

Abschätzung des Erdgaspotenzials aus dichten Tongesteinen (Schiefergas) in Deutschland



Abschätzung des Erdgaspotenzials aus
dichten Tongesteinen (Schiefergas) in
Deutschland

Dieter Franke, Stefan Ladage, Ulrich Berner,
Roberto Pierau und Ulf Rogalla

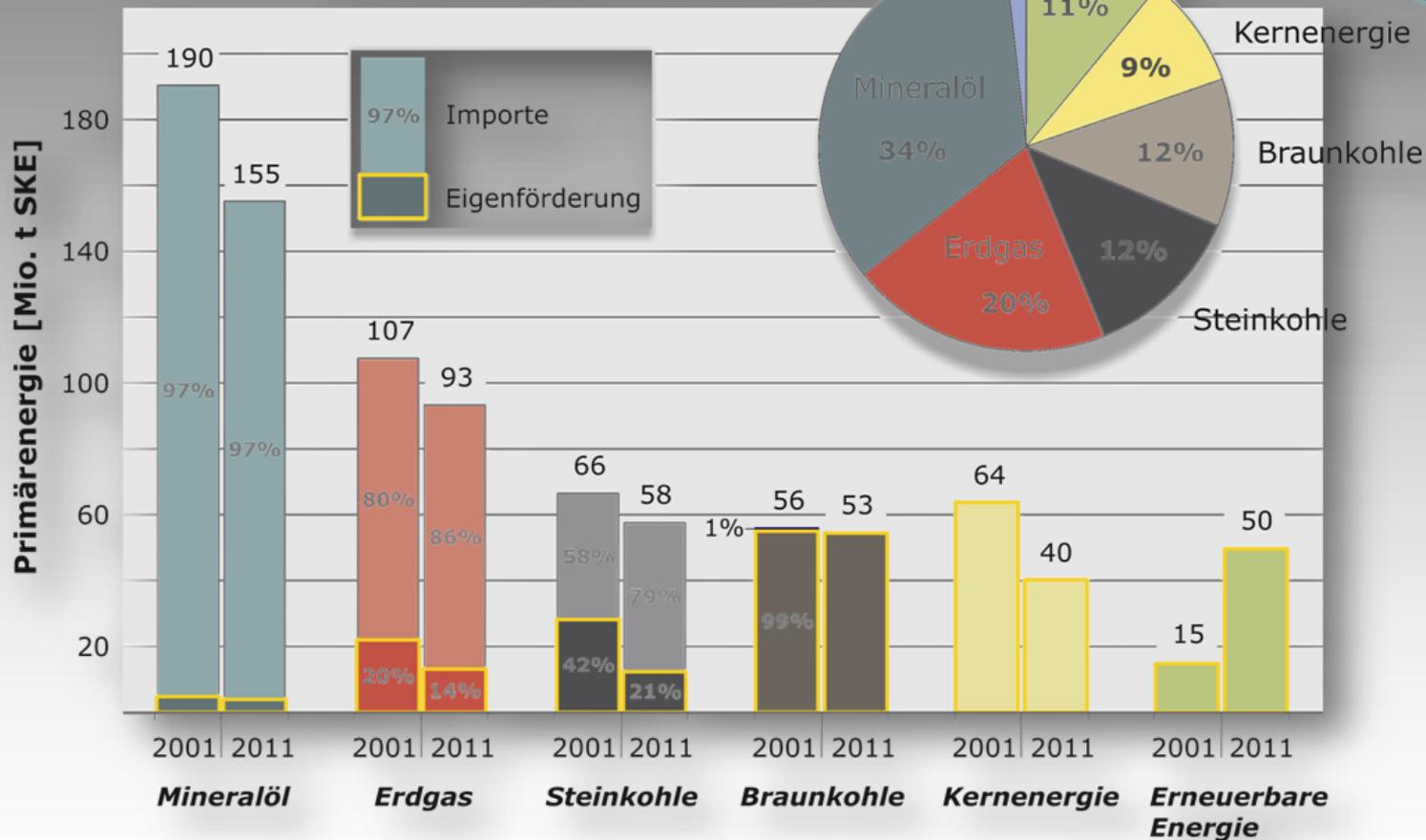
* Nicht-konventionelle Kohlenwasserstoffe

