

Frankfurt, 13.1.2016

Dr. Harald Kassner, Public and Government Affairs

# Schiefergaspotential und Weiterentwicklung Frack-Fluide

Energy lives here™

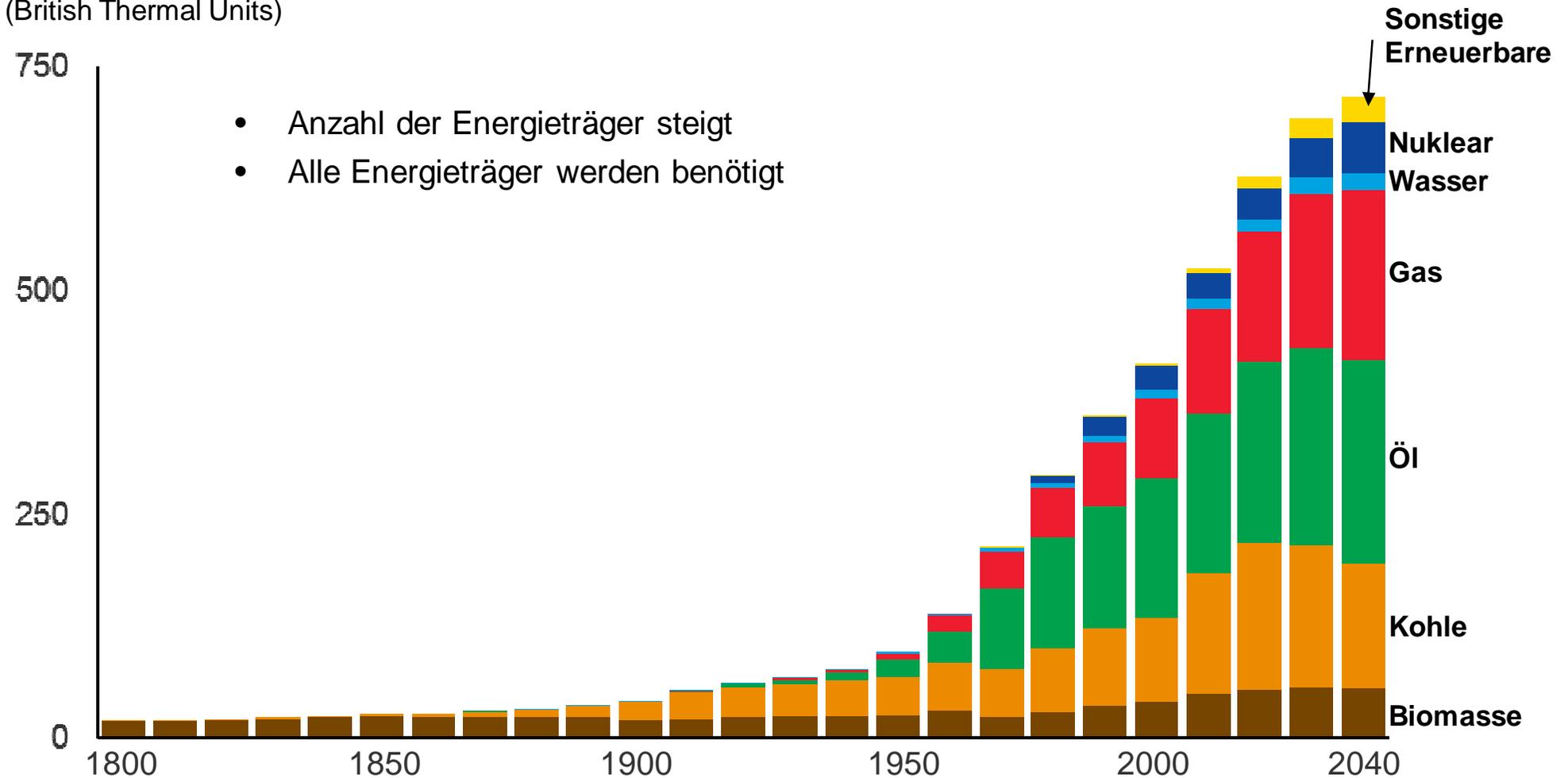
# Agenda

- Energiebedarf / Energieverbrauch in Deutschland
- Schiefergaspotential in Deutschland
- Wofür werden Frac-Additive benötigt?
- Entwicklung der Frac-Additive in den letzten 20 Jahren
- Einordnung der Frac-Additive unter dem Gesichtspunkt „Gefährdungsmerkmale“
- Warum werden verschiedene Frac-Additive verwendet?
- Beschreibung von typischen Frac-Mischungen  
(Sandstein– / Schiefergas- Lagerstätten)
- Vorteile für Schiefergasförderung

# Der Energiemix ändert sich im Lauf der Zeit

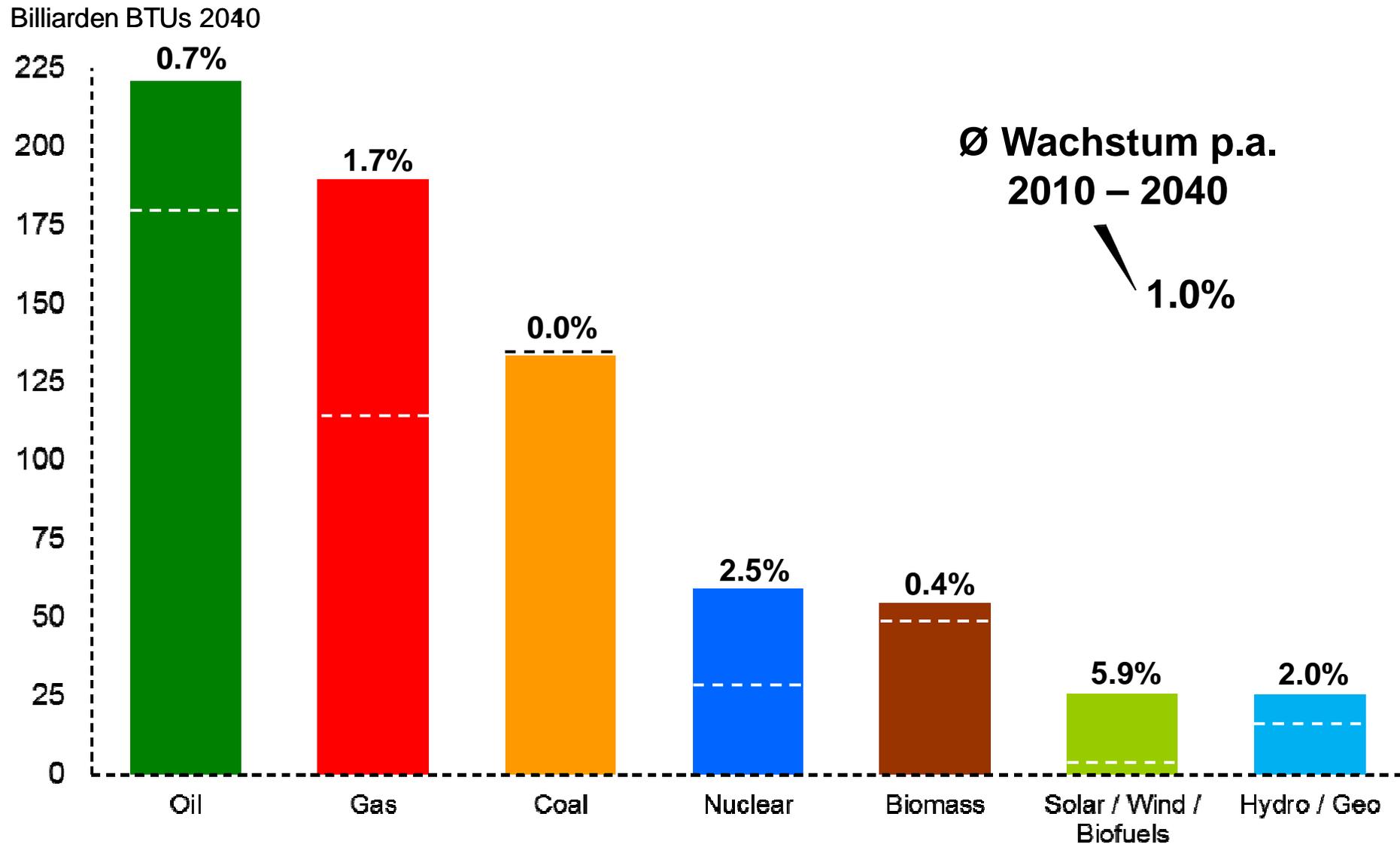
## Globaler Energiemix

Billiarden BTUs  
(British Thermal Units)

