


 TECHNISCHE UNIVERSITÄT  
 BERGAKADEMIE FREIBERG  
 Die Ressourcenuniversität. Seit 1765.



## Energiesicherheit: Fracking als Chance? Erkennung und Aufschluss unkonventioneller Erdgaslagerstätten



Prof. Mohammed Amro  
 Professur Geoströmungs-, Förder- und Speichertechnik  
 Institut für Bohrtechnik und Fluidbergbau

Halle (Saale) März 2014



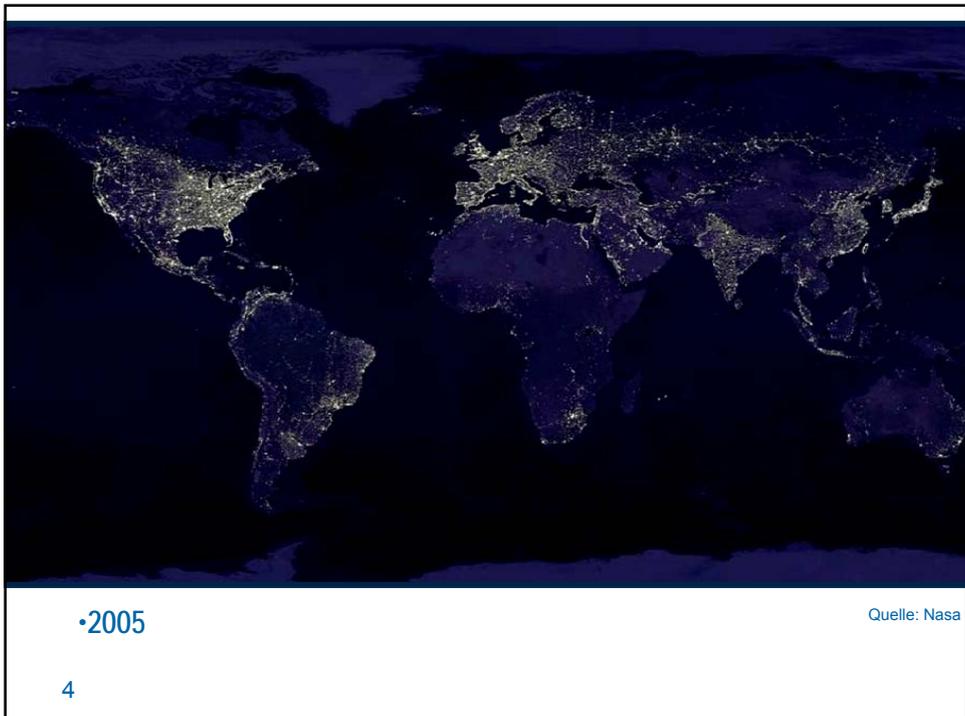
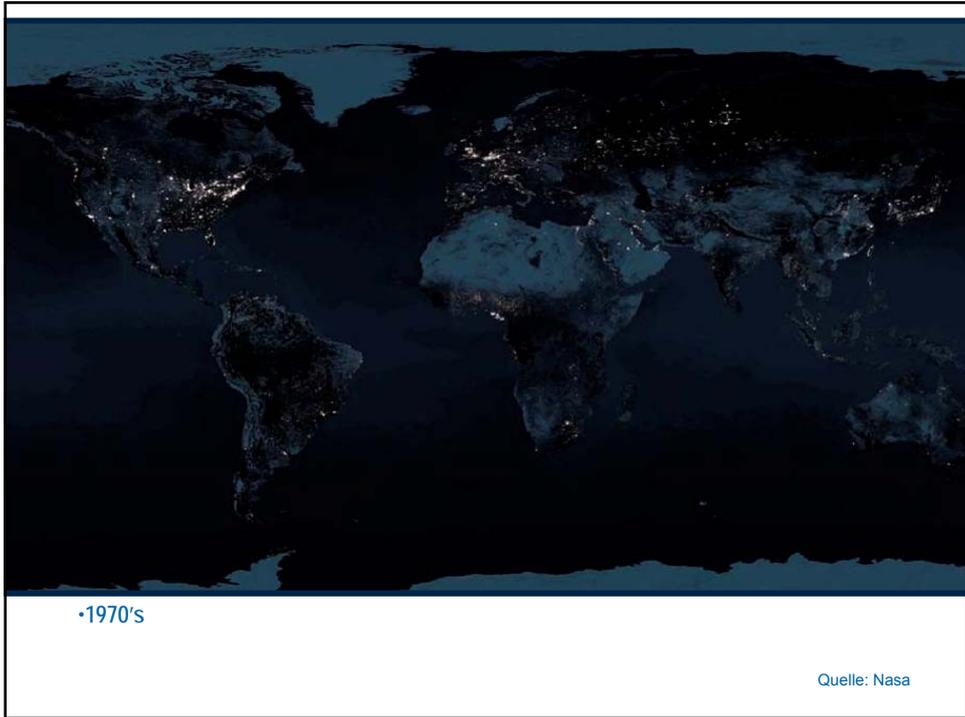
## Lehrangebote am Institute für Bohrtechnik und Fluidbergbau





- ↳ **Lehrstuhl Bohrtechnik, Spezialtiefbauausrüstungen  
und Bergbaumaschinen**
- ↳ **Lehrstuhl Geoströmungs-, Förder- und Speichertechnik**
- ↳ **Lehrstuhl Boden – und Gewässerschutz**

