begrenzt auf unkonventionelle Lagerstätten übertragen werden können.

Es wird unterschieden zwischen den folgenden Pfadgruppen (Abbildung 3):

Obertägige Wirkpfade (Kapitel 4)

Pfadgruppe 0: Obertägige Risiken durch Stoffeinträge beim obertägigen Transport, Lagerung und Zubereitung der Frack-Fluide und beim Transport des Flowback zur Aufbereitung/Entsorgung.

Geologisch-technische Wirkpfade (Kapitel 5)

Pfadgruppe 1: Punktuelle Pfade entlang von Bohrungen. Dies können aktive (Produktions-)bohrungen oder abgeworfene Altbohrungen sein. Im Rheinischen Schiefergebirge ist hierzu noch der Altbergbau auf Erze und Steinkohle südlich der Ruhr zu rechnen, der bereichsweise auch mehrere hundert Meter Tiefe erreicht hat.

Pfadgruppe 2: Linienhafte Pfade, die auf Störungen beruhen. Hierbei stehen tiefgreifende Störungen im Vordergrund.

Pfadgruppe 3: Aufstiege und Ausbreitung durch die geologischen Schichten ohne besondere Wegsamkeiten wie die Pfadgruppen (1) und (2). Diese Wirkungspfade hängen von den Durchlässigkeiten und Potenzialverteilungen der ungestörten überlagernden Gesteinsformationen ab. Bei einer flächenhaften Erschließung unkonventioneller Lagerstätten sind insbesondere die großräumigen hydraulischen und hydrochemischen Veränderungen sowie ihre Summationswirkungen und Langzeitwirkungen zu berücksichtigen.

Entsorgung des Flowback (Kapitel 6)

Pfadgruppe Flowback-Entsorgung: Von den Betreibern wird die Möglichkeit der Verpressung des Flowback über Disposalbohrungen derzeit als wichtige Randbedingung für die (wirtschaftliche) Gewinnung von Erdgas aus unkonventionellen Lagerstätten angesehen. Geologisch-technische Risiken bei der Entsorgung des Flowback müssen deswegen integral bei der Bewertung von Risiken bei Aufsuchung und Gewinnung von unkonventionellen Erdgasvorkommen berücksichtigt werden.

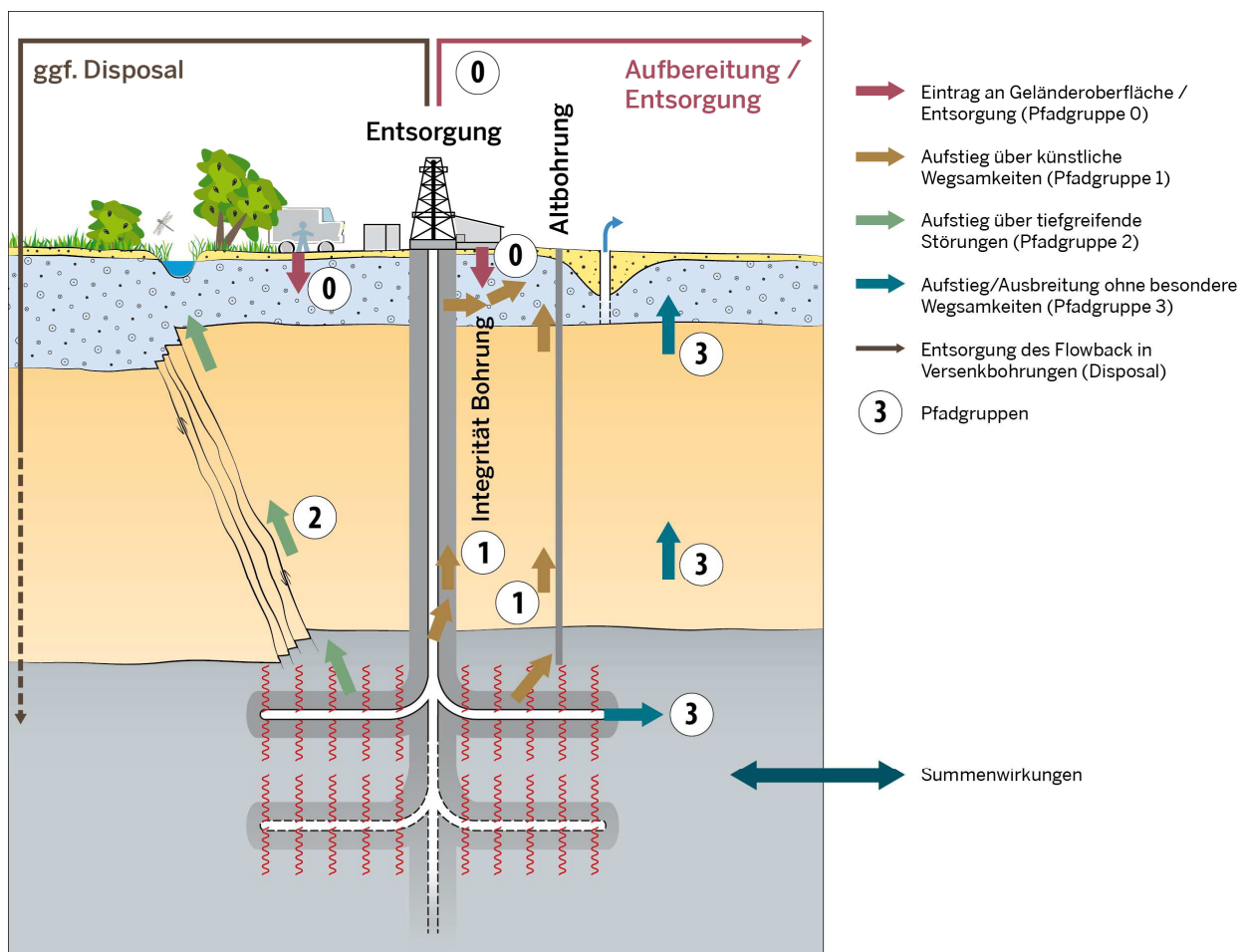


Abbildung 3: Schematische Darstellung potenzieller Wirkungspfade (MKULNV 2012).

4 Obertägige Risiken

Technische Versagensfälle und menschliches Fehlverhalten bei Anlieferung, Lagerung und Herstellung der Frack-Fluide und Transport, Aufbereitung und ggf. oberirdische Entsorgung des Flowback können zu einer Kontamination von Oberflächengewässern, des Bodens und des Grundwassers führen. Die Risiken einer solchen Kontamination können teilweise mit veröffentlichten Eintritts- bzw. Versagenswahrscheinlichkeiten statistisch beschrieben werden (z.B. Unfälle je gefahrener Lkw-Kilometer; Uth 2012; Meiners et al. 2012a). Für die Abschätzung der Risiken wird in der Regel die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Ereignisses mit der zu erwartenden Schadenshöhe miteinander verknüpft.

Zur Bewertung von Ereignissen mit sehr geringen Eintrittswahrscheinlichkeiten, aber sehr hohen Schadenshöhen werden darüber hinaus *worst-case* Szenarien zur Risikoanalyse eingesetzt. Zur Bewertung der technischen Sicherheit von Anlagen und Verfahren bei der Erdgasgewinnung aus unkonventionellen Lagerstätten mittels Fracking wurden von Uth (2012) folgende *worst-case* Szenarien betrachtet:

- Auslaufen und Brand bzw. Explosion des gesamten Inventars eines Bohrplatzes mit und ohne Berücksichtigung passiver Sicherheitseinrichtungen
- Abriss des Panzerschlauchs beim Verpressen der Frack-Fluide mit drei parallel betriebenen Hochleistungspumpen
- Gasausbruch (Blow-out) aus der Förderbohrung mit Auswurf eines Teils der verpressten Frack-Fluide
- Leckage unterirdisch verlegter Rohrleitungen
- Unfälle mit Tanklastzügen beim Transport wassergefährdender Stoffe

Im Ruhreinzugsgebiet werden auch in anderen Anwendungsfeldern wassergefährdende Stoffe eingesetzt. Im Hinblick auf die Bewertung der oberirdischen Risiken bei der Gewinnung von Erdgas aus unkonventionellen Lagerstätten sind jedoch die großen Einsatzmengen, die Anlieferung der Frack-Additive in Form von Konzentraten und die Handhabung auf kleinem Raum auf relativ wenige (dafür gut ausgebauten) Bohrplätze oftmals in ländlichen Regionen zu betrachten. Im Folgenden werden beispielhaft die im obigen Erschließungsszenario errechneten Einsatzmengen der Biozide bewertet und mit den Verbrauchsmengen in anderen Anwendungsfeldern im Einzugsgebiet der Ruhr verglichen.

4.1 Gefährdungspotenzial durch den Einsatz von wassergefährdenden Frack-Additiven, insbesondere Bioziden

Bei einer flächenhaften Erschließung der Schiefergasvorkommen würden unter dem dargestellten Erschließungsszenario (Kapitel 3.7) bei den beiden exemplarisch betrachteten Frack-Fluiden überschlägig ca. **1.440 t** des Biozidgemisches aus 5-Chlor-2-methyl-2H-isothiazol-3-on (CMIT) und 2-Methyl-2H-isothiazol-3-on (MIT) oder **15.000 t** des Biozides Ethylenglycol(bis)hydroxymethylether (EGHM) im Ruhreinzugsgebiet zum Einsatz kommen (Tabelle 4).

Biozidwirkstoffgemisch CMIT und MIT (Gemisch CAS-Nr. 55965-84-9)

CMIT und MIT gehören zur Gruppe der Isothiazolinon-Derivate, die aufgrund ihrer inhibierenden Wirkung auf Zellproteinen als nicht-oxidative Biozide eingesetzt werden. Das Biozid-Gemisch aus CMIT und MIT ist nach Anhang 3 der VwVwS als stark wassergefährdend (WGK 3) eingestuft. Isothiazolinone werden in Kläranlagen schlecht abgebaut und weisen aufgrund ihrer hohen Polarität eine hohe Mobilität in der Umwelt und eine schlechte Entfernbarkeit bei der Wasseraufbereitung (z.B. durch Aktivkohlefiltration) auf (Meiners et al. 2012a; TZW 2012). Der Wirkstoff ist ökotoxikologisch sehr wirksam (PNEC von 52 ng/l).

CMIT und MIT werden auch in anderen Anwendungsbereichen als Biozidwirkstoff eingesetzt, u.a. in Kühlwasserkreisläufen, als Konservierungsmittel in Kosmetika, in Haushalts- und Industriereinigern, in Dispersionsfarben, Lacken und Klebstoffen. Umweltbelastungen durch den Einsatz von CMIT und MIT in Dachfarben und in der Kühlwasserkonditionierung wurden vom Landesumweltamt NRW bzw. vom Umweltbundesamt untersucht. Das Biozid-Gemisch wird als alter Biozid-Wirkstoff im Rahmen des Prüfprogramms der zweiten Phase des Zehn-Jahres-Arbeitsprogramms zu prüfende Wirkstoffe (Anhang II der Verordnung (EG) Nr. 1451/2007) u.a. für die Verwendung in den Produktarten PA12 „Schleimbekämpfungsmittel“ und PA11 „Schutzmittel für Flüssigkeiten in Kühl- & Verfahrenssystemen“ geprüft, zu denen auch die beim Fracking eingesetzten Biozid-Produkte zu zählen sind (Meiners et al. 2012b). Die Entscheidung über die Aufnahme oder Nicht-Aufnahme für diese Produktarten in die Anhänge I oder IA der Biozid-Richtlinie 98/8/EG steht mit Stand 22.02.2012 noch aus.

Biozidwirkstoff Ethylenglycol(bis)hydroxymethylether EGHM (CAS-Nr. 3586-55-8)

EGHM gehört zur Gruppe der Formaldehyd-abspaltenden Biozidwirkstoffe. Der Stoff ist nach Anhang 3 der VwVwS als schwach wassergefährdend (WGK 1) eingestuft. EGHM hydrolysiert in wässriger Lösung unter Bildung von Formaldehyd. Bildungsraten von Formaldehyd

aus EGHM sind nicht verfügbar, so dass die resultierende Konzentration von freiem Formaldehyd im Frack-Fluid nicht abgeschätzt werden kann. Das Ergebnis des Ames-Tests wurde als widersprüchlich beschrieben (interne Firmenangaben, hinterlegt bei der Kommission Bewertung wassergefährdende Stoffe (KBwS) zit. in Gartiser et al. 2000). Nach Angaben des Berufsgenossenschaftlichen Forschungsinstitutes für Arbeitsmedizin (BGFA) liegen zu EGHM zum Metabolismus, zur Reproduktionstoxizität und zur Entwicklungstoxizität keine Informationen vor. Untersuchungen zur Gentoxizität von formaldehydabspaltenden Bioziden ist Gegenstand aktueller Untersuchungen (Pfuhrer & Wolf 2002). Die Datenlage zu ökotoxikologischen Wirkschwellen ist ungenügend.

EGHM wird auch in anderen Anwendungen als Biozidwirkstoff eingesetzt, u.a. in Kühl- und Schmierstoffen in der Metallverarbeitung, in Farben, Lacken und Anstrichmitteln, als Schleimbekämpfungsmittel in der Papierindustrie, als Rinse-off Kosmetika und zur Desinfektion in Krankenhäusern. Er wird als alter Biozid-Wirkstoff im Rahmen des Prüfprogramms der zweiten Phase des Zehn-Jahres-Arbeitsprogramms zu prüfende Wirkstoffe (Anhang II der Verordnung (EG) Nr. 1451/2007) u.a. für die Verwendung in den Produktarten PA12 „Schleimbekämpfungsmittel“ und PA11 „Schutzmittel für Flüssigkeiten in Kühl- & Verfahrenssystemen“ geprüft, zu denen auch die beim Fracking eingesetzten Biozid-Produkte zu zählen sind (Meiners et al. 2012b). Die Entscheidung über die Aufnahme oder Nicht-Aufnahme für diese Produktarten in die Anhänge I oder IA der Biozid-Richtlinie 98/8/EG steht mit Stand 22.02.2012 noch aus. Formaldehyd ist gemäß der Entscheidung der Kommission 2008/681/EC u.a. für PT11 und 12 nicht in Anhang I oder IA aufgenommen worden.

Verbrauchsmengen von Bioziden im Ruhreinzugsgebiet

Informationen zu den Verbrauchsmengen von Biozid-Wirkstoffen werden bundesweit nicht erfasst oder sind nicht öffentlich zugänglich. Zur Abschätzung der Verbrauchsmengen von Biozid-Produkten im Ruhreinzugsgebiet wurden deswegen aus den auf Herstellerangaben beruhenden Produktions- und Importangaben aus COWI (2009) anteilig für die Einwohnerzahl im Einzugsgebiet der Ruhr errechnet (Tabelle 5). Die Angaben sind nach der Verwendung der Biozide in 23 Kategorien (Produktarten nach Anhang V der EG-Biozid-Richtlinie 98/8/EG) differenziert, da je nach Verwendungsgebiet z.T. unterschiedliche Biozidwirkstoffe mit unterschiedlichen Umweltverhalten und Abbaueigenschaften eingesetzt werden. Besonders der Einsatz von Bioziden in offenen Systemen (z.B. Schutzmittel für Mauerwerk, Farben, Flüssigkeiten in Kühlsystemen) ist eine Belastung der Gewässer zu besorgen (LUA NRW 2005; Gartiser & Urich 2002). Die Verwendungsgebiete/Produktarten der Biozide wurden deswegen nach ihrer Gewässerrelevanz bewertet (TZW 2012).

Tabelle 5: Geschätzte derzeitige Verwendungsmengen von Biozid-Produkten im Ruhreinzugsgebiet nach Produktarten und Gewässerrelevanz. Die beim Fracking eingesetzten Biozid-Produkte werden zu den Produktarten PA11 oder PA12 gezählt.

Biozid – Produktart	Bewertung der Gewässer-relevanz*	Geschätzte Verwendungsmengen im Ruhreinzugsgebiet	
		gesamt [t/a]	mit sehr hoher Gewässer-relevanz [t/a]
Hauptgruppe 1: Desinfektionsmittel & allgemeine Biozid-Produkte			
PA1 Biozid-Produkte für die menschliche Hygiene	+	79	
PA2 Desinfektionsmittel für Privatbereich, öffentliches Gesundheitswesen, andere Biozid-Produkte	++	697	
PA3 Biozid-Produkte für die Hygiene im Veterinärbereich	+	47	0
PA4 Desinfektionsmittel für den Lebens- & Futtermittelbereich	++	72	
PA5 Trinkwasserdesinfektionsmittel	-	212	
Hauptgruppe 2: Schutzmittel			
PA6 Topf-Konservierungsmittel	+ / ++	23	
PA7 Beschichtungsschutzmittel	+++	6	6
PA8 Holzschutzmittel	+++	48	48
PA9 Schutzmittel für Fasern/Leder/Gummi/polymer. Materialien	++	7	
PA10 Schutzmittel für Mauerwerk	+++	217	217
PA11 Schutzmittel für Flüssigkeiten in Kühl- & Verfahrenssystem	+++	215	215
PA12 Schleimbekämpfungsmittel	+++	28	28
PA13 Schutzmittel für Metallbearbeitungsflüssigkeiten	-	30	
Hauptgruppe 3: Schädlingsbekämpfungsmittel (PA14-19)	- / +++	33	9
Hauptgruppe 4: Sonstige Biozid-Produkte (PA20-23)	- / +++	6	3
Gesamte Biozid-Verwendungsmenge im Ruhreinzugsgebiet		1.719	527

* Bewertung nach TZW (2012) verändert:

- geringe Relevanz, + mäßige Relevanz, ++ hohe Relevanz, +++ sehr hohe Relevanz

Die Abschätzung der Biozid-Verbrauchsmengen zeigt, dass im Ruhreinzugsgebiet jährlich ca. 1.700 t/a Biozid-Produkte verschiedener Art und Wirkstoffzusammensetzung zum Einsatz kommen, davon ca. 527 t/a in Anwendungsgebieten mit sehr hoher Gewässerrelevanz (Tabelle 5).

