

CBM-Exploration im Münsterland: Fragen und Antworten

Die nachfolgende Aufstellung greift typische Fragen auf, wie sie derzeit immer wieder im Rahmen der öffentlichen Diskussion um die Exploration auf CBM (Flözgas) im Münsterland gestellt werden. Die Antworten wurden im Team von Mitarbeitern des Geologischen Dienstes NRW erarbeitet und geben den derzeitigen Kenntnisstand (Stand: 15. März 2011) wieder.

„Unkonventionelle Erdgas-Vorkommen“: Definition?

Als unkonventionelle Erdgas-Vorkommen werden insbesondere diejenigen Vorkommen bezeichnet, deren Erdgas-Inhalt nur mit sehr großem technischen Aufwand gewinnbar ist (FELL & PAPP 2010)

Zu diesen Vorkommen zählen:

- Shale Gas: in Tonsteinen enthaltenes Methan
- CBM (Coal Bed Methane, Flözgas): Methan in Kohleflözen
- Deep Gas: Erdgas in großer Tiefe (über 4.500 m)
- Tight Gas: Erdgas in besonders undurchlässigen Gesteinen
- Methanhydrat: eisähnliche feste Verbindung im Meeres- oder Permafrostboden

Neue Technologien führen dazu, dass jetzt Ressourcen genutzt werden können, die zwar schon längere Zeit bekannt sind, die aber nicht zugänglich und wirtschaftlich verwertbar waren.

In NRW ist unkonventionelles Erdgas gebunden zum einen an Steinkohle (Flözgas, CBM), zum anderen an Tonsteine (Shale Gas).

Wie unterscheiden sich konventionelle und unkonventionelle Erdgaslagerstätten?

Je größer die Durchlässigkeit und Porosität eines Gesteins ist, desto leichter kann das Erdgas aus einem Gestein entweichen und technisch genutzt werden.

In Festgesteinen erfolgt die Abgrenzung zwischen unkonventionellen und konventionellen Erdgaslagerstätten anhand der Durchlässigkeit (Permeabilität) eines Gesteins für Flüssigkeiten und Gase.

International wird die obere Grenze der Durchlässigkeit für unkonventionelle Erdgaslagerstätten bei 0,1 milliDarcy (mD) gezogen. In Deutschland dagegen liegt die obere Grenze bei 0,6 mD.

Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich nur auf die CBM-Vorkommen in NRW!

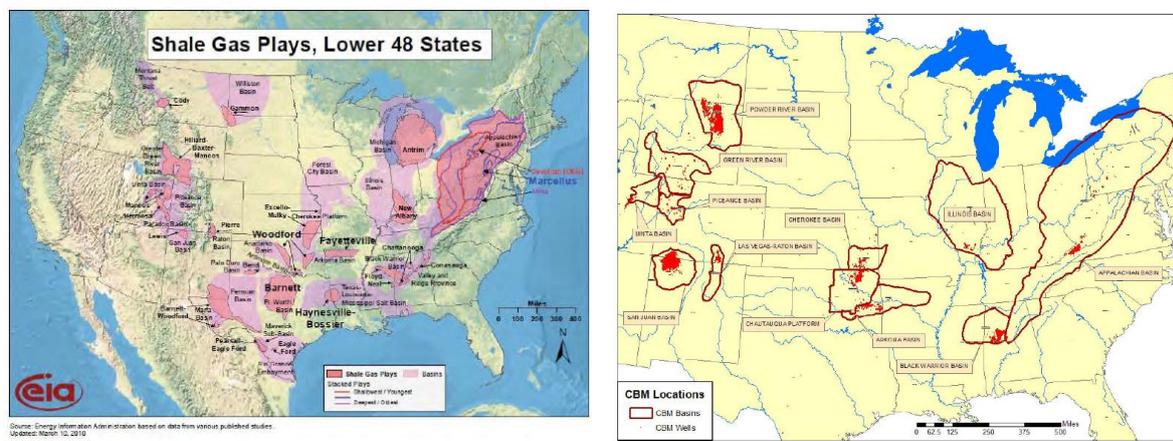
Wird Grubengas heutzutage genutzt?