Energie für Deutschland

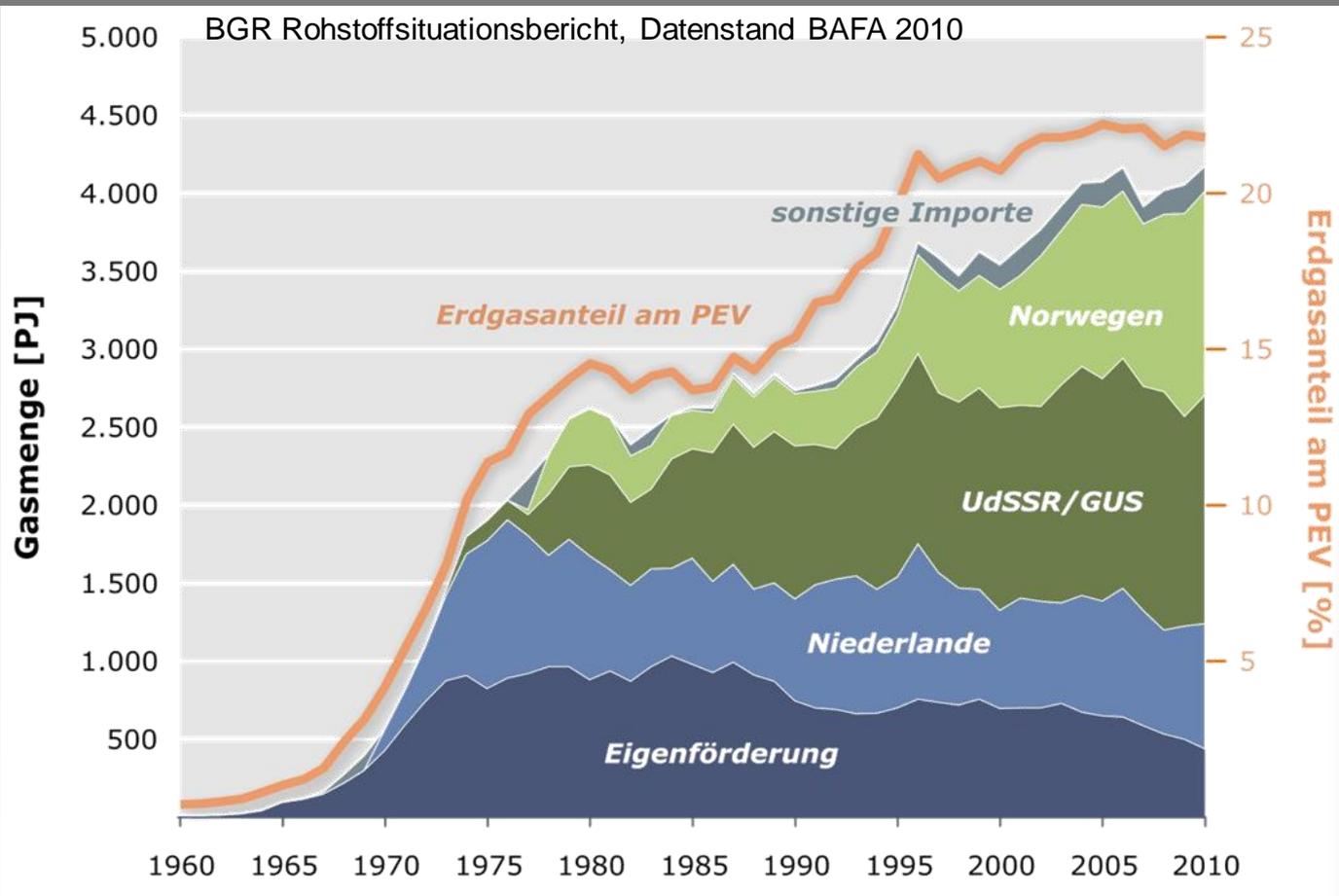
> 2/3
Erdöl, Erdgas,
Kohle

BGR Energierohstoffbericht 2012

Primärenergieverbrauch 2011



Erdgasversorgung Deutschland



Zunehmende Erschöpfung deutscher Lagerstätten



Rückgang der Reichweite der Reserven

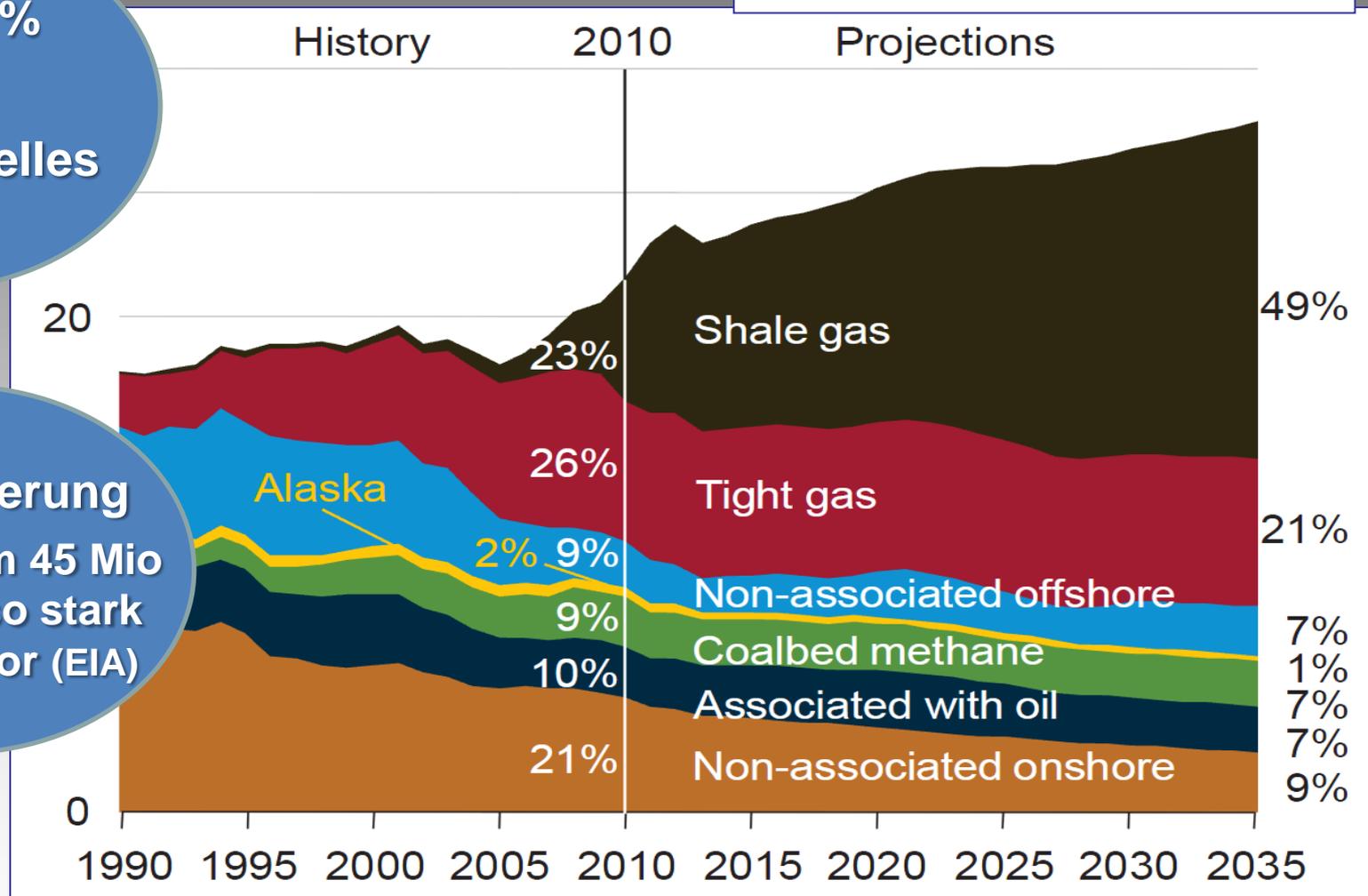


Erdgasversorgung USA - Projektionen

EIA (2012): Datenstand 2010

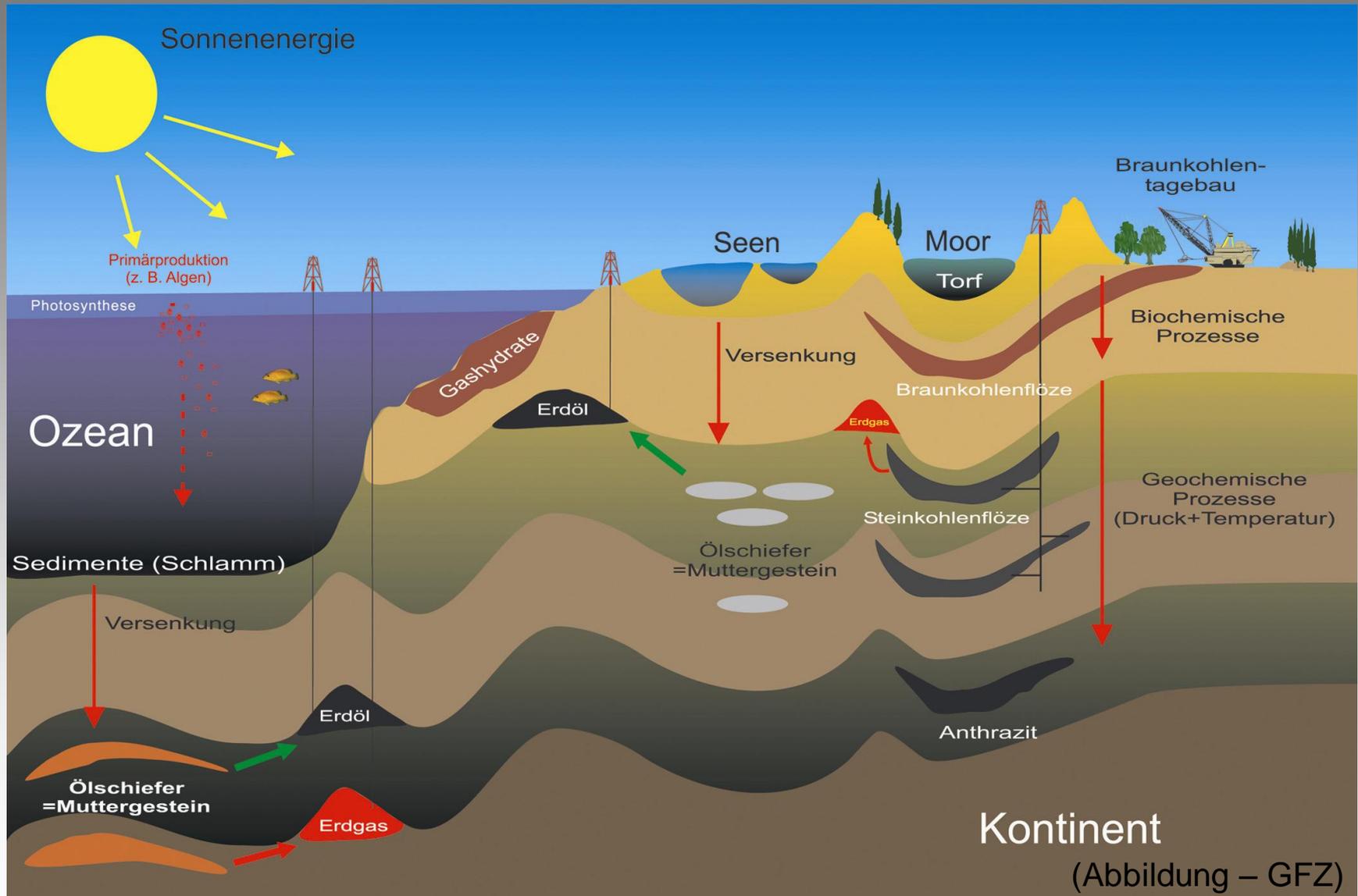
Rund 60 %
nicht-
konventionelles
Erdgas

Erdölförderung
wird 2013 um 45 Mio
T steigen, so stark
wie nie zuvor (EIA)