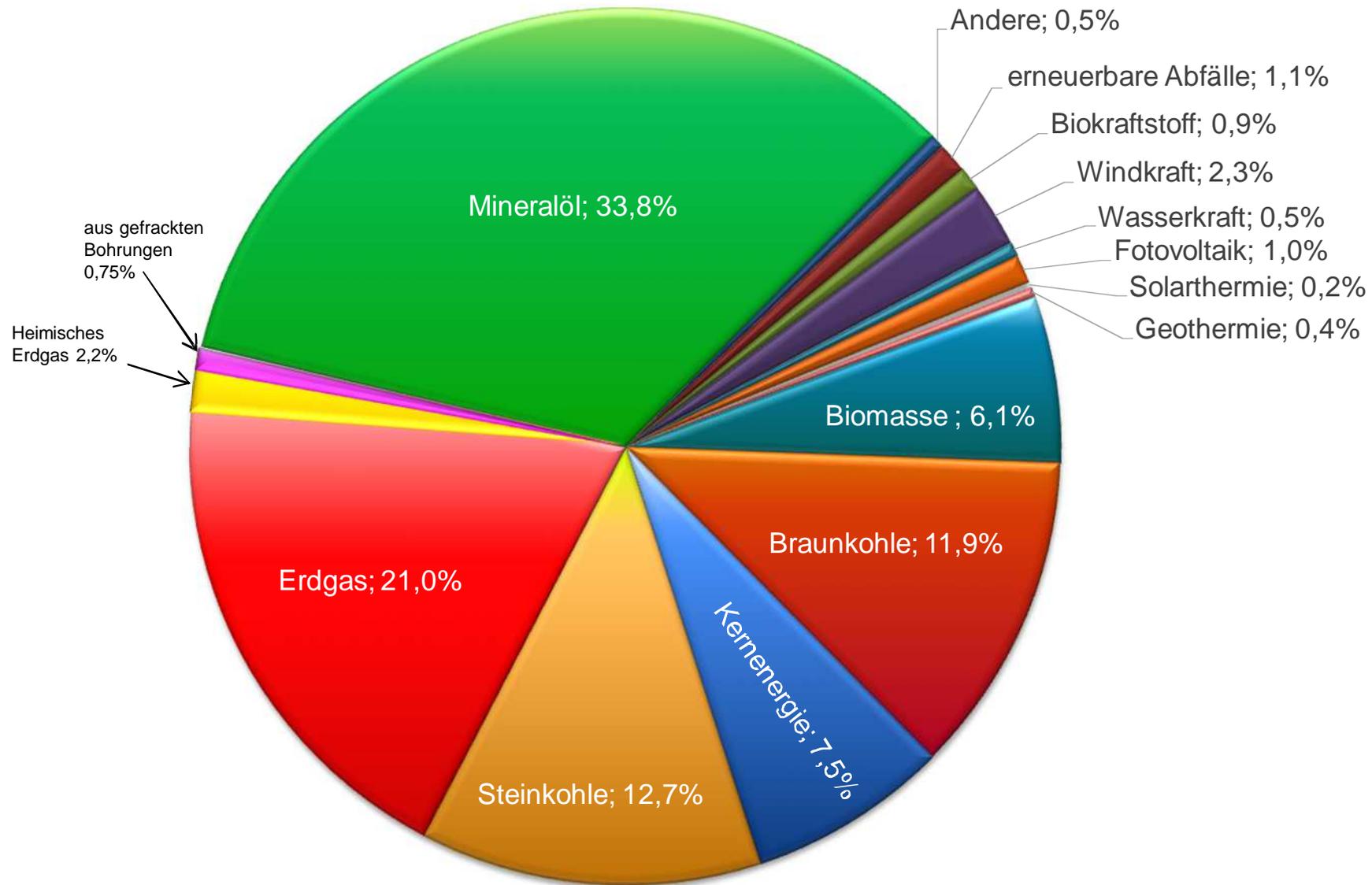


Source: Smil, *Energy Transitions (1800-1960)*; ExxonMobil 2015 Outlook for Energy

# Der Energiemix entwickelt sich weiter



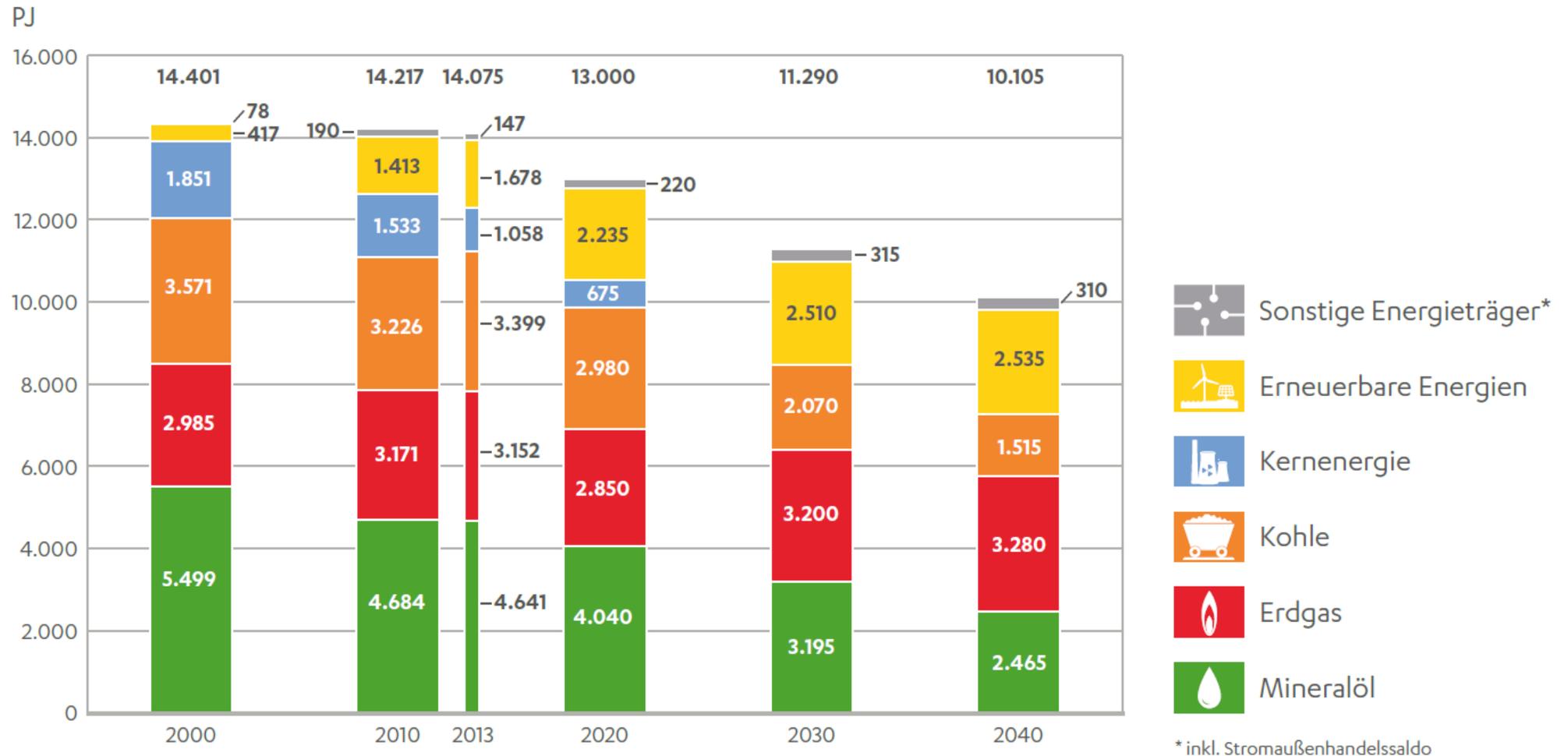
# Primärenergieverbrauch in Deutschland 2015



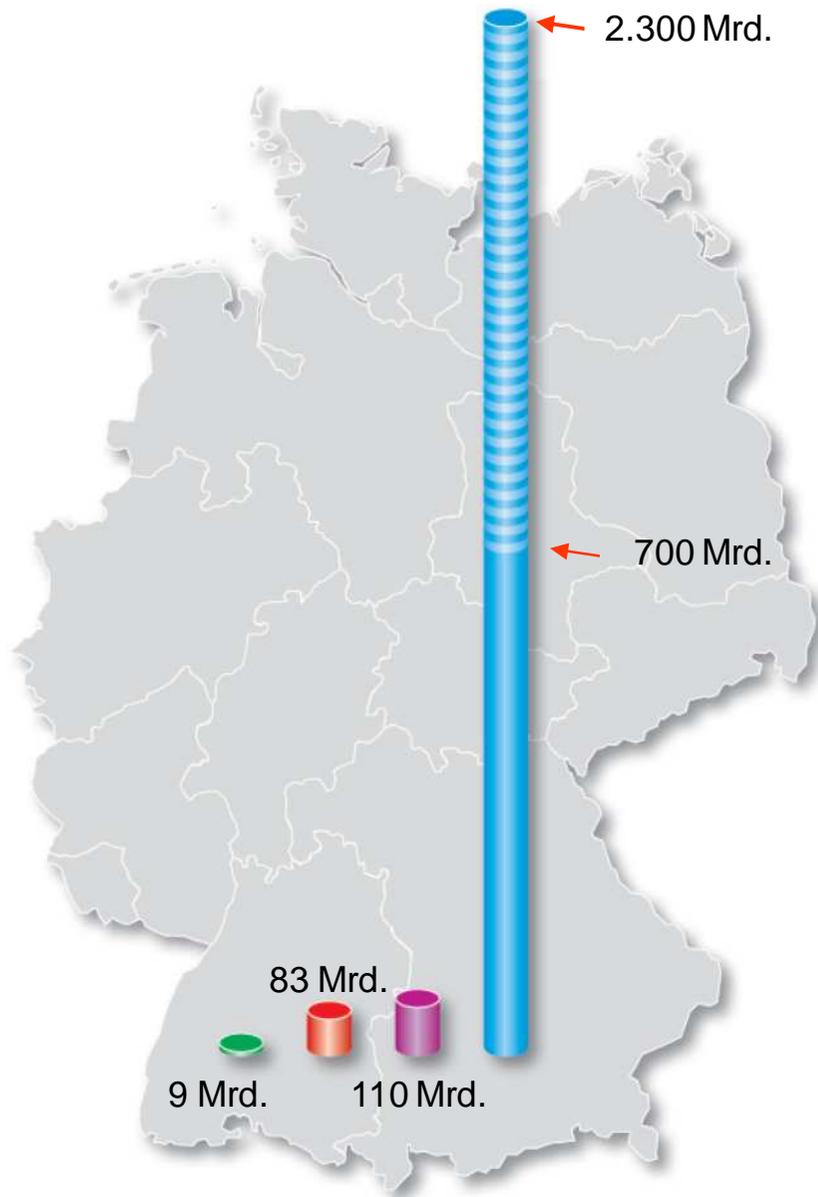
Quelle:  
Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat)  
Stand: Dezember 2015