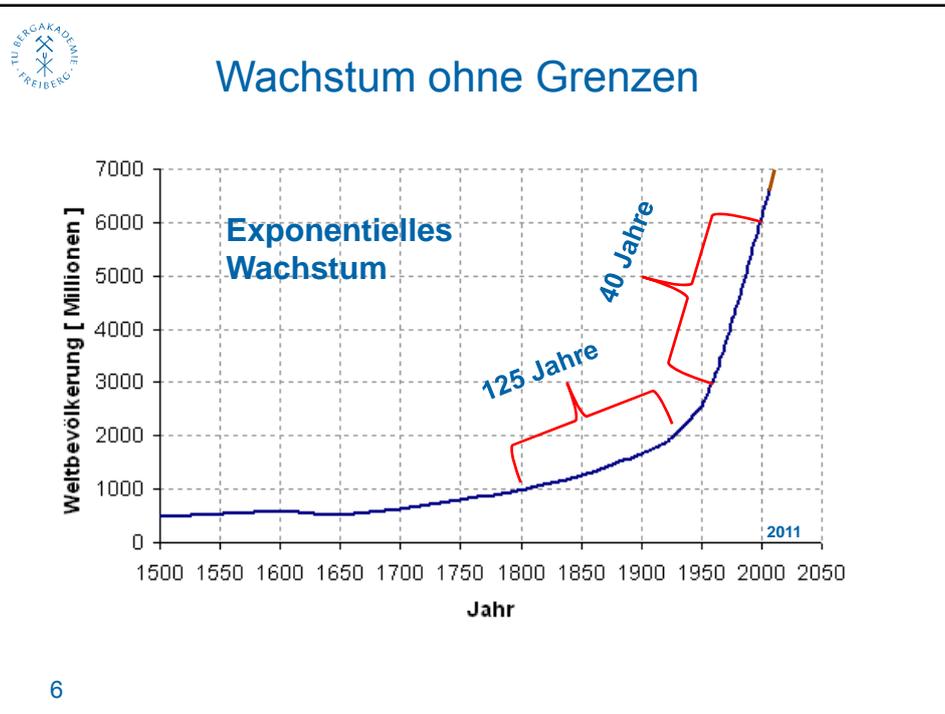
2



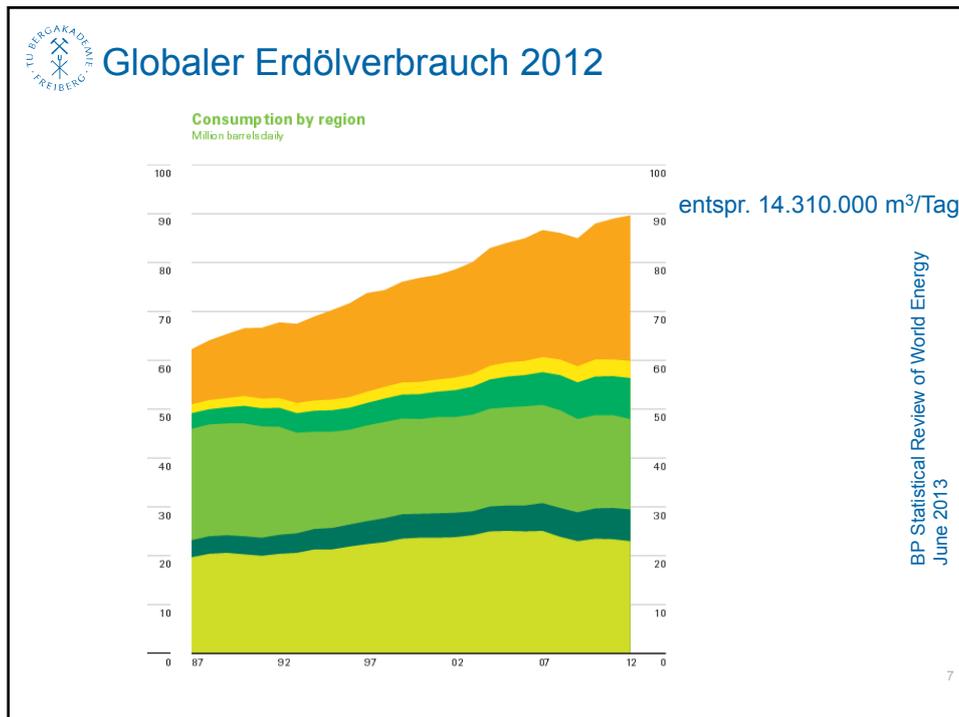


Europa 2010 bei Nacht

5



6



**Gliederung**

**Einleitung**

**Unkonventionelle Lagerstätten**

- Definition
- Typen
- Notwendigkeit (Bedarf)
- Verfügbarkeit

**Erschließung von UK-Lagerstätten**

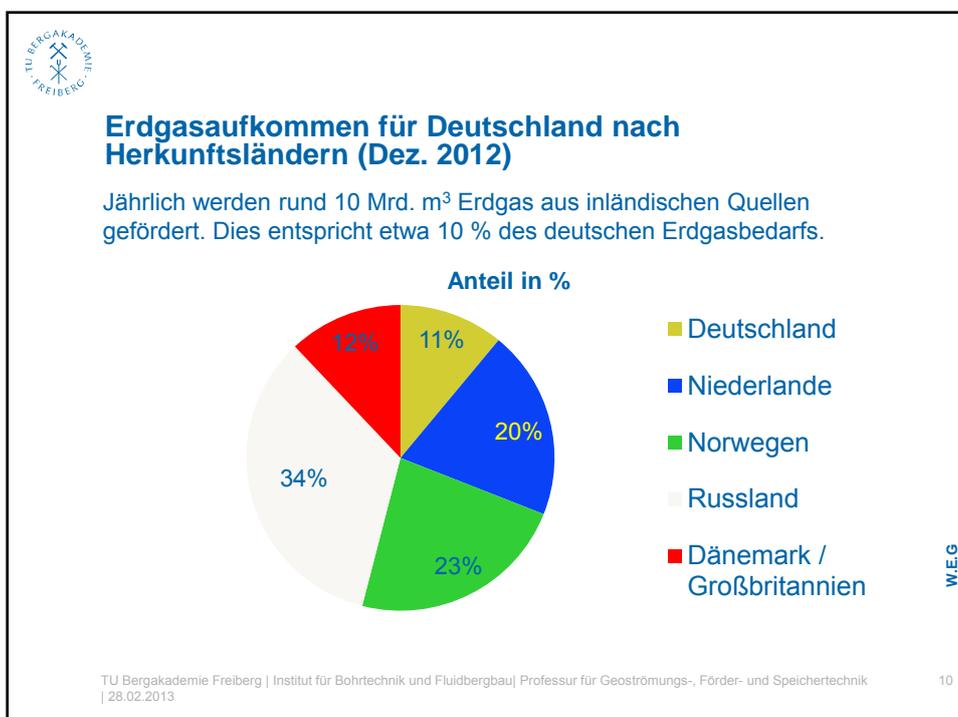
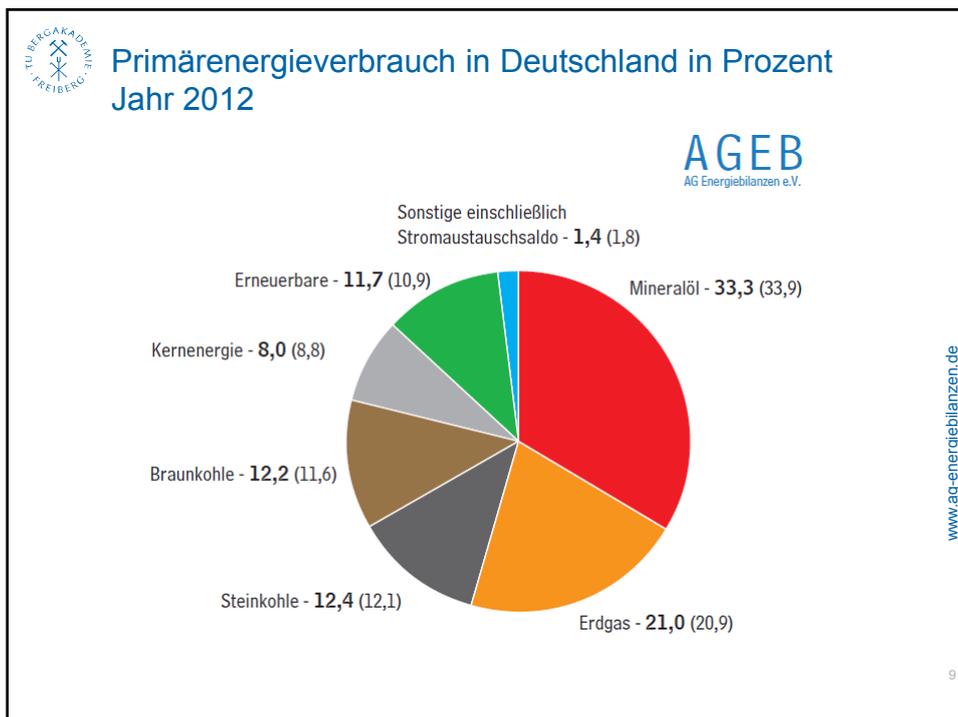
**Herausforderungen**

**Maßnahmen zur sicheren Anwendung**

**Zusammenfassung**

TU Bergakademie Freiberg | Institut für Bohrtechnik und Fluidbergbau | Professur für Geoströmungs-, Förder- und Speichertechnik  
| 21. März 2013

8





## Erdgaslagerstätten in Deutschland

- die deutschen Erdgas-/Erdölfelder sind im internationalen Vergleich **klein**,
- die Erdgaslagerstätten zeichnen sich durch eine **komplexe Geologie** aus,
- sind **tief (bis 5000m)**, stehen unter hohem Druck (bis **650 bar**), haben eine hohe Lagerstättentemperatur (bis **150° C**),
- ca. 50% der Erdgasreserven sind **Sauergas (bis 30% H<sub>2</sub>S)**