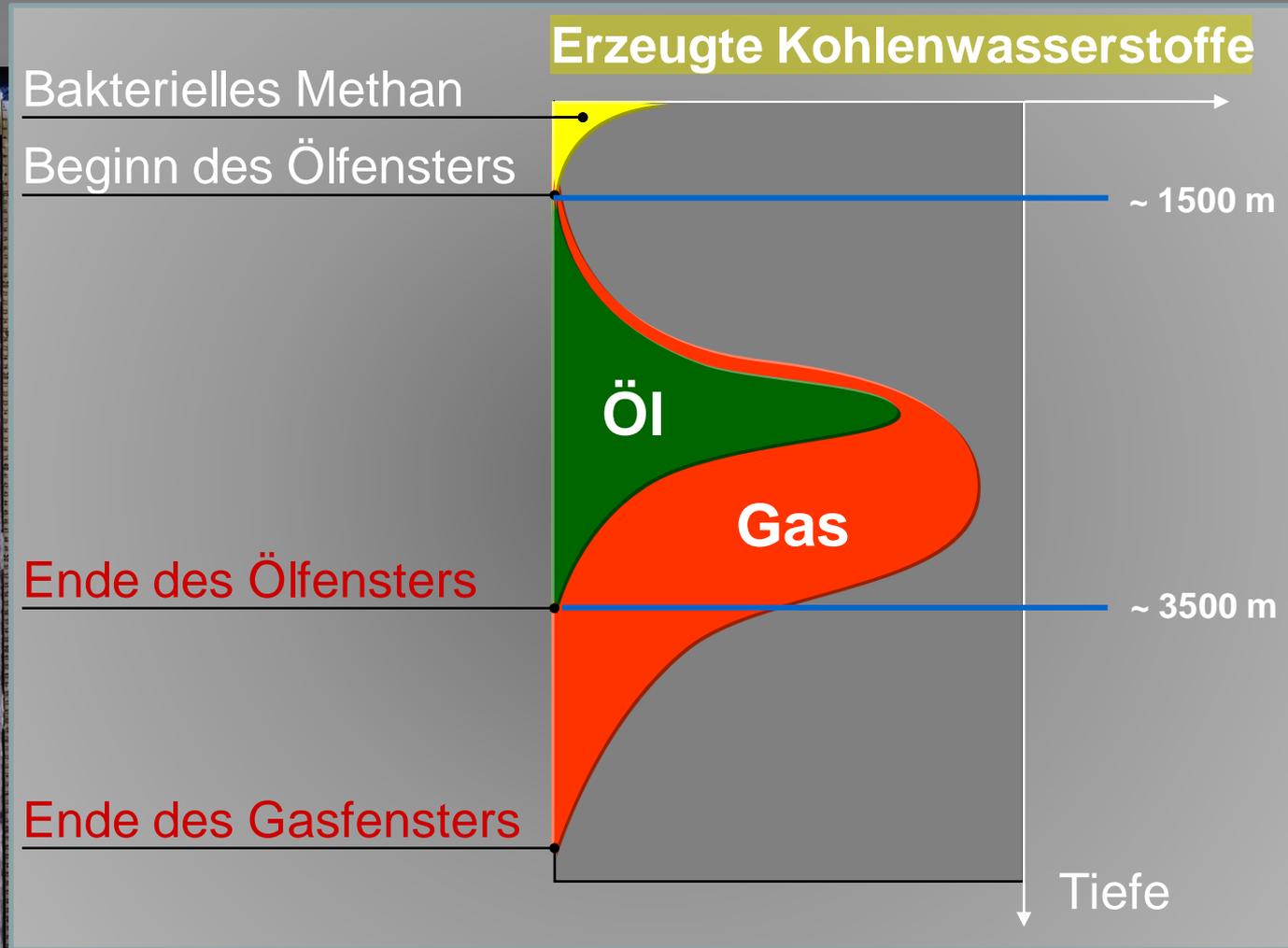
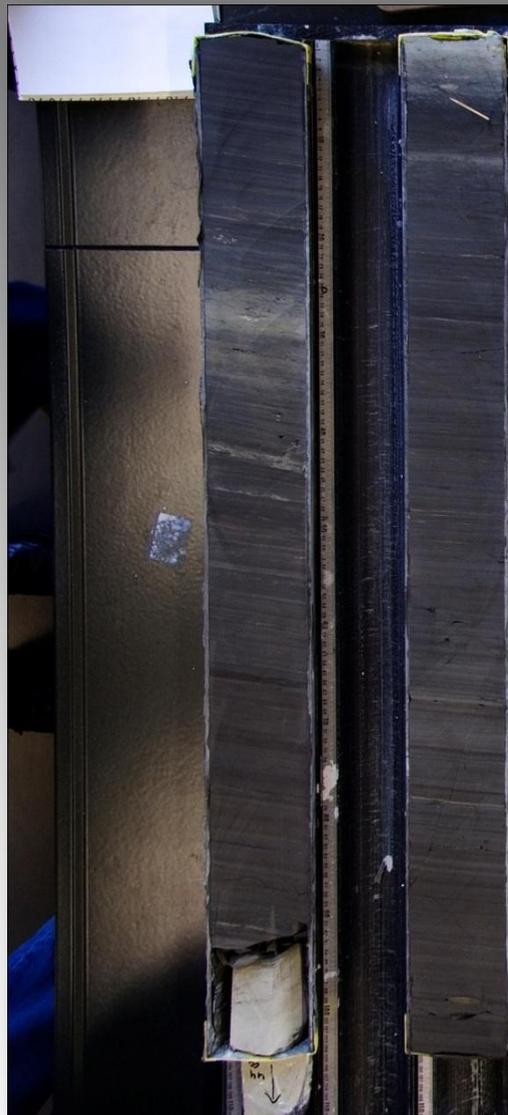


EIA: U.S. Energy Information Administration

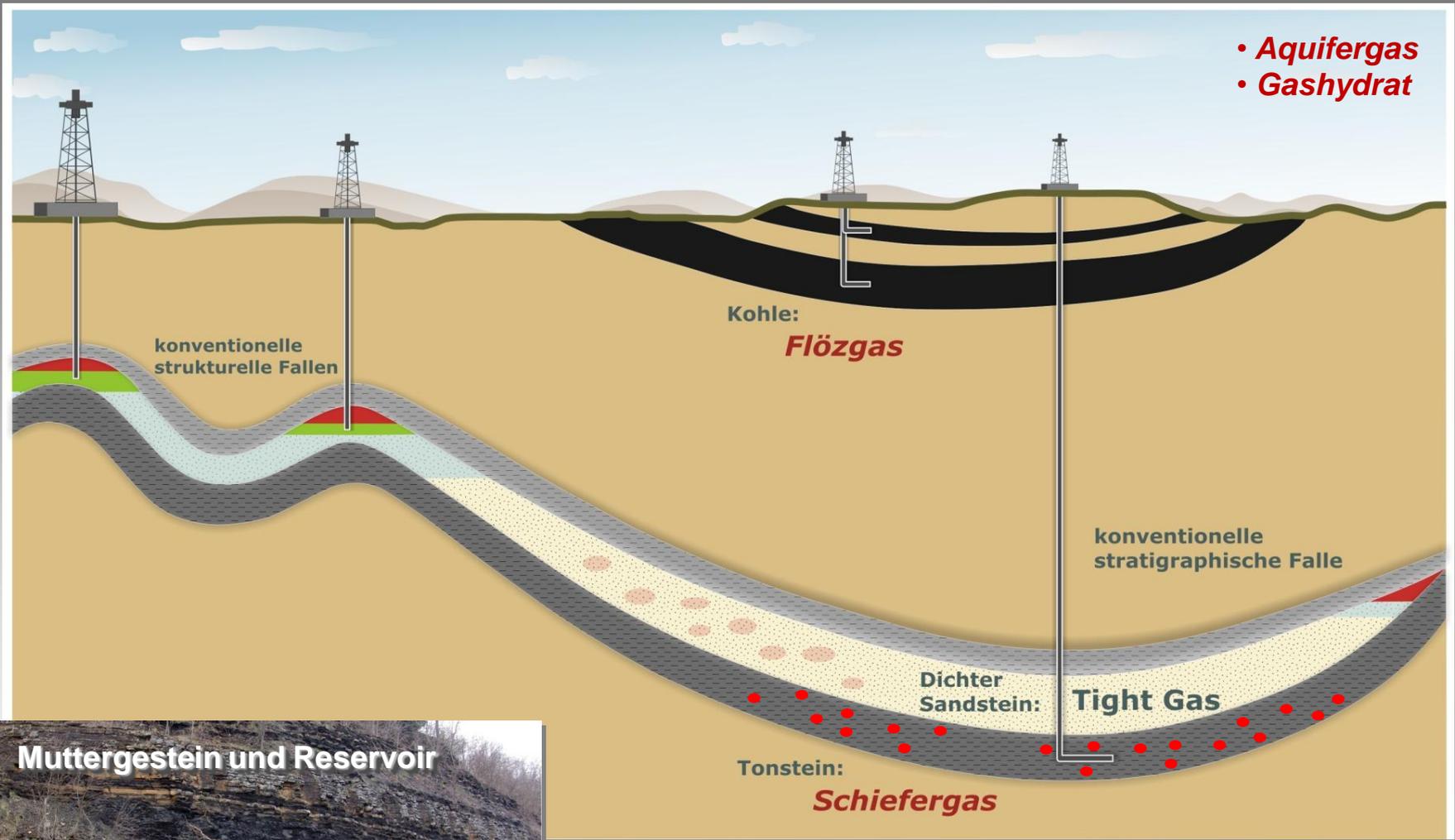
Kohlenwasserstoffe - Bildungsbedingungen