# Der Primärenergiebedarf sinkt um 30 Prozent

## PEV gesamt



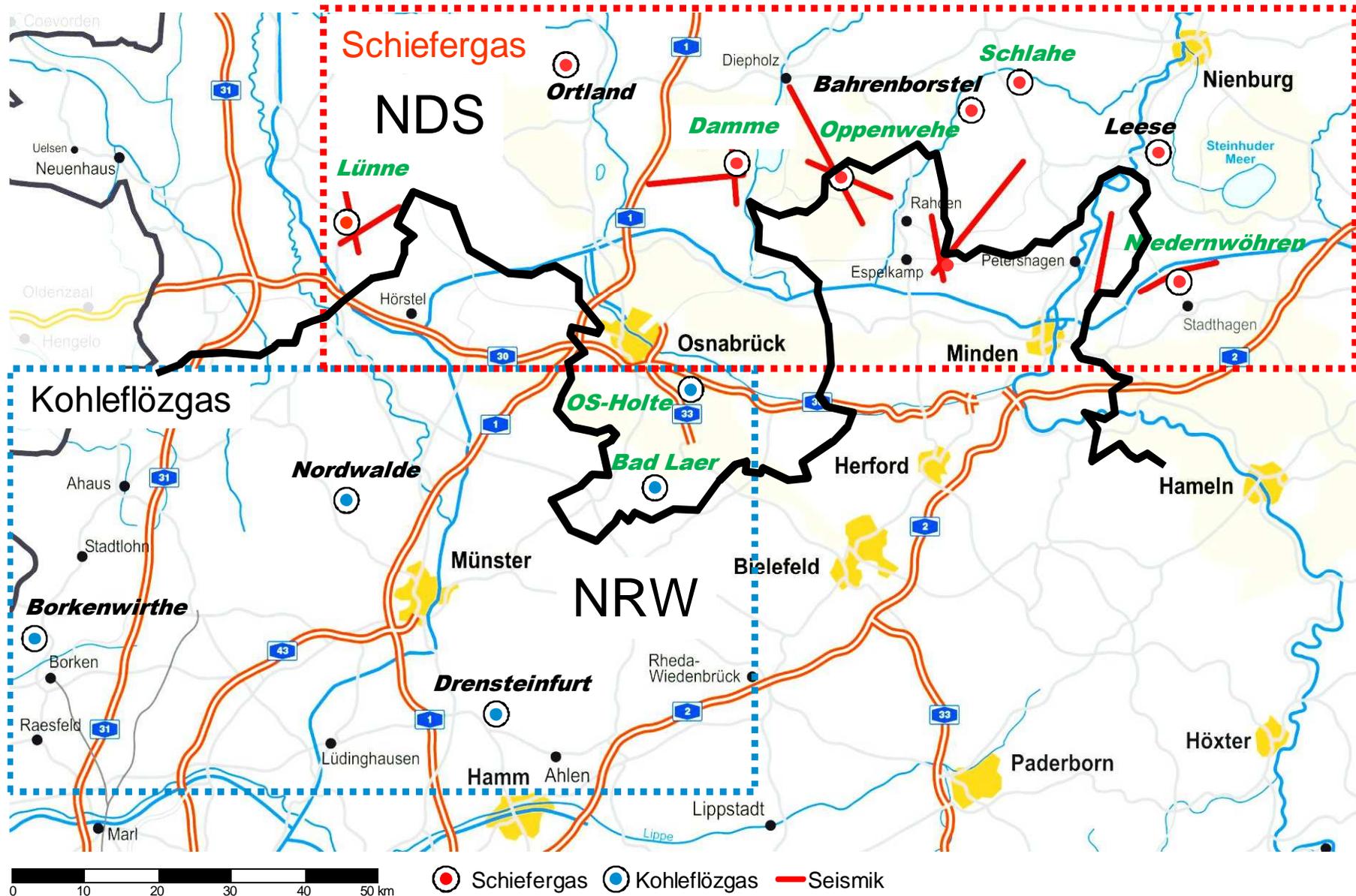
# Erdgaspotenzial in Deutschland



## Zahlen zur Erdgasförderung:

- 9 Mrd. m<sup>3</sup>: jährliche Fördermenge
- 83 Mrd. m<sup>3</sup>: Reserven
- 110 Mrd. m<sup>3</sup>: Reserven inkl. Potenzial in **konventionellen Lagerstätten**
- 700 - 2.300 Mrd. m<sup>3</sup>: Potenzial in **Schiefergaslagerstätten**

# Wo wurden/ werden Aktivitäten durchgeführt?



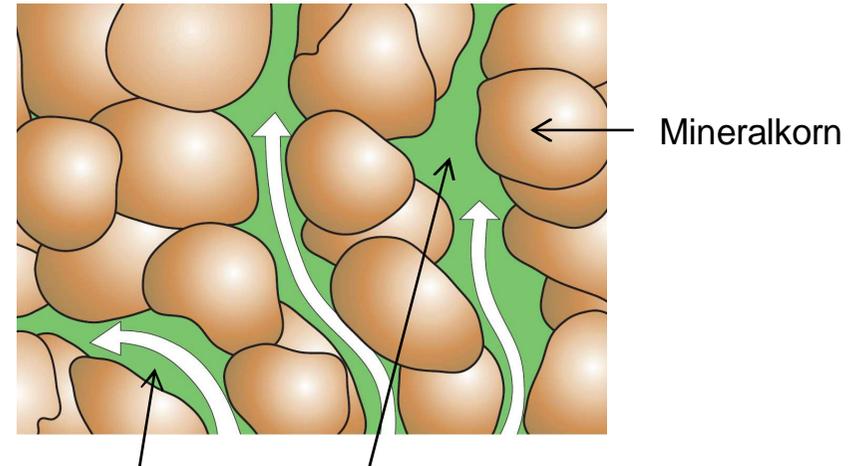
# Beschaffenheit von Erdgas-Speichergesteinen

## Konventionelle Lagerstätten

Formation: Sandstein

Gute Durchlässigkeit zwischen den Porenräumen

➔ Erdgas kann durch den Lagerstättendruck **von allein** zum Bohrloch fließen



Zusammenhängende Poren geben dem Gestein seine Durchlässigkeit

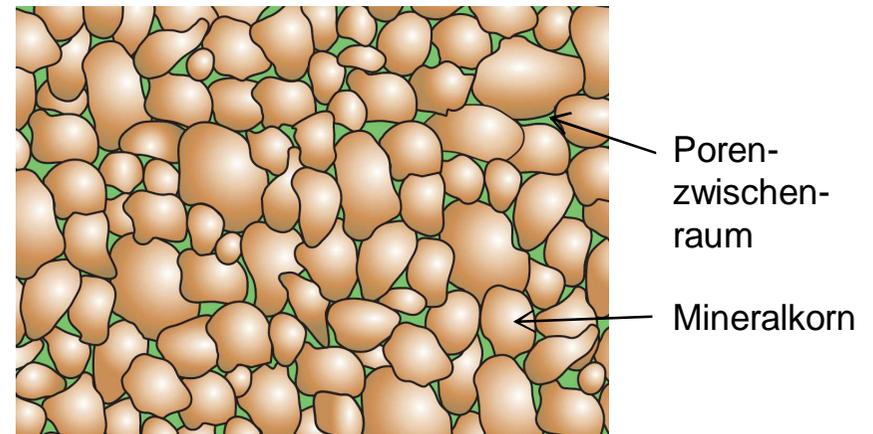
## Unkonventionelle Lagerstätten

Formationen: Schiefergas, Kohleflözgas

Sehr kleine Porenräume (< 20 % von konventionellen Lagerstätten)

Geringe bis keine Durchlässigkeit (1/1000 von konventionellen Lagerstätten oder kleiner)

➔ Erdgas kann **nicht von allein** zum Bohrloch fließen



# Explorationsprojekte - Medienresonanz

## Sprudeln bald wieder die Ölquellen?

Rekordpreise locken Konzerne nach Niedersachsen. Vier Suchlizenzen neu vergeben.

Die Gas- und Ölproduzenten entdecken Niedersachsen wieder und planen Probebohrungen.

VON NORA LYSK

HANNOVER. Das schwarze Gold, es könnte demnächst wieder vermehrt aus niedersächsischen Quellen sprudeln. Vier neue Suchlizenzen hat das niedersächsische Landesamt für Bergbau und Energie vergeben. In den Gebieten Bramsche, an der Grenze zu den Niederlanden, werden in den kommenden Wochen die ersten Bohrungen.

Rekordpreise

Grund für die Frage sei der derzeitige, drehmoment hohe Ölpreis. LBE-Experte Michael Pa... Das Fass (12... derzeit bei rund... (rund 87 Euro). Das heimische Produkt, so Pasternak, Großteil der bundes- und Gasvorräte liegen in Niedersachsen.

AUF DER SUCHE: Bald wieder vermehrt die Ölbohrtürme auf niedersächsischen Feldern - wie hier im ostfriesischen Leer. Foto: Wintershall

Vor rund 150 Jahren fand in Wietze bei Celle die weltweit erste Erdölbohrung statt. „Und noch heute gehört in Niedersachsen die Suche nach dem Rohstoff zum Tagesgeschäft“, so Pasternak. Das größte bundesdeutsche Ölfeld, Mittelplate, liegt vor Cuxhaven. Die Jahresproduktion liegt hier bei rund 900.000 Tonnen Öl pro Jahr. Davon produziert das Land...

erfolgreich sind, müssen wir anschließend nach der Wirtschaftlichkeit fragen.“ Das heißt: Es muss eine möglichst große Menge Öl oder Gas vorhanden sein, damit die Ausbeutung der Quellen auch zu einem lohnenden Wert...

fig ist. Ein Fünftel des Erdgasbedarfs deckt Deutschland zwar noch aus heimischer Förderung ab, immerhin 90 Prozent davon stammen aus Niedersachsen. Doch beim Erdöl sank die Quote...

auf läppische drei Prozent. Denn vor allem die Erschließung neuer Quellen erweist sich als schwierig. Von sechs Suchbohrungen im vergangenen Jahr keine erfolgreich. Aus diesem Grund spielen viele Konzerne Gedanken, alte Lizenzen auszuhebeln, um die Restbestände zu f... Auch deshalb ist Experte Michael Pa... weiter anstreibt, in niedersächsischen C... die Konzerne attr... ben.“

### Reste fördern

Nach Angaben des Wirtschaftsverbands Erdöl- und Erdgasgewinnung (WEG) war...

von sechs Suchbohrungen im vergangenen Jahr keine erfolgreich. Aus diesem Grund spielen viele Konzerne Gedanken, alte Lizenzen auszuhebeln, um die Restbestände zu f... Auch deshalb ist Experte Michael Pa... weiter anstreibt, in niedersächsischen C... die Konzerne attr... ben.“

## Ein Hauch von »Dallas« in Oppenwehe



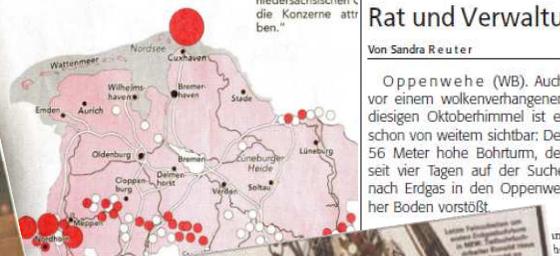
### Startknopf gedrückt: Probebohrungen in Oppenwehe haben begonnen

## Stemwede hofft auf großen Erdgasfund

Rat und Verwaltung verfolgen Arbeiten von Exxon Mobil – Weitere Untersuchungen in NRW

Von Sandra Reuter

Oppenwehe (WB). Auch vor einem wolkenverhangenen diesigen Oktoberhimmel ist es schon von weitem sichtbar: Der 56 Meter hohe Bohrturm, der seit vier Tagen auf der Suche nach Erdgas in den Oppenweher Boden vorstößt.