Das im Wetterstrom abgesaugte Grubengas der aktiven Steinkohle-Bergwerke wird schon seit Jahrzehnten (50er-Jahre) genutzt (z.B. für Kesselheizungen). Darüber hinaus bestehen in Nordrhein-Westfalen an vielen Stellen im Ruhrgebiet ca. 45 dezentrale Blockheizkraftwerke, die Grubengas aus Bohrungen oder stillgelegten Schächten zur Erzeugung von Elektrizität nutzen (Förderung 2009: ca. 450 Millionen m³/a).

Mit der wirtschaftlichen Nutzung des Grubengases wird der unkontrollierte Austritt von Methangas in die Atmosphäre verhindert: Methan gilt als klimaschädliches Treibhausgas – in noch deutlich stärkerem Maße als Kohlendioxid. Die ökonomische Nutzung von Grubengas ist ein Beitrag zum Klimaschutz und wird deshalb nach dem EEG gefördert.

CBM-Gewinnung in den USA – ein geologischer Vergleich zum Münsterland

Die Shale Gas-Vorkommen in den USA betreffen geschätzt ca. 25 % der Landesfläche, die CBM-Vorkommen in den USA sind dagegen räumlich wesentlich stärker konzentriert.



Die Problemfälle in den USA beziehen sich auf Shale Gas (ZITTEL 2010). Im Münsterland geht es um die Exploration auf CBM. Das ist insbesondere wegen der unterschiedlichen Schichtmächtigkeiten, verschiedenartigen Gesteine etc. ein gravierender Unterschied gerade in Hinblick auf mögliche Frack-Anwendungen.

Die CBM-Lagerstätten in den USA liegen teilweise wesentlich oberflächennäher als die im Münsterland: San Juan Basin 180 – 1300 m, Black Warrior Basin ca. 900 m u. Gelände. Dies gilt auch für einen Teil der Shale Gas-Vorkommen (z.B. Antrim Shale: 200 – 700 m u. Gelände); andere liegen allerdings auch deutlich tiefer (z.B. Marcellus Shale: teilweise bis 3000 m).

Ein Teil der in der Presse dargestellten Szenarien und Probleme bei der Shale Gas-Förderung ist nicht ohne weiteres verifizierbar, sondern stammt aus dem Spielfilm

„Gasland“ von Josh Fox, dessen Inhalt nur teilweise auf realen Szenarien beruht (State of Colorado, Department of Natural Resources 2010 und www.energyindepth.org > debunking-gasland; ferner: Spiegel 9/2011: S. 66).

Entscheidende Frage ist, ob die beobachteten Methan-Belastungen im Grundwasser in den USA tatsächlich durch die Gasförderung verursacht wurden oder ob es sich um natürliche Belastungen handelt – wie sie aus dem Münsterland bekannt sind. Folgt man dem State of Colorado, Department of Natural Resources (2010), scheint es sich bei den beobachteten Methan-Austritten in erheblichem Umfang um natürliche Belastungen zu handeln.

Ein zwingender kausaler Zusammenhang zwischen einer Grundwasserbelastung und dem eigentlichen Frack-Vorgang ist dem GD bislang nicht bekannt geworden. Zumindest ist nicht auszuschließen, dass in den USA auch der unsachgemäße Umgang mit Frack-Flüssigkeiten (undichte Tanks an nur unzureichend gesicherten Bohrplätzen) zu Verunreinigungen geführt haben könnte.

Gibt es natürliche Methan-Austritte im Münsterland?

Methan-Austritte gibt es im Ruhrgebiet dort, wo gasführende Steinkohlenflöze unter einem gering mächtigen und durch Bergbaueinwirkungen aufgelockerten Deckgebirge anstehen.