Im Vergleich würden bei einer flächenhaften Erschließung der Hangenden Alaunschiefer im dargestellten Erschließungsszenario je nach eingesetztem Frack-Fluid nach unserer Abschätzung zusätzlich zwischen ca. 1.440 t und 15.000 t Biozidwirkstoffe im Ruhreinzugsgebiet eingesetzt werden. Diese Einsatzmengen **überschreiten die jährlichen Anwendungsmengen in allen anderen Anwendungsgebieten mit hoher Gewässerrelevanz um**

fast einen Faktor 3 bis 30. Die genannten Einsatzmengen erstrecken sich dabei über Jahre bis Jahrzehnte der Felderschließung, aber wahrscheinlich würden die beim Fracking eingesetzten Biozid-Wirkstoffe den Biozid-Einsatz im gesamten Ruhrgebiet über Jahre hinweg dominieren. Beim Fracking werden die Biozide in Konzentraten am Bohrplatz meist mit LKW angeliefert, dort gelagert, mit Wasser und weiteren Additiven zum Frack-Fluid am Bohrplatz gemischt und dann unter Hochdruck innerhalb weniger Stunden in das Bohrloch verpresst. Bei der Rückförderung des Flowback würde ein Teil der Biozide zurückgefördert werden und müsste geeignet aufbereitet und entsorgt werden.

4.2 Risiken bei Transport, Lagerung und Verpressung der Frack-Additive

Im Hinblick auf die Bewertung der technischen Sicherheit von Anlagen und Verfahren zur Erkundung und Förderung von Erdgas aus unkonventionellen Lagerstätten wurden von Uth (2012) und Meiners et al. (2012a) Eintrittswahrscheinlichkeiten von Unfällen bei Transport und Lagerung wassergefährdender Stoffe mit LKW und Rohrleitungen ausgewertet. Die Datenlage ist durch langjährige Erhebungen des Statistischen Bundesamtes als relativ gut zu bewerten. Im Jahr 2008 wurden z.B. insgesamt 2.203 Unfälle mit wassergefährdenden Stoffen registriert, bei denen 23,1 Mio. Liter wassergefährdender Substanzen freigesetzt wurden, die zu Verunreinigungen des Bodens oder Belastung des Wasserhaushaltes führten (zit. in Uth 2012). Bei den Hauptursachen der Unfälle überwiegt menschliches Fehlverhalten (41 %), gefolgt von Materialmängeln, zum Beispiel Mängeln an Fahrzeugen und Sicherheitseinrichtungen, an Armaturen oder an Behältern und Verpackungen (zit. in Uth 2012). Folgende Kennzahlen wurden abgeleitet (Uth 2012; Meiners et al. 2012)

- Lagern, Abfüllen und Umschlagen (sog. LAU-Anlage): $4 \cdot 10^{-3}$ Ereignisse/Jahr
- Herstellen, Behandeln und Verwenden (sog. HBV-Anlage): $5 \cdot 10^{-4}$ Ereignisse/Jahr
- Unfallhäufigkeit beim Transport wassergefährdender Stoffe per Lkw:
 $1,3 \cdot 10^{-7}$ Ereignisse/Tonne/km/Jahr

Wird die im Erschließungsszenario abgeschätzte Menge eingesetzter Frack-Additive (52.500 – 62.100 t Frack-Additive) unter der Annahme zugrunde gelegt, dass die Additive als Konzentrate zur Bohrstelle über eine Distanz von 120 km im Ruhreinzugsgebiet angeliefert werden, ist über die gesamte Erschließungsdauer mit hoher (98 %) Wahrscheinlichkeit mit nicht mehr als 3 Unfällen allein bei der Anlieferung der Frack-Additive im Ruhreinzugsgebiet zu rechnen (Poisson-Verteilung). Die Wahrscheinlichkeit, dass sich bei der Anlieferung der Frack-Fluide mindestens ein Unfall ereignet, liegt bei über 55 %. Unfälle, die mit der Lage-

rung, Vermischung und Verpressung der Frack-Fluide auf dem Bohrplatz sowie der Aufbereitung Entsorgung des Flowback verbunden sein können, sind in diesen Berechnungen nicht enthalten. Das Schadensausmaß derartiger Unfälle kann statistisch nicht bewertet werden; es reicht von kleinen Schäden beim Auslaufen von Frack-Additiven auf abgedichteten Oberflächen bis zur Kontamination von direkt zur Trinkwassergewinnung genutzter Gewässer.

4.3 Bewertung der obertägigen Risiken

Eine flächenhafte Erschließung der Schiefergasvorkommen im Einzugsgebiet der Ruhr würden aufgrund der Dimension eines solchen Vorhabens zu obertägigen Risiken führen, die eine Gefährdung insbesondere für die Oberflächengewässer, aber auch für den Boden und das Grundwasser erwarten lassen. Für die Mehrzahl der zu erwartenden Risiken sind technische und organisatorische Vorsorge- und Minderungsmaßnahmen etabliert.

Das Beispiel der zu erwartenden Einsatzmengen von Bioziden macht aber deutlich, dass bei einer flächenhaften Erschließung Chemikalienmengen zum Einsatz kommen können, die über die „normalen“ Anwendungsbereiche im Einzugsgebiet der Ruhr hinausgehen und eine systematische Auseinandersetzung mit denkbaren Störfällen und Risikokonzepten verlangt, wie sie derzeit vor allem für die chemische Industrie vorgeschrieben ist (Ewen et al. 2012).

4.4 Wissenslücken und Unsicherheiten

Viele der zur Abschätzung obertägiger Risiken benötigten Eintritts- bzw. Versagenswahrscheinlichkeiten (z.B. Blowout-Ereignisse) beruhen auf Erfahrungen in den USA oder im Offshore-Bereich, die jedoch nicht oder nur eingeschränkt auf eine mögliche Schiefergas-Gewinnung im Ruhreinzugsgebiet übertragen werden können.

Auf der Grundlage der gegenwärtigen Datenlage kann die Menge und Beschaffenheit der Formationswässer und damit des Flowback nicht abgeschätzt werden. Die obertägigen Risiken von Transport, Aufbereitung und ggf. obertägiger Entsorgung des Flowback können damit gegenwärtig nicht bewertet werden.

5 Geologisch-technische Risiken

Zur Beurteilung der geologisch-technischen Risiken bei der Aufsuchung und Gewinnung von Erdgas aus unkonventionellen Lagerstätten für das Grundwasser und die Trinkwassergewinnung im Einzugsgebiet der Ruhr müssen aus hydrogeologisch-wasserwirtschaftlicher Sicht zwei Wirkungszusammenhänge unterschieden werden:

1. Aufsuchung und Gewinnung von Schiefergas im Rheinischen Schiefergebirge mittels Fracking (Kapitel 5.1)
2. Aufsuchung und Gewinnung von Kohleflözgas im Münsterländer Becken, bei der gegenwärtig noch unklar ist, ob ebenfalls die Fracking-Technologie eingesetzt werden muss (Kapitel 5.2)

5.1 Risiken bei der Aufsuchung und Gewinnung von Schiefergas im Rheinischen Schiefergebirge

5.1.1 Geosystem Rheinisches Schiefergebirge

Im Einzugsgebiet der Ruhr sind vor allem geringdurchlässige Tonsteine, Grauwacken und einzelne Sandsteinbänke verbreitet. In einzelnen tektonischen Strukturen sind höher durchlässige Massenkalken eingefaltet, die lokal eine große Bedeutung für die Trinkwasserversorgung haben. Quartäre Grundwasserleiter treten entlang größerer Gewässer auf (Ruhr, Lenne, Hönne). An der Ruhr haben sie eine große Bedeutung für die Wassergewinnung der öffentlichen Trinkwasserversorgung.

Das Geosystem Rheinisches Schiefergebirge umfasst den überwiegenden Teil des Einzugsgebietes der Ruhr. Hier sind bereichsweise die unterkarbonischen Hangenden Alaunschiefer verbreitet. Dies sind kohlenstoffreiche, schwarze Tonsteine, in denen Schiefergas vermutet wird. Sie wurden bei der variszischen Gebirgsbildung in Sattel- und Muldenstrukturen eingefaltet. Die Mächtigkeit liegt zwischen 50 bis 110 Meter (Stoppel et al. 2006; Wrede & Ribbert 2005). Im Westen des Rheinischen Schiefergebirges (Bereich Velberter Sattel) treten die Alaunschiefer in einer anderen Fazies auf, die als Schiefergas-Lagerstätte weniger interessant sein dürfte (2. Fachgespräch GD NRW am 21.08.2012). Im Osten sind die etwas älteren Kulmtonschiefer verbreitet, in denen ebenfalls ein Gaspotenzial vermutet wird. In der Abbildung 8 sind die Kulmtonschiefer im farblich hervorgehobenen Zielhorizont „Hangende Alaunschiefer“ enthalten.

Die BGR hat in einer Studie die Vorkommen von Schiefergas in Deutschland abgeschätzt (BGR 2012). Der Abschätzung liegen als Kriterien die Menge und der Typ an organischem Material, die thermische Reife sowie die Mächtigkeit und die Tiefenlage der jeweiligen Formationen zu Grunde. Für das Unterkarbon des Rheinischen Schiefergebirges reichten die Datengrundlagen nicht aus, um eine belastbare Abschätzung der Schiefergaspotenziale nach den statistischen Methoden der BGR (2012) durchzuführen.

In den Abbildungen 4 bis 7 sind von West nach Ost die Hangenden Alaunschiefer in den unterschiedlichen Strukturen dargestellt. Die Lage der Schnitte ist in Abbildung 8 dargestellt.

Aufgrund ihrer tonigen Ausbildung sind die Hangenden Alaunschiefer weitgehend grundwasserfrei. Sie werden je nach ihrer Tiefenlage durch mächtige Ton- und Schluffsteinserien überdeckt (Grundwassergeeringeleiter). Nutzbare Grundwasservorkommen sind in geringem Maße in der oberflächennahen Auflockerungszone und in geklüfteten Sandsteinbänken zu erwarten. Die Grundwasserfließsysteme sind deshalb vor allem oberflächennah vorhanden. Der Niederschlag fließt an der Oberfläche und oberflächennah auf der Verwitterungsschicht oberhalb der Auflockerungszone ab. Lokal werden zur Wasserversorgung in den Festgesteinsgebieten in der Regel Quelfassungen genutzt.

Größere quartäre Grundwasserleiter sind entlang der Ruhr und ihrer größeren Zuflüsse (Lenne, Hönne) vorhanden. Bei Meschede und Arnsberg durchschneiden die Ruhr und bei Hohenlimburg die Lenne den Alaunschieferzug (Abbildung 8).

Ein regional bedeutender Grundwasserleiter im Einzugsgebiet der Ruhr sind die Massenkalkzüge, bei denen es sich aufgrund ihrer Genese aus ehemaligen Riffkomplexen i.d.R. um räumlich klar abgegrenzte Kalkvorkommen handelt. Diese sind älter als die Hangenden Alaunschiefer und durch ca. 800 m oberdevonische Tonsteine und Grauwacken von diesen getrennt. In Bereichen, wo die Massenkalk an der Oberfläche anstehen und als Grundwasserleiter genutzt werden, sind die Alaunschiefer erodiert (Abbildung 6). Die sehr tiefliegenden Massenkalk unter den Hangenden Alaunschiefer werden nach unserem Kenntnisstand derzeit nicht genutzt (z.B. tiefe Geothermie). Über die Grundwasserquantität und –qualität gibt es unseres Wissens keine Angaben. Im Einzelfall müssten - z.B. im Rahmen von Detailstudien - diese Aussagen überprüft werden.

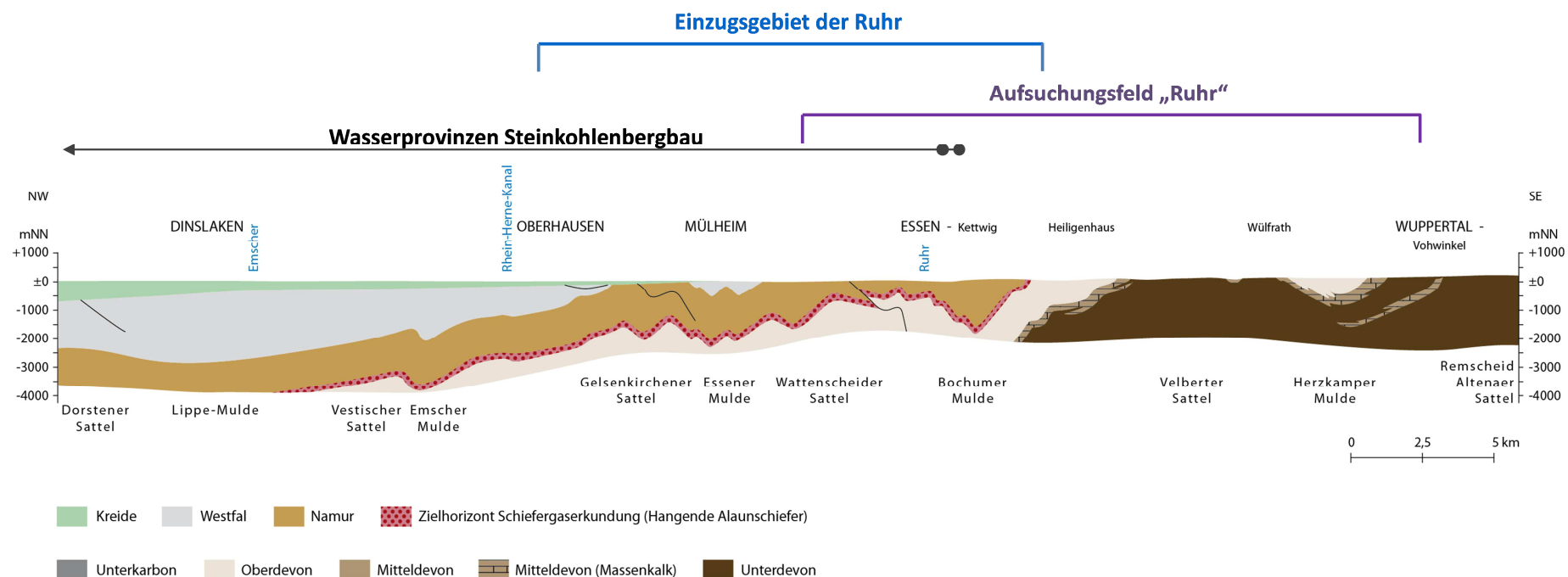


Abbildung 4: Geologischer SE-NW **Schnitt A** (verändert nach: Geologische Karte von NRW C 4706 Düsseldorf-Essen, Schnitt SL4706-AB Krefeld 2007). Das Quartär ist nicht dargestellt. Die Lage der Schnittpur ist in Abbildung 8 ersichtlich.

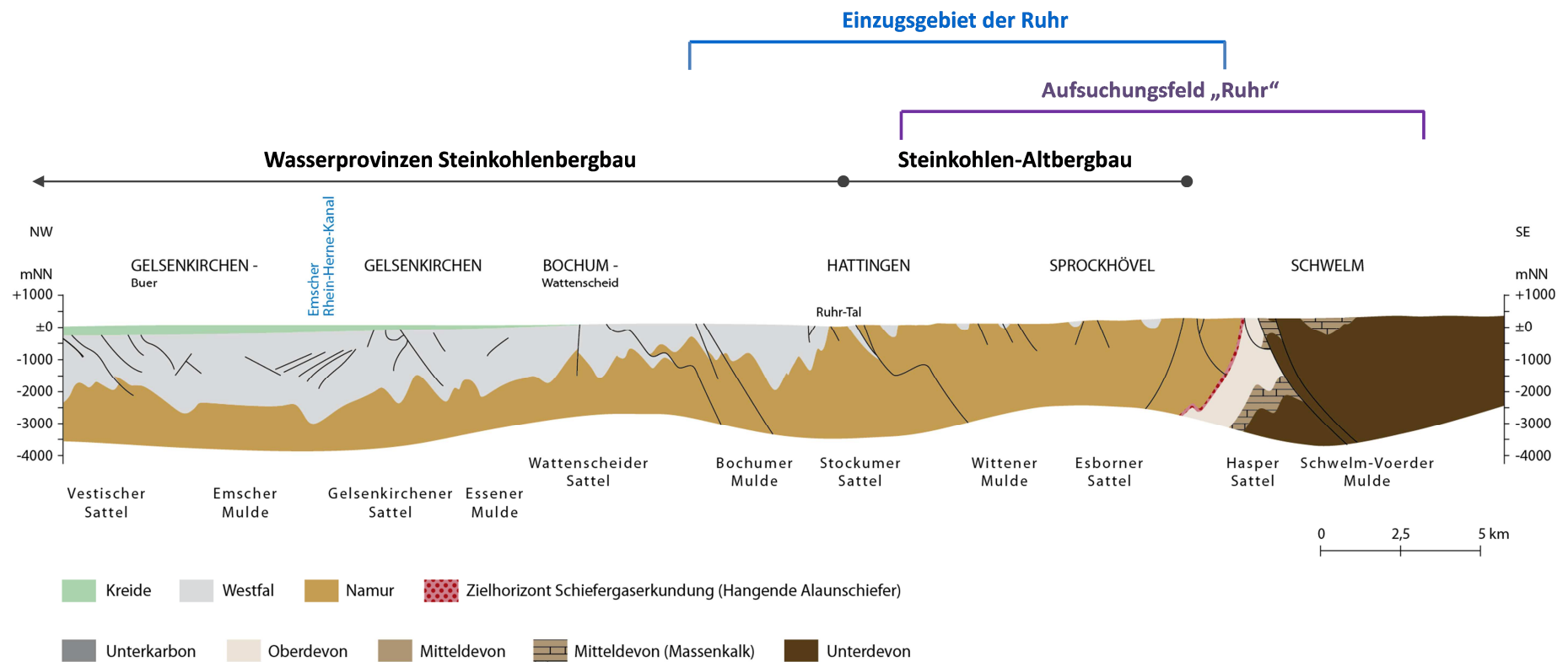


Abbildung 5: Geologischer SE-NW **Schnitt B** (verändert nach: Geologische Karte von NRW C 4706 Düsseldorf-Essen, Schnitt SL4706-CD, Krefeld 2007). Das Quartär ist nicht dargestellt. Die Lage der Schnittpur ist in Abbildung 8 ersichtlich.