11



## Erdgaslagerstätten in Deutschland

- In Deutschland deckt das heimliches **Erdgas ca. 10 % des Eigenbedarfs (Tendenz stark fallend)**
- Die bestehenden Reserven sind zu ca. 80% unkonventionell (**Tight gas, Schiefergas, Kohleflötzgas**)
- Um das Gas aus diesen Lagerstätten zu produzieren, muss man **Stimulationsverfahren** einsetzen.
- Die Nutzung dieser Lagerstätten eröffnen gute Chancen beim Streben nach sauberen Energien bei **gleichzeitiger Unabhängigkeit** von Importen
- **Umweltauswirkungen** müssen noch aufgeklärt werden
- **Öffentlichkeitsarbeit und Bevölkerungsakzeptanz** sind Voraussetzung für die Erschließung

Freiberger Kolloquium Winter/Frühling 2013

12



## Entstehung von KW- Lagerstätten

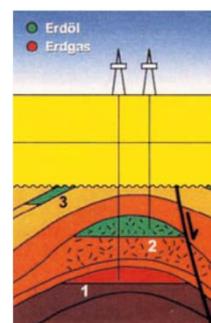
Freiberger Kolloquium Winter/Frühling 2013

13



## Entstehung von KW-Lagerstätten

1. **Muttergestein** (meistens Tonschiefer)
2. **Reifung und Umwandlung** von organischem Material
3. **Migration** und Akkumulation.
4. **Speichergesteine** sie müssen speicherfähig sein, d.h. **porös und genügen hohe Durchlässigkeit** besitzen.
5. **Fangstruktur mit Abdeckung-Cap rock.**
6. **Exploration (Nachweis von Strukturen)**



- 1- Unter einer Aufwölbung (Antiklinale),  
2- In einem Korallenriff,  
3- Unter übergreifenden Schichten (Diskordanz)

14



## Seismische Messungen



"Vibro-Trucks" erzeugen Vibrationen und messen mit Geophonen die Reflexionen von Schallwellen.

<http://www.satimgingcorp.com/>

Freiberger Kolloquium Winter/Frühling 2013

15



## Seismische Messungen



<http://www.epmag.com>



<http://www.wintershall.de>

Freiberger Kolloquium Winter/Frühling 2013

16



## Seismische Messungen



**Vibratoren: Wenn nicht gesprengt werden kann, kommen die schweren Geräte zum Einsatz.**

Seismischer Vibrator: Die 22 Tonnen schweren Fahrzeuge versetzen den Boden alle paar Meter mit einer massiven rechteckigen Rüttelplatte in Schwingungen.

17

Spiegel online



[www.liag-hannover.de](http://www.liag-hannover.de)

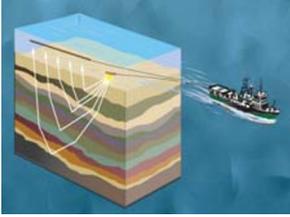


[www.dmt.de](http://www.dmt.de)

Freiberger Kolloquium Winter/Frühling 2013

18

TU BERGAKADEMIE  
FREIBERG






[www.geophysik-igs.com](http://www.geophysik-igs.com)

Freiberger Kolloquium Winter/Frühling 2013

19

TU BERGAKADEMIE  
FREIBERG

## Erkundung und Aufsuchung von Trägerstrukturen

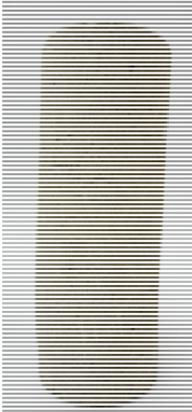
**Teilschritte:**

1. Geologische Erkundung von KW-höffiger Schicht
2. Geophysikalische Messungen: Reflexionsseismik ; erste Vorstellungen über Schichtabfolge, Struktur, Mächtigkeit, Teufenlage der möglichen Lagerstätte
3. Zur Feststellung der Schichtabfolge werden erste **Aufschlußbohrungen** angesetzt.
4. **Während des Bohrens werden bestimmte Untersuchungen** durchgeführt, um Teufenlage, Mächtigkeit zu bestätigen oder korrigieren.
5. Wenn die Lagerstätten angebohrt wird, werden sedimentologische und **petrophysikalische** Auswertungen vorgenommen (**Bohrlochmessungen und Gesteinestest**)
6. **Gewinnung von Kernmaterial**
7. Basierend auf diesen Untersuchungen wird die Lagerstätte als **konventionell bzw. unkonventionell** bezeichnet.

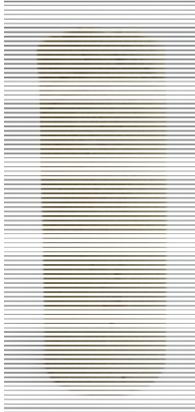
Freiberger Kolloquium Winter/Frühling 2013