Aus dem Münsterland sind natürliche Methan-Austritte vor allem aus Brunnen bekannt. Ein Verteilungsmuster der Methanaustritte (z.B. Bindung an Störungen) ist bislang nicht eindeutig erkennbar. Die Herkunft dieses Methans aus dem Karbon ist nach den bisher vorliegenden Isotopen-Untersuchungen (MELCHERS 2009) eher unwahrscheinlich; möglicherweise wurde es biogen innerhalb der Kreide-Schichten gebildet. Hier besteht noch erheblicher Forschungsbedarf!

Im Rahmen der Beweissicherung kommt der Erfassung der heute vorhandenen Methan-Austritte vor dem möglichen Beginn von Frack-Versuchen besondere Bedeutung zu. Vonseiten geologischer Sachverständiger ist die natürliche Verbreitung der Methanaustritte zu dokumentieren. Hierzu hat der GD den Vorschlag eines CH₄-Monitoring gemacht.

Wie groß sind die Vorräte an unkonventionellem Erdgas?

Eine seriöse Abschätzung der Gesamtgasvorräte ist derzeit nicht möglich.

Die Menge an Erdgas in der Steinkohle (CBM) variiert mit 0 – 20 m³ pro Tonne Steinkohle sehr stark; als gewichtetes Mittel wird derzeit 5 m³ pro Tonne Steinkohle angesetzt. Aus den bekannten Vorratsmengen an Steinkohle (rd. 440 Mrd. t für Ruhrgebiet und Münsterland) ergibt sich ein Gaspotenzial („gas in place“) von rund

2.200 km³. Diese Zahl sagt nichts darüber aus, wie viel von diesem Gas tatsächlich vorhanden und technisch-wirtschaftlich gewinnbar ist.

Diese Zahl beinhaltet kein Shale Gas!

Die Verteilung des Gases in der Kohle ist regional unterschiedlich: Sie hängt stark von der tektonischen Position ab (z.B. Sattel, Mulde), von der Inkohlung, von der Tiefenlage der Steinkohle in Bezug zur Deckgebirgsbasis und anderen Faktoren, die im Einzelnen noch nicht vollständig bekannt sind. Hier ist als Folge der Exploration mit einem erheblichen Zuwachs an Information zu rechnen.

Auswirkungen auf die Sole im Münsterland?

Es gibt im Münsterland prinzipiell zwei Grundwasserstockwerke, die durch den Mehrere hundert Meter mächtigen Emscher-Mergel voneinander getrennt werden: Ein oberflächennahes Grundwasserstockwerk, das die Gesteine des Quartärs – lokal auch Gesteine der Oberkreide wie beispielsweise Halterner Sande – umfasst, und ein tiefes Grundwasserstockwerk mit den klüftigen Cenoman- und Turon-Kalksteinen.

Der Emscher-Mergel kann in seiner oberflächennahen Auflockerungszone geringe Grundwassermengen führen, die lokal zur Trink- und Brauchwasserversorgung genutzt werden.

Während im oberflächennahen Grundwasserstockwerk „süßes“ Grundwasser vorherrscht, dominiert im tiefen Grundwasserstockwerk Grundwasser mit höherem Salzgehalt – Salzwasser und Sole, die zur Nutzung als Trinkwasser gemäß der Trinkwasserverordnung nicht geeignet sind.

Für die Entstehung der Sole nehmen wir verschiedene Ursachen an: Bei dem hohen Salzgehalt des Grundwassers kann es sich um viele Millionen Jahre altes Porenwasser („connate water“, aus der Zeit der Ablagerung der Kreide-Gesteine, ca. 70 – 130 Millionen Jahre alt) handeln. Es kann sich aber auch um ehemaliges Meerwasser handeln, das bei der marinen Überflutung in der Kreide (sogenannte Cenoman-Turon-Transgression) vor ca. 95 Millionen Jahren in den Untergrund eindrang. Im West- und Nordteil des Münsterlandes gibt es zudem die Zechstein-Salzlagerstätten (entstanden vor ca. 260 Millionen Jahren), aber auch Salze im Oberen Buntsandstein (Röt, ca. 245 Millionen Jahre alt), die als Quelle für eine Soleentstehung durch Ablaugungsprozesse in Frage kommen.