Erdöl & Erdgasbildung im Tongestein



Erdgas: konventionell – nicht-konventionell



Muttergestein und Reservoir

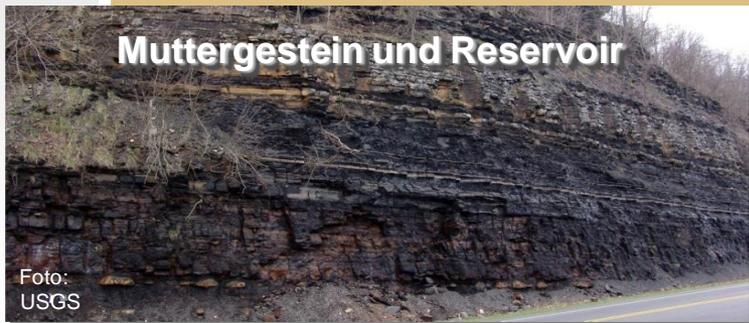


Foto:
USGS

Erdöl und Erdgas aus Tonsteinen

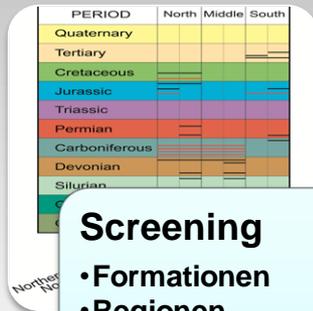
Potenziale für Deutschland

Erster Bericht Juni 2012
 Schiefergaspotenzial in
 Deutschland
 (verfügbar unter
www.bgr.bund.de)



Abschätzung des
 Erdgaspotenzials aus
 dichten Tongesteinen
 (Schiefergas) in
 Deutschland

www.bgr.bund.de



Screening

- Formationen
- Regionen
- Literatur
- Vorherige Studien (z.B. SPBA-Atlas)



GIS

- Formationsparameter
- Fazies
- Tiefe
- Mächtigkeit ...

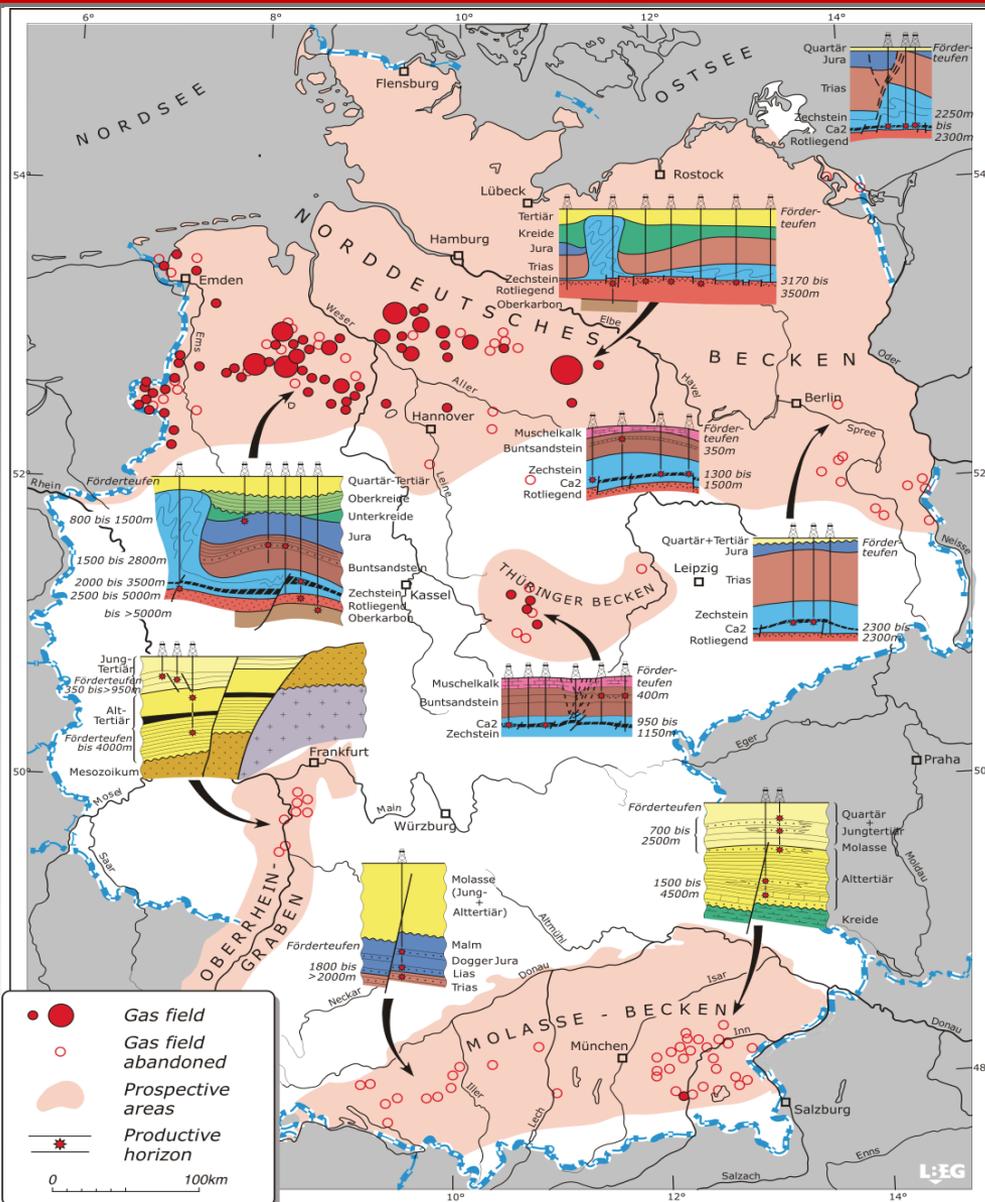


Abschätzung

- Volumetrisch Gas-in-Place
- Monte-Carlo Simulation

* Nicht-Konventionelle

Potenzielle Schiefergasprovinzen



Dated: 31.12.2007

Tongesteinsformationen mit Schiefergaspotenzial

	Stufe	Nord	Mitte	Süd
65 Ma	Quartär			
	Tertiär			
	Kreide			
250 Ma	Jura			
	Trias			
	Perm			
542 Ma	Karbon			
	Devon			
	Silur			
	Ordovizium			
	Kambrium			

Norddeutschland, West
 Norddeutschland, Ost
 Rheinisches Massiv, Harz
 Sachsen, Franken, Thüringer Wald
 Saarbecken, Rheingraben
 Molasse, Alpen