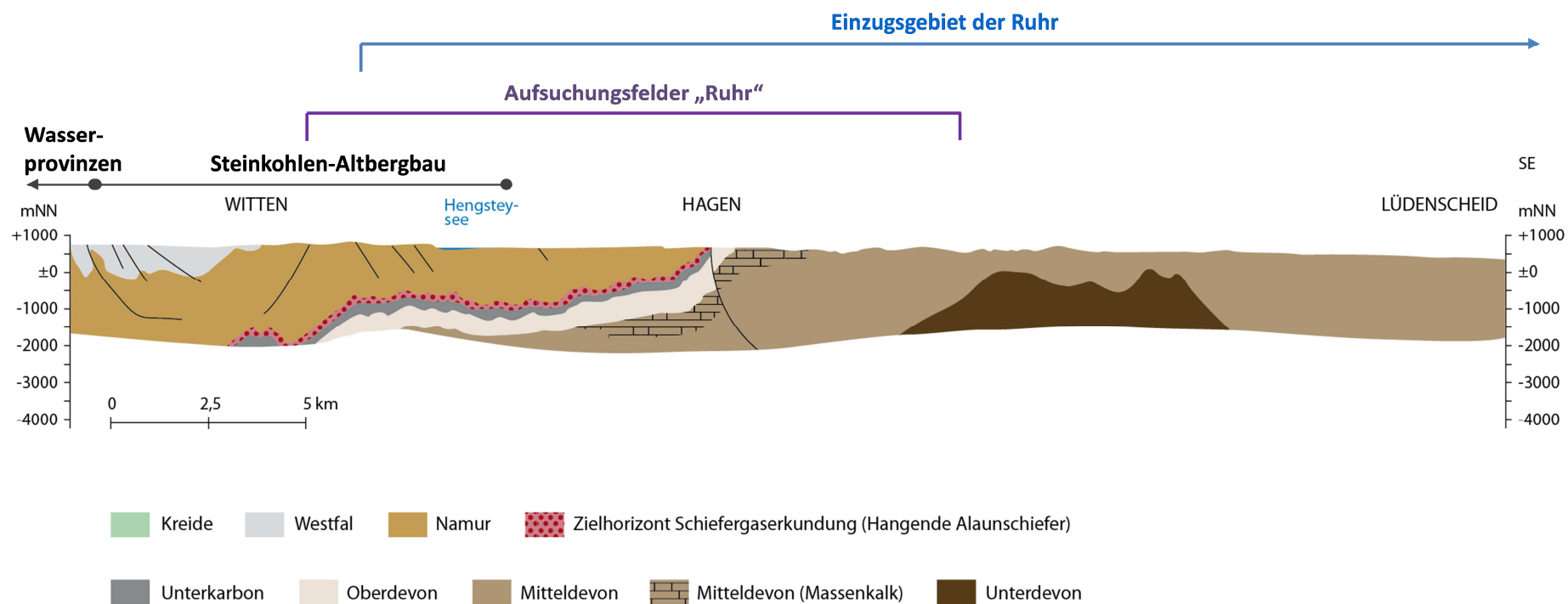


Abbildung 6: Geologischer SE-NW **Schnitt C** (verändert nach: Geologische Karte von NRW C 4710 Dortmund, Schnitt SL4710-AB, Krefeld 1989). Das Quartär ist nicht dargestellt. Die Lage der Schnittspur ist in Abbildung 8 ersichtlich.

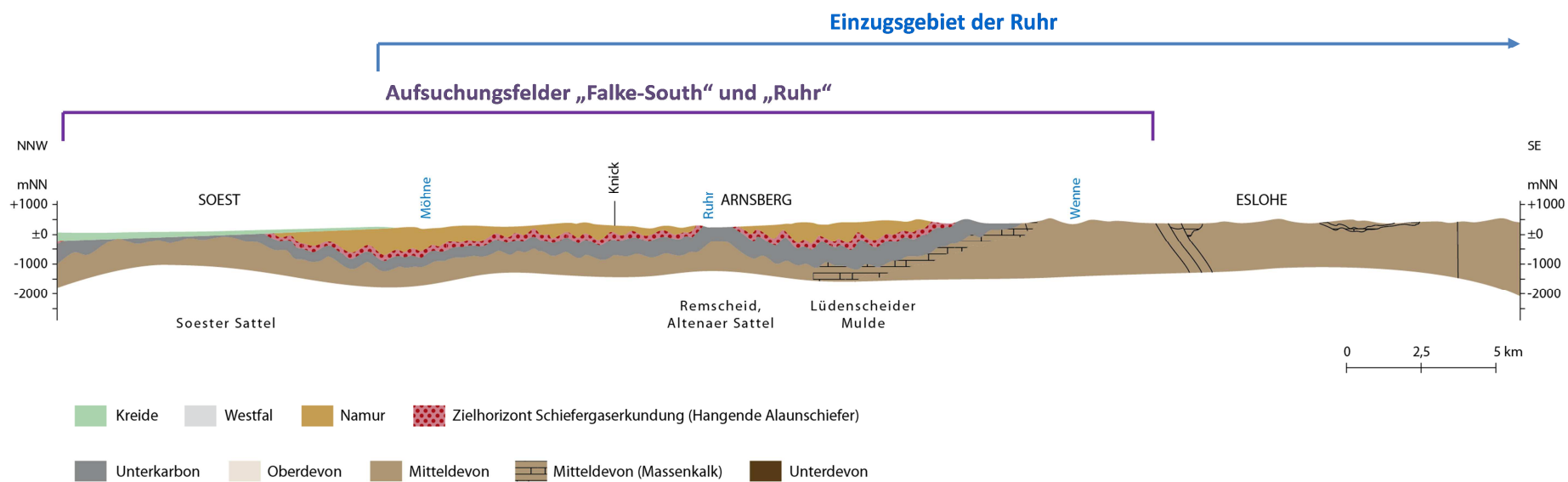


Abbildung 7: Geologischer SE-NW **Schnitt D** (verändert nach: Geologische Karte von NRW C 4714 Arnsberg, Schnitt SL4714-AB, Krefeld 1998). Das Quartär ist nicht dargestellt. Die Lage der Schnittpur ist in Abbildung 8 ersichtlich.

5.1.2 Verbreitung und Tiefenlage der Hangenden Alaunschiefer

Die Abbildungen 4 bis 8 zeigen die ungefähre Verbreitung und Tiefenlage der Hangenden Alaunschiefer in den Erlaubnisfeldern „Ruhr“ und „Falke-South“. Je nach Schichteinfallen ergeben sich größere und kleinere Flächen, in denen die Hangenden Alaunschiefer in den Tiefenlagen zwischen 300 m bis 1.000 m und 1.000 m bis 2.000 m liegen. Die Abgrenzung erfolgte auf den geologischen Karten im Maßstab 1:100.000 (GK 100). Bei der Verwendung groß maßstäblicher Karten (z.B. 1:25.000) sind ggf. genauere Auswertungen und Abgrenzungen möglich. Bei fehlenden Angaben über das Schichteinfallen konnten die Verbreitungsgebiete nur abgeschätzt werden.

Ab einer Tiefe von ca. 300 m können Schiefergasgehalte auftreten, zwischen ca. 1.000 und ca. 2.000 m Tiefe erscheint eine Gasförderung – vorbehaltlich der Wirtschaftlichkeit – zunächst am wahrscheinlichsten (Wintershall 2012). Die Erschließung noch tieferer Vorkommen ist jedoch nicht ausgeschlossen.

Gemäß der Darstellung in den Abbildungen 4 bis 8 sind die Hangenden Alaunschiefer im Einzugsgebiet der Ruhr nur bereichsweise in den für eine Erschließung derzeit interessanten Tiefenlagen verbreitet. In Tiefenlagen zwischen 1.000 bis 2.000 m liegen die Hangenden Alaunschiefer demnach nur im äußersten Westen des Einzugsgebietes (hier unterlagern sie auch das flözführende Oberkarbon bis in die Bergbauzone) sowie an seiner Nordgrenze ungefähr zwischen Hagen und der Möhne-Talsperre. Im Osten des Ruhreinzugsgebietes treten die Hangenden Alaunschiefer demnach nur in Tiefenlagen bis max. 1.000 m auf.

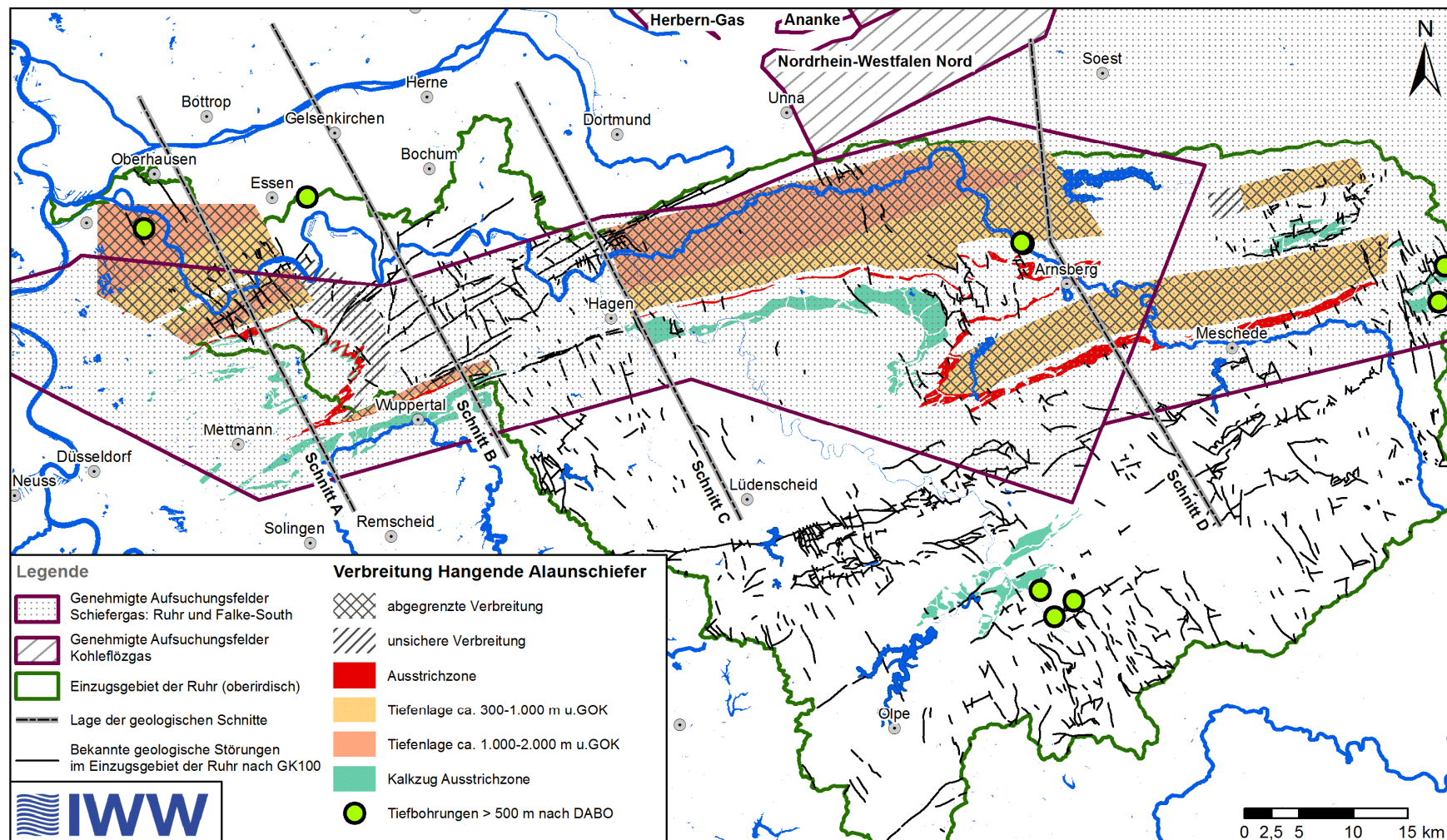


Abbildung 8: Verbreitung und Tiefenlage des Hangenden Alaunschiefers in den Erlaubnisfeldern „Ruhr“ und „Falke-South“ im Einzugsgebiet der Ruhr, abgegrenzt auf Grundlage der GK 100. DABO ist die Bohrungsdatenbank des GD NRW.

5.1.3 Bergbauzone und Grubenwasserhaltung

Die sich an das Erlaubnisfeld „Ruhr“ nördlich anschließende Bergbauzone ist durch den noch aktiven oder bereits eingestellten Steinkohlenbergbau und die damit verbundenen Umweltauswirkungen geprägt. Im Rahmen der Risikoanalyse müssen die Auswirkungen der bergbaubedingten Auflockerungszone und der Grubenwasserhaltungen berücksichtigt werden (Abbildung 9). Derzeit werden die den stillgelegten und aktiven Bergwerken zutretenden Grubenwässer gehoben und in die Ruhr, die Emscher und die Lippe eingeleitet (Abbildung 10). In die Ruhr entwässern die drei Wasserprovinzen Heinrich, Friedlicher Nachbar und Robert Müser (zusammen ca. 30 Mio. m³/a; Tabelle 6). Die zentralen Wasserprovinzen des Ruhrgebietes entwässern in die Emscher (ca. 25 Mio. m³/a) und die nördlichen, tiefliegenden Wasserprovinzen, in denen auch noch aktiver Bergbau umgeht, entwässern in die Lippe (ca. 15 Mio. m³/a). Die Wasserprovinzen stehen teilweise über wasserwegsame Untertagestrecken in Verbindung, teilweise aber handelt es sich um unabhängige Systeme, erkennbar an deutlich unterschiedlichen Grundwasserständen (Abbildung 10).

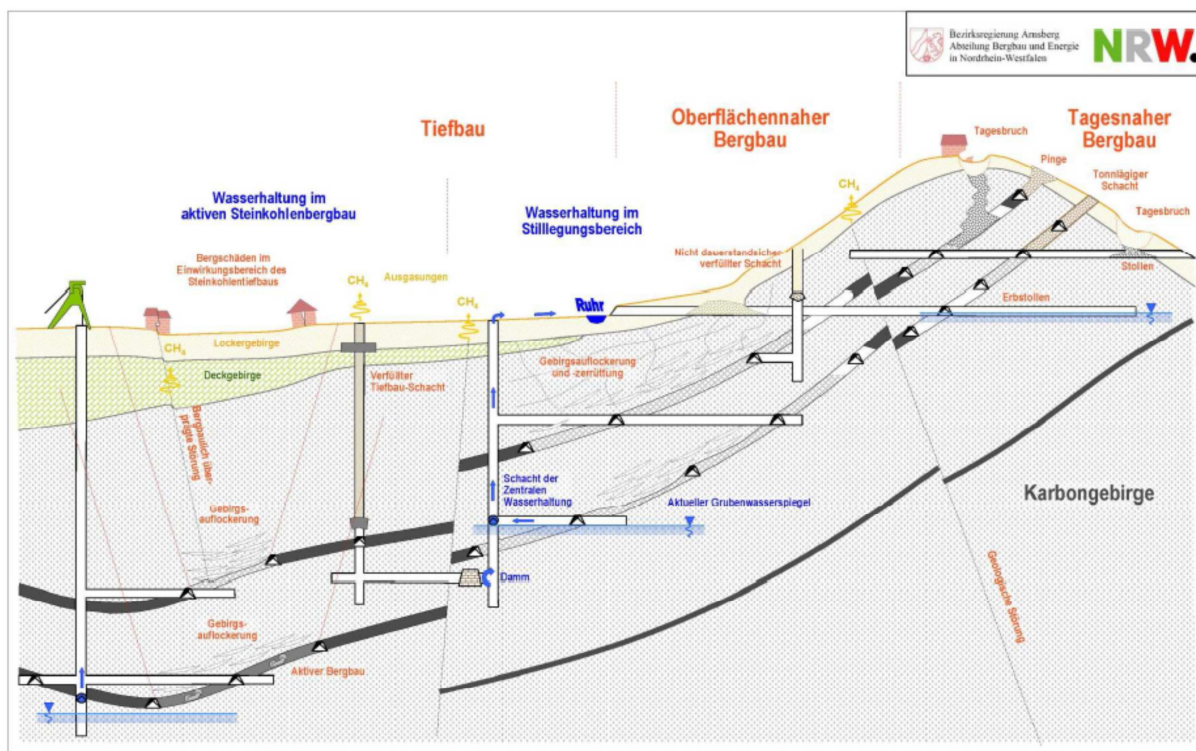


Abbildung 9: Schematische Darstellung der Auflockerungszone und Grubenwasserhaltung im aktiven und bereits eingestellten Steinkohlenbergbau (Bezirksregierung Arnsberg 2012).



Tabelle 6: Grubenwassermengen und Chloridgehalte in der Sumpfungszone Ruhr im Jahr 2012 (Bezirksregierung Arnsberg 2012).