Soleaustritte sind vornehmlich aus den Randbereichen des schüsselförmigen „Münsterländer Kreidebeckens“ bekannt. Einzelne oberflächennahe Solevorkommen sind auch aus dem zentralen Münsterland bekannt und an tief reichende Störungen gebunden.

Die Fließgeschwindigkeiten des Süßwassers im verkarsteten und gut geklüfteten Grundwasserleiter des Cenoman-Turon-Zuges am Beckenrand (z.B. Paderborner Hochfläche, Hellweg) sind hoch. Dieser Grundwasserleiter ist dagegen im zentralen Bereich des Münsterländer Beckens unter mehr als 1000 m mächtigen, wenig wasserwegsamem Deckschichten soleerfüllt mit natürlichen geringen Fließbewegungen oder sogar Stagnation. Wären schnelle Fließbewegungen in der tiefen Sole vorhanden, würden wesentlich höhere Solemengen am Rand des Münsterländer Beckens austreten und der Grundwasserleiter in der Tiefe wäre durch Zuflüsse von Süßwasser von den Beckenrändern in größerem Umfang als bisher schon süßwassererfüllt.

Sulfat- und CO₂-Gehalte im Grundwasser

Sulfathaltiges Grundwasser ist oberflächennah im Münsterland weit verbreitet. Die Salzwässer und Solen im tieferen Untergrund weisen unterschiedliche, teilweise auch hohe Sulfatgehalte auf.

Gehalte an freiem CO₂ sind in den Solen des Münsterlandes bekannt und treten weit verbreitet zusammen mit anderen Gasen im tiefen Untergrund auf. (MICHEL et al: Mineral- und Heilwässervorkommen in NRW, 1998)

Gibt es Radioaktivität im Grundwasser?

Es gibt keine Angaben über signifikant erhöhte Radioaktivitätswerte in Gesteinen des Oberkarbons in Nordrhein-Westfalen. Eine Ausnahme besteht im Zusammenhang mit hydrothermalen Vererzungen auf dem Steinkohlenbergwerk Auguste Victoria bei Marl (MUNLV NRW 2008) Die dort festgestellte erhöhte Radionuklidfracht des Grubenwassers steht wahrscheinlich mit dem Auftreten von Bariummineralien (Baryt) im dortigen Erzgang im Zusammenhang (Ersatz von Ba- durch Ra-Ionen im Kristallgitter). „Die in den Grubenwasserhaltungen der RAG gemessenen Dosisleistungen liegen ansonsten im Bereich der natürlichen Hintergrundstrahlung.“

Auch PATTEISKY (1954, 1955) erwähnt Radioaktivität (γ - und β -Strahlung) aus Quellgasen im Zusammenhang mit Thermalsoleaustritten an hydrothermalen Erzgängen im Ruhrgebiet.

Dass die Sole im Münsterland eine – wenn auch geringe – Radioaktivität aufweisen kann, ist bekannt. Dies sind allerdings seltene Ausnahmen. Ansonsten liegt die Radioaktivität der Sole im Schwankungsbereich der Werte für das oberflächennahe Grundwasser.

Die Radon-Konzentration des oberflächennahen Grundwassers im Münsterland ist allgemein gering. Die Radioaktivität von Radon liegt im Bereich der mittleren Konzentration des deutschen Trinkwassers von ca. 6 Bq/l.

Nach der Karte der Radon-Konzentration in der Bodenluft (Bundesamt für Strahlenschutz 1999) zeichnet sich das Münsterland durch besonders niedrige Radongehalte aus ($< 20 - 40 \text{ kBq/m}^3$).