20

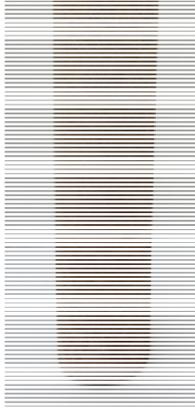

**Kernmaterial**



Karbonatgestein



Sandstein

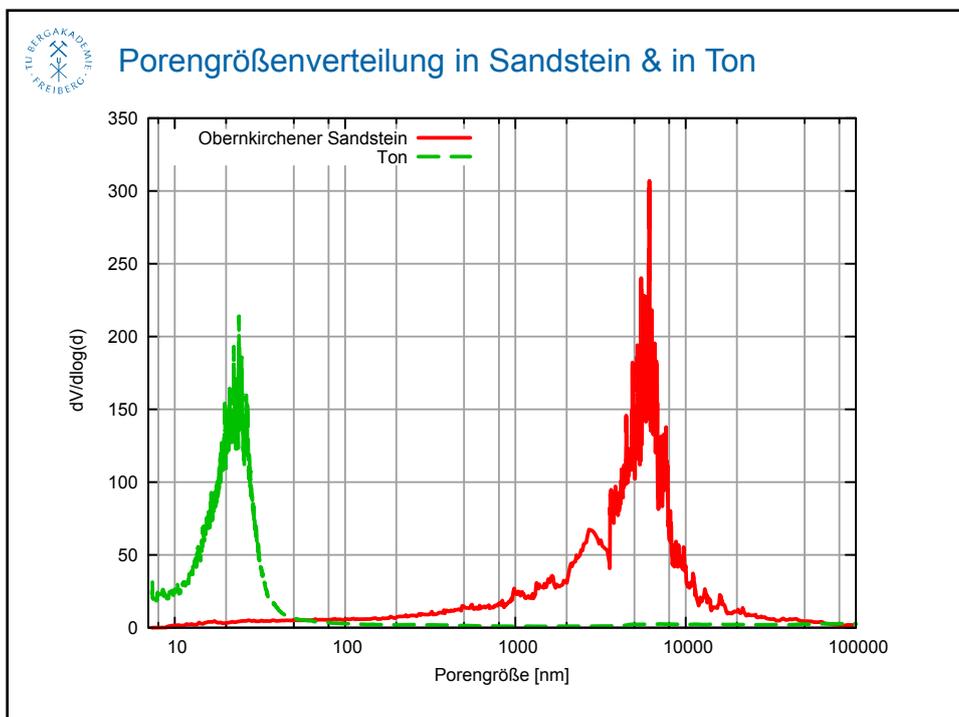


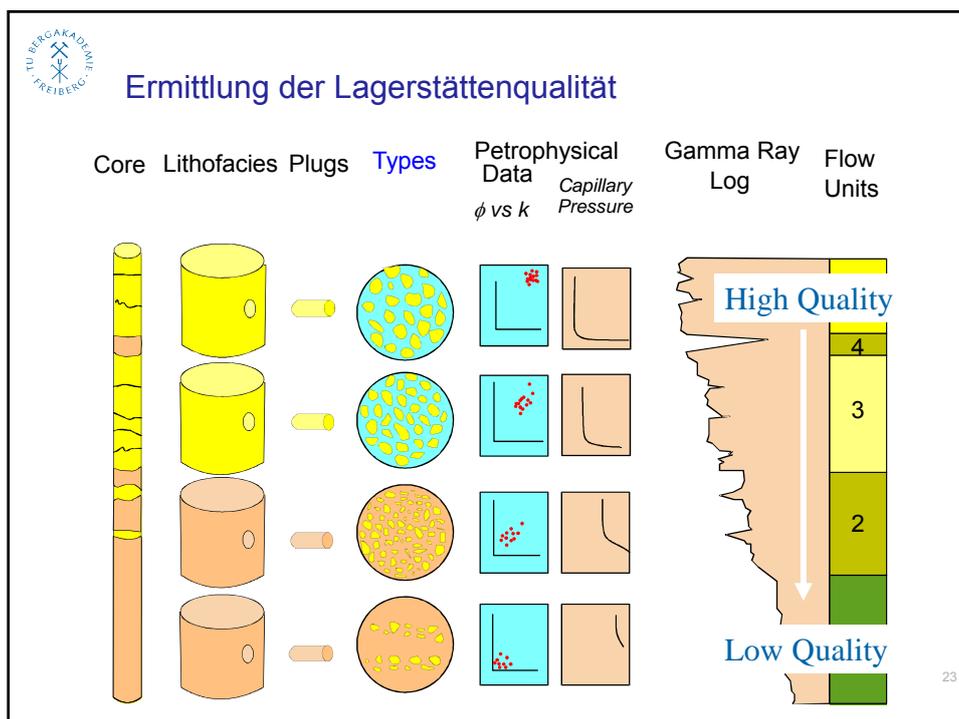
Sandstein



Schieferstein

Freiberger Kolloquium Winter/Frühling 2013 21





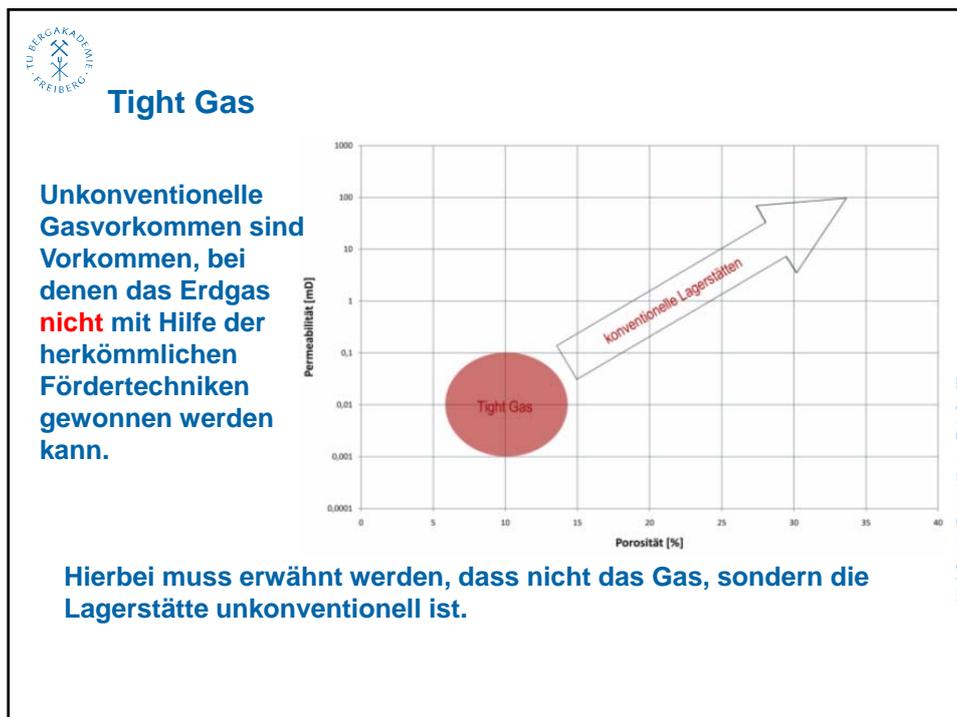
**Toleranzwerte (gelten nicht mehr!!!)**

	Erdöllagerstätten	Erdgaslagerstätten
Porosität, %	10	5
Permeabilität, mD	1	0,1
Wassersättigung, %	45	75
Tongehalt, %	15	-

Wenn diese Werte in einer Lagerstätte vorkamen, wurden die Bohrungen **aus Mangel an Abbautechnologie** verfüllt.

24

Freiberger Kolloquium Winter/Frühling 2013



TU BERGAKADEMIE  
FREIBERG

## Unkonventionelle Erdgaslagerstätten

Man unterscheidet zwischen:

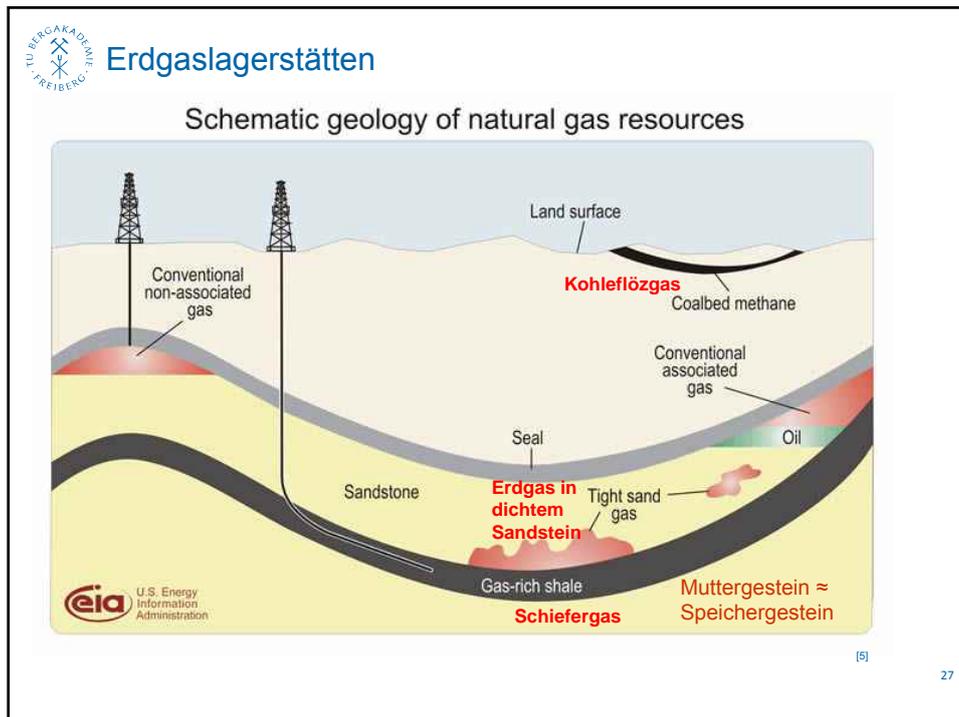
- **Shale Gas (Schiefergas)** – im Muttergestein (Tonschiefer) verblieben und nicht in eine Gasfalle migriert ist, da das Gestein zu dicht war.
- **Coalbed Methane (CBM bzw. Grubengas)**  
ist Gas, das unter Druck in den Gesteinsporen eines Kohleflözes lagert
- **Tight Gas (Gas in dichtem Gestein)**  
ist Gas in den Poren eines wenig durchlässigen Gesteins.