	Einleitung in Gewässer	Wassermenge [Mio. m ³]	Chlorid-Konzentration Jahresmittelwert [mg/l]	Chlorid-Konzentration Schwankungsbreite [mg/l]
Robert Müser (Bochum)	Harpener Bach	7,8	1.608	1.430 – 1.860
Heinrich (Essen)	Ruhr	15,1	411	304 – 501
Friedlicher Nachbar (Bochum)	Rauendahler Bach	7,0	266	219 – 293

Die Abgrenzung der Auflockerungszone und des Einflussbereiches der Grubenwasserhaltungen erweist sich als schwierig. Im Gutachten MKULNV (2012) wurde die Bergbauzone überschlägig gemäß der unterirdischen Grubengebäude und einer Auflockerungszone (Senkungsnullrand) abgegrenzt. Eine Überlagerung mit den Wasserprovinzen der RAG Deutsche Steinkohle AG (BMW 2012) zeigt einen deutlich größeren Einflussbereich der Sumpfungszonen (Abbildung 10). Darüber hinaus schließt sich nach Süden die Auflockerungszone durch den Steinkohlen-Altbergbau an, der teilweise deutlich über die abgegrenzten Wasserprovinzen hinausreicht (z.B. Zeche Nachtigall in Witten mit 10. Sohle auf -367 m+NN). Die Überlagerung des Erlaubnisfeldes „Ruhr“ mit der Abgrenzung des Einflussbereiches des Steinkohlenbergbaus macht deutlich (Abbildung 10), dass das Erlaubnisfeld „Ruhr“ auf einer Fläche von ca. 21 km² zwischen Werden und Kupferdreh mit der Sumpfungszone Ruhr direkt überlappt. Ein größere Fläche (239 km²) des Erlaubnisfeldes „Ruhr“ zwischen Sprockhövel, Herdecke und Schwerte ist zudem von einer Auflockerungszone des Steinkohlen-Altbergbaus überlagert (Abbildung 10).

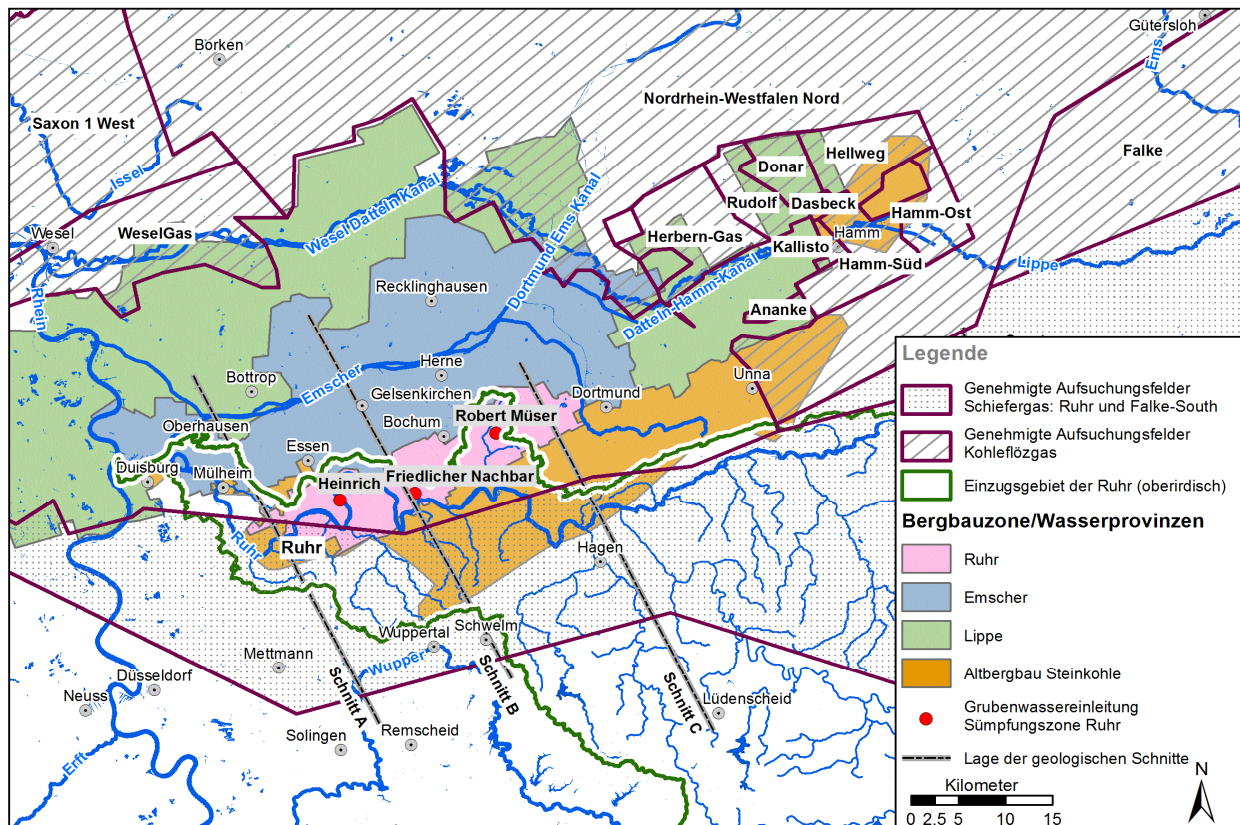


Abbildung 11: Überlagerung der Erlaubnisfelder zur Aufsuchung von Schiefergas und Kohleflözgas mit der Auflockerungszone und des Einflussbereiches der Grubentwässerungen im Steinkohlenbergbau. Sumpfungszonen abgegrenzt nach Wasserprovinzen der RAG Deutsche Steinkohle AG (BMWi 2012). Südliche Ausdehnung des Steinkohle-Altbergbaus nach MWEBWV (2010).

5.1.4 Störungszonen und Altbohrungen

Die bekannten geologischen Störungen auf Maßstabsebene der GK 100 sind in Abbildung 8 dargestellt. Störungen treten demnach in dem gefalteten Rheinischen Schiefergebirge in vielen Bereichen auf. Hierbei handelt es sich im Wesentlichen um Überschiebungen und Querstörungen. Eine besondere Dichte an geologischen Störungen ist zum einen im westlichen Teil und zum anderen im südöstlichen Teil des Ruhreinzugsgebietes zu verzeichnen. In den abgegrenzten Verbreitungsbereichen der Hangenden Alaunschiefer treten geologische Störungen insbesondere im äußersten Westen sowie vereinzelt auch am nördlichen Randbereich des Ruhreinzugsgebietes auf. Angaben über die hydraulische Funktion dieser Störungen liegen nicht vor.

Bekannte Altbohrungen mit Tiefen > 500 m sind ebenfalls in Abbildung 11 dargestellt (gemäß Bohrarchiv/Bohrungsdatenbank DABO des GD NRW). Nur eine dieser Altbohrungen liegt im abgegrenzten Verbreitungsbereich des Hangenden Alaunschiefers (äußerster Westen).

Lokal können auch Strukturen des Alterzbergbaus im Rheinischen Schiefergebirge zu erhöhten hydraulischen Wegsamkeiten im Deckgebirge führen. Die hierzu vorliegenden Informationen sind bei Bedarf im Rahmen höher auflösender Studien standortspezifisch auszuwerten und zu bewerten.

5.1.5 Bewertung der geologisch-technischen Risiken

Die potenziellen Schiefergasvorkommen selbst und die über- bzw. unterlagernden Gesteine führen wenig Grundwasser, weil die Durchlässigkeiten dieser Tonschiefer, Grauwacken und Sandsteine sehr gering sind, so dass keine bedeutsamen Grundwasserleiter und Grundwasserfließsysteme ausgebildet sind. Die einzelnen Pfadgruppen werden auf Basis der derzeit vorliegenden Informationen und beschriebenen Annahmen wie folgt bewertet:

- Die Pfadgruppe 1 (Bohrungen / Altbergbau) ist im Hinblick auf tiefe Altbohrungen wahrscheinlich nur selten relevant. Die Relevanz des Alterzbergbaus sollte lokal gesondert bewertet werden. Im Bereich Mülheim liegen die Hangenden Alaunschiefer und die Grubengebäude des Steinkohlenbergbaus sehr viel näher zusammen (Abbildung 8 und Abbildung 11). Falls hier eine Erkundung und Erschließung stattfinden sollte, muss dieser Bereich gesondert bewertet werden.

Fazit: Die Bergbauzone sowie der Einflussbereich der Sumpfungmaßnahmen sollten aufgrund der ungünstigen Standortbedingungen (anthropogene Überprägung durch Bergbau, veränderte hydraulische Verhältnisse) als Ausschlussgebiete festgelegt werden (siehe Kapitel 7).

- Die Pfade der Gruppe 2 (Störungen) treten in dem gefalteten Rheinischen Schiefergebirge in vielen Bereichen auf (Abbildung 8). Wirkungspfade können vor allem tiefreichende Störungen sein. Teilweise schneiden diese Störungen auch die quartären Grundwasserleiter, so dass bei entsprechenden Durchlässigkeiten entlang der Störungen und Gefälleverhältnissen Verbindungen zu oberflächennahen Grundwasservorkommen und den Gewässern gegeben sein können.

Fazit: Tiefreichende durchgängige Störungszonen sollten im Hinblick auf die Erkundung und Gewinnung von Erdgas aus unkonventionellen Lagerstätten mit entsprechendem Sicherheitsabstand ausgeschlossen werden.

- Die Pfadgruppe 3 (Ausbreitung ohne besondere Wegsamkeiten) ist in den vorwiegend gering durchlässigen Serien unwahrscheinlich, aber im Detail standortspezifisch zu prüfen. Von Bedeutung sind in diesem Zusammenhang zum einen die Beschaffenheit und Mächtigkeit der gesamten Deckschichten über den Hangenden Alaunschiefern, aber ggf.

können regional auch die unterlagernden Kulm-Plattenkalke für den potenziellen Schadstofftransport eine gewisse Bedeutung haben.

Fazit: In Niedersachsen werden nach einer Rundverfügung des LBEG Gebiete mit einer Deckschichtenmächtigkeit über dem Zielhorizont von unter 1.000 m für den Einsatz der Frack-Technologie ausgeschlossen. Dieser Einschätzung schließen wir uns bei unseren Empfehlungen für Ausschlussgebiete im Einzugsgebiet der Ruhr an (siehe Kapitel 7).

5.2 Risiken bei der Aufsuchung und Gewinnung von Kohleflözgas im Münsterländer Becken für das Einzugsgebiet der Ruhr

Ein wasserwirtschaftliches Risiko im Einzugsgebiet der Ruhr könnte auch im Zusammenhang mit der Flözgasgewinnung im Geosystem Münsterländer Becken außerhalb des Einzugsgebiets der Ruhr stehen und könnte über komplexe, mehrstufige Wirkungspfade gegeben sein (Abbildung 12). Diese Wirkungspfade wären im Einzelnen:

- Geosystem Münsterländer Becken mit Flözgasvorkommen
- Hydrogeologische Wirkungspfade zwischen dem Münsterländer Becken und der Bergbauzone
- Bergbauzone mit Grubenwasserhaltung in drei getrennten Sumpfungszonen Lippe, Emscher und Ruhr
- Einleitung von Grubenwasser in die Ruhr aus der Sumpfungszone Ruhr

5.2.1 Geosystem Münsterländer Becken

Im Geosystem Münsterländer Becken, nördlich der Bergbauzone, werden in den kohleführenden Schichten unter dem Emscher Mergel unkonventionelle Gasvorkommen vermutet. Es ist zurzeit unklar, ob und in welchem Umfang diese Gasvorkommen erschlossen werden können und ob dazu der Einsatz der Fracking-Technologie notwendig ist. Für die folgende Risikobewertung durch Aufsuchung und Gewinnung von Kohleflözgas wird angenommen, dass zumindest ein Teil der Erdgasvorkommen unter Einsatz von *hydraulic fracturing* erkundet und gewonnen werden muss.

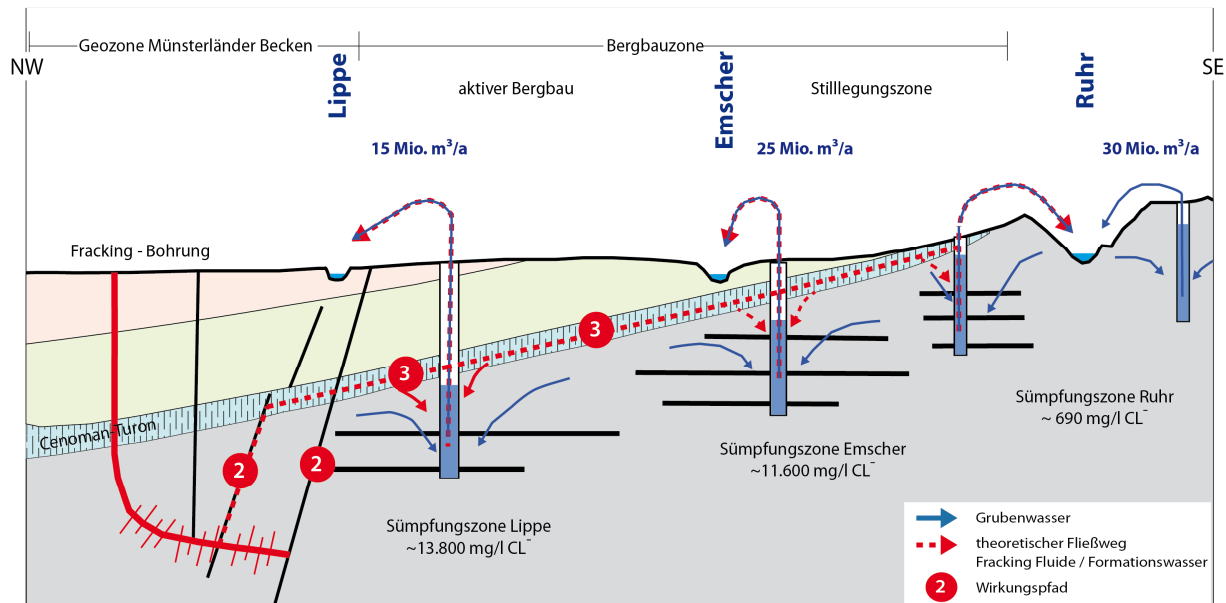


Abbildung 12: Schematische Darstellung potenzieller Wirkungspfade vom Münsterländer Becken über die Grubenwasserhaltungen in der Bergbauzone bis in das Einzugsgebiet der Ruhr.

5.2.2 Wirkungspfade vom Geosystem Münsterländer Becken zur Bergbauzone im Ruhrgebiet

Die erteilten Erlaubnisfelder (u.a. „Nordrhein-Westfalen Nord“ der Mobil Erdgas-Erdöl GmbH) grenzen am Südrand des Geosystems Münsterländer Becken nahe an die Grubengebäude des aktiven oder bereits eingestellten Steinkohlenbergbau an und überlappen teilweise mit den abgegrenzten Wasserprovinzen der Grubenwasserhaltungen (Abbildung 11). Der geringste Abstand vom Erlaubnisfeld „Nordrhein-Westfalen Nord“ zur Sumpfungszone Ruhr beträgt dabei ca. 11 km, wobei uns nicht bekannt ist, ob das erteilte Erlaubnisfeld im Überlappungsbereich mit dem Einflussbereich der Bergbauzone für eine Gewinnung von Kohleflözgas unter Einsatz der Fracking-Technologie in Frage kommt. Der minimale Abstand zwischen dem erteilten Erlaubnisfeld „Nordrhein-Westfalen Nord“ und der Sumpfungszone Ruhr kann aber als Grundlage für die folgende *worst-case* Abschätzung dienen.

Eine hydrogeologische Verbindung zwischen dem Geosystem Münsterländer Becken und der Bergbauzone kann zunächst über Störungen (Pfadgruppe 2) und dann über den Cenoman/Turon-Kalk erfolgen (Pfadgruppe 3 in Abbildung 12). Je stärker der Cenoman/Turon-Kalk verkarstet ist, desto wasserdurchlässiger ist diese Schicht. Ob dann eine Strömung in Richtung Bergbauzone und die Grubenwasserhaltungen erfolgen kann, hängt von den Gefälleverhältnissen zwischen der Frackingzone und der Bergbauzone mit den derzeit unterschiedlich tiefen Wasserhaltungen ab (Abbildung 12). Über die Aufsuchungs- und Gewinn-

nungsphase des Kohleflözgases im Münsterländer Becken (Phasen A bis D) sind grundsätzlich folgende hydraulische Verhältnisse mit den daraus abzuleitenden Schlussfolgerungen zu erwarten:

- In der Erkundungsphase (Phase A ohne Frack) besteht durch die umfangreichen Entwässerungen im Steinkohlenbergbau ein hydraulisches Gefälle zwischen dem Münsterländer Becken und der Bergbauzone. Dies gilt für die Annahme, dass das hydraulische Potenzial der tiefen Fließsysteme derzeit ungefähr im Bereich der Geländeoberflächen bzw. innerhalb des Emscher Mergels liegt.
- Während der Durchführung von Fracks und ggf. im Laufe der Gewinnungsphase durchzuführender Re-Fracks (Stunden bis Tage; Phase B1 und B2) werden durch hohe Injektionsdrücke Druckverhältnisse geschaffen, die zu einer Ausbreitung und/oder einem Aufstieg der Frack-Fluide führen können. Modellrechnungen im Rahmen der Untersuchungen im Exxon Informations- & Dialogprozesses haben gezeigt, dass bei einem Überdruck von 300 bar über eine Zeitdauer von 2 h bei Anschluss eines Fracks an eine durchlässige Störungszone eine vertikale Ausbreitung von max. 50 m möglich ist (Sauter et al. 2012). In unserer *worst-case* Annahme gehen wir davon aus, dass dadurch ungünstigfalls ein (durchlässiger) Cenoman/Turon-Grundwasserleiter erreicht werden kann.
- Bei einer sich ggf. anschließenden Förderung von Gas (und Wasser) dreht sich das Gefälle für den Zeitraum der Produktionsphase (Phase C; Jahre bis Jahrzehnte) in Richtung der tiefen Frackingzonen im Münsterländer Becken um. Mit dem Anstieg des Grundwassers in der Bergbauzone (bis zu 100 m pro Jahr) und bei Förderung von Gas (und Wasser) verstärkt sich das Gefälle in Richtung Münsterländer Becken. Es wird angenommen, dass ein Anstieg der Grundwasserstände in der Bergbauzone in den nächsten Jahren bis ca. 700 Meter unter die Geländeoberfläche erfolgen wird.
- Es ist anzunehmen, dass sich in einem Teil der gefrackten Aufsuchungs- und Gewinnungsbohrungen (Phase B1 und B2) kein Produktionsbetrieb anschließt, da die Ergebnisse der Frack-Operation keinen wirtschaftlichen Gewinnungsbetrieb erwarten lassen. Für diese Bohrungen ist keine Ausprägung einer Potenzialsenke zu erwarten, so dass lokal weiterhin ein Gefälle auf die Bergbauzone bestehen bleibt.
- Für die Bewertung dieses Wirkungspfades sind auch Summenwirkungen bei einer ggf. flächenhaften Erschließung des Kohleflözgases im Münsterländer Becken zu berücksichtigen.
- Langfristig werden sich erst nach der geplanten Beendigung der Sümpfungsmaßnahmen im Steinkohlebergbau im Wesentlichen wieder quasistationäre Strömungsverhältnisse im Münsterländer Becken einstellen.