Kriterien

• Fazies:
bituminöses Ton-Mergelgestein

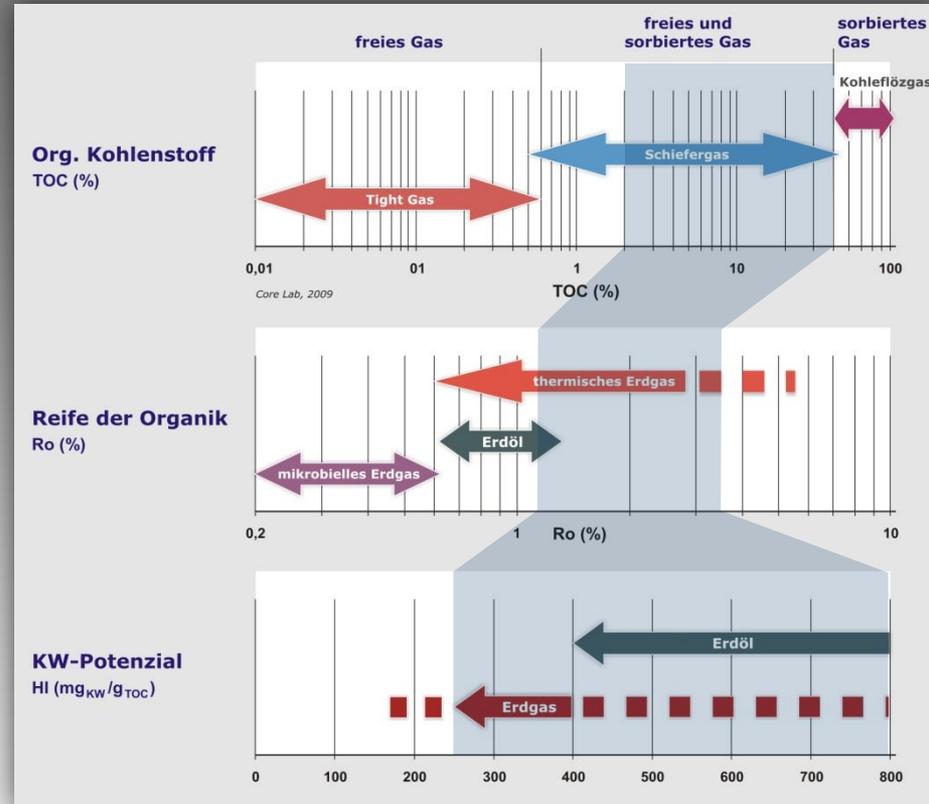
• $C_{org} > 2 \%$; hohe HI-Werte

• Mächtigkeit > 20 m

• Tiefenlage zw. 1000 – 5000 m

• thermische Reife 1,3 – 3,5 %
Ro

Potenzial für Schiefergas

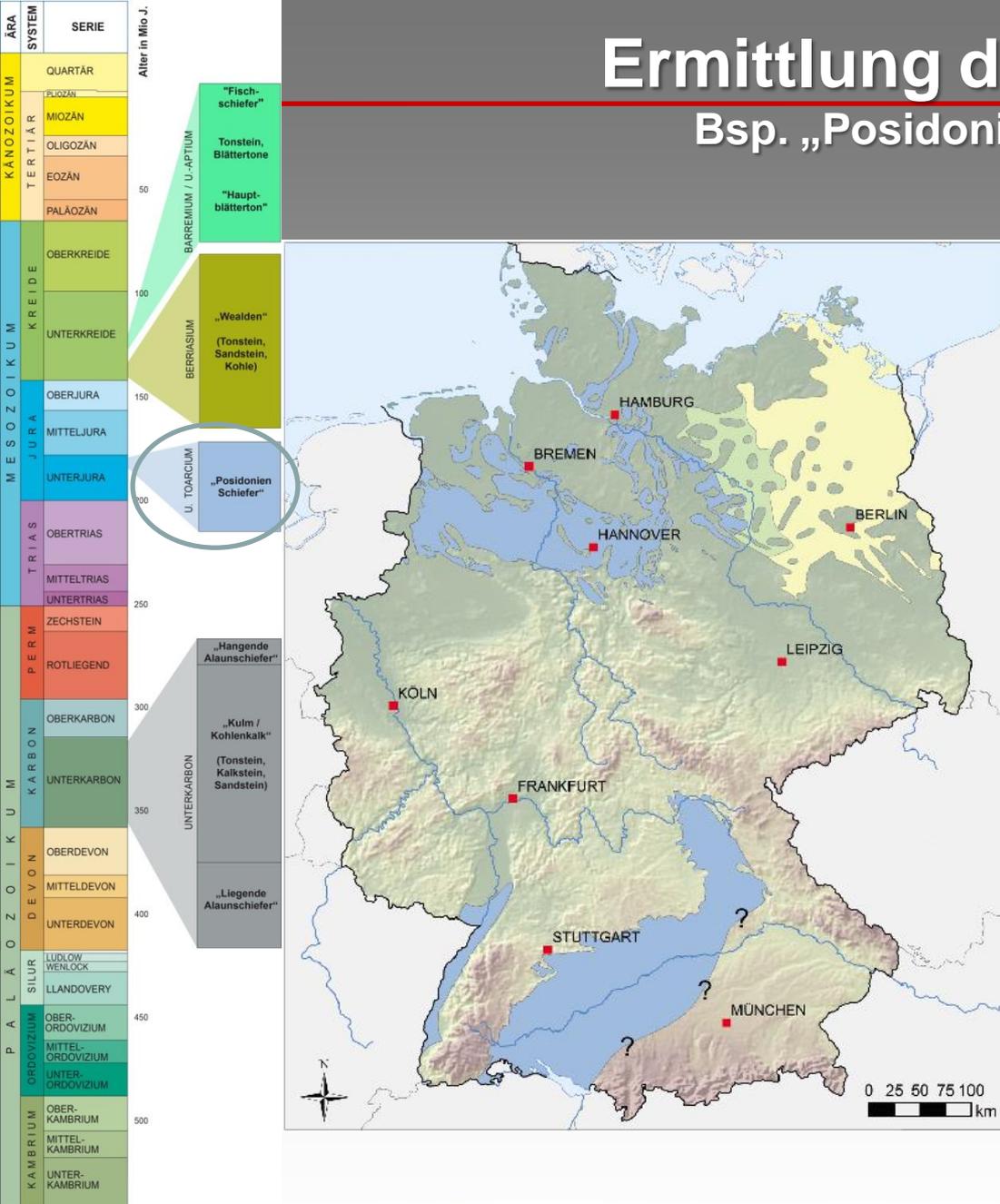


Geochemische Charakterisierung von
Tongestein

Ermittlung der Flächen

Bsp. „Posidonienschiefer“

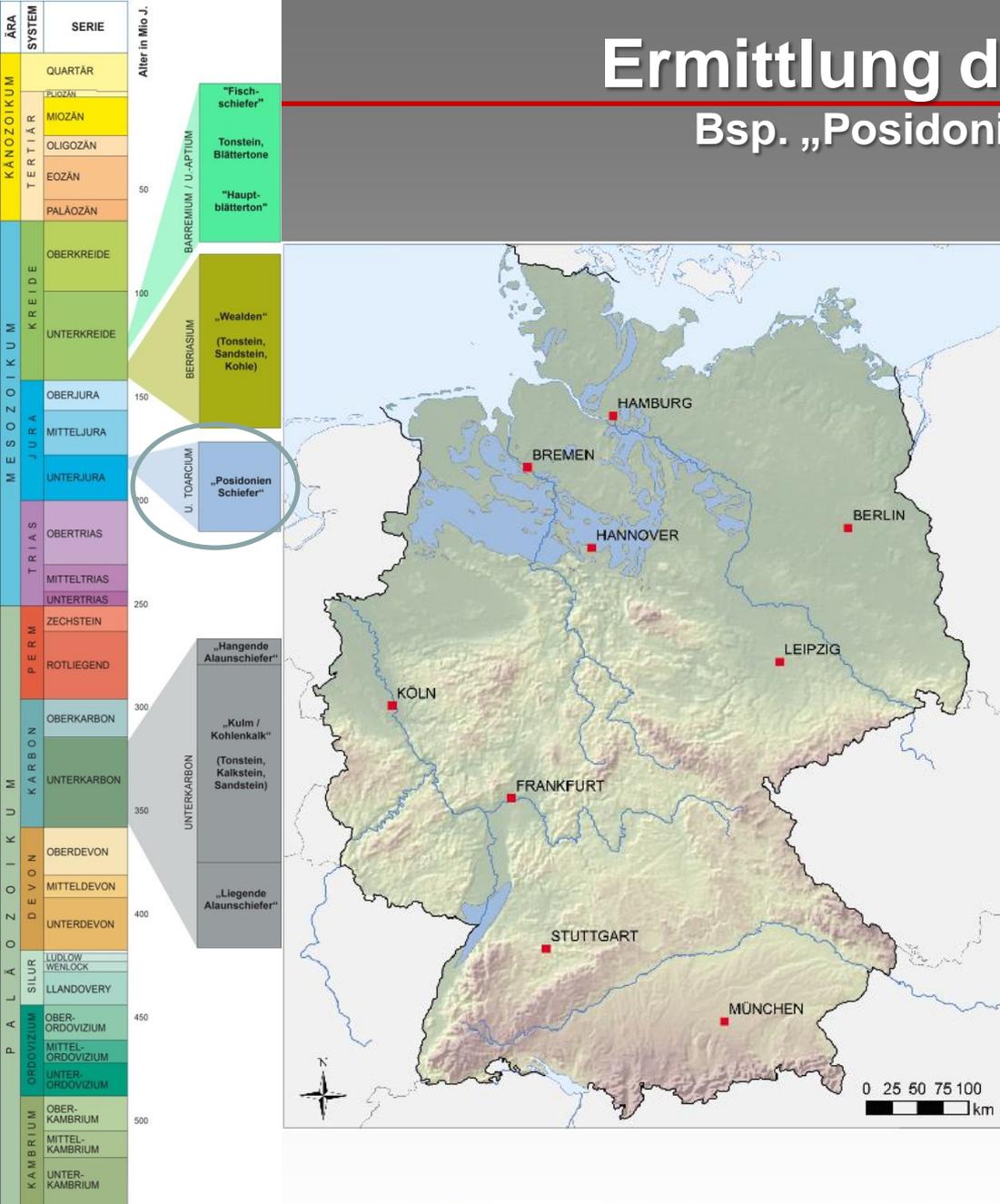
Verbreitung der Tonsteinfazies



u.a. Petroleum Atlas of the Southern Permian Basin, Palaeogeographischer Atlas der Unterkreide, Literatur und Archivberichte

Ermittlung der Flächen

Bsp. „Posidonienschiefer“



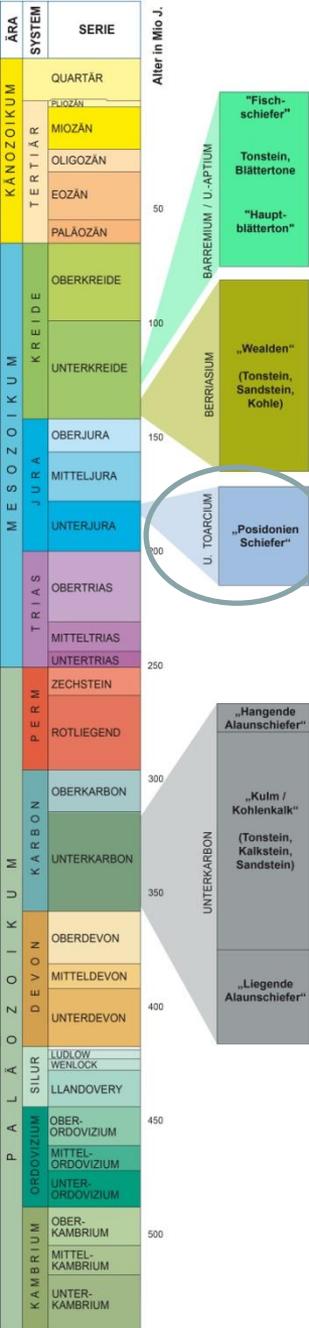
- Mindestmächtigkeit von 20 m