Sind Probleme durch Quecksilber im Flözgas möglich?

Dass Erdgas Quecksilber enthalten kann, ist seit langem bekannt. Dies hängt entscheidend davon ab, aus welchem Ursprungsgestein das Erdgas kommt. Das Erdgas aus den großen Lagerstätten der Lüneburger Heide und im Raum Salzwedel führt geringe Mengen an Quecksilber, weil die sogenannten „Red-Bed“-Nebengesteine des Perms von Natur aus etwas erhöhte Quecksilbergehalte haben. Das Quecksilber wird bei der Erdgasförderung abgetrennt und verwertet.

Demgegenüber stammt das Flözgas im Münsterland aus der Steinkohle mit sehr geringen Quecksilbergehalten.

Erdbeben: Welche Gefahren gehen vom Fracken aus?

Beim Fracken wird Wasser unter hohem Druck ins Gestein verpresst. Das Aufreißen von Klüften hat prinzipiell immer Mikrobeben zur Folge, die der Mensch allerdings nicht wahrnimmt und die keine Schäden verursachen. Die Stärke dieser Mikrobeben entspricht den Mikrobeben, die es bei uns praktisch jeden Tag gibt.

Unter bestimmten geologischen Voraussetzungen (spröde Gesteine mit tektonischen Trennflächen, die unter Spannung stehen) ist es bei Frack-Vorgängen im Zusammenhang mit Geothermiebohrungen im Oberrheingraben zu schwachen Erdbeben gekommen. Ursache ist das Herabsetzen der Reibung auf den vorhandenen tektonischen Trennflächen durch die Frack-Flüssigkeit.

Die natürliche Erdbebenaktivität in NRW ist weitgehend auf die Niederrheinische Bucht konzentriert.

Dagegen ist das Münsterland ein Bereich mit nur geringer tektonischer Vorspannung; die Wahrscheinlichkeit, dass fühlbare Erdbeben auftreten, ist daher gering.

Lediglich im Bereich des Teutoburger Waldes sind einige Erdbeben seit historischer Zeit dokumentiert (Erdbeben von Bielefeld 1612, Weserbergland 1767, Alfhausen 1770).

Im Münsterland selbst besteht keine vergleichbare Aktivität.

Um Schäden durch induzierte Erdbeben als Folge des Frackens für das Münsterland auszuschließen, hat der GD NRW mit der Bergverwaltung ein Konzept der seismischen Überwachung vereinbart („Seismisches Monitoring“).

Das „Seismische Monitoring“ umfasst zwei Schritte:

- Monitoring im Null-Zustand (vor Beginn des Frackens)
- Laufende Bewertung des Risikos anhand eines Stufenplanes („Ampelsystem“)

Monitoring im Null-Zustand: Auch wenn Schäden durch Erdbeben im Münsterland auch künftig sehr unwahrscheinlich sind, ist es zur Beweissicherung im Vorfeld erforderlich, ein Monitoring im Null-Zustand (das heißt vor Beginn des Frackens) durchzuführen. Bereits bei Versuchen im Vorfeld sowie wie bei der späteren Injektion wird ein Monitoring der Betriebsdaten sowie der ggf. auftretenden Seismizität durchgeführt. Ziel des seismischen Monitorings ist es, die induzierte bzw. getriggerte Erdbebenaktivität hinsichtlich ihrer Stärke, Häufigkeit, Zeitintervall und Lage zu charakterisieren. Mit diesen Informationen können maximale Beschleunigungswerte an der Oberfläche und die ggf. verursachte seismische Gefährdung ermittelt werden. Es ist sinnvoll, das seismische Monitoring in einem ersten Schritt durch Messungen in einem grobmaschigen Überwachungsnetz durchzuführen, um zu überwachen, ob es bei Stimulation oder Betrieb überhaupt zu lokaler induzierter Seismizität kommt. Im Falle feststellbarer Erschütterungen sollte auf ein geeignetes, empfindlicheres Nachweissystem aufgerüstet werden. Erst ein Datensatz, der zur Detektierung und Lokalisierung seismischer Ereignisse ausreicht, kann letztlich zu einem aussagekräftigen Resultat führen.