- Wenn in der Nachsorgephase (Phase D) immer noch die tiefen Sumpfungsmaßnahmen im Steinkohlebergbau aufrechterhalten werden müssen und sich im Bereich der Fracking-Maßnahmen wieder die Ausgangszustände einstellen, kann das Gefälle auf die Bergbauzone hin gerichtet sein.

5.2.3 Bewertung der geologisch-technischen Risiken für das Einzugsgebiet der Ruhr

Zwischen dem Geosystem Münsterländer Becken, in dem Fracking-Fluide zum Einsatz kommen können, und den drei Wasserprovinzen Robert Müser, Heinrich und Friedlicher Nachbar, die in die Ruhr entwässern, besteht im Steinkohlengebirge keine direkte hydraulische Verbindung. Dies könnte nur über Störungen und dann über die Cenoman/Turon-Kalke erfolgen, die das Steinkohlengebirge überlagern (Abbildung 12). Die Fließstrecke von der Geozone Münsterländer Becken bis zur Wasserprovinz Robert Müser beträgt mindestens ca. 11 km.

Die möglichen Wirkungspfade sind in Abbildung 12 dargestellt (Pfadgruppen 2 und 3). Voraussetzungen, die mehr oder weniger für eine Wasserströmung in den Cenoman/Turon-Kalken nach Süden erfüllt sein müssten, sind:

- eine hydraulische Verbindung über Störungen (Pfadgruppe 2) in die Kalke,
- eine ausreichende Durchlässigkeit in den Kalken (Pfadgruppe 3),
- eine Fluidausbreitung über mehrere Kilometer,
- ein dauerhaftes Gefälle zwischen dem Geosystem Münsterländer Becken und den drei Wasserprovinzen an der Ruhr. Letzteres ist lokal denkbar, wenn zwar gefrackt, aber anschließend keine Förderung von Gas (und Wasser) stattfinden würde. Bei einer großräumigen Förderung würden sich durch die mehrjährigen Gas- und Wasserentnahmen sehr wahrscheinlich Potenzialsenken im Bereich der genutzten Gasvorkommen aufbauen.

In dem Gutachten im Auftrag des MKULNV (2012) wurden weitere Abschätzungen zur Ausbreitung durchgeführt. Ein wichtiges Ergebnis war, dass bei einer höheren Durchlässigkeit der Kalke ($1 \cdot 10^{-5}$ m/s) auch die Verdünnung stark zunimmt. Die Durchlässigkeit der Störungen ist für eine Verdünnung weniger entscheidend.

Wie bereits in Abschnitt 5.1.5 gefolgert, sollten die Bergbauzone sowie der Einflussbereich der Sumpfungsmaßnahmen aufgrund der ungünstigen Standortbedingungen (anthropogene

Überprägung durch Bergbau, veränderte hydraulische Verhältnisse) als Ausschlussgebiete festgelegt werden.

Solange die Bergbauzone und das Einflussgebiet der Grubenwasserhaltungen für Fracking-Maßnahmen in Kohleflözgas-Lagerstätten weiträumig ausgeschlossen werden, ist die Wahrscheinlichkeit, dass Belastungen aus einer Frackingzone im Münsterland in relevanten Konzentrationen bis in die Sümpfungszonen Lippe und Emscher oder sogar bis in die Sümpfungszone Ruhr gelangen können, äußerst gering. Am ehesten wären Belastungen aus einer Frackingzone im Münsterland noch in der Lippe und dann ggf. in der Emscher zu erwarten.

5.3 Unsicherheiten und Wissenslücken

Die Ausführungen zu den geologischen und hydrogeologischen Verhältnissen im Geosystem Rheinisches Schiefergebirge haben gezeigt, dass es im Hinblick auf die Ausprägung und Tiefenlage des potenziellen Zielhorizontes für eine Gewinnung von Schiefergas (Hangende Alaunschiefer) noch erhebliche Wissenslücken und damit verbundene Unsicherheiten bei der Risikobewertung gibt.

Im Hinblick auf die Wirkungspfade 1 (Bohrungen / Altbergbau) und 2 (Störungen) liegen nur punktuelle Informationen bzw. Informationen auf einer relativ groben Maßstabsebene vor. Angaben zu den hydraulischen Eigenschaften dieser Elemente sind nicht vorhanden und bei Bedarf standortspezifisch im Rahmen höher auflösender Studien zu erfassen und zu bewerten.

Die für eine Bewertung technischer Versagensfälle (z.B. Casing und Zementation der Bohrung) notwendigen Versagenswahrscheinlichkeiten liegen meist keine oder nur wenige verlässliche Angaben aus den USA oder dem Offshore-Bereich vor, die nicht uneingeschränkt auf eine mögliche Schiefergas-Gewinnung in NRW übertragen werden können. Gegenwärtig sind deswegen u.a. keine gesicherten Aussagen zur Langzeitintegrität der Bohrungen möglich.

Erst hydraulische und hydrogeochemische Regionalmodelle auf der Basis detaillierter hydrogeologischer Kenntnisse (Lage und Durchlässigkeit der Störungen und Schichten sowie Potenzialverteilungen) können die in der vorliegenden Studie abgeschätzten Wahrscheinlichkeiten über eine mögliche Ausbreitung und Verdünnung von Fluiden und Formationswässern in Fließmengen, Fließzeiten und Verdünnungen standortspezifisch quantifizieren (Parameterstudie).

Für Gebiete, in denen aus unserer Sicht nach derzeitigem Kenntnisstand ungünstige geologisch-hydrogeologische Verhältnisse bestehen und in denen durch die Frack-Aktivitäten zusätzliche Umweltrisiken entstehen können, wird die Ausweisung von Ausschlussgebieten empfohlen (Kapitel 7).

6 Entsorgungslage des Flowback im Einzugsgebiet der Ruhr

Von den Betreibern wird die Möglichkeit der Entsorgung von Flowback über die Verpressung in Disposalbohrung derzeit als wichtige Randbedingung für die wirtschaftliche Gewinnung unkonventioneller Gasvorkommen angesehen (Meiners et al. 2012a). Eine Entsorgung des Flowback in Versenkbohrungen ist nur möglich, wenn untertägig eine ausreichende Durchlässigkeit von Speicherhorizonten vorhanden ist. Im Rahmen eines Konzeptes zur Grubenwasserableitung von der Emschergenossenschaft wurde bereits 1991 (damals in Bezug auf eine mögliche Grubenwasserversenkung) festgestellt, dass Formationen für eine dauerhafte Versenkung von Abwässern im betrachteten Einzugsgebiet der Ruhr nicht existieren (Emschergenossenschaft 1991 zit. in MKULNV 2008). Eine Versenkung in bergbaulich erstellten Hohlräumen würde dazu führen, dass das versenkte Abwasser wieder den Wasserhaltungen zufließen würde. Eine Versenkung in geologisch vorhandene Hohlräume, wobei im Ruhrgebiet nur die Kluftgrundwasserleiter des Cenoman/Turon in Betracht kommen, ist ebenfalls nicht zielführend, da diese bereits mit mineralisierten Grundwässern gefüllt sind, oder sofern gasgefüllte Hohlräume vorhanden sind, diese mit den Grubengebäuden in Verbindung stehen. Auch hier würde das Versenkungswasser wieder den Wasserhaltungen zufließen (MKULNV 2008).

Nach unserem Kenntnisstand wurden von Betreiberseite her bislang keine alternativen Konzepte zur Entsorgung des Flowback im Ruhreinzugsgebiet veröffentlicht. Denkbare Entsorgungswege wären die Aufbereitung des Flowback und die Einleitung des aufbereiteten Abwassers in geeignete Oberflächengewässer oder ein Transport des geförderten Flowback via Rohrleitungen oder Tankwagen zu geeigneten Disposalbohrungen.

7 Ausschlussgebiete und konkurrierende Flächennutzungen

Aufgrund der dargestellten wasserwirtschaftlichen Risiken sind insbesondere im Hinblick auf die Trinkwassergewinnung im Einzugsgebiet der Ruhr hohe Anforderungen an das bergrechtliche Genehmigungsverfahren für die Aufsuchung und Gewinnung von Erdgas aus Schiefergasvorkommen zu stellen. Im Sinne eines vorsorgenden Gewässerschutzes wird empfohlen, Ausschlussgebiete festzulegen, in denen grundsätzlich keine Tiefbohrungen mit anschließendem Einsatz der Fracking-Technologie abgeteuft und diese auch nicht mit Horizontalbohrungen unterfahren werden dürfen. Es wird empfohlen, die Entsorgung des bei der Aufsuchung und Gewinnung anfallenden Flowback über Disposalbohrungen in diesen Ausschlussgebieten ebenfalls zu untersagen.

Bei der Abgrenzung der Ausschlussgebiete sind zwei Kriterien zu unterscheiden:

1. Ausschlussgebiete, in denen aufgrund ungünstiger geologisch-hydrogeologischer Standortbedingungen Frack-Aktivitäten mit Umweltrisiken verbunden sein können, so dass eine nachteilige Veränderung der Beschaffenheit nutzbarer Wasservorkommen zu besorgen ist.
2. Ausschlussgebiete, in denen aufgrund des besonderen wasserwirtschaftlichen Schutzbedürfnisses dieser Gebiete im Hinblick auf die neuartige Dimension obertägiger und untertägiger Umweltrisiken aus Vorsorgegründen von Frack-Aktivitäten abgesehen werden sollte.

Über diese generellen Ausschlussgebiete hinaus sind obertägige konkurrierende Flächennutzungen (ggf. auch untertägige konkurrierende Raumnutzungen, z. B. Geothermie) zu berücksichtigen, die eventuell zu einer weiteren Einschränkung der für eine Aufsuchung und Gewinnung in Frage kommenden Potenzialflächen führen können.

7.1 Empfohlene Ausschlussgebiete aufgrund ungünstiger geologisch-hydrogeologischer Standortbedingungen

Die Gutachter empfehlen, aufgrund ungünstiger geologisch-hydrogeologischer Standortbedingungen diejenigen Gebiete für die Aufsuchung und Gewinnung von Schiefergas unter Einsatz der Fracking-Technologie auszuschließen, in denen eine ausreichende Barrierewirkung der dem Frack-Horizont überlagernden Deckschichten aufgrund geringer Mächtigkeit oder dem Vorhandensein tiefgreifender Störungen oder anthropogener Wegsamkeiten eingeschränkt sein kann. Aus Sicht der Gutachter zählen hierzu:

- a. Gebiete mit einer Deckschichtmächtigkeit von weniger als 1.000 m zwischen dem Frack-Horizont und dem tiefsten wasserwirtschaftlich nutzbaren Grundwasserleiter
- b. Steinkohlenbergbauggebiete inklusive Einflussbereiche der Sumpfungmaßnahmen
- c. Tiefreichende Altbergbauggebiete und Gebiete mit Altbohrungen
- d. Gebiete mit bekannten oder vermuteten tiefgreifenden Störungen und Störungszonen
- e. Gebiete mit artesisch oder hoch gespanntem Tiefenwasser

Die Empfehlung, den Einsatz der Fracking-Technologie bei geringer Deckschichtmächtigkeit grundsätzlich auszuschließen, wurde in Niedersachsen durch eine Rundverfügung festgelegt, nach der als Mindestanforderung „für hydraulische Behandlungen Abstände von mehr als 1.000 m zwischen der Obergrenze des hydraulisch erzeugten Risses (Frac) und der Untergrenze des tiefsten nutzbaren Grundwasserleiters zu wählen“ ist (LBEG 2012). Dieser Abstand kann in Niedersachsen nur bei Nachweis, dass keine gemeinschädlichen Einwirkungen zu erwarten sind, unterschritten werden (LBEG 2012). Im Rahmen des Exxon Informations- und Dialogprozesses wurde der Schwellenwert von 1.000 m Deckschichtmächtigkeit dadurch begründet, dass bei Vorliegen von grundsätzlich intakten geologischen Barrieregesteinen „eine minimale Distanz von ca. 1.000 m zwischen Geländeoberfläche und Verrohrungsperforation (Frack-Position) genügt, um sicherzustellen, dass die Grundwasserqualität nicht durch Frack-Maßnahmen beeinträchtigt wird“ (Sauter et al. 2012). Dieser Sicherheitsabstand basiert auf der Abschätzung einer maximalen Frack-Höhe von 500 m, einer maximalen Transportdistanz von Fluiden von 200 m und einer verringerten Barrierewirkung der obersten 300 m Deckschicht (Sauter et al. 2012).

7.2 Empfohlene Ausschlussgebiete aufgrund besonderer wasserwirtschaftlicher Schutzbedürfnisse

Im Sinne eines vorsorgenden Gewässerschutzes vor den dargestellten möglichen obertägigen und untertägigen Risiken und dem besonderen Schutzbedürfnis insbesondere für die öffentliche Wasserversorgung wird empfohlen, Tiefbohrungen zur Aufsuchung und Gewinnung von Erdgas aus Schiefergaslagerstätten unter Einsatz der Fracking-Technologie in folgenden sensiblen Gebieten auszuschließen:

- f. Trinkwasserschutzgebiete (Zone I bis III)
- g. Heilquellenschutzgebiete (alle Schutzzonen)

- h. Einzugsgebiete von direkt oder mittelbar zur Trinkwasserversorgung genutzten Talsperren
- i. Wassergewinnungsgebiete der öffentlichen Trinkwasserversorgung ohne ausgewiesene Wasserschutzgebiete
- j. Gebiete für die Gewinnung von Trinkwasser und Mineralwasser, die nicht zur öffentlichen Trinkwassergewinnung genutzt werden
- k. Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für den Trinkwasserschutz

Die Empfehlung, Tiefbohrungen zur Aufsuchung und Gewinnung von Erdgas unter Anwendung der Fracking-Technologie in Trink- und Heilquellenschutzgebieten auszuschließen, deckt sich mit dem gemeinsamen Vorschlag von BMU und BMWi zur Änderung des Wasserhaushaltsgesetzes (BMU 2013). Die Empfehlung, auch Wassergewinnungsgebiete der öffentlichen Trinkwasserversorgung ohne ausgewiesene Wasserschutzgebiete und allgemein Gebiete für die Gewinnung von Trinkwasser und Mineralwasser auszuschließen, deckt sich darüber hinaus mit den in einer Rundverfügung festgelegten Mindestanforderungen in Niedersachsen (LBEG 2012).

Bei einer flächenhaften Erschließung der Schiefergaslagerstätten sind obertägige Risiken als wesentliche Gefährdung für die direkt oder mittelbar zur Trinkwasserversorgung genutzten Talsperren anzusehen. Aufgrund der Dimension einer flächenhaften Erschließung wird deswegen empfohlen, die Einzugsgebiete der direkt oder mittelbar zur Trinkwasserversorgung genutzten Talsperren von Fracking-Aktivitäten auszuschließen, um auch diejenigen zur Trinkwassergewinnung genutzten Talsperren zu schützen, für die bislang keine Wasserschutzgebiete ausgewiesen wurden. Es ist aus fachlicher Sicht nicht nachvollziehbar, dies – wie im Kompromissvorschlag von BMU und BMWi vorgeschlagen – nur auf Einzugsgebiete von natürlichen Seen zu beschränken, aus dem unmittelbar Rohwasser für die öffentliche Wasserversorgung entnommen wird.

Im Hinblick auf obertägige Risiken sollte aus Sicht der Gutachter auch ein ausreichender Sicherheitsabstand zwischen den Bohrplätzen und den direkt oder mittelbar zur öffentlichen Wasserversorgung genutzten Talsperren eingehalten werden.