- Verbreitung der Tonsteine unterhalb von 1000 m

u.a. Geotektonischer Atlas, Bohrungen (bisher wenige), Daten aus Literatur

Ermittlung der Flächen

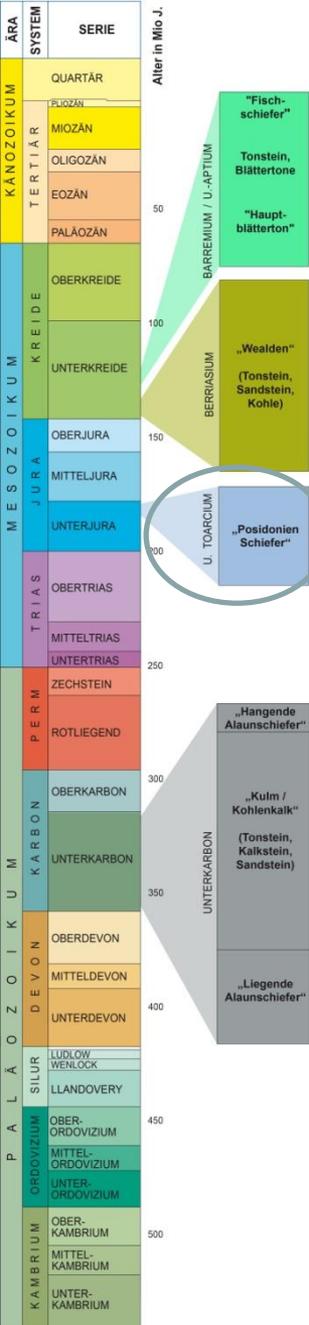
Bsp. „Posidonienschiefer“



Verbreitung der Tonsteine im „Gasfenster“ ($R_o > 1,3\%$)

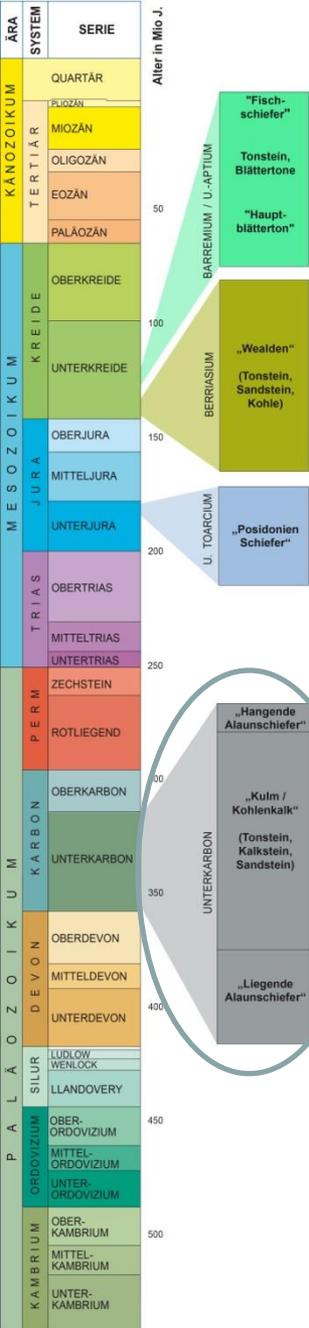
Daten aus internen Datenbanken und der Literatur (Verbreitungskarten und Bohrungen)

Posidonien-schiefer

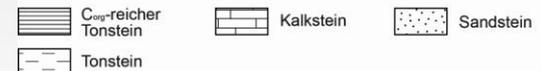


Gruppe	Alter in Mio J.	Stufe	Lithologie	
MITTELJURA	174,5	AALINIUM	OBEN	Sandstein
			UNTER	Tonstein
			UNTER	Tonstein
UNTERJURA	178	TOARCIMUM	OBEN	Ton-/Mergelstein
			UNTER	„Posidonien Schiefer“
		PLIENSACHIUM	OBEN	Ton-/Mergelstein
			UNTER	Ton-/Mergelstein
	183,5			
	191,5			