Bereiche, in denen ein Fracking erfolgen soll, müssen durch eine entsprechende Anzahl von Stationen – in der Regel sollten dies 5 sein – überwacht werden.

„Ampelsystem“: Im Sinne eines standardisierten Vorgehens kann im Rahmen einer laufenden Bewertung des Risikos anhand eines Stufenplanes („Ampelsystem“) vorgegangen werden: Als Meilensteine solcher Untersuchungen werden die folgenden Punkte eingeplant:

- (1) Erste Untersuchungen im Vorfeld,
- (2) die Gewinnung weiterer Daten bei der Bohrung,
- (3) die Ermittlung zusätzlicher Daten bei der Stimulierung und die Gewährleistung einer Datengewinnung während des Betriebs der Anlagen.
- (4) Die Erhebung dieser Daten und ihre Interpretation soll ermöglichen, sofort und angemessen reagieren zu können, im Zweifelsfall durch Einschränkung oder Abbruch der Injektions-Maßnahmen. Schadenereignisse sollen auf diese Weise vermieden werden.

Das Ampelsystem ist individuell für jeden Frack-Versuch zu bemessen und zu begleiten.

Die Frack-Versuche sind sofort abubrechen, wenn Mikrobeben mit gewissen Schwellenwerten – beispielweise 2,0 auf der Richter-Skala – einsetzen. Ein derartiges Ampelsystems trägt dazu bei, Schadensereignisse zu vermeiden.

Wie gefährlich sind die chemischen Zusätze, die dem Wasser beim Fracken zugefügt werden?

Zum Fracken wird ein Gemisch aus Wasser, Quarzmehl und chemischen Zusätzen verpresst, um das gasführende Kohlenflöz aufzulockern. Die Zusammensetzung der Frack-Flüssigkeiten variiert in Abhängigkeit von den angetroffenen Gesteinen und wird für jede Bohrung individuell zusammengestellt. Alle Zusätze sind in ihrer Gesamtheit einer entsprechenden Wassergefährdungsklasse zugeordnet. Über die Zulassung entscheiden die zuständigen Wasser- und Bergbehörden.

Die WGK eines Stoffgemisches kann nach Anhang 4 der neuen VwVwS entweder über eine Rechenregel mit der WGK der Komponenten oder auf Basis von Prüfdaten am Stoffgemisch ermittelt werden.

Nach den Angaben von ExxonMobil entspricht das beim Fracken eingesetzte Stoffgemisch der Wassergefährdungsklasse 1 (WGK 1).

Unabhängig davon ist es im Rahmen der Beweissicherung notwendig, die heutige Qualität des Grundwassers im Münsterland zu erfassen, um eine mögliche Vorbelastung durch vom Menschen eingebrachte Stoffe und Stoffgruppen – zum Beispiel durch die intensive Landwirtschaft – und eine mögliche natürliche Vorbelastung durch Methan vor Aufnahme eventueller Frack-Versuche zu erfassen.

Geologische Barriere: Wie dicht sind die Gesteine über der Gaslagerstätte?

Erste Barriere sind die flözführenden Oberkarbon-Schichten, hier vorwiegend die Ton- und Schluffsteine. Das Fracken konzentriert sich auf die Steinkohlenflöze – sofern dies in der Steinkohle überhaupt erforderlich ist – und erfasst in nur geringem Maße die umgebenden Gesteine. Das Steinkohlegebirge ist weitgehend trocken; eine stärkere Wasserführung ist – wie die Untersuchungen im Donar-Feld ergaben – weitgehend auf den Bergbaubereich und auf Störungszonen beschränkt.