7.3 Entwurf einer Abgrenzung der empfohlenen Ausschlussgebiete im Einzugsgebiet der Ruhr

Auf der Grundlage unserer Empfehlungen wird im Folgenden versucht, eine überschlägige Abgrenzung der Ausschlussgebiete im Einzugsgebiet der Ruhr vorzunehmen und ausge-

hend von der abgeschätzten Verbreitung der Hangenden Alaunschiefer von ca. 679 km² (gesicherte und unsichere Verbreitung; Kapitel 5.1.1) die für eine flächenhafte Schiefergasgewinnung nach Abzug der Ausschlussgebiete verbleibenden Potenzialflächen abzuschätzen. Dieser Abgrenzungsentwurf ist ggf. bei verbesserter Datenlage auf einer größeren Maßstabsebene zu überprüfen.

a. Ausschlussgebiete aufgrund geringer Deckschichtmächtigkeit

Die Verortung der Tiefenlage der Hangenden Alaunschiefer auf Grundlage der GK 100 zeigt, dass die vermuteten Potenzialflächen im Einzugsgebiet der Ruhr zu rund Zweidrittel der Fläche in Tiefenlagen von weniger als 1.000 m u. GOK anstehen. Nur im äußersten Westen des Einzugsgebietes und an seiner Nordgrenze, ungefähr zwischen Hagen und der Möhne-Talsperre, werden die Hangenden Alaunschiefer von mehr als 1.000 m mächtigen, meist geringdurchlässigen Tonsteinen, Grauwacken und Sandsteinen überlagert (Kapitel 5.1.1). Durch Ausschluss derjenigen Potenzialflächen, in denen die Deckschichten eine Mächtigkeit von weniger als 1.000 m aufweisen, verringert sich die im Einzugsgebiet der Ruhr verbleibende Potenzialfläche von 679,3 auf 216,9 km² (Abbildung 13; Tabelle 7).

b. Ausschlussgebiete: Steinkohlenbergbau inklusive Einflussbereiche der Sumpfungsmaßnahmen

Für die Abgrenzung des Einflussbereiches der Wasserhaltungen wurden die veröffentlichten Lagen der Wasserprovinzen der RAG Deutsche Steinkohle AG (BMWi 2012) verwendet und ein Sicherheitsabstand von 1.000 m zu den ausgewiesenen Wasserprovinzen angesetzt. Südlich des Baldeneysees zwischen Werden und Kupferdreh werden die vermuteten Potenzialflächen von den Wasserprovinzen des Steinkohlenbergbaus auf einer Fläche von 19,5 km² überlagert (Abbildung 13; Tabelle 7).

c. Ausschlussgebiete: Tiefreichende Altbergbaugebiete und Altbohrungen

Der Abgrenzung des Altbergbaus in MWEBWV (2010) zufolge überlagert der Altsteinkohlenbergbaus in der Umgebung von Isenbügel und nordöstlich des Hengsteysees Gebiete die Potenzialflächen auf einer Fläche von 62,0 km². Nach Auskunft der Bohrungsdatenbank DABO wurden im Verbreitungsgebiet der Potenzialflächen keine Tiefbohrungen über 500 m durchgeführt. Die Bohrungen Erlenbach 1 und Erlenbach 2 (Endteufen > 2.000 m) liegen jedoch nur ca. 300 m südlich des Verbreitungsgebietes und müssen ggf. gesondert bewertet werden.

d. Ausschlussgebiete: Gebiete mit bekannten oder vermuteten tiefgreifenden Störungen und Störungszonen

Aufgrund einer bekannten, bis in die Hangenden Alaunschiefer reichenden Störungszone sind die Potenzialflächen nordwestlich von Gevelsberg von der Erschließung mittels Fracking auszuschließen. Weitere Ausschlussflächen liegen westlich von Isenbügel und östlich des Hengsteysees. Die Störungen im Bereich Fröndenberg und Menden sind nach den vorliegenden Schnitten in GK100 nur oberflächennah ausgeprägt, so dass eine intakte Deckschichtmächtigkeit von über 1.000 m über den Hangenden Alaunschiefern verbleibt. Die Potenzialflächen in diesem Bereich werden deswegen in der Abgrenzung derzeit nicht ausgeschlossen, sollten aber im Hinblick auf die Tiefenangaben dieser Störungen überprüft werden.

e. Ausschlussgebiete: Gebiete mit artesisch oder hoch gespanntem Tiefenwasser

Vorkommen artesisch oder hoch gespannter Tiefenwässer im Verbreitungsgebiet der Hangenden Alaunschiefer im Einzugsgebiet der Ruhr sind den Gutachtern derzeit nicht bekannt.

f. Ausschlussgebiete: Trinkwasserschutzgebiete (Zone I bis III)

Der abgegrenzte Verbreitungsbereich der Hangenden Alaunschiefer wird von den festgesetzten Wasserschutzgebieten der Dortmunder Energie- und Wasserversorgung GmbH (Zone I-II, IIIA, IIIB), Halingen (Zone I-III), Fröndenberg (Zone I-III), Ruhrtal (Zone I-III), Warmen (Zone I-III), Echthausen (Zone I-III) und Möhnebogen (Zone I-II, IIIA, IIIB) sowie in Teilen Essen-Kettwig vor der Brücke (Zone I-III) und Untere Langel (Zone I-II, IIIA, IIIB) auf einer Fläche von 219,0 km² überlagert. Durch Ausschluss der Wasserschutzgebiete für den Einsatz der Fracking-Technologie sind diese Potenzialflächen nicht zu erschließen (Abbildung 14; Tabelle 7).

g. Ausschlussgebiete: Heilquellenschutzgebiete (alle Schutzzonen)

Heilquellenschutzgebiete sind im Einzugsgebiet der Ruhr nicht ausgewiesen.

h. Ausschlussgebiete: Einzugsgebiete von direkt oder mittelbar zur Trinkwasserversorgung genutzten Talsperren

Die vermuteten Potenzialflächen werden von den Einzugsgebieten der Sorpe-Talsperre und der Möhne-Talsperre überlagert. Der Ausschluss des Einzugsgebietes der direkt zur Trinkwasserentnahme genutzt Sorpe-Talsperre führt zu einem Ausschluss von 14,1 km², der Ausschluss des Einzugsgebietes der mittelbar für die öffentliche Wasserversorgung an der Ruhr genutzten Möhne-Talsperre führt zu einem Ausschluss von weiteren 100,5 km²

(Tabelle 7). Auch die Hennetalsperre liegt in dem erteilten Erlaubnisfeld „Ruhr“, die voraussichtlich ab 2015 direkt zur Trinkwasserproduktion genutzt werden soll. Ihr Einzugsgebiet liegt aber nicht im Verbreitungsgebiet der abgegrenzten Potenzialflächen (Abbildung 14).

i. Ausschlussgebiete: Wassergewinnungsgebiete der öffentlichen Trinkwasserversorgung ohne ausgewiesene Wasserschutzgebiete

Im Einzugsgebiet der Ruhr ist nach unseren Kenntnissen derzeit nur das Wasserschutzgebiet Essen-Horst in Planung; es überlagert aber nicht den Verbreitungsbereich der Potenzialflächen (Abbildung 14).

j. Ausschlussgebiete: Gebiete für die Gewinnung von Trinkwasser und Mineralwasser, die nicht zur öffentlichen Trinkwassergewinnung genutzt werden

Nach der uns derzeit vorliegenden Datenbasis liegen keine Gewinnungen von Trinkwasser oder Mineralwasser, die nicht zur öffentlichen Trinkwassergewinnung genutzt werden, im Verbreitungsbereich der Potenzialflächen. Die Datenlagen ist jedoch im Hinblick auf detaillierte Abgrenzungen zu überprüfen.

k. Ausschlussgebiete: Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für den Trinkwasserschutz

Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für den Trinkwasserschutz sind nach derzeitigem Kenntnisstand im Einzugsgebiet der Ruhr nicht ausgewiesen.

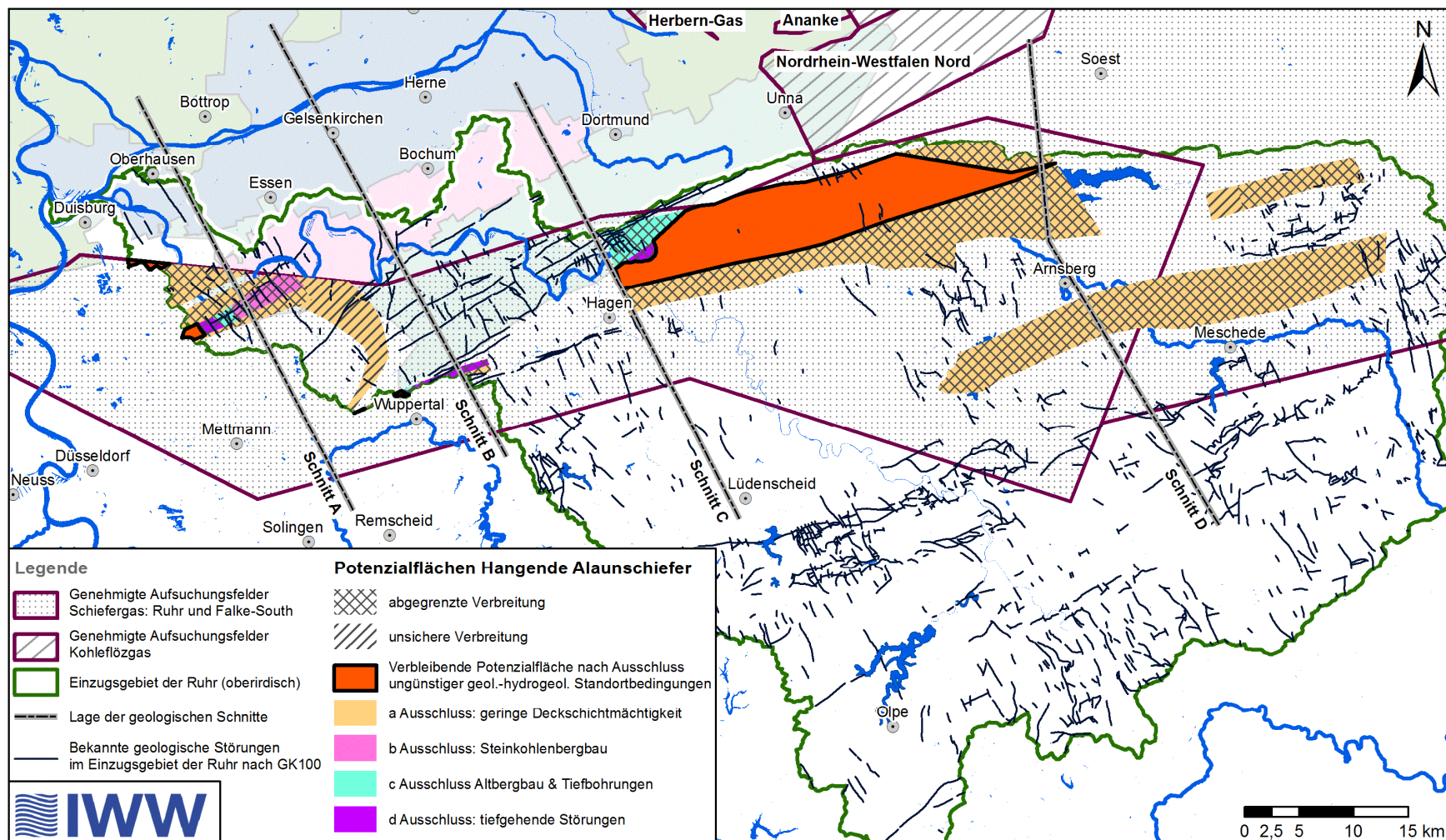


Abbildung 13: Verbleibende Potenzialflächen des Hangenden Alaunschiefers im Einzugsgebiet der Ruhr nach Ausschluss von Gebieten aufgrund ungünstiger geologisch-hydrogeologischer Standortbedingungen. Legende der Bergbauzone/Wasserprovinzen siehe Abbildung 11.

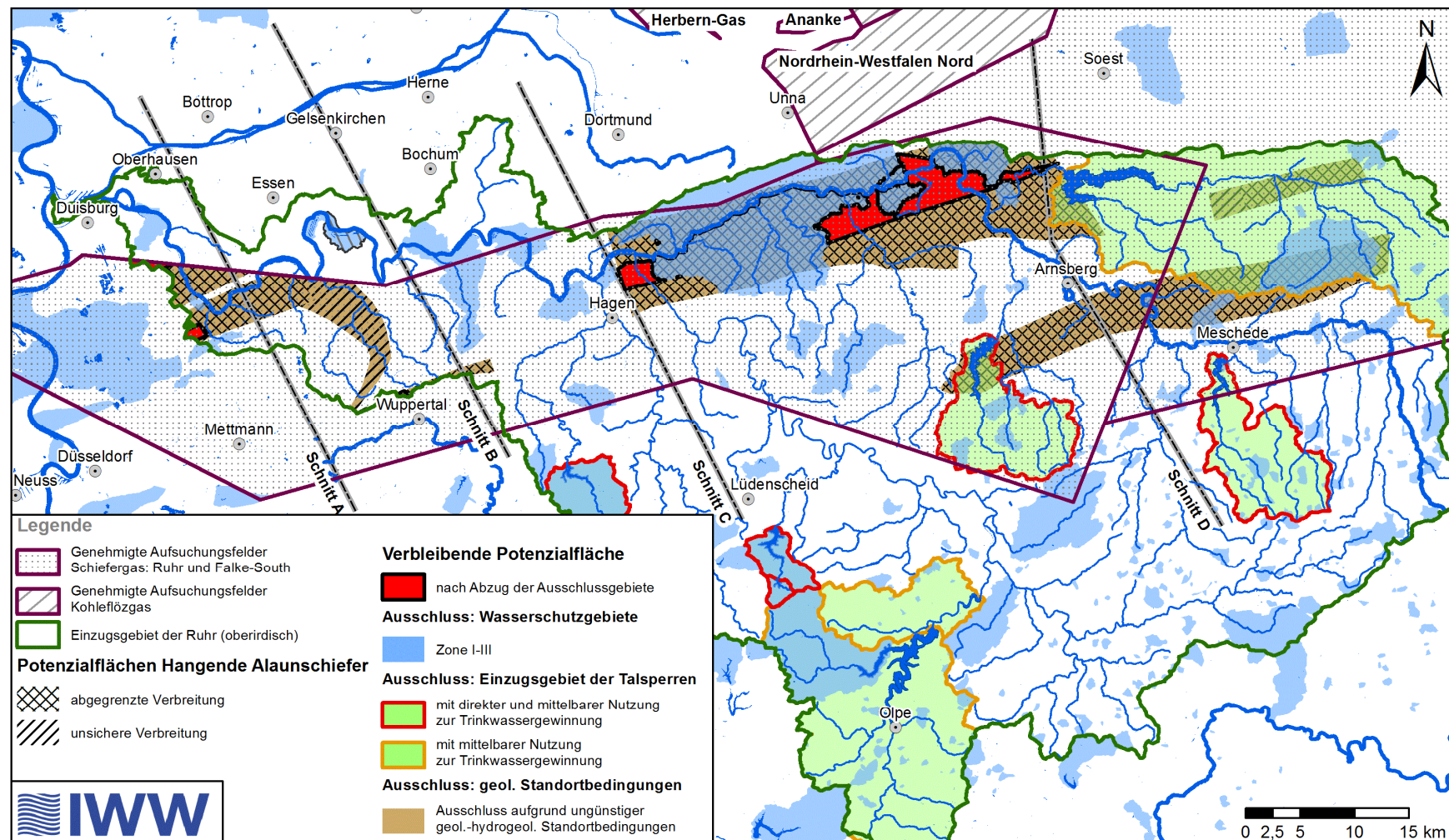


Abbildung 14: Verbleibende Potenzialflächen des Hangenden Alaunschiefers im Einzugsgebiet der Ruhr nach Ausschluss von Gebieten mit besonderen wasserwirtschaftlichen Schutzbedürfnissen und ungünstiger geologisch-hydrogeologischer Standortbedingungen.

7.4 Verbleibende Potenzialflächen für eine Schiefergasgewinnung

Nach einer kartografischen Überlagerung der Ausschlussgebiete (a bis e) liegen auf 74 % der Potenzialfläche (500,4 km² der abgegrenzten 679,3 km²) ungünstige geologisch-hydrogeologische Standortbedingungen vor. Aufgrund besonderer wasserwirtschaftlicher Schutzbedürfnisse sind nach Überlagerung der Ausschlussgebiete (f bis k) nach unseren Empfehlungen 44 % der Potenzialfläche (298,0 km² der abgegrenzten 679,3 km²) auszuschließen. Zusammen verbleibt außerhalb der Ausschlussgebiete damit nur eine Potenzialfläche von 54,2 km², auf der grundsätzlich eine Aufsuchung und Gewinnung von Schiefergas im Einzugsgebiet der Ruhr möglich erscheint (Tabelle 7); das entspricht ca. 8 % der abgegrenzten Verbreitung der Hangenden Alaunschiefer und weniger als 3 % der erteilten Erlaubnisfelder „Ruhr“ und „Falke-South“.

Bestimmte Potenzialflächen sind aufgrund mehrerer Kriterien auszuschließen. Die Einzugsgebiete der direkt bzw. mittelbar genutzten Talsperren Sorpe und Möhne sind aus unserer Sicht sowohl aufgrund ihrer besonderen Schutzbedürfnisse im Hinblick auf ihre Bedeutung für die öffentliche Trinkwassergewinnung als auch aufgrund einer geringen Deckschichtmächtigkeit über den Hangenden Alaunschiefern in diesem Gebiet von teilweise deutlich weniger als 1.000 m für die Aufsuchung und Gewinnung von Schiefergas unter Einsatz der Fracking-Technologie auszuschließen.