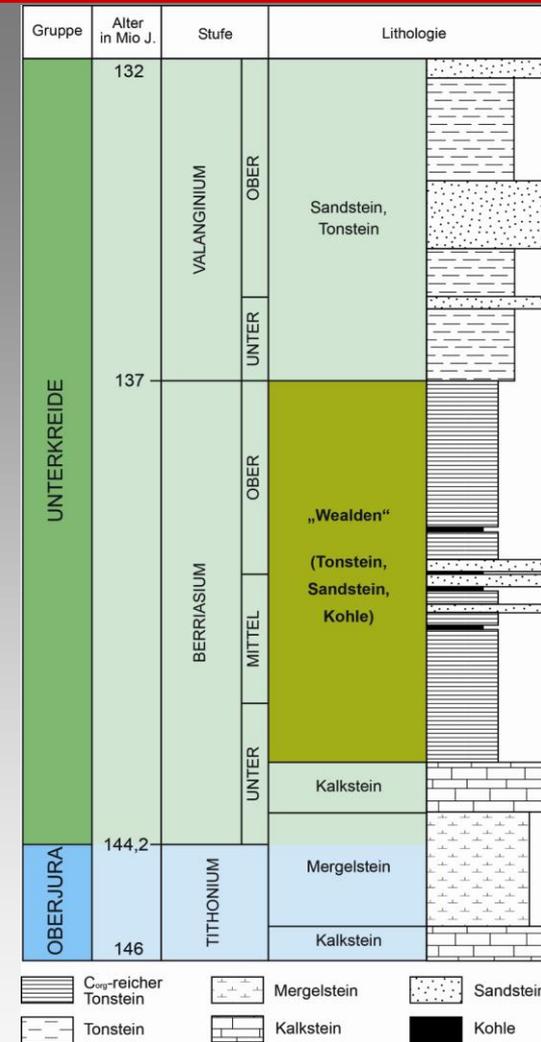
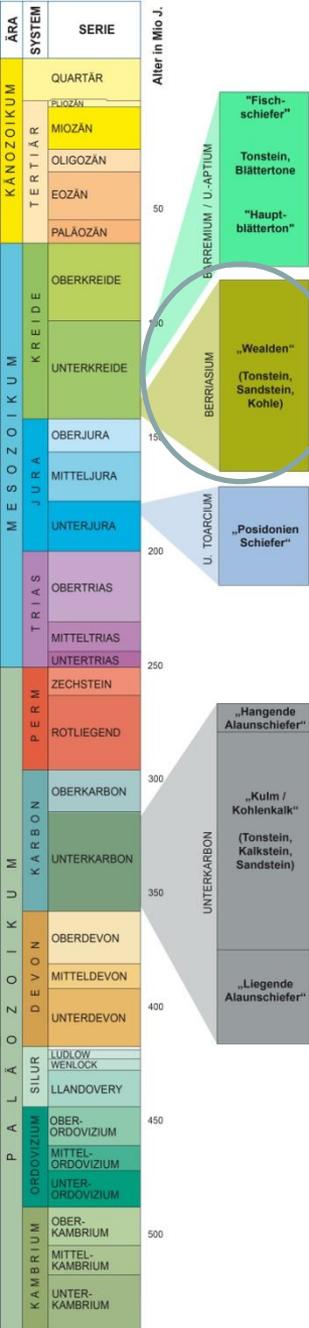
Unterkarbon



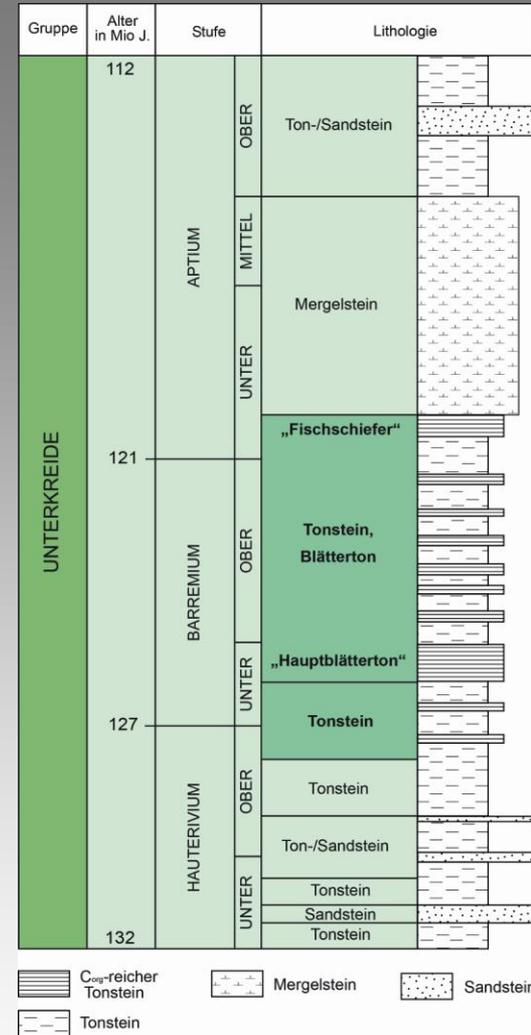
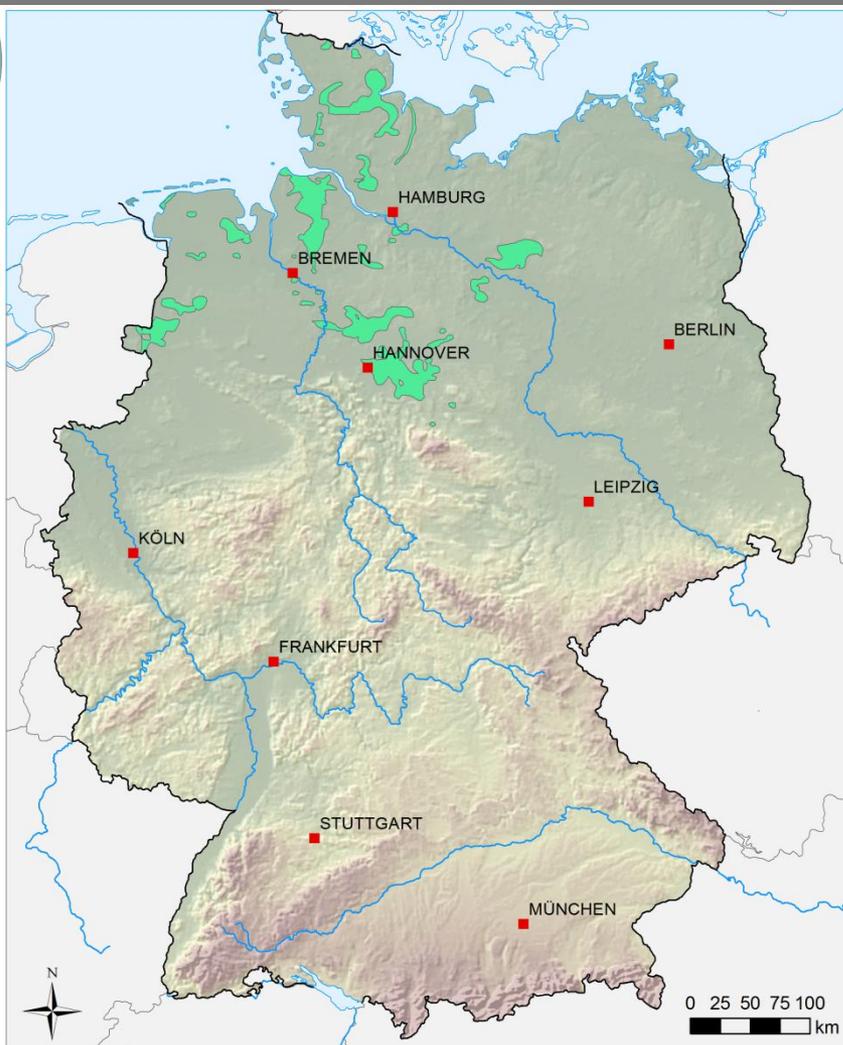
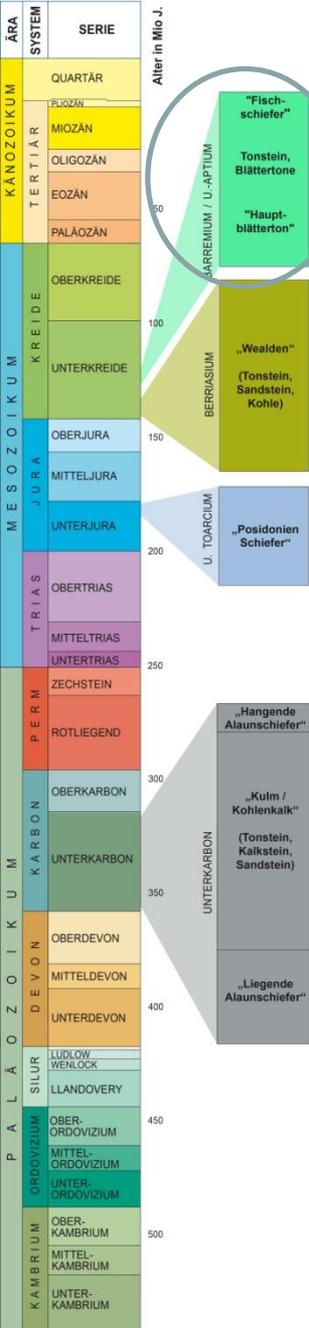
Gruppe	Alter in Mio J.	Stufe	Lithologie	
OBER-KARBON	312	BASHKIRIUM	Sandstein, Tonstein	
		SERPUK.H.	„Hangende Alaunsch.“	
UNTERKARBON	320	VISEUM	„Kulm / Kohlenkalk“ (Tonstein, Kalkstein, Sandstein)	
			TOURNAISIUM	„Liegende Alaunschiefer“
		UNTER MITTEL	Tonschiefer, Kalkstein	
			OBERDEVON	Tonschiefer
		UNTER MITTEL	345	„Kulm / Kohlenkalk“ (Tonstein, Kalkstein, Sandstein)
				„Liegende Alaunschiefer“
UNTER MITTEL	358	Tonschiefer, Kalkstein		
		OBERDEVON	Tonschiefer	