### Erdgas unter Spargelfeldern?

Exxon Mobil investiert zehn Millionen Euro in Probebohrung

### Jetzt beginnen die ersten Bohrungen nach der gigantischen Energiequelle

## Das Prinzip ‚Hoffnung‘ in Gang gesetzt

Neujahrsempfang zum Thema „Gas“

OPPENWEHE (cb) • Ist man sicher, dass sich an der Stelle Erdgas befindet? Ist ein Gasvorkommen in Moorbereichen wahrscheinlicher? Wird das Gebiet (durch die Bohrungen) instabil? Entstehen dort Arbeitsplätze? Fragen, die den Oppenweher Bürgerinnen und Bürgern auf der Seele brennen, seitdem die Schlagzeile „Erdgas unter Spargelfeldern?“ durch die Medien ging.

Zum Neujahrsempfang begrüßte Diether Meier, Sprecher von „WIR in Oppenwehe“, gestern Mittag in Meier's Deele in Oppenwehe speziell die Vertreter von ExxonMobil Production aus Hannover, Dipl.-Ing. Norbert Stahlhut und Dr. Wolfgang Hansen, Leiter der Seismik Projekte, sowie Bürgermeister Ekkehard Staus. Aktuell habe man das Thema „Gas“ aufgedröhrt, so Meier, um die Bevölkerung...



02.10.2009, 09:56

### Fossile Brennstoffe

### Der Gas-Scheich von Hannover

Niedersächsischer Ministerpräsident Christian Wulff hat allen Grund zum Jubeln. Neue Ölquellen kann sein Land zwar nicht vorweisen – möglicherweise lässt sich aber schon bald ein anderer Rohstoff zu Geld machen.



Der niedersächsische Ministerpräsident Christian Wulff (CDU)

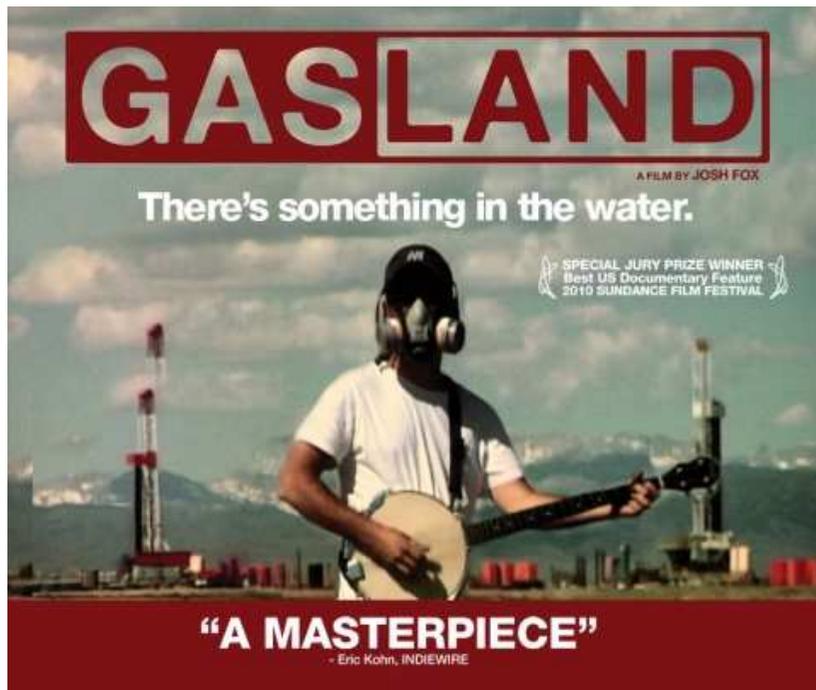
### Konzern investiert 10 Millionen

## Wird auf diesem Acker bald Erdgas gefördert?

Ragen auf diesem Acker bald Bohrtürme in die Höhe?



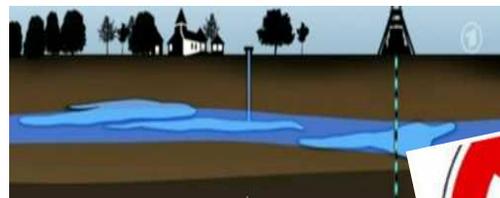
# Neue Situation



Der Film „Gasland“ wird veröffentlicht und verbreitet sich über das Internet über die ganze Welt

Bilder schaffen für die Menschen Tatsachen

Situation erzeugt Angst und generiert Fragen



# Öffentliche Wahrnehmung

SEITE 4 · NEUE PRESSE Serie DONNERSTAG, 28. APRIL 2011 · NR. 10

## Wutbürger gegen Gasbohrungen

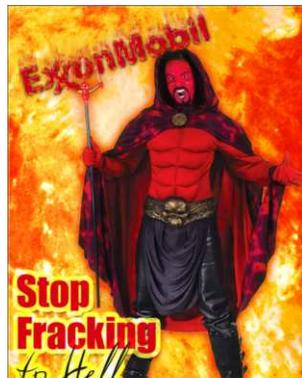
Deutschland vor der Energiewende. Der Ausstieg aus der Atomkraft ist nur möglich, wenn Rohstoffe wie Kohle, Öl und Gas sowie erneuerbare Energiequellen weicher und intensiver genutzt werden. In Teil von über 100-Prozent getriebe sogenannte Fracking eine Methode, bis her unerschlossene Gaskommen zu fördern. Und selbst die Nutzung der Sonnenenergie erfolgt in oft wohnverträglichen Nachbarnschaften stark staatlicher Förderung einen Boom.

### Das „Fracking“: Umweltverschmutzung oder Hoffnung für die Energieversorgung?

VON HEIKO BANGENBERG  
**HANNOVER.** 2011 für viele die Zeit der neuen Bohrtürme an der Gasfelder. In den USA sind es schon längst über 1000. Die Technologie ist mittlerweile so weit verbreitet, dass man sie auch in Deutschland einsetzen kann. Doch die Umweltschützer warnen vor den Risiken dieser Methode. Sie fordern eine strikte Kontrolle der Bohrtürme und eine Begrenzung der Bohrtiefe. Die Umweltschützer fordern eine strikte Kontrolle der Bohrtürme und eine Begrenzung der Bohrtiefe. Die Umweltschützer fordern eine strikte Kontrolle der Bohrtürme und eine Begrenzung der Bohrtiefe.



**Horror nachrichten**  
 Die Bohrtürme sind nicht nur ein Risiko für die Umwelt, sondern auch für die Gesundheit der Menschen. Die Bohrtürme sind nicht nur ein Risiko für die Umwelt, sondern auch für die Gesundheit der Menschen. Die Bohrtürme sind nicht nur ein Risiko für die Umwelt, sondern auch für die Gesundheit der Menschen.



## Protest gegen Gasbohrpläne



Gegen die Absicht des Exxon-Konzerns, im Münsterland Erdgasprobebohrung Bürgerinitiative gegen Gasbohren auch vor dem Kreishaus. Die Gegner befürchten, dass Fracking-Methode einsetzt, bei der giftige Chemikalien ins Erdreich gepresst werden. Foto Hiller

## Angst vor dem Bohrer

Trotz vieler Proteste will Exxon Gasfelder mit der umstrittenen Fracing-Technik erschließen

VON MARGIT KAUTENBURGER  
**Hannover.** Noch steht kein Bohrturm. Das asphaltierte Areal an der Straße zwischen Nöpke und Dülssens steht auf den ersten Blick aus wie ein Parkplatz. Doch auf der planierten Fläche im idyllischen Wasserschutzgebiet Hagen bei Neustadt könnte es schon bald turbulent zugehen. Der amerikanische Öl- und Gaskonzern ExxonMobil vermutet Erdgas im Untergrund und hat hier vorerst, verteuert dies die Sache um weitere 1,5 Millionen Euro. Wir achten also selbst darauf, dass nichts schief geht. Der Anteil an Chemikalien an der Fracing-Flüssigkeit sei mit 0,2 bis fünf Prozent verschwindend gering. Dennoch werde die größte Menge wieder herausgepumpt.

Auf der Suche nach neuen Energiequellen nehmen die Gaskonzerne mittlerweile auch schwer zugängliche Lagerstätten ins Visier. Die Bohrtürme, bislang in den Regionen um Münster, Rotenburg und Gloggenburg-Vechta zu finden, rücken weiter nach Süden vor. Um an das Gas in Schiefer und Kohleflözen heranzukommen, müssen die Unternehmern eine umstrittene Technik anwenden, das Fracing. Alarmiert sind vor allem die Wasserversorger. Da beim Fracing auch Chemikalien in die Untergrund gepresst werden, um die Pflöfwege für das Gas zu öffnen, steht der Wasserverband Garten-Neustadt dem Projekt „Nöpke 1“ skeptisch gegenüber. „Am liebsten wäre es uns, wenn nicht gebohrt würde“, sagt Geschäftsführer Reinhard Nistmeyer.