Tabelle 7: Ausschlussgebiete und verbleibende Potenzialflächen des Hangenden Alaunschiefers im Einzugsgebiet der Ruhr nach Ausschluss von Gebieten mit ungünstigen geologisch-hydrogeologischen Standortbedingungen und Gebieten mit besonderen wasserwirtschaftlichen Schutzbedürfnissen.

	auszuschließende Potenzial- fläche	verbleibende Potenzialflä- che nach sequentieller Überlage- rung (a-k)	davon im Erlaubnis- feld „Ruhr“	davon im Erlaubnis- feld „Falke- South“
	[km ²]	[km ²]	[km ²]	[km ²]
Potenzialfläche gesamt (Tiefenlage 300-2.000m)	-	679,3	545,6	133,7
a Ausschluss von Potenzialflächen mit geringer Deckschichtmächtigkeit von weniger als 1.000 m u. GOK ⁽¹⁾	462,5	216,9	216,9	0
b Ausschluss von Kohlenbergbaugebieten inklusive Einflussbereich der Sümpfungen ⁽²⁾	19,5	205,2	205,2	0
c Ausschluss tiefreichender Altbergbaugebiete und Altbohrungen ⁽³⁾	62,0	187,2	187,2	0
d Ausschluss von Gebieten mit tiefgreifenden Störungszonen ⁽⁴⁾	127,7	178,9	178,9	0
e Ausschluss von Gebieten mit artesisch gespannten Tiefenwasser	0	178,9	178,9	0
Fläche der Ausschlussgebiete nach kartographischer Überlagerung (a bis e)	500,4			
f Ausschluss von Trinkwasserschutzgebieten (Zone I-III)	219,0	54,2	54,2	0
g Ausschluss von Heilquellenschutzgebieten (alle Zonen)	0	54,2	54,2	0
h Ausschluss von Einzugsgebiete der direkt zur Trinkwasserversorgung genutzten Talsperren ⁽⁵⁾	14,1	54,2	54,2	0
h Ausschluss von Einzugsgebiete der mittelbar zur Trinkwasserversorgung genutzten Talsperren ⁽⁶⁾	100,5	54,2	54,2	0
i Ausschluss von Wassergewinnungsgebieten der öffentl. Trinkwasserversorgung ohne ausgewiesene Wasserschutzgebiete	0	54,2	54,2	0
j Ausschluss von Gebiete für die Gewinnung von Trinkwasser und Mineralwasser, die nicht zur öffentlichen Trinkwassergewinnung genutzt werden	0	54,2	54,2	0
k Ausschluss von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten für den Trinkwasserschutz	0	54,2	54,2	0
Fläche der Ausschlussgebiete nach kartographischer Überlagerung (f bis k)	298,0			
Verbleibende Potenzialfläche nach Ausschluss von Gebieten mit besonderen wasserwirtschaftlichen Schutzbedürfnissen und ungünstiger geologisch-hydrogeologischer Standortbedingungen	-	54,2	54,2	0

- (1) Aufgrund der im Untersuchungsgebiet meist geringen Mächtigkeit des Quartärs als tiefsten nutzbaren/genutzten Grundwasserleiter wurden als Ausschlussgebiet vereinfachend diejenigen Potenzialflächen mit einer Tiefenlage von weniger als 1.000 m u. GOK abgegrenzt.
- (2) Einflussbereich der Sümpfung abgegrenzt anhand der Lage der Wasserprovinzen der RAG Deutsche Steinkohle AG (BMWi 2012), Sicherheitsabstand von 1.000 m
- (3) Altsteinkohlenbergbaus abgegrenzt nach MWEBWV 2010
- (4) Störungszonen abgegrenzt auf Grundlage der GK100, Sicherheitsabstand 1.000 m
- (5) Einzugsgebiet der Sorpe-Talsperre
- (6) Einzugsgebiet der Möhne-Talsperre

7.5 Konkurrierende Flächennutzungen auf den verbleibenden Potenzialflächen

Auf den verbleibenden Potenzialflächen sind eine Reihe von konkurrierenden Flächennutzungen zu berücksichtigen, die im Rahmen des MKULNV-Gutachtens in einer Raumwiderstandsbewertung aufgezeigt und bewertet wurden (Tabelle 8; MKULNV 2012; Meiners et al. 2012a). In Abbildung 15 sind ausgewählte konkurrierende Flächennutzungen mit hohem und sehr hohem Raumwiderstand überlagernd zu den abgegrenzten Potenzialflächen dargestellt. Folgende konkurrierende Flächennutzungen sind im Hinblick auf eine mögliche weitere Einschränkung der verbleibenden Potenzialflächen zu untersuchen:

- Allgemeine Siedlungsflächen gemäß Regionalplan
- Bereiche für gewerbliche und industrielle Nutzungen gemäß Regionalplan
- Fauna-Flora-Habitat- und Naturschutzgebiete
- Überschwemmungsgebiete entlang der Ruhr, Hönne und Möhne, die derzeit als vorläufig gesicherte Überschwemmungsgebiete ausgewiesen sind

Eine Bewertung dieser konkurrierenden Flächennutzungen ist erst nach einer detaillierten Abgrenzung der Ausschlussgebiete im Verbreitungsgebiet der Hangenden Alaunschiefer auf zukünftigen Bearbeitungsstufen sinnvoll.

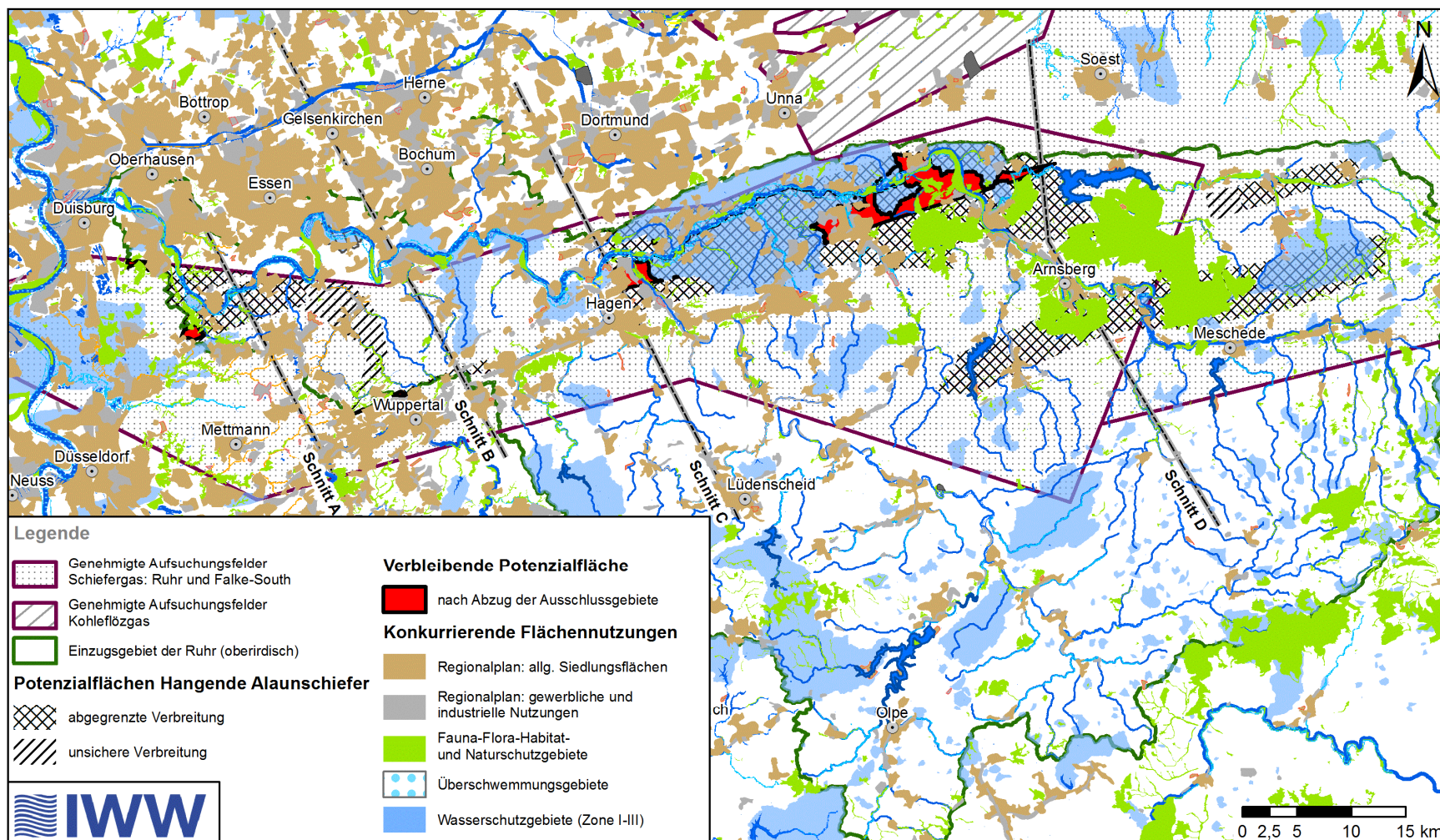


Abbildung 15: Ausgewählte konkurrierende Flächennutzungen mit hohen und sehr hohen Raumwiderständen in den Erlaubnisfeldern „Ruhr“ und „Falke-South“ im Einzugsgebiet der Ruhr.

Tabelle 8: Bewertung der Raumwiderstände ausgewählter konkurrierender Flächennutzungen nach MKULNV (2012).

Kriterium	R A U M W I D E R S T A N D			
	sehr hoch	hoch	vermindert	nicht dargestellt
Schutz des Menschen und seiner Gesundheit				
allgemeine Siedlungsbereiche gem. Regionalplan	X			
Flächennutzungspläne: Wohn- und Mischbauflächen	X			X
Landschafts- und Freiraumschutz, Erholungsfunktion				
allgemeine Freiraum- und Agrarbereiche gem. Regionalplan			X	
regionale Grünzüge gem. Regionalplan	X			
Bereiche zum Schutz der Landschaft gem. Regionalplan			X	
Waldbereiche gem. Regionalplan		X		
Naturparke			X	
Landschaftsschutzgebiete			X	X
Naturschutz				
Gebiete für den Schutz der Natur (GSN) gem. LEP		X		
Feuchtgebiete von internationaler Bedeutung gem. LEP		X		X
Bereiche zum Schutz der Natur (BSN) gem. Regionalplan	X			
Natura 2000-Gebiete (Vogelschutzgebiete, Fauna-Flora-Habitatgebiete)	X			
Naturschutzgebiete (NSG)	X			
Nationalparke, geplante Nationalparke	X			
geschützte Landschaftsbestandteile, Naturdenkmale		X		X
gesetzlich geschützte Biotope gem. § 30 BNatSchG		X		X
naturnahe Wälder (Altwaldflächen, Naturwaldzellen, Wildnisgebiete gem. Fachbewertung)		X		X
verfahrenskritische Vorkommen planungsrelevanter Pflanzen- und Tierarten	X			X
landesweite Biotopverbundplanung des LANUV (BV Stufe 1)	X			
landesweite Biotopverbundplanung des LANUV (BV Stufe 2)			X	X
landesweites Biotopkataster des LANUV		X		
schutzwürdige Böden gem. Fachbewertung des geologischen Dienstes NRW			X	X
Überschemmungsbereiche				
Oberflächengewässer	X			X
Überschemmungsbereiche gem. Regionalplan	X			
festgesetzte Überschemmungsgebiete	X			
überschemmungsgefährdete Gebiete, rückgewinnbare Rückhalteflächen und überflutete Gebiete gem. Fachplanung		X		X

8 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

1. In den im Ruhreinzugsgebiet erteilten Aufsuchungsfeldern „Ruhr“ und „Falke-South“ werden unkonventionelle Erdgaslagerstätten in Schieferformationen des Unterkarbons (Hangende Alaunschiefer) vermutet. Eine überschlägige Abgrenzung der Potenzialflächen auf Grundlage der geologischen Karte GK 100 weist eine **Verbreitung des Hangenden Alaunschiefers** auf einer Fläche von bis zu 679 km² im Tiefenbereich von ca. 300 bis 2.000 m u. GOK auf, davon nur 217 km² im Tiefenbereich > 1.000 m u. GOK. Im Bereich der Ausbisszonen (Tiefenlage kleiner ca. 300 m) ist anzunehmen, dass der Hangende Alaunschiefer weitgehend entgast ist.
2. Da von den Bergbauunternehmen bisher keine konkreten Pläne für eine Felderschließung im Ruhreinzugsgebiet vorliegen, lässt sich die **Dimension einer flächenhaften Erschließung** des Hangenden Alaunschiefers bislang nur in einem fiktiven, aber auf begründeten Annahmen basierenden Erschließungsszenario abschätzen. Die abgeschätzten Kennzahlen lassen das Ausmaß eines solchen Vorhabens erkennen. Von den nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand einzusetzenden Frack-Additiven würde allein die **einzusetzende Biozid-Menge** den jährlichen Biozid-Verbrauch aller anderen Anwendungsbereiche mit sehr hoher Gewässerrelevanz im Einzugsgebiet der Ruhr um einen Faktor von fast 3 bis 30 überschreiten. Werden publizierte Eintrittswahrscheinlichkeiten von Unfällen mit wassergefährdenden Stoffen zugrunde gelegt, ist bei einer flächenhaften Erschließung des Hangenden Alaunschiefers mit **Unfällen bei Transport, Lagerung und Verpressung der Frack-Additive und Aufbereitung und Entsorgung des Flowback** im Einzugsgebiet der Ruhr zu rechnen, die zu einer Kontamination der Oberflächengewässer, des Bodens und des Grundwassers führen könnten.
3. Aufgrund der Dimension eines solchen Vorhabens sind **obertägige Risiken als Gefährdung für die direkt oder mittelbar zur Trinkwasserversorgung genutzten Oberflächengewässer** anzusehen. Nach dem Vorsorgeprinzip sollten deswegen neben den ausgewiesenen Wasserschutzgebieten auch die Einzugsgebiete der oben genannten Oberflächengewässer von Fracking-Aktivitäten ausgenommen werden, auch wenn bislang nur auf Teilflächen Wasserschutzgebiete ausgewiesen sind.
4. **Geologisch-technische Risiken** sind bei einer flächenhaften Erschließung des Hangenden Alaunschiefers nach dem gegenwärtigen Wissensstand zwar wahrscheinlich als weniger relevant einzustufen, aber insbesondere in Gebieten mit ungünstigen geologisch-hydrogeologischen Standortbedingungen nicht auszuschließen. In den unter

Punkt 7 dargestellten Ausschlussgebieten sollten deswegen weiträumig keine Frack-Aktivitäten zugelassen werden.

5. Die Auswirkungen von Fracking werden auch im Rahmen einer möglichen Gewinnung von Kohleflözgas im Münsterländer Becken diskutiert. Durch eine Kombination von Wirkungspfaden ist es denkbar, dass Belastungen aus einer Frackingzone im Münsterland über die Wasserhaltungsmaßnahmen im aktiven und stillgelegten Steinkohlenbergbau in Oberflächengewässer des Ruhrgebietes eingetragen werden. Die Bewertung dieser Wirkpfade kommt zum Ergebnis, dass die Wahrscheinlichkeit, dass Belastungen aus einer Frackingzone im Münsterland in relevanten Konzentrationen bis in die Sumpfungszone Ruhr gelangen können, als gering einzustufen ist, solange die Bergbauzone inklusive dem Einflussbereich der Sumpfungsmaßnahmen weiträumig für den Einsatz der Fracking-Technologie ausgeschlossen wird. Aufgrund der teilweisen Überlappung der Erlaubnisfelder mit den Wasserprovinzen des Steinkohlenbergbaus wären Belastungen am ehesten in der Lippe und dann ggf. in der Emscher zu erwarten.
6. Aufgrund der dargestellten wasserwirtschaftlichen Risiken und vorhandenen Wissenslücken und Unsicherheiten wird empfohlen, **Ausschlussgebiete festzulegen**, in denen grundsätzlich keine Tiefbohrungen unter Einsatz von Fracking abgeteuft und die untertägig auch nicht (z.B. durch Horizontalbohrungen) unterfahren werden dürfen. Es wird empfohlen, die Entsorgung des bei Aufsuchung und Gewinnung anfallenden Flowback in diesen Ausschlussgebieten ebenfalls zu untersagen.
7. Als Ausschlussgebiete empfehlen wir diejenigen Gebiete obertägig und untertägig für die Aufsuchung und Gewinnung unter Einsatz der Fracking-Technologie auszuschließen, in denen entweder aufgrund ungünstiger geologisch-hydrogeologischer Standortsituationen Wegsamkeiten zwischen Frack-Horizont und nutzbaren Wasservorkommen vorhanden bzw. nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden können oder in denen aufgrund besonderer wasserwirtschaftlicher Schutzbedürfnisse im Sinne eines vorsorgenden Gewässerschutzes von einem Einsatz der Fracking-Technologie abzusehen ist. Aus unserer Sicht zählen hierzu:

Ausschlussgebiete aufgrund ungünstiger geologisch-hydrogeologischer Standortbedingungen:

- a. Unkonventionelle Erdgaslagerstätten mit einer Deckschichtmächtigkeit von weniger als 1.000 m
- b. Kohlenbergbauggebiete inklusive Einflussbereich der Sumpfungsmaßnahmen
- c. Tiefreichende Altbergbauggebiete und Gebiete mit Altbohrungen

- d. Gebiete mit bekannten oder vermuteten tiefreichenden Störungszonen
- e. Gebiete mit artesischem oder hoch gespanntem Tiefenwasser

Ausschlussgebiete aufgrund besonderer wasserwirtschaftlicher Schutzbedürfnisse:

- f. Trinkwasserschutzgebiete (Zone I bis III)
 - g. Heilquellenschutzgebiete (alle Schutzzonen)
 - h. Einzugsgebiete von direkt oder mittelbar zur Trinkwasserversorgung genutzten Talsperren
 - i. Wassergewinnungsgebiete der öffentlichen Trinkwasserversorgung (ohne ausgewiesene Wasserschutzgebiete)
 - j. Gebiete für die Gewinnung von Trinkwasser und Mineralwasser, die nicht zur öffentlichen Trinkwassergewinnung genutzt werden
 - k. Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für den Trinkwasserschutz
8. Eine vorläufige **Abgrenzung dieser Ausschlussgebiete** im Einzugsgebiet der Ruhr kommt zu dem Ergebnis, dass aufgrund ungünstiger geologisch-hydrogeologischer Standortsituationen und/oder besonderer wasserwirtschaftlicher Schutzbedürfnisse ein Großteil der vermuteten Schiefergaspotenzialflächen für die Aufsuchung und Gewinnung unter Einsatz der Fracking-Technologie auszuschließen ist. Für eine potenzielle Schiefergasgewinnung im Einzugsgebiet der Ruhr verbleibt nach unserer vorläufigen Abgrenzung eine Potenzialfläche von ca. 54 km²; dies entspricht **weniger als 3 % der Aufsuchungsflächen „Ruhr“ und „Falke-South“**.
 9. Bestimmte Potenzialflächen sind aufgrund mehrerer Kriterien auszuschließen. Die **Einzugsgebiete der direkt bzw. mittelbar genutzten Talsperren** Sorpe und Möhne sind aus unserer Sicht sowohl aufgrund ihrer besonderen Schutzbedürfnisse im Hinblick auf ihre Bedeutung für die öffentliche Trinkwassergewinnung an der Ruhr als auch aufgrund der unzureichenden Deckschichtmächtigkeit über den Hangenden Alaunschiefern in diesem Gebiet von teilweise deutlich unter 1.000 m für die Aufsuchung und Gewinnung von Schiefergas unter Einsatz der Fracking-Technologie auszuschließen.
 10. Darüber hinaus liegen auf einem Großteil der verbleibenden Potenzialflächen vielfältige **konkurrierende Flächennutzungen** vor, die teilweise mit hohen bzw. sehr hohen Raumwiderständen zu bewerten sind.