Unterkreide - Wealden

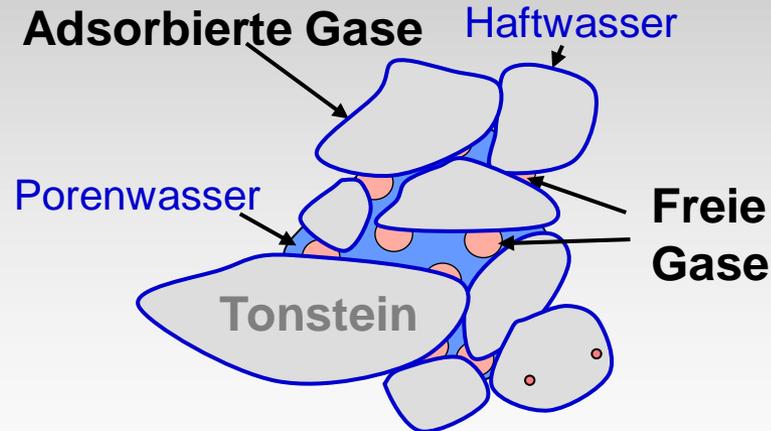


Unterkreide - Blätterertone



Gas-In-Place (GIP)

Volumetrische Abschätzung der Gasmenge



In-Place Abschätzung: gebundenes Erdgas

$$\text{GIP}_{\text{geb}} = \text{Fläche} * \text{Mächtigkeit} * \rho * L$$

$$L = V_L * p / (p + P_L)$$

L - Langmuir Gasgehalt; gemäß

Literaturwerten:

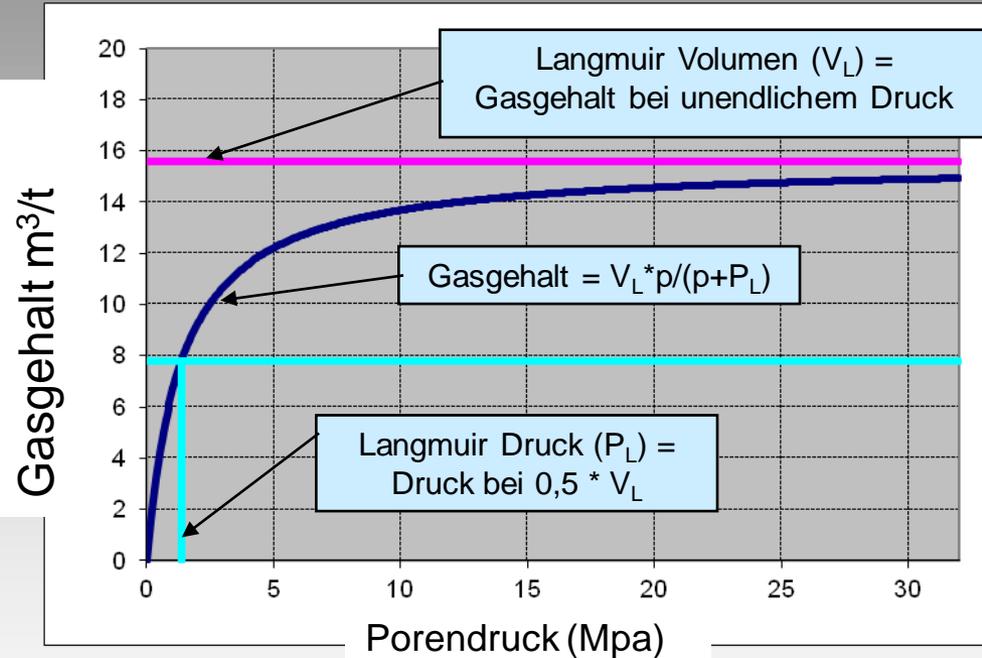
$$P_L = 2.5 * 10^6 - 10.0 * 10^6 \text{ Pa}$$

(niedriger Druck bis Überdruck)

$$V_L = 2.5 - 8 \text{ m}^3/\text{ton}$$

(Gault & Stotts, 2007).

Diese Werte wurden an Hand des TOC-Gehaltes gewichtet.



Gasgehalt ($\text{m}^3/\text{Tonne}_{\text{Gestein}}$) über den Porendruck in MegaPa nach Lewis et al (2004)

p – Druck in der Lagerstätte [Pascal];

Druckgradient hier $12 * 10^6 \text{ Pa/km}$

V_L und **P_L** ; Langmuir Volumen und Druck

...abgeleitet aus der Kohleflözgasexploration

In-Place Abschätzung: freies Erdgas

Die Berechnung wurde auf Grundlage des Gasgesetzes durchgeführt. Die Gasfüllung wurde mit 50 % der Porosität angenommen (basierend auf US Tongestein-Daten). Die mit diesem Ansatz ermittelte Gasfüllung liegt im Wertebereich von 1 und 5 % der US-Schiefgasformationen (Curtis, 2002).

$$GIP_{\text{frei}} = \text{Fläche} * \text{Mächtigkeit} * \Phi_{\text{gas}} * B_g$$

Φ_{gas} mit Erdgas gefüllter Teil des Hohlraumvolumens; 50 % der Porosität.

B_g Gasexpansionsfaktor. (Atmosphärendruck und Raumtemperatur).

$$P_{\text{Reservoir}} = 12 * 10^6 \text{ Pa} / \text{Km}_{\text{Tiefe}}$$

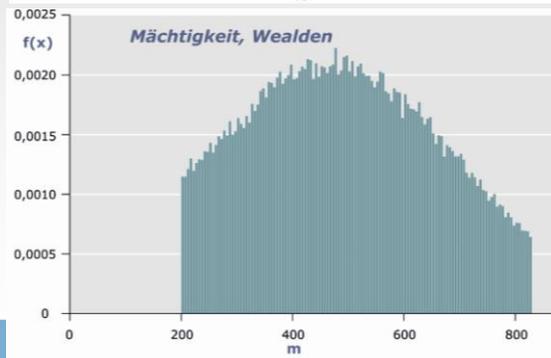