=> Alle drei Feldtypen haben im Prinzip ähnliche **Fördertechniken**, das sog. „**fracking**“, „**hydrofracking**“ oder „**hydraulic fracturing**“

Zitiert - Unkonventionelles Erdgas - ein Game Changer mit Fragezeichen

26

Freiberger Kolloquium Winter/Frühling 2013

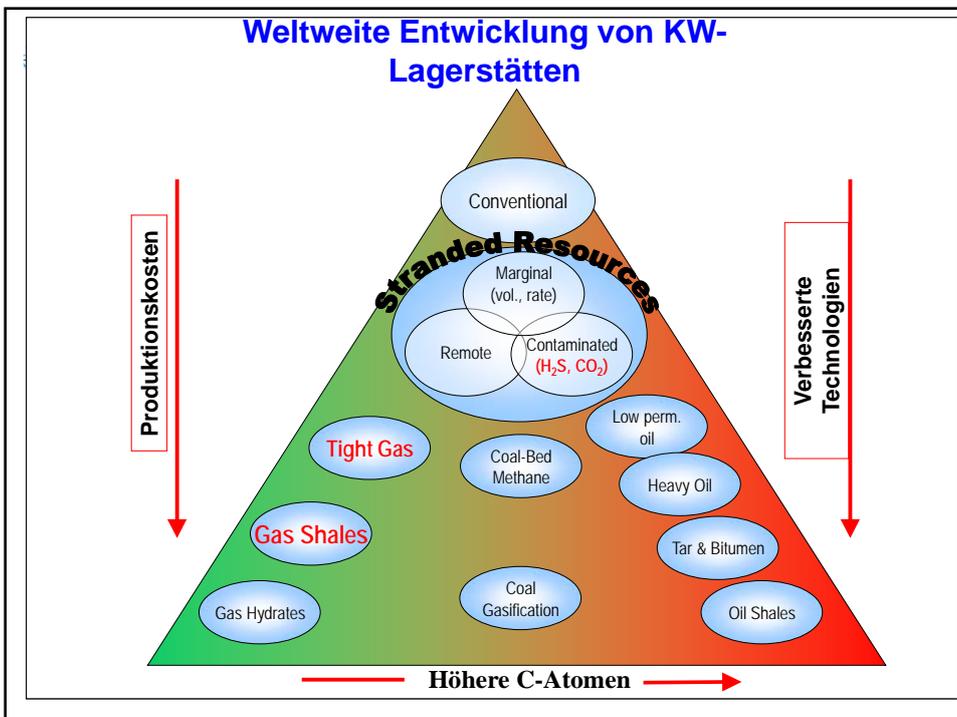
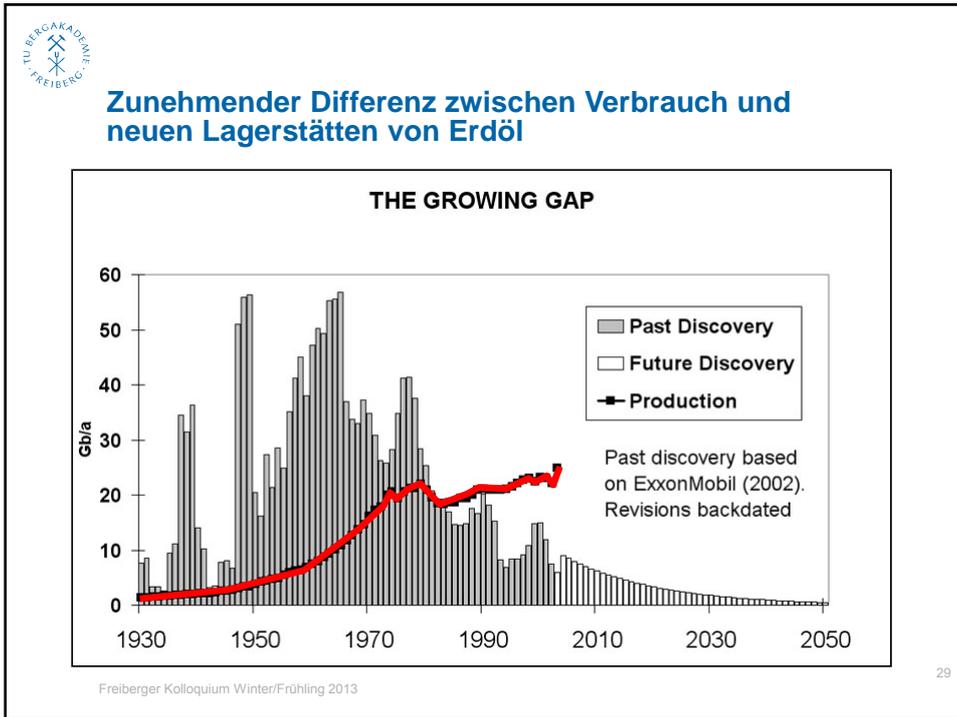


**Warum unkonventionelle Lagerstätten?**

- Die **konventionellen** Lagerstätten werden immer selten und neue Lagerstätten zeichnen sich durch eine **komplexe Geologie** aus und sind in der Regel **klein**
- **technologische Fortschritte** und **hohe Energiepreise** machen unkonventionelle Lagerstätten wirtschaftlich zunehmend attraktiver
- **steigender Gasverbrauch** weltweit (2,2 % in 2012)
- **sinkende Reserven** (Verbrauch > Neue Lagerstätten)
- **moderne Sensorik für das Monitoring im Untergrund**
- **Erdgas** ist ein zuverlässiger und umweltverträglicher Energieträger
- **geringer Aufwand** bei Aufbereitung / Transport und Speicherung

Freiberger Kolloquium Winter/Frühling 2013

28





## Verfügbarkeit von Schiefergas

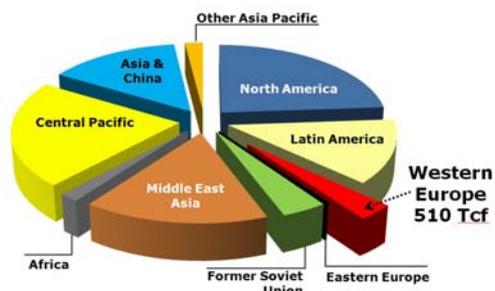
Freiberger Kolloquium Winter/Frühling 2013

31

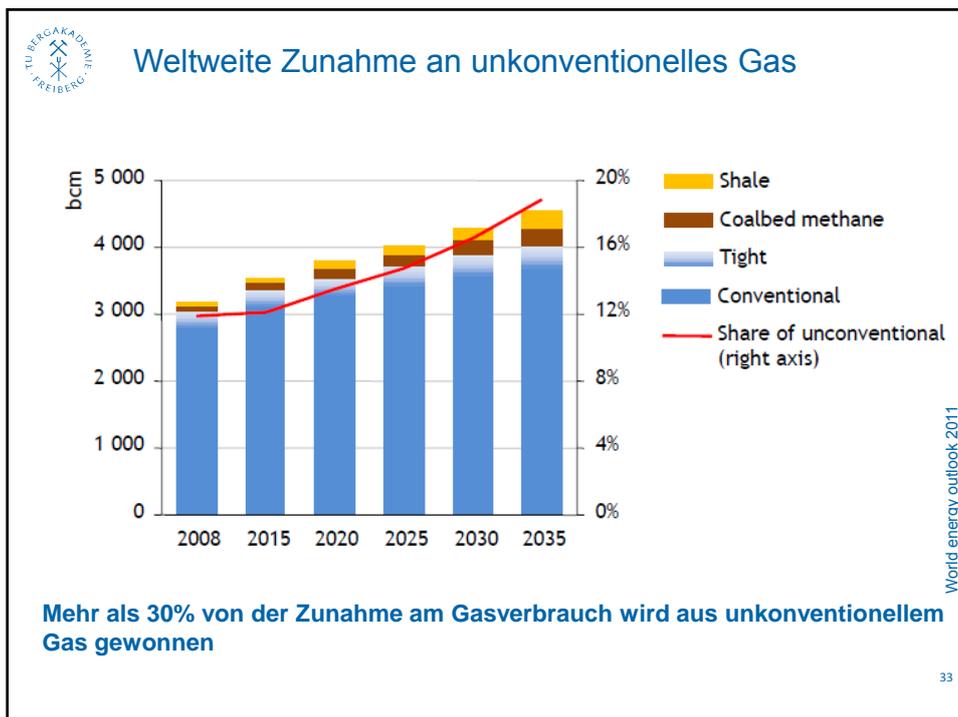
# Shale Gas

An unconventional gas resource

Worldwide shale gas resources:  
16,112 Tcf



Andreas N. Küppers, GFZ, Potsdam





## Verfügbarkeit von Schiefergas in Deutschland



Tabelle 2-1: Eingangsparameter für die Berechnung des Schiefergaspotenzials des Unterkarbon in Deutschland.