11. Eine **wirtschaftliche Gewinnbarkeit der Schiefergasvorkommen** ist derzeit nicht bewertbar, weil die Datengrundlage für die Hangenden Alaunschiefer für eine belastbare Abschätzung der Schiefergaspotenziale nach den statistischen Methoden der BGR (2012) nicht ausreichend ist.
12. Berücksichtigt man die **öffentlichen Interessen** - insbesondere den Schutz der Trinkwasserversorgung - und die nach derzeitigem Kenntnisstand nur unzureichende Aussicht auf eine wirtschaftliche Gewinnbarkeit auf den verbleibenden, relativ kleinen Potenzialflächen, stellt sich auf Grundlage des vom Hessischen Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz in Auftrag gegebenen Rechtsgutachten (Frau Prof. Böhm, Marburg; Hessischer Landtag 2013) zur Auslegung von § 11 Nr. 10 BBergG die **Frage der Genehmigungsfähigkeit** einer flächenhaften Erschließung der Schiefergasvorkommen im Einzugsgebiet der Ruhr.
13. Sollten im Rahmen des gestuften Verfahrens im Bergrecht Betriebspläne den Einsatz von Fracking im Einzugsgebiet der Ruhr beinhalten, empfehlen wir als **Voraussetzung für eine evtl. Genehmigung** die Erarbeitung und Prüfung verbindlicher Bewertungs- und Genehmigungskriterien in einem offenen und transparenten Arbeitsprozess, insbesondere
 - verpflichtende Umweltverträglichkeitsprüfung für alle Vorhaben zur Aufsuchung und Gewinnung von Erdgas unter Einsatz der Fracking-Technologie,
 - eine standortbezogene Risikoanalyse auf Basis einer verbesserten Datengrundlage und unter Einsatz konzeptioneller und numerischer hydrogeologischer Modelle,
 - eine belastbare Beurteilung der Relevanz der technischen Wirkungspfade,
 - eine eindeutige und nachvollziehbare Reduktion der Gefährdungspotenziale der Frack-Additive,
 - die abfallwirtschaftlich, abfallrechtlich, wasserwirtschaftlich und wasserrechtlich einwandfreie Lösung der Entsorgung des Flowback und
 - die Erarbeitung von Monitoring-Konzepten zur Erfassung möglicher Umweltauswirkungen, inklusive Erfassung des Referenzzustandes.

Unsere Empfehlungen zu einer möglichen schrittweisen Vorgehensweise sind ausführlich in den Gutachten MKULNV (2012) und Meiners et al. (2012a-c) dargestellt, auf die an dieser Stelle verwiesen wird.

9 Literatur

- Bezirksregierung Arnsberg (2012): Grubenwassermonitoring Steinkohlenbergbau - Ergebnisse 2012. http://www.bezreg-arnsberg.nrw.de/themen/b/bewirt_wasser_steinkohle/monitoringergeb_12.pdf (06.09.2012).
- BGR (2012): Abschätzung des Erdgaspotenzials aus dichten Tongesteinen (Schiefergas) in Deutschland, Hannover. http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Energie/Downloads/BGR_Schiefergaspotenzial_in_Deutschland_2012.pdf?__blob=publicationFile (12.08.2013).
- BMU (2013): Vorschlag zur Änderung von UVP-V und Wasserhaushaltsgesetz. Gemeinsamer Vorschlag von BMU und BMWi zum Thema Fracking. Stand 26.02.2013. <http://www.bmu.de/themen/wasser-abfall-boden/binnengewasser/gesetzesaenderung-zu-fracking> (12.08.2013).
- BMWi (2012): Der Bergbau in der Bundesrepublik Deutschland 2011. Bergwirtschaft und Statistik – 63. Jahrgang 2012. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Berlin. <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/Dokumentationen/dokumentation-der-bergbau-in-der-brd-2011> (30.08.2013). BR Arnsberg (2012): Grubenwasserhaltung 2012.
- COWI (2009): Assessment of different options to address risks from the use phase of biocides. Abschlussbericht im Auftrag der Europäischen Kommission, Brüssel. http://ec.europa.eu/environment/ppps/pdf/final_report0309.pdf (12.08.2013).
- DTK (2013): Talsperren in Deutschland. Deutsches Talsperrenkomitee e.V. (DTK), Springer.
- DVGW (2013): Stellungnahme vom 21. März 2013 zum Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Wasserhaushaltsgesetzes vom 7. März 2013 und Entwurf einer Verordnung zur Änderung der Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung bergbaulicher Vorhaben vom 11. März 2013 in Bezug auf die Umweltverträglichkeitsprüfung bei Bohrungen mit Einsatz der Fracking-Technologie. DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., http://www.dvgw.de/fileadmin/dvgw/wasser/ressourcen/dvgw_stellungnahme_gewaesserschutz_zu_fracking.pdf (12.08.2013).
- Emschergenossenschaft (1991): Konzept zur Grubenwasserableitung. Materialien zum Umbau des Emschersystems, Heft 4, Essen.
- Ewen C., Borchardt D., Richter S., Hammerbacher R. (2012): Risikostudie Fracking – Übersichtsfassung der Studie „Sicherheit und Umweltverträglichkeit der Fracking-Technologie für die Erdgasgewinnung aus unkonventionellen Quellen“ erstellt im Zusammenhang mit dem InfoDialog Fracking. http://dialog-erdgasundfrac.de/sites/dialog-erdgasundfrac.de/files/Ex_risikostudiefracking_120518_webprint.pdf (12.08.2013).
- Gartiser S., Stiene G., Hartmann A., Zipperle J. (2000): Umweltverträgliche Desinfektionsmittel im Krankenhausabwasser. UBA-Texte 1/00, http://www.hydrotox.de/Projekte/Gartiser_UBA_Texte_1-00_Desinfektionsmittel.pdf (29.05.2012).
- Gartiser S., Urich E. (2002): Einsatz umweltverträglicher Chemikalien in der Kühlwasserkonditionierung. UBA-Texte 70-02, <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/2218.pdf> (17.04.2012).
- GD NRW (2011): Der Geologische Dienst NRW –Landesbetrieb- informiert: Unkonventionelle Erdgasvorkommen in Nordrhein-Westfalen. http://www.gd.nrw.de/zip/l_rcbm01.pdf (12.08.2013).
- Geologische Karten GK 100 1:100.000 und Erläuterungen der Blätter:
C 4706 Düsseldorf – Essen (2. Aufl. 2007)
C 4710 Dortmund (2. Aufl. 1989)
C 4714 Arnsberg (2. Aufl. 1998)
- Hessischer Landtag (2013): 60. Sitzung des Ausschusses für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. 11. April 2013, 9:05 bis 10:46 Uhr. 18. Wahlperiode. Stenografischer Be-

- richt – öffentlicher Teil. <http://www.hessischer-landtag.de/icc/med/bb7/bb700690-9433-e31a-628b-31402184e373,11111111-1111-1111-1111-111111111111.pdf> (12.08.2013).
- HLUG (2013): Stellungnahme zu vorliegenden Gutachten zum Fracking in Deutschland im Zusammenhang mit dem Aufsuchungsantrag der BNK Deutschland GmbH auf Kohlenwasserstoffe im Erlaubnisfeld „Adler South“. Handlungsempfehlungen aus geologischer und hydrogeologischer Sicht. Langfassung. Bearbeitungsstand 26. März 2013. http://www.hlug.de/fileadmin/dokumente/geologie/rohstoffe/kw/Fracking_HLUG_lang_260313.pdf (12.08.2013).
- LAWA (2004): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellen für das Grundwasser. Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser, http://www.lawa.de/documents/GFS-Bericht-DE_a8c.pdf (13.04.2012).
- LBEG (2012): Mindestanforderungen an Betriebspläne, Prüfkriterien und Genehmigungsablauf für hydraulische Bohrlochbehandlungen in Erdöl- und Erdgaslagerstätten in Niedersachsen. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Rundverfügung vom 31.10.2012. http://www.lbeg.niedersachsen.de/download/72198/Mindestanforderungen_an_Betriebsplaene_Pruuefkriterien_und_Genehmigungsablauf_fuer_hydraulische_Bohrlochbehandlungen_in_Erd_oel-_und_Erdgaslagerstaetten_in_Niedersachsen.pdf (12.08.2013).
- LUA NRW (2005): Gewässerbelastung durch den Eintrag von Bioziden aus Dachfarben - eine Risikoabschätzung. Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Merkblätter Band 51, Essen, <http://www.lanuv.nrw.de/veroeffentlichungen/merkbl/merk51/merk51.pdf> (23.04.2012).
- Meiners G, Denneborg M, Müller F, Bergmann A, Weber F-A, Dopp E, Hansen C, Schüth C, Gaßner H, Buchholz G, Sass I, Homuth S, Prieb R (2012c): Umweltauswirkungen von Fracking bei der Aufsuchung und Gewinnung von Erdgas aus unkonventionellen Lagerstätten - Kurzfassung. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Berlin, 40 S. <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-k/k4346.pdf> (05.08.2013).
- Meiners G, Denneborg M, Müller F, Pateiro Fernández J B, Deißmann G, Filby A, Barthel R, Cramer T, Bergmann A, Hansen C, Weber F-A, Dopp E, Schüth C (2012a): 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. Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen in Abstimmung mit Ministerium für Wirtschaft, Energie, Industrie, Mittelstand und Handwerk des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf. http://www.umwelt.nrw.de/umwelt/wasser/trinkwasser/erdgas_fracking/index.php (05.08.2013).
- Meiners G., Denneborg M., Müller F., Bergmann A., Weber F.-A., Dopp E., Hansen C., Schüth C., Gaßner H., Buchholz G., Sass I., Homuth S., Prieb R. (2012b): Umweltauswirkungen von Fracking bei der Aufsuchung und Gewinnung von Erdgas aus unkonventionellen Lagerstätten – Risikobewertung, Handlungsempfehlungen und Evaluierung bestehender rechtlicher Regelungen und Verwaltungsstrukturen (Langfassung). Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 351 S. http://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/gutachten_fracking_2012.pdf (05.08.2013).
- MKULNV (2008): Bewirtschaftungsziele bei durch Grubenwassereinleitungen beeinflussten Oberflächenwasserkörpern In Nordrhein-Westfalen: Hintergrunddokument zum Bewirtschaftungsplan nach Wasserrahmenrichtlinie. Arbeitsgruppe unter Leitung des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen unter Beteiligung von RAG Deutsche Steinkohle, Bezirksregierungen Arnsberg, Düsseldorf und Münster, Landesamt für Umwelt, Natur und Verbraucherschutz in NRW, Emschergenossenschaft, Lippeverband und LINEG, <http://wrrl.flussgebiete.nrw.de/Dokumente/NRW/Anhoerung/Hintergrunddokumente/Steinkohle.pdf> (05.08.2013).
- MKULNV (2012): Fracking in unkonventionellen Erdgas-Lagerstätten in NRW. Kurzfassung zum Gutachten „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“. Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen in

- Abstimmung mit Ministerium für Wirtschaft, Energie, Industrie, Mittelstand und Handwerk des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, 74 S.
http://www.umwelt.nrw.de/umwelt/pdf/gutachten_fracking_nrw_2012.pdf (05.08.2013).
- MWEBWV (2010): Jahresbericht 2009 der Bergbehörden des Landes Nordrhein-Westfalen. Ministerium für Wirtschaft, Energie, Bauen, Wohnen und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf. http://www.bezreg-arnsberg.nrw.de/themen/j/jahresberichte_bergbehoerden/jahresberichte/jahresbericht_2009_berg.pdf (30.08.2013).
- Pfuhler S., Wolf H.U. (2002): Effects of the formaldehyde releasing preservatives dimethylol urea and diazolidinyl urea in several short-term genotoxicity tests. Mutation Research-Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis 514, 133-146.
- Rosenwinkel K.-H., Weichgrebe D., Olsson O. (2012): Gutachten Stand der Technik und fortschrittliche Ansätze in der Entsorgung des Flowback des Institutes für Siedlungswasserwirtschaft und Abfall (ISAH) der Leibniz Universität Hannover zum Informations- und Dialogprozess über die Sicherheit und Umweltverträglichkeit der Fracking Technologie für die Erdgasgewinnung. <http://dialog-erdgasundfrac.de/sites/dialog-erdgasundfrac.de/files/Gutachten%20zur%20Abwasserentsorgung%20und%20Stoffstrombilanz%20ISAH%20Mai%202012.pdf> (05.09.2013).
- Ruhrverband (2013): Talsperrensteuerung beim Ruhrverband. Ruhrverband, Essen. http://www.ruhrverband.de/fileadmin/pdf/presse/wissen/Broschuere_Talsperrenleitzentrale_D_web.pdf (06.09.2013).
- Ruhrverband (2012a): Ruhrgütebericht 2011. Ruhrverband, Essen. <http://www.ruhrverband.de/fileadmin/pdf/presse/wissen/ruhrquetebericht2011.pdf> (06.09.2013).
- Ruhrverband (2012b): Wir wissen was Wasser wert ist. Ruhrverband, Essen. http://www.ruhrverband.de/fileadmin/pdf/presse/ruhrverband/Wir_wissen_was_Wasser_wert_ist.pdf (06.09.2013).
- Sauter M., Helmig R., Ingenieurbüro Heitfeld-Schetelig (2012): Abschätzung der Auswirkungen von Fracking-Maßnahmen auf das oberflächennahe Grundwasser - Generische Charakterisierung und Modellierung. Gutachten im Rahmen des Informations- und Dialogprozess der ExxonMobil über die Sicherheit und Umweltverträglichkeit der Fracking-Technologie für die Erdgasgewinnung. <http://dialog-erdgasundfrac.de/sites/dialog-erdgasundfrac.de/files/gutachten-georisiken-fracking-infodialog.pdf> (05.08.2013).
- SGD & BGR (2013): Stellungnahme zu den geowissenschaftlichen Aussagen des UBA-Gutachtens, der Studie NRW und der Risikostudie des ExxonMobil InfoDialogprozesses zum Thema Fracking. Erarbeitet für den Bund/Länder-Ausschuss Bodenforschung (BLA-GEO) durch die Staatlichen Geologischen Dienste der Deutschen Bundesländer (SGD) und die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR). Version 5.0, März 2013, Hannover. http://www.infogeo.de/dokumente/download_pool/SN_SGD-Fracking-Studien_V5_0.pdf (12.08.2013).
- SRU (2013): Fracking zur Schiefergasgewinnung. Ein Beitrag zur energie- und umweltpolitischen Bewertung. Sachverständigenrat für Umweltfragen, Aktuelle Stellungnahme Nr. 18, Mai 2013. http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04_Stellungnahmen/2012_2016/2013_05_AS_18_Fracking.pdf?__blob=publicationFile (12.08.2013).
- Stoppel D., Korn D., Amler M.R. (2006): Die Kulm-Fazies im Rhenoharzynikum. Der Nord- und Nordostrand des Rheinischen Schiefergebirges und das zentrale Sauerland. - In: Stratigraphie von Deutschland VI, Unterkarbon (Mississippium). – Schr.-R. Dt. Ges. Geowiss., 41: 330 -357; Hannover.
- TZW (2012): Studie zur Bedeutung von Bioziden für die Trinkwasserversorgung. Veröffentlichungen aus dem DVGW-Technologiezentrum Wasser. Band 53, ISSN 1434-576, Karlsruhe.
- Umweltministerkonferenz (2012): Ergebnisprotokoll der 79. Umweltministerkonferenz am 15. und 16. November 2012 in Kiel unter Vorsitz von Minister Dr. Robert Habeck, Ministerium für Energie-

- wende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein. http://www.umweltministerkonferenz.de/documents/UMK_Protokoll_endg-.pdf (12.08.2013).
- Uth H.-J. (2012): Technische Sicherheit von Anlagen und Verfahren zur Erkundung und Förderung von Erdgas aus nichtkonventionellen Lagerstätten. Gutachten im Rahmen des Expertenkreis Fracking, AG Risiko. http://dialog-erdgasundfrac.de/sites/dialog-erdgasundfrac.de/files/Gutachten_Technische-Sicherheit.pdf (26.08.2013).
- Wintershall (2012): Geologische Erforschung heimischer Schiefergasvorkommen in NRW. Wintershall Holding GmbH, Kassel. <http://www.heimische-foerderung.de/wp-content/uploads/2012/02/Factsheet-Schiefergas-in-NRW.pdf> (26.08.2013).
- Wrede V., Ribbert K.-H. (2005): Das Oberkarbon (Silesium) am Nordrand des rechtsrheinischen Schiefergebirges (Ruhrkarbon). – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.): Stratigraphie von Deutschland V – Das Oberkarbon (Pennsylvanium) in Deutschland. – Courier Forsch.-Inst. Senckenberg 254: 225-254.