Strontium aus offenporigem Sandstein das Gas quasi von selbst heraus, muss dichtes Schiefergestein erst durch viele künstlich erzeugte Risse aufgedrückt werden. Beim Fracing presst eine Hochleistungspumpe mehrere Hunderdtonnen Liter eines Gemisches aus Wasser, Sand und Chemikalien in die Tiefe. Unter hohem Druck wird das Gestein auseinandergerissen. Es entstehen Risse (Fracs), einen Zentimeter breit und bis zu 150 Meter lang. Durch diese künstlich geschaffenen Wege kann das Gas dann zum Bohrloch hochströmen. Der Exxon-Ingenieur Dieter Sieber, im Unternehmen nur „Mr. Frac“ genannt, hält die Technologie für ungefährlich. „Fracing ist nichts Neues, schon seit 50 Jahren wird die Technik ange-



# Öffentlicher Informations- und Dialogprozess

Prozessbegleiter: Ruth Hammerbacher und Dr. Christoph Ewen

## Arbeitskreis der gesellschaftlichen Akteure



- Gemeinden
- Anwohnergruppen und Bürgerinitiativen
- Heimatverbände
- Untere Wasser- und Naturschutzbehörden
- Umweltverbände
- Wasserwirtschaft, regional und überregional
- Landwirtschaft
- Tourismus
- Organisationen der Wirtschaft

## Neutraler Expertenkreis



**Geologie/  
Hydrogeologie:**  
*Prof. Dr. Martin Sauter*  
Universität Göttingen



**Wissenschaftliche  
Leitung:  
Gewässerschutz/  
Ökosystemanalyse:**  
*Prof. Dr. Dietrich Borchardt*  
Helmholtz-Zentrum für  
Umweltforschung



**Mehrphasenströmungen  
im Untergrund:**  
*Prof. Dr. Rainer Helmig*  
Universität Stuttgart



**Umweltchemie/  
Trinkwasser:**  
*Prof. Dr. Fritz Frimmel*  
Karlsruher Institut für Technologie



**Toxikologie/Bioanalytische  
Ökotoxikologie:**  
*PD Dr. Rolf Altenburger*  
Helmholtz-Zentrum für  
Umweltforschung



**Risikobewertung und  
Wasserrecht:**  
*Prof. Dr. Alexander  
Roßnagel*  
Universität Kassel



**Humantoxikologie:**  
*Prof. Dr. Ulrich Ewers*  
Institut für Umwelthygiene und  
Umweltmedizin



**Anlagensicherheit:**  
*Dr. Hans-Joachim Uth*  
ehemals Umweltbundesamt



Vorstellung und Diskussion  
der Ergebnisse

Öffentliche Veranstaltungen

**Bürgerinnen und Bürger**

Online-Dialog

# Informations- und Dialogprozess - Abschlusskonferenz 06.11.2012 in Osnabrück



# Transparenz – www.erdgassuche-in-Deutschland.de



### Meinung

## In Worten: Drei Prozent

Ich habe eine Umfrage gemacht. Nicht ganz repräsentativ, nur so unter Freundinnen beim abendlichen ...

29.07.2015 | Ritva Westendorf-Lahouse

### Fracking

Ein seit 1961 erprobtes Verfahren, das in Deutschland bereits rund 300 mal sicher zum Einsatz kam.

### Fracking

Oktober 2013

Erdgas ... spielt für das Gelingen der Energiewende eine entscheidende Rolle: bei der Stromerzeugung ersetzt Erdgas bis zu 50% weniger CO2 als Kohle. Gaskraftwerke sind flexibel und grundlastfähig. Zudem: Fast jeder zweite Haushalt heizt mit Erdgas. Tendenz steigend.

**Erdgas in Zahlen**

- ca. 1 Heikter Fläche wird bei der Erdgasförderung benötigt, um die Energiemenge von ca. 200 großen Windkraftanlagen bereitzustellen. Mittlere Turm Förderabgabe hat die erdgasfördernde Industrie allein in den vergangenen 10 Jahren gezahlt.
- ca. 12 Prozent des deutschen Erdgasbedarfs wird aus heimischen Quellen gedeckt
- ca. 23 Prozent des heimischen Erdgas werden in Niederrhein gebohrt
- > 80 Millionen m³ Norddeutsches Erdgas werden allein in deutschen Schiefergestein vertrieht.

**Fracking**

Erdgas mit in Gesteinsporen in Tiefen zwischen 1.000 und über 5.000 Metern enthalten. Um es zu fördern, ist es häufig erforderlich, dem Erdgas Fließwege innerhalb des Gesteins zu verschaffen. Dazu wird mit Wasserdruck das Gestein kontrolliert aufgedrückt. Sand oder Keramikkugeln halten die Risse offen, damit sie sich nicht schließen, sobald das Wasser wieder abgepumpt wurde.

Chemische Zusätze werden der Flüssigkeit nur in geringen Anteilen (z.T. weniger als 0,2%) beigelegt. z.B. um Rückzug zu vermeiden. ExxonMobil arbeitet zuzunehmend daran, nur noch solche Stoffe einzusetzen, die weder giftig noch umweltgefährlich sind.

ca. 1.000-5.000m

### 10 Fragen und Antworten zum Projekt Böhrener Z11

16. Oktober 2013

1. Die zentrale Studienkommission lässt vermuten, die Fläche von etwa 500 Hektar, die für die Bohrung Böhrener Z11 benötigt wird, ist nicht ausreichend. Wie wird die Fläche für die Bohrung Böhrener Z11 beschaffen?

2. Wie wird die Fläche für die Bohrung Böhrener Z11 beschaffen?

3. Wie wird die Fläche für die Bohrung Böhrener Z11 beschaffen?

4. Wie wird die Fläche für die Bohrung Böhrener Z11 beschaffen?

5. Wie wird die Fläche für die Bohrung Böhrener Z11 beschaffen?

6. Wie wird die Fläche für die Bohrung Böhrener Z11 beschaffen?

7. Wie wird die Fläche für die Bohrung Böhrener Z11 beschaffen?

8. Wie wird die Fläche für die Bohrung Böhrener Z11 beschaffen?

9. Wie wird die Fläche für die Bohrung Böhrener Z11 beschaffen?

10. Wie wird die Fläche für die Bohrung Böhrener Z11 beschaffen?



Region	Produktion	Verbrauch	Überschuss	Import	Export
Deutschland	10.000	10.000	0	0	0
Österreich	1.000	1.000	0	0	0
Polen	1.000	1.000	0	0	0
Ungarn	1.000	1.000	0	0	0
Slowakei	1.000	1.000	0	0	0
Italien	1.000	1.000	0	0	0
Frankreich	1.000	1.000	0	0	0
Belgien	1.000	1.000	0	0	0
Niederlande	1.000	1.000	0	0	0
Dänemark	1.000	1.000	0	0	0
Skandinavien	1.000	1.000	0	0	0
Rest der Welt	1.000	1.000	0	0	0

### Energieprognose Deutschland 2014-2040

### Schwierige Erdgas mit Zukunft

### Wasser 99,8% Chloridchlorid 0,14% 2-Hydroxyethoxyethanol 0,06%

### Fracking in Schiefergestein

### The Outlook for Energy in Germany to 2040

### Energieprognose 2014

Die Energieprognose beschreibt unsere langfristige Einschätzung des deutschen Energiebedarfs bis 2040. Erfahren Sie mehr.

[Broschüren](#)

### Bilder und Grafiken

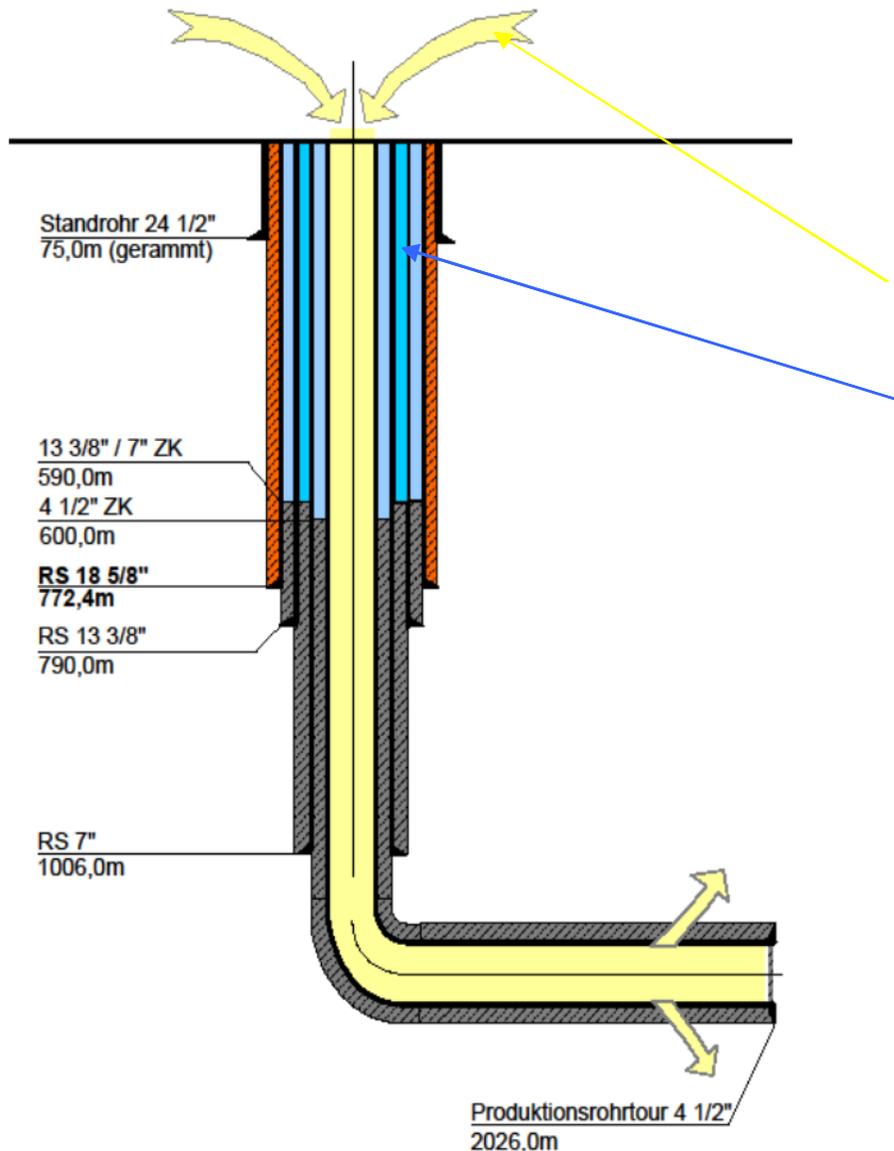
Energie & Erdgas

Technik, Erkundung & Förderung

Sicherheit & Umwelt

Dialog





## Aufzeichnungen, Kontrollen und Sicherheitsvorkehrungen beim Pumpen eines Fracs

Aufzeichnung von allen Drücken, Pumpraten, Dichte, Mengen/Volumina, Stützmittelkonzentration, Chemikalienzusatz, ...