Fläche (km <sup>2</sup> )		Tiefe (m)		Mächtigkeit (m)		C <sub>org</sub> (%)		Porosität (%)	
Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
2727	6286	1050	5000	30	340	2,0	2,3	3	10

BGR, 2012

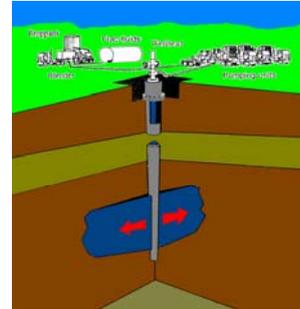


## Erschließung von unkonventionellen LS (Fracking)



## Frac-Durchführung

- Öffnen von Klüften durch hydraulisch injizierten Druck
- Klüfte werden durch ein Stützmittel offen gehalten
- der künstlich aufgebraachte Druck muss größer als der Gebirgsdruck sein



- Fracking wird bei Vertikal- u. Horizontalbohrungen eingesetzt
- Ziel des Frackes:
  - Steigerung der Produktivität der Lagerstätte
  - Formationsschädigung beseitigen

37



## Fracking

- Fracking wird **seit 1948** in Ölbohrungen praktiziert
- Hat sich wissenschaftlich-technisch zu einer **Standardtechnologie** beim Tiefbohren entwickelt.
- Weltweit wurden bisher über **eine Million Frac-Behandlungen** in Öl- oder Gasbohrungen durchgeführt,
- davon in **Deutschland etwa 500, ca. 200** in den östlichen Bundesländern
- in den **USA** zählt man heute etwa **20.000 Frac-Behandlungen jährlich**.

Freiberger Kolloquium Winter/Frühling 2013

38

TU BERGAKADEMIE FREIBERG

Stimulation von unkonventionellen Lagerstätten

### Erschließung von unkonventionellen LS

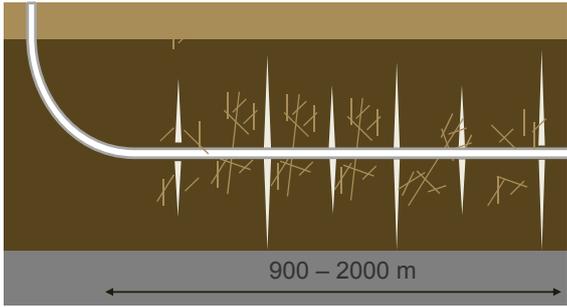
Die wirtschaftliche Erschließung unkonventioneller LS erfolgt durch:

- **Horizontale Bohrungen**
- **Mehrstufige Fracking**

**Zahlen:**

Fracs pro Bohrung (Stage): 6 – 12 (24)  
 Abstand zwischen den Stages: 75 – 250 m  
 Frac-Halblänge: 30 – 120 m (400 m)  
 Wasserbedarf pro Stage: 750 – 2250 m<sup>3</sup>  
 Abstände zwischen Bohrungen: 150 – 500 m  
 Bohrungen pro Bohrplatz: 12 - 18

*Die Zahlen basieren auf Daten von unkonventionellen Lagerstätten in den USA*



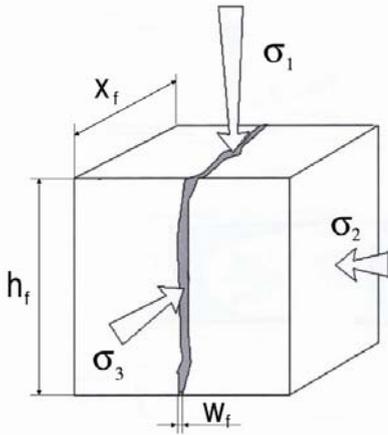
900 – 2000 m

Die Art der Erschließung bestimmt letztendlich die Formation!

TU Bergakademie Freiberg | Institut für Bohrtechnik und Fluidbergbau | Professur für Geoströmungstechnik | Agricolastrasse 22 | Telefonnummer: 03731 / 39-2493 | www.tu-freiberg.de | Vortragender: Prof. Amro | 02.01.2012 39

TU BERGAKADEMIE FREIBERG

Stimulation von unkonventionellen Lagerstätten



$\sigma_z = \sigma_I$

$\sigma_x = \sigma_{II}$

$\sigma_y = \sigma_{III}$

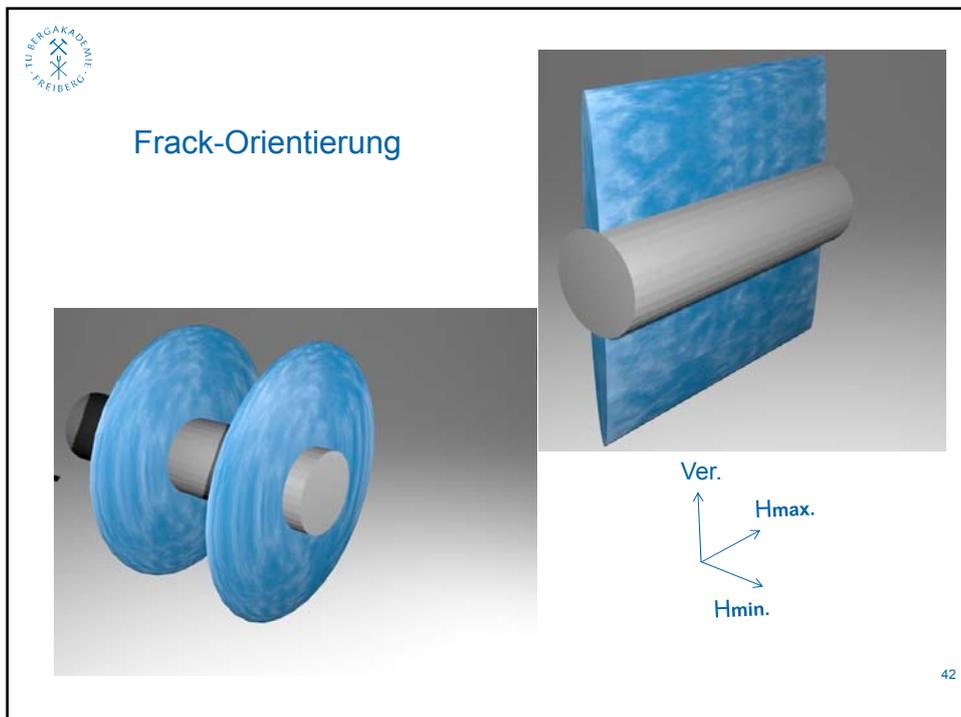
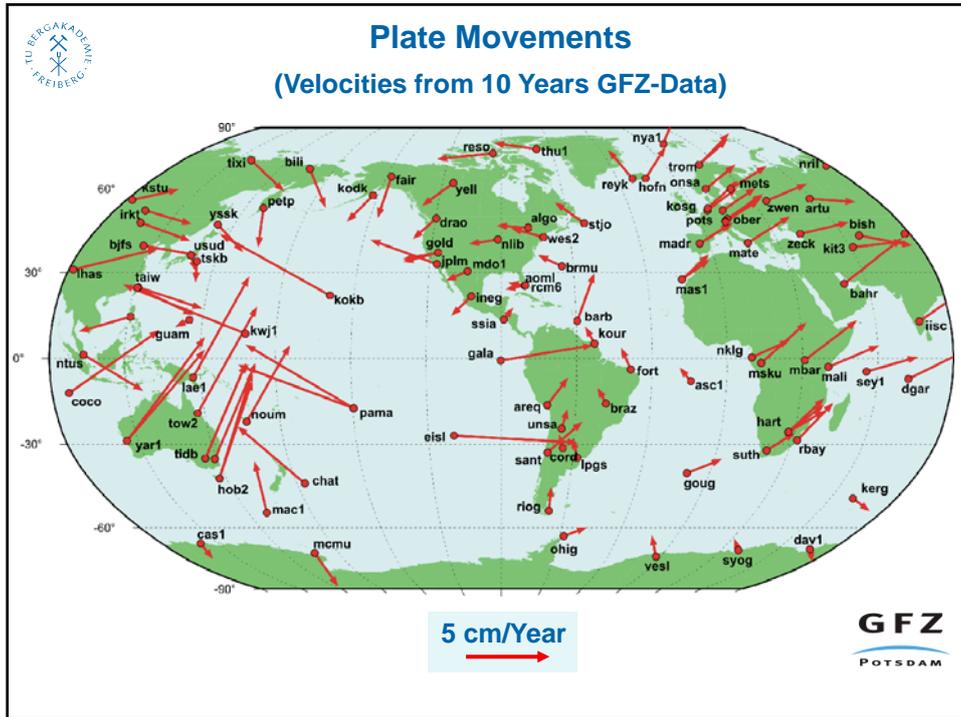
Vertikale Hauptspannung:

$\sigma_I = grad \sigma_I \cdot h_s$

hs – Tiefe des Speichers

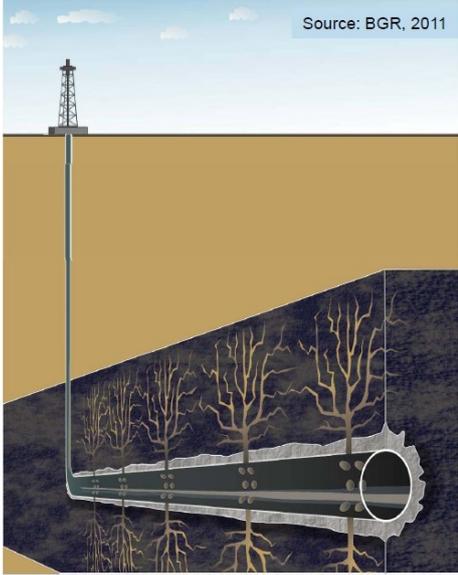
für Sedimentationsbecken im mitteleuropäischen Raum kann angenommen werden:

$grad \sigma_I = 0,25 \cdot 10^5 \text{ Pa}$





## Fracking innerhalb der Lagerstätte



Source: BGR, 2011

Hearing on „Prospects for Shale Gas in the European Union“  
organised by the European Parliament, Brussels, 05. October 2011



## Stützmaterial



**Stützmittel: Keramik**  
**Dichte: 2,78 g/cm<sup>3</sup>**



**Stützmittel: Bauxit**  
**Dichte: 3,79 g/cm<sup>3</sup>**

Freiberger Kolloquium Winter/Frühling 2013

44



## Zusammensetzung des Fracfluids

Um unerwünschte Nebenwirkungen zu vermeiden, wird der Frackflüssigkeit **Zusatzstoffen (Chemikalien)** zugegeben:

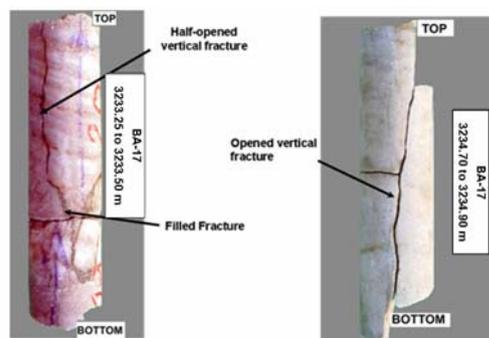
- **Korrosionsschutzmittel** für die Rohre,
- **Biozide gegen die Ablagerung** von Bakterien in den Rissen und
- **Tenside** zur Verringerung der Oberflächenspannung des Wassers.
- Zur Verhinderung unerwünschter Nebenwirkung (Tonquälen) werden **weitere Stoffe** hinzugefügt.

Freiberger Kolloquium Winter/Frühling 2013

45

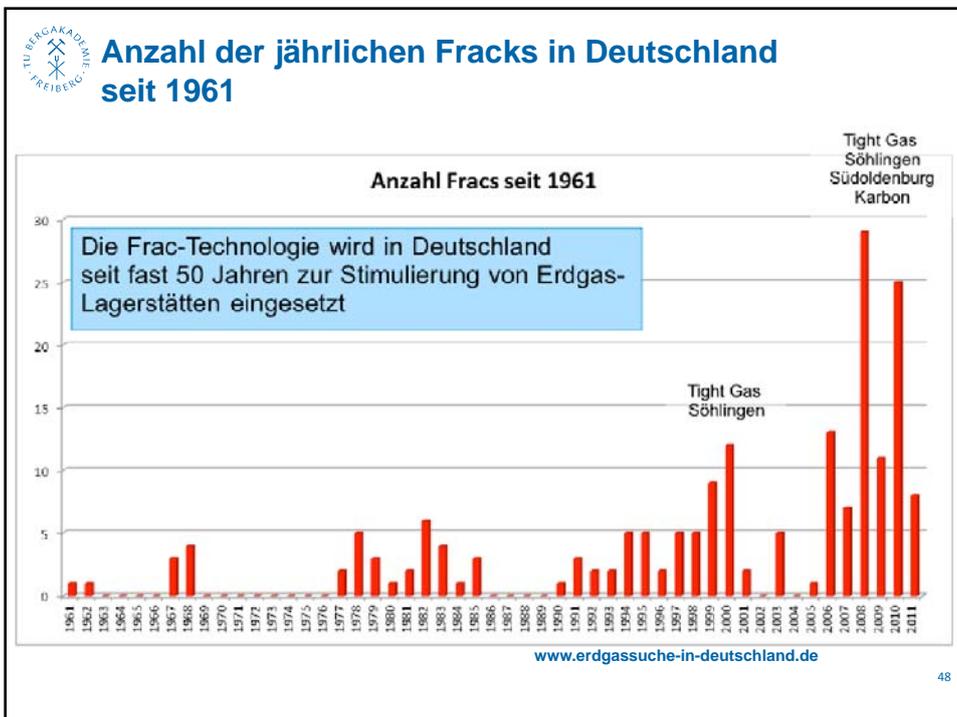
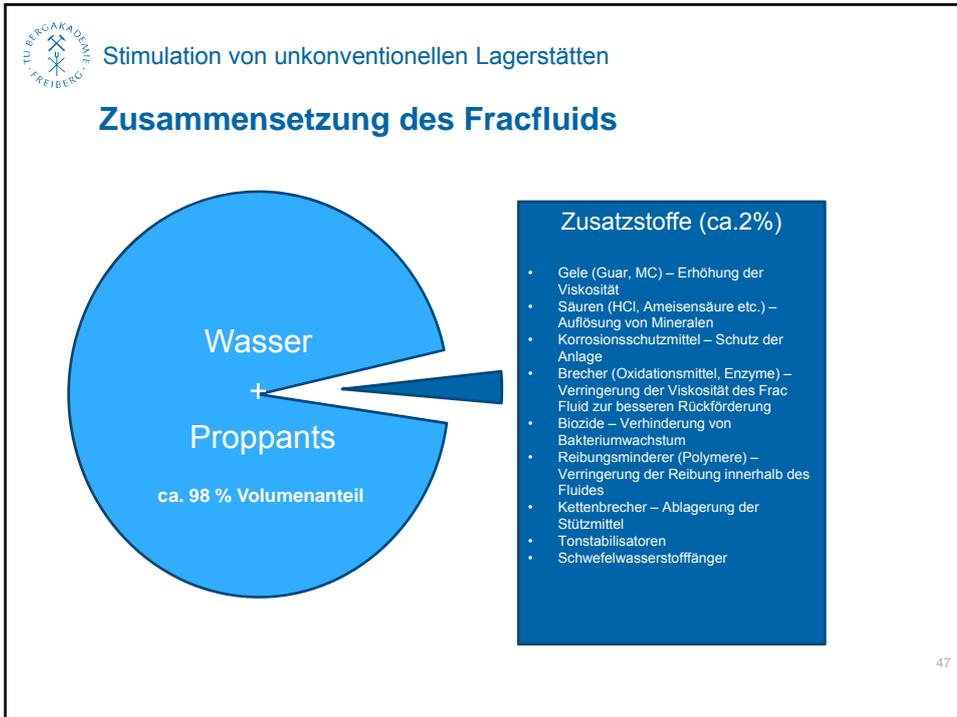