Die darüber folgenden Karbonatgesteine des Cenomans und Turons sind als Grundwasserleiter einzustufen. Eine Verkarstung tritt an den Rändern des Münsterländer Kreidebeckens auf; im zentralen Beckenteil ist eine Verkarstung mangels Aufschlüssen nicht nachgewiesen. Vornehmlich handelt es sich um tiefes Grundwasser mit hohem Salzgehalt.

Darüber folgt mit dem bis 700 m mächtigen Emscher-Mergel eine zweite geologische Barriere. Nur im oberen Teil ist der Emscher-Mergel aufgelockert.

Es gibt Störungen im Emscher-Mergel, die bis in die Oberkarbon-Schichten hereinreichen. Andere Störungen reichen nicht bis in die Oberkarbonschichten hinein. Inwieweit die Störungen wasser- oder gas-wegsam sind, ist im Einzelfall zu prüfen. Damit die Funktion der geologischen Barrieren mit ausreichender Sicherheit

langfristig gewährleistet ist, ist dem Auftreten von tief reichenden Gebirgsstörungen im Rahmen der Exploration besondere Beachtung zu schenken.

Über dem Emscher-Mergel folgen im Raum Nordwalde gering mächtige (max. 5 m) schluffige und feinsandige Schichten mit nur geringer Grundwasserwegsamkeit.

Zitate

FELL, C., PAPP, E.J. (2010): „Unconventional Gas“. - FORUM Gas Wasser Wärme 2/2010: 6-8; Wien.-
http://www.gaswaerme.at/ufile/8/2588/forum_02_2010.pdf

JÄGER, U., THORWARTH, H., ACUNA-CARO, C. & SCHEFFERKNECHT, G. (2006): Verhalten von Quecksilber und seinen Verbindungen in staubhaltigen Rauchgasen. – IVD-Bericht, 125 S.; Stuttgart (ISBN 3-928123-56-4)

MELCHERS, C. (2008): Methan im südlichen Münsterland. Genese, Migration und Gefahrenpotenzial. –Dissertation Westf. Wilhelms-Univ. Münster: 153 S., 62 Abb., 16 Tab., Anh.; Münster.

MICHEL, G., ADAMS, U., SCHOLLMAYER, G. (1998): Mineral- und Heilwässervorkommen in Nordrhein-Westfalen und angrenzenden Gebieten, 80 S.; Krefeld (Geol. Dienst NRW)

MUNLV NRW (2008): Bewirtschaftungsziele bei durch Grubenwassereinleitungen beeinflussten Oberflächenwasserkörpern in Nordrhein-Westfalen. - Hintergrunddokument zum Bewirtschaftungsplan nach Wasserrahmenrichtlinie

PATTEISKY, K. (1954): Die thermalen Solen des Ruhrgebiets und ihre juvenilen Quellgase. – Glückauf, 90: 1335-1348, 1508-1519; Essen.

PATTEISKY, K. (1955): Verschlechterung des Grubenklimas durch das Austrweten von Thermalsole sowie Abwehr ihrer Einflüsse. – Bergbauwissenschaften, 47: 2-12; Goslar.

Ruhrkohlen-Handbuch (1984).- 6. neubearbeitete Auflage, Essen (Glückauf-Verlag)

State of Colorado, Department of Natural Resources (2010): COGCC Gasland Correction Document (10/29/2010) (published by government regulators).- <http://cogcc.state.co.us/library/GASLAND%20DOC.pdf>

TAYLOR, G., TEICHMÜLLER, M., DAVIS, A., DIESEL, C., LITKE, R., ROBERT, P., GLICK, D (1998): Organic Petrology. – Berlin (Borntraeger).

ZITTEL, W. (2010): Kurzstudie „Unkonventionelles Erdgas“ – Informationspapier für ASPO Deutschland und Energy Watch Group: 33 S.- http://www.energywatchgroup.org/fileadmin/global/pdf/2010-05-18_ASPO_Kurzstudie_Unkonv_Erdgas.pdf