Schutzdrücke auf Ringräumen, Überdruckventile, elektronische Notabschaltungen

50 – 70 Parameter werden aufgezeichnet

jede Sekunde

Durchgehend visuelle Kontrollen von Pumpen und Leitungen

35 – 50 Personen zur Steuerung und Überwachung



St  
75

13  
59  
4  
60

RS  
77

RS  
79

RS  
10

E



# Frac-Additive / Zusammensetzung

## Was sind Frac-Additive?

- Additive für den Transport der Stützmittel (Sand/ Keramik)
  - Gelbildner, Vernetzungsmittel,
  - Tonstabilisator, Reibungsminderer,
  - Temperaturstabilisator,
  - Kettenbrecher, Fasern



## Zusammensetzung der Frac-Flüssigkeiten / Gemische (früher und heute)

- Ca. 85% - 99,8% Wasser und ca. 0,2% - 15% Additive
- Stützmittel: 5% - 30% (Wasser und Additive entsprechend verringert)

## Die Mischungen sind heute:

- **Nicht kennzeichnungspflichtig**
- **Nicht giftig**
- **Nicht umweltgefährlich**
- **Max. schwach wassergefährdend (WGK=1)**



# Technische Anforderungen an Frac-Flüssigkeiten

## **Generell zutreffend:**

- Einstellbare oder definierte Zeit bis zum Crosslink.
- Temperatur bis Eintritt in die Formation liegt bei 40-70°C.
- Gelstabilität (Tragfähigkeit für Stützmittel) muss auch nach Scherbelastung (Perforationsdurchfluß) wieder gegeben sein.

## **Polymer als Reibungsminderer in Schiefergas Fracs**

- Temperaturen bis 100 °C
- Funktionalität für Pumpdauer bis 10 Minuten
- Keine Emulsionsbildung und Zerfall nach Funktionsdauer

## **X-linked Gel / Lineares Gel**

- Temperaturen bis 165 °C
- Viskosität ausreichend für Proppant (Stützmittel)
- Ausreichende Viskosität für Pumpdauer bis 2,5 Stunden
- Nach max. 3-4 h Zerfall/Zersetzung der Vernetzung

# Eingesetzte Inhaltsstoffe in Frac-Flüssigkeiten

66 Chemikalien	
2-Methyl-2H-Isothiazol-3-On (3:1)	C, T, N
Stoddard-Lösungsmittel	Xn
2,2',2''-nitrilotriethanol	Xn
2-Butoxyethanol	Xn, Xi
33%ige Salzsäure	C
5-Chloro-2-Methyl-2H-Isothiazol-3-On	C, T, N
Adipinsäure	Xi
Aliphatische Fettalkoholpolyglycoether (Emulgator)	Xn, Xi
Aluminiumsulfat-hydrat	Xi
Ameisensäure	C
Amphotere Alkylamine	Xi
Anorganische Borate	Xn
Aromatische Kohlenwasserstoffe	Xn, N
Aromatische Ketone	Xn, N, C
Aromatische Aldehyde (Polymerisat)	Xn
Borsäure / (Borat)	T
Calciumchlorid	Xi
Cellulosederivate	
Chlorige Säure / Natriumsalz	Xn, Xi, O
Diammoniumperoxodisulfat	Xn, Xi, O
Diesel	N, Xn
Diethylenglykol	Xn
Essigsäure	C, Xn
Ethanol	F
Ethoxylierte Alkohole linear	Xn, Xi, N
Ethylenglykol-monobutylether	Xn
Formaldehyd	T
Fumarsäure	Xi
Guarmehl	
Hemicellulose	Xn
Hydroxylpropyl Guar	
Isooctanol	Xn, Xi
Kaliumcarbonat	Xi

Kaliumchlorid	
Kaliumjodid	
Kohlendioxid	
Leichte (Erdöl-) Destillate, mit Wasserstoff behandelt,	Xn
Magnesiumchlorid	Xi
Magnesiumnitrat	Xi, O
Mannitol, 1,2,3,4,5,6-Hexanhexol	Xi
Methanol	T, Xn, F
Natriumbromat	Xn, Xi, O
Natriumchlorid	Xn
Natriumhydrogencarbonat	
Natriumhydroxid	C
Natriumlaurylsulfat	Xn
Natriumthiosulfat	Xi
Nonylphenoethoxylat	Xn, Xi
Perfluoro Alkylbetain	
Pflanzenöle	
Polymer (Polyethylenglycol-octyl-phenylether)	Xn, Xi
Polypropylenglykol / Glykoether	Xn
Prop-2-yn-1-ol	T
Propan-1-ol	Xi, F
Propan-2-ol	Xi, F
Salze der aliphatischen Säure	
Salz von Alkylaminen	
Schwefelsäure	Xi
Siliciumdioxid	
Tetraethylenpentamin	Xn, C, N
Tetramethylammoniumchlorid	T, Xi, N
Tetranatriummethylen-diamintetraacetat	Xi
Triethylcitrat	
Zirkonium-2,2',2''-nitrilotrisethanolat	Xi
Zirkondichloridoxid	C
Zitrusterpene	Xn, N

	* Gefahrenbezeichnung
	E explosionsgefährlich
	F+ hochentzündlich
	F leichtentzündlich
	O brandfördernd
	T+ sehr giftig
	T giftig
	Xn gesundheitsschädlich
	C ätzend
	Xi reizend
	N umweltgefährlich

# Giftige Inhaltsstoffe in Frac-Flüssigkeiten

## Priorität 1 bei der Suche nach Ersatzstoffen

Inhaltsstoff(e)	Einstufung der Produktkomponenten nach Gefahrstoffrecht	Funktion	Status
Borsäure / (Borat)	T; R60,61	Vernetzungsmittel	ersetzt
Tetramethylammoniumchlorid	T; R 21, R 25	Ton-Stabilisator	ersetzt
Methanol	T; F; R11-23/24/25-39/23/24/25	Lösungsmittel	ersetzt
5-Chloro-2-Methyl-2H-Isothiazol-3-On	T; R23/24/25 N;R50/53 C;R34 R43	Biozid	gestrichen
2-Methyl-2H-Isothiazol-3-On	T; R23/24/25 N;R50/53 C;R34 R43	Biozid	gestrichen
Prop-2-yn-1-ol	T; R23/24/25, N;R51-53 R10, C;R34	Korrosionsschutzmittel	ersetzt
Formaldehyd	T; R23/24/25 Carc.Cat.3;R40 - C;R34 - R43	Korrosionsschutzmittel	ersetzt

# Umweltgefährliche Inhaltsstoffe in Frac-Flüssigkeiten

**Priorität 2 bei der Suche nach Ersatzstoffen**

Inhaltsstoff(e)	Einstufung der Produktkomponenten nach Gefahrstoffrecht	Funktion	Status
Ethoxylierte Alkohole linear (1)	Xn;R22 N;R51/53- Xi;R36/38 -	Tensid	ersetzt
Zitrusterpene	N, Xn R 10 R38, R43, R65, R50/53 (WGK 3)	"Clean up" Additiv	ersetzt
Diesel	N, Xn R40, R65, R66, R51/53	Transportmittel für Sand	ersetzt
Aromatische Kohlenwasserstoffe	Xn;R65 - N;R51/R53	Korrosionsschutzmittel	ersetzt
Tetraethylenpentamin	Xn, N, C	Stabilisator	ersetzt
Aromatische Ketone	Xn, N, C	Korrosionsschutzmittel	ersetzt

# Umweltgefährliche und giftige Stoffe in Lebensmitteln

Lebensmittel	Einstufung nach Gefahrstoffrecht
Spinat	Nitrit: 33mg tödlich (T,N)
Zimt	Cumarin (T)
Muskatnuss, schwarzer Pfeffer	Safrol (T)
Chilli	Capsaicin (T)
Apfel / Birne	Amygdalin - Blausäure (T,N)
Kräutertee, Honig, Rucula	Pyrrrolizidinalkaloide (T)
Pommes frites, Kartoffelchips	Glycidamid (T)
Rotwein	Histamin (T)
Soja, Tofu	Phytoöstrogene (umstritten)
Kaviar	Borsäure (T)
Kartoffelchips, Kaugummi	Butylhydroxytoluol (Xn, N)



**Alle Dinge sind Gift, und nichts ist ohne Gift; allein die Dosis machts, daß ein Ding kein Gift sei!**

# Frac-Flüssigkeiten / Humantoxikologie

**Vor 2010** eingesetzte Additive: **Ca. 150** (Sicherheitsdatenblatt)

- 30 Stoffe hatten keine Identifizierungsnummer (CAS-Nr.)
- 66 Stoffe hatten keine Angabe der Wassergefährdungsklasse (WGK)
- 23 Stoffe hatten die WGK=2 oder WGK=3
- 13 Stoffe hatten das Gefährlichkeitsmerkmal: giftig / umweltgefährlich

**Ab 2011** eingesetzte Additive: **Ca. 50** (Sicherheitsdatenblatt)

- Alle Stoffe haben eine CAS-Nr., auch Gemische
- Alle Stoffe haben eine Angabe der WGK
- 2 Stoffe haben die WGK=2 oder WGK=3\*
- 1 Stoff hat das Gefährlichkeitsmerkmal: giftig oder umweltgefährlich\*\*

**Ab 2014: Anzahl der Additive auf ca. 30** (Sicherheitsdatenblatt) reduziert

\* Biozid (Isothiazol) / Temperaturstabilisator (Tetraethylenpentamin) / \*\* Vernetzer (Borate)

	* Gefahrenbezeichnung
	E explosionsgefährlich
	F+ hochentzündlich
	F leichtentzündlich
	O brandfördernd
	T+ sehr giftig
	T giftig
	Xn gesundheitsschädlich
	C ätzend
	Xi reizend
	N umweltgefährlich

## Neuerungen auf einen Blick

neue Piktogramme



Totenkopf nur für  
akut giftige Stoffe



neue Kriterien  
zur Einstufung

bisher 15  
Gefährlichkeitsmerkmale



Neues Symbol für u.a.  
CMR-Stoffe und atemwegs-  
sensibilisierende Stoffe

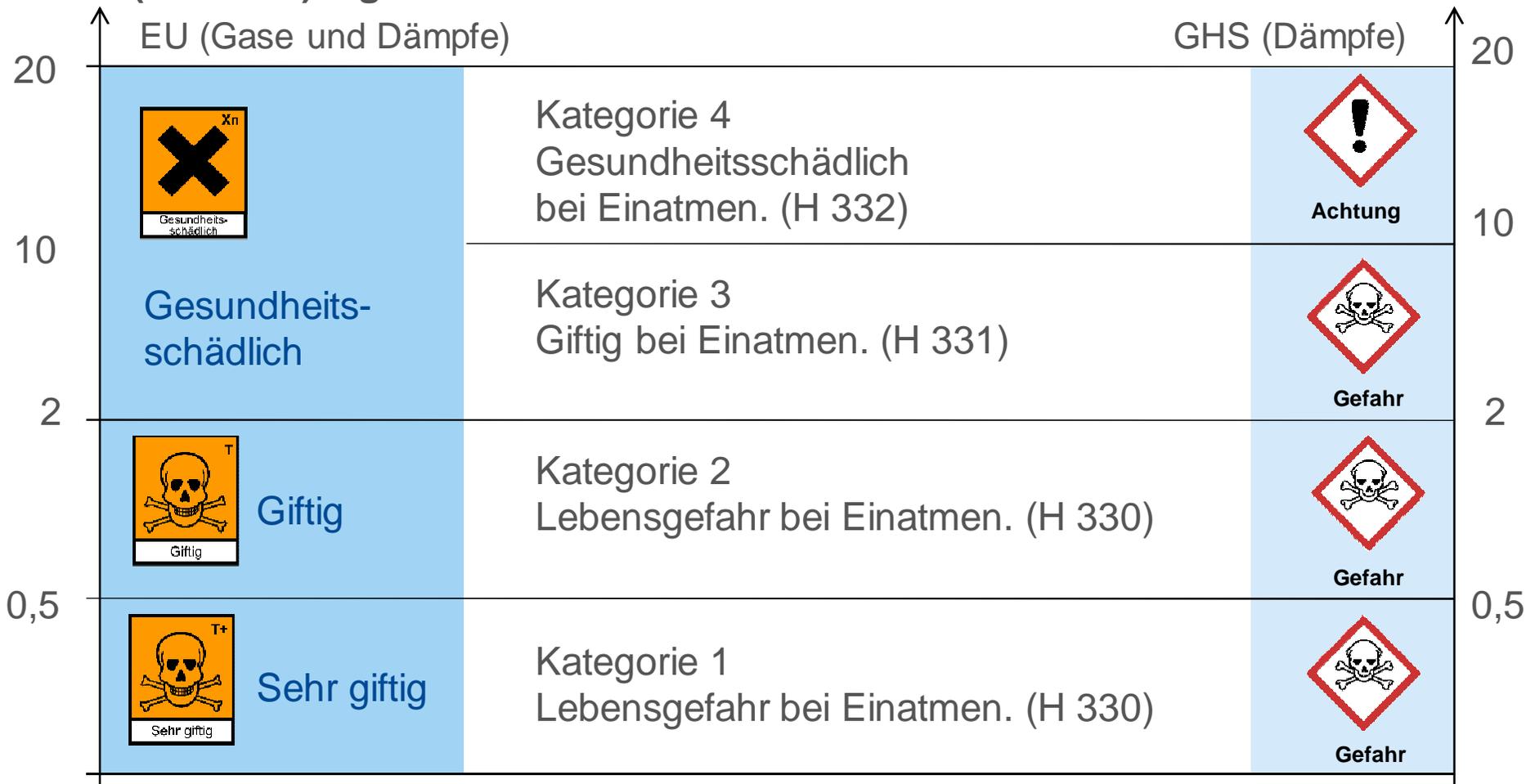
Umstufungen, z. B. mehr giftige  
Stoffe

zukünftig 28 Gefahrenklassen

Verändertes Konzept zur  
Einstufung von Gemischen

# Kriterienverschiebungen bei der Einstufung können zu Umstufungen führen

LC50 (inhalativ) mg/l/ 4 h



# Frac-Flüssigkeiten / Ökotoxikologie

Umweltrelevante Aspekte	Vorgaben / Messungen
GefahrstoffEinstufung	 <b>Nicht</b> giftig
GefahrstoffEinstufung	<b>Nicht</b> umweltgefährlich 
„Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Wasserhaushaltsgesetz über die Einstufung wassergefährdender Stoffe in Wassergefährdungsklassen“	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>NWG</b>- Nicht wassergefährdend</li> <li>• <b>WGK1</b>- schwach wassergefährdend</li> </ul>
Ökotoxikologie Fisch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LC50 oder EC50</li> <li>• NOEC oder EC10</li> </ul> 
Ökotoxikologie Wasserfloh	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EC50</li> <li>• NOEC oder EC10</li> </ul> 
Ökotoxikologie Alge	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EC50</li> <li>• NOEC oder EC10</li> </ul> 
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biologische Abbaubarkeit</li> <li>• Bioakkumulation</li> <li>• Bakterientest</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &gt; 60% in 28 Tagen</li> <li>• Log pow &lt; 4</li> <li>• EC50, NOEC oder EC10</li> </ul>

**Vor 2010** eingesetzte Additive: **Ca. 150**

- 65 Stoffe hatten Angaben zur Fischtoxizität
- 52 Stoffe hatten Angaben zur Daphnientoxizität
- 42 Stoffe hatten Angaben zur Algentoxizität
- Bioakkumulation fehlte
- Biologischer Abbau fehlte
- Bakterientest fehlte

**2014: Ca. 20 Additive**

**Alle relevanten Daten liegen für die geplanten Frac-Additive vor.**

# Einsatz von Frac-Flüssigkeiten in konventionellen und unkonventionellen Lagerstätten

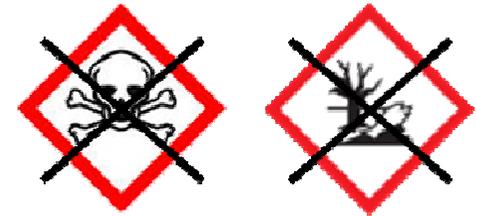
## Allgemeine Grundsätze

- Keine Gefährdung für Mensch und Umwelt durch eingesetzte Frac-Flüssigkeiten
- Offenlegung der verwendeten Additive und der Zusammensetzung der Frac-Flüssigkeiten
- Ständige Überprüfung der eingesetzten Stoffe und Substitution durch umweltverträglichere Stoffe
- Regelmäßige Qualitätsgespräche mit Herstellern / Anwendern (Umweltverträglichkeit der Chemikalien)
- Fachgerechte Entsorgung/ Verpressung der Frac-Rückförderflüssigkeiten (Flow-back)

## Industrieweite Zukunftspläne

### • Einsatz von Additiven für Fracs

- Kein Einsatz giftiger, krebserzeugender, erbgutverändernder und fruchtbarkeitsgefährdender Stoffe
- Kein Einsatz umweltgefährlicher Stoffe
- Kein Einsatz von Stoffen der Wassergefährdungsklasse WGK=3 und WGK=2
- Kein Einsatz von Bakteriziden
- Alle Additive sind biologisch abbaubar
- Es entstehen keine gefährlicheren Abbauprodukte



### • Überwachung / Entsorgung

- Konzept für Grundwasser Monitoring (Brunnen Beprobung vor und nach Fracs)
- Konzept zur Aufbereitung von Frac-Rückförderflüssigkeiten für die Verpressung

# Typische Frac-Flüssigkeit für Sandstein Lagerstätten

**Zusammensetzung der Frac-Flüssigkeit:** 97 - 99% Wasser + 1-3% Additive

**Frac-Gemisch:** Frac-Flüssigkeit + Stützmittel (105 Tonnen): 500 Tonnen

## Bestandteile der Frac-Flüssigkeit:

**Tonnen / Frac**

- Trägerflüssigkeit: Wasser

390

- **9 Additive:**

Tonstabilisator, Reibungsminderer,

5

Temperaturstabilisator, pH-Regulierer, Fasern,

Vernetzungsmittel, Kettenbrecher, Polymere

## Toxikologische Eigenschaften der einzelnen Additive

- **5 Additive:** Keine Gefahrstoffe, WGK=1

- **4 Additive:** Nicht umweltgefährlich, nicht giftig, biologisch leicht abbaubar, WGK=1

## Verwendung:

Futtermittelzusatzstoff, Lösemittel für Farben/Lacke, in Haushaltsreinigern/Backpulver, Konservierungsmittel für Papier/Textilien, Fixiersalz in der Photographie, Bleichmittel

**REACH Registrierung:** Ja

# Typisches Frac-Gemisch für Sandstein Lagerstätten

Geplante Additive bei der Frac-Behandlung Böz11 (Status Juni 2015)					
Beschreibung	Gesamtmasse in kg	Einheit	Inhaltsstoff	CAS -Nr.	Einstufung der Produktkomponenten
<b>Gesamtfluid inkl. Proppants+ Chemikalien</b>	<b>499.775</b>	kg			
<b>Trägerflüssigkeit</b>	<b>390.000</b>	kg	<b>H2O</b>		
<b>Keramische Stützmittel (Proppant)</b>	<b>105.000</b>	kg	<b>Keramische Stoffe (Bauxit)</b>	<b>66402-68-4</b>	<b>Kein Gefahrstoff</b>
<b>Kettenbrecher</b>	<b>105</b>	kg	<b>Diammoniumperoxodisulfat</b>	<b>7727-54-0</b>	<b>Xn; Xi; O</b>
<b>Reibungsminderer</b>	<b>165</b>	kg	<b>Butyldiglykol</b>	<b>112-34-5</b>	<b>Xi; R66</b>
<b>Hochtemperatur Crosslinker / Vernetzer</b>	<b>90</b>	kg	<b>Zirconylchlorid</b>	<b>13520-92-8</b>	<b>Xn; C</b>
<b>PH-Stabilisator</b>	<b>95</b>	kg	<b>Natronlauge</b>	<b>1310-73-2</b>	<b>c; R35</b>
<b>Polymere / Gelbildner / Stabilisatoren / Puffer / Stoffe ohne Gefährlichkeitsmerkmal</b>	<b>4.320</b>	kg	<b>Polysaccharidderivate Synthetisches Polymer Cholinchlorid Nicht kennzeichnungspflichtige Bestandteile</b>	<b>-</b>	<b>Die Produkte sind nach der Richtlinie 1999/45/EG als nicht gefährlich eingestuft</b>
	<b>4.775</b>	kg			

# Typisches Frac-Gemisch für Sandstein Lagerstätten

Geplante Additive bei der Frac-Behandlung BÖZ11 (Status Juni 2015)					
Beschreibung	Gesamtmasse in kg	Einheit	Inhaltsstoff	CAS -Nr.	Einstufung der Produktkomponenten
Gesamtfluid		kg			
Proppants		kg			
Trägerflüssigkeit		kg	H <sub>2</sub> O		
Keramische Proppants		kg	Keramische Stoffe (Sand)	66402-68-4	Kein Gefahrstoff
Kettenbremsmittel		kg	Diammoniumperoxodisulfat	7727-54-0	Xn, Xi, O
Reibungsmittel		kg	Zinkdiphosphat	1310-73-2	Xn, R65
Hochtemp. Crosslinker		kg	Zirconylchlorid	13520-92-8	Xn, C
PH-Stabilisator		kg	Natronlauge	1310-73-2	c, R35
Polymere Stabilisator		kg	Synthetisches Polymer		Die Produkte sind nach der Richtlinie 1999/45/EG als nicht gefährlich eingestuft
Stoßdämpfer		kg	Oxalchlorid		
Gefährliche Bestandteile					
	4.775	kg			

**Das eingesetzte Flüssigkeitsgemisch ist:**

- Nicht giftig
- Nicht umweltgefährlich
- Max. schwach wassergefährdend

# Toxikologische Gesamtbewertung der neuen Frac-Flüssigkeit für Sandstein Lagerstätten

## Ökotoxikologie

- Die Frac-Flüssigkeit hat im aquatischen Systemen im untersuchten Konzentrationsbereich bis 50.000 mg/L keine schädigende Wirkung auf die eingesetzten Testorganismen Grünalgen (OECD 201), Daphnien (OECD 202), Leuchtbakterien (DIN 38412) und Fischeier (DIN 37415).

## Umweltrelevanz

- Die Frac-Flüssigkeit ist unter oxidativen Bedingungen leicht biologisch abbaubar, nach 28 Tagen waren 99 % umgesetzt.
- Nach OECD-Methode Nr. 177 ist eine Bioakkumulation nicht zu erwarten.

## Umweltauswirkung nach einer simulierten Frac-Maßnahme (Autoklav-Versuch)

- Auch nach einer simulierten Frac-Maßnahme bleibt die Bewertung als „nicht schädlich für Wasserorganismen“ bestehen.
- Die in Worst-Case-Szenarien zu betrachtende Freisetzung von Frac-Flüssigkeit führt, aufgrund der biologischen Abbaubarkeit, nicht zu einer Persistenz.

## Auswirkungen auf Mikroorganismen unter Lagerstätten-Bedingungen

- Die obere Temperaturgrenze für mikrobielles Leben (Reinkulturen): 113°C und 121°C (entspricht einer Tiefe >3700m)
- Die eingebrachten Mikroorganismen wurden nach 48 Stunden vollständig inaktiviert und abgetötet.
- Die molekulargenetischen Signale, verringerten sich unter simulierten Lagerstättenbedingungen signifikant um über 99,8 %.

# Typische Frac-Flüssigkeit für Schiefergas Lagerstätten

**Zusammensetzung der Frac-Flüssigkeit:** 99,8% Wasser + 0,2% Additive

**Frac-Gemisch:** Frac-Flüssigkeit + Stützmittel (160Tonnen) = 2565 Tonnen

<b>Bestandteile der Frac-Flüssigkeit (Sicherheitsdatenblatt)</b>	<b>Tonnen / Frac</b>
- Trägerflüssigkeit: Wasser	2 400
- <b>2 Additive:</b> Tonstabilisator (Cholinchlorid),Reibungsminderer (Butyldiglycol)	5

## **Toxikologische Eigenschaften der einzelnen Additive (1 Additiv ist kein Gefahrstoff)**

- **1 Additiv:** Kein Gefahrstoff, WGK=1
- **1 Additiv:** Nicht umweltgefährlich, nicht giftig, nicht gesundheitsschädlich, leicht biologisch abbaubar, WGK=1

## **Verwendung:**

Futtermittelzusatzstoff, Zusatzstoff in Kulturmedien für Pflanzen, Lösemittel für Farben/Lacke, in Haushaltsreinigern/Kühlsystemen, als Konservierungsmittel für Papier/Textilien

**REACH Registrierung:** Ja

# Typisches Frac-Gemisch für Schiefergas Lagerstätten

Eingesetzte Materialien bei Schiefergas Frac-Behandlungen					
Beschreibung	Teilmenge	Einheit	Inhaltsstoff(e)	CAS -Nr.	Einstufung der Produktkomponenten nach Chemikalienrecht
Wasser	2.400.000	kg	H2O		
Keramische Stützmittel (Proppant) 40/70 mesh und 100 mesh	162.000	kg	Keramische Stoffe (Bauxit)	66402-68-4	Das Produkt ist nach der Richtlinie 1999/45/EG als nicht gefährlich eingestuft
Tonstabilisator	3.400	kg	<b>Cholinchlorid</b>	67-48-1	
Reibungsminderer	1.500	kg	<b>2-(2-Butoxyethoxy)ethanol</b>	112-34-5	Xi, R36

Zusammensetzung der Frack-Mischung für Schiefergas				
Gesamtmasse d. Flüssigkeit	2.404.900	kg	100,00	%
Frischwasser	2.400.000	kg	99,80	%
Chemikalien	4.900	kg	0,20	%
Nicht gefährliche Chemikalien	3.400	kg	0,14	%
Gefährliche Chemikalien (reizend)	1.500	kg	0,06	%
Giftige Chemikalien	0	kg	0,00	%
Gesundheitsschädliche Chemikalien	0	kg	0,00	%
Umweltgefährliche Chemikalien	0	kg	0,00	%

# Typisches Frac-Gemisch für Schiefergas Lagerstätten

Eingesetzte Materialien bei Schiefergas Frac-Behandlungen				
	Einheit	Inhaltsstoff(e)	CAS -Nr.	Einstufung der Produktkomponenten nach Chemikalienrecht
	kg	H <sub>2</sub> O		
Keram (Pro	kg	Keramische Stoffe (Bauxit)	68402-68-4	Das Produkt ist nach der Richtlinie 1999/45/EG als nicht gefährlich eingestuft
	kg	Cholindioxid	67-48-1	
R	kg			
	kg			
Gesa	2.400 (inkl.)			
Frisch	4.900			
Chem	3.400			
Nicht	1.500			
Gefäh.	0			
Giftige Chemikalien	0			
Gesundheitsschädliche Chemikalien	0			
Umweltgefährliche Chemikalien	0			

**Das eingesetzte Flüssigkeitsgemisch ist:**

- Nicht giftig
- Nicht umweltgefährlich
- Nicht gesundheitsschädlich
- Nicht wassergefährdend

# Mikrobiologische Risikobewertung von Schiefergas Frac-Flüssigkeiten

## Mikrobiologie in Gesteinsformation

- In Posidonienschiefer ist der Transport von Mikroorganismen nahezu ausgeschlossen.

## Ökotoxikologie

- Die Frac-Flüssigkeit hat in aquatischen System keine nachweisbare toxische Wirkung auf Grünalgen (OECD 201), Leuchtbakterien (DIN 38412), Daphnien (OECD 202) und Fischeiern (DIN 38415).

## Umweltrelevanz

- Das Frac-Flüssigkeit ist „leicht biologisch abbaubar“
- Nach OECD-Methode Nr. 177 ist eine Bioakkumulation nicht zu erwarten.

## Umweltauswirkung nach einer simulierten Frac-Maßnahme (Autoklav-Versuch)

- Bei keiner Analyse konnte eine toxische Wirkung auf die Testorganismen festgestellt werden.
- Keine Veränderung der Gaszusammensetzung nach Versuchsende
- Kein Abbau von Cholinchlorid, Konzentration bleibt gleich
- Kein Abbau von Butyldiglycol, jedoch Absorption an Gesteinsmatrix

## Mikrobiologische Ergebnisse

- In Hochdruckversuchen bei 50 °C / 100 bar verringerte sich der Gehalt vermehrungsfähiger Zellen um 99,9 %.
- Ein Überleben allochthoner Mikroorganismen unter günstigen Formationsbedingungen kann nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden.
- Keine Zunahme der Toxizität nach Autoklaven-Versuchen

# Kernaussagen für Schiefergas

## Neue Frac-Fluide

- Die Frac-Mischung enthält eine sehr geringe Konzentration an Additiven (0,2 statt 2-3%)
- Es werden nur noch 2 statt 7 Wirkstoffe benötigt: Tonstabilisator und Reibungsminderer
- Die Mischung ist nicht wassergefährdend

## Wassermanagement

- Im Posidonienschiefer gibt es kaum Lagerstättenwasser, nur Kondenswasser
- Das Flowback wird nahezu vollständig wiederverwendet, es erfolgt keine Verpressung

## Raumwirkung / Umwelt

- Die Größe des Bohrplatzes entspricht der Größe der heutigen Plätze
- Durch die Nutzung der Cluster-Technik wird es weniger Bohrplätze in gleicher Fläche geben

## Neues Bohranlagenkonzept / Technik

- Die Bohranlagen werden deutlich kleiner und leiser sein (Einhausung)
- Die neuen Anlagen werden mit einem elektrischen- statt Dieselantrieb versehen
- Das Frac-Verfahren ist identisch (Hydraulische Stimulation und Sand-Transport unter Verwendung von Additiven zur Offenhaltung der erzeugten Risse)

## Seismizität / Dichtheit des Deckgebirges

- Die beim Frac verwendeten Risse sind deutlich kleiner, die notwendigen Drücke ähnlich
- Die geologischen Barrieren sind bezüglich der Dichtheit identisch

## Oberirdische Risiken

- Auf dem Bohrplatz werden deutlich weniger Gefahrstoffe (1-2) gelagert und verwendet
- Bei einer Leckage gelangt nur eine nicht wassergefährdende Mischung in die Umwelt

# Aktuelle Studien / Gutachten



## Übereinstimmendes Ergebnis aller fünf Studien:

- kein Fracking Verbot, Ausschlussgebiete definiert
- schrittweises Vorgehen unter wissenschaftlicher Begleitung
- Erkundungsbohrungen fortführen
- Neubewertung der Risiken nach verbesserter Datenlage

## Ergänzung fehlender Daten:

- Anlagensicherheit, Bohrungsintegrität,
- Monitoring, Frac Additive, Frac Modell
- Wassermanagement, Disposal, Diffuses Methan

## Gemeinsame Forderung:

Pilotprojekte unter wissenschaftlicher Begleitung

# Erdgasproduktion in Deutschland