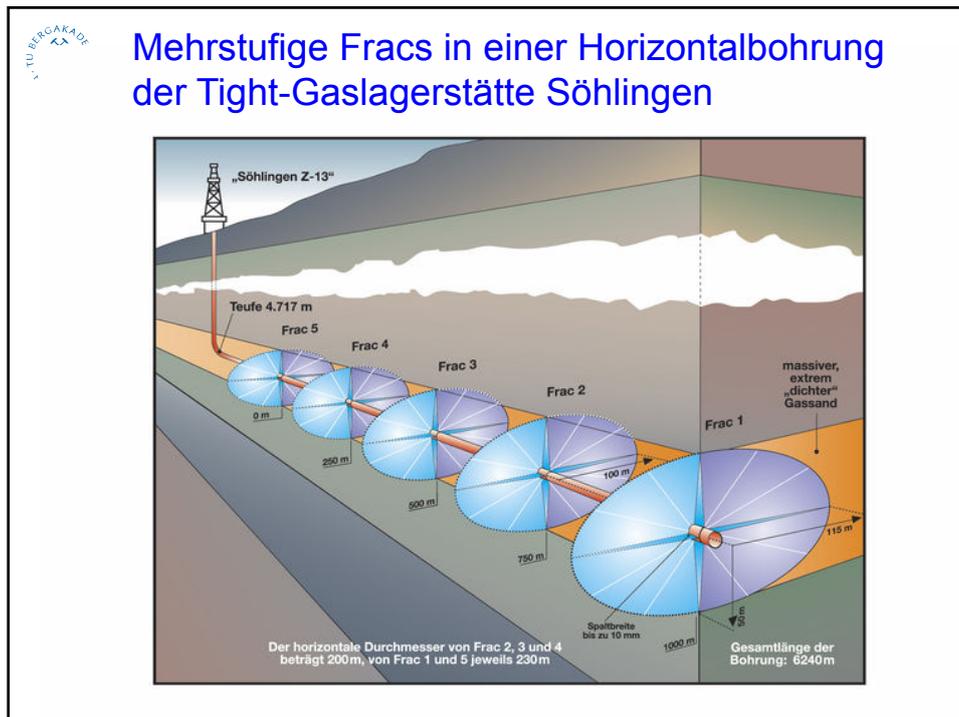
## Verheilte und offene Klüfte



Freiberger Kolloquium Winter/Frühling 2013

46



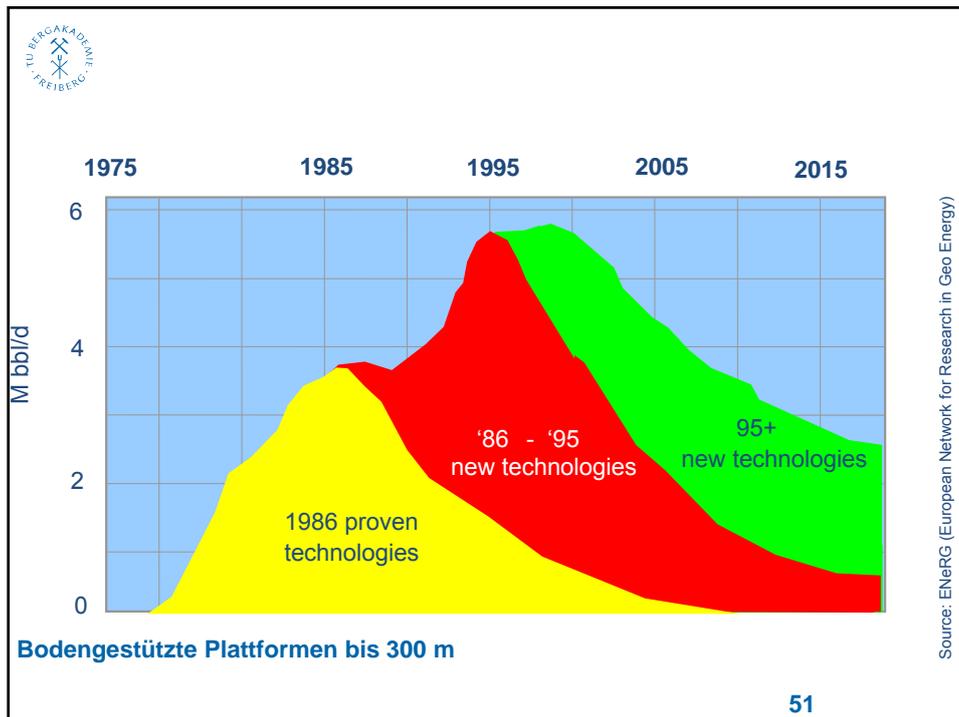


TU BERGAKADEMIE FREIBERG

### Maßnahmen zur sicheren Anwendung

- Voruntersuchungen (Hauptnormalspannungen)
- Grundwasserüberwachung
- Auswirkung der Fracking-Chemikalien
- Biologisch leicht abbaubar (Aerobic und Anaerobic)
- Flowback-Entsorgung (geschlossene Container)
- Induzierte Seismizität (Monitoringsmethoden)
- Steuerungsmethoden
- Begrenzung der Farfluids-Volumina (Laut EU pro Frac 1000 m<sup>3</sup> bzw. 10000 pro multiframe job)

50



**Zusammenfassung**

- In Deutschland gibt es ein sehr großes Potential an gashöufigen Tongesteinsschichten.
- Technologische Fortschritte und konstant hohe Energiepreise der letzten Jahre machen unkonventionelle Lagerstätten (Z.B. Shale Gas) wirtschaftlich zunehmend attraktiver.
- Ohne unkonventionelle Fördertechniken kann Shale Gas nicht aus der Lagerstätte gefördert werden.
- Diese Technik ist mit einem hohen Planungsaufwand verbunden und kostenintensiv.
- Vorherige Untersuchungen sind wichtig, um Frackrichtung, -tiefe und -länge zu ermitteln.

52



## Zusammenfassung

- Die Erfahrungen der Förderung aus **Tight Gas – Lagerstätten** in Deutschland können für die Produktion von Schiefergas nützlich sein und in gewisser Weise auf die Schiefergasreservoirare angewandt und auf die geologischen Bedingungen adaptiert werden.

53



Ich danke Ihnen für Ihre  
Aufmerksamkeit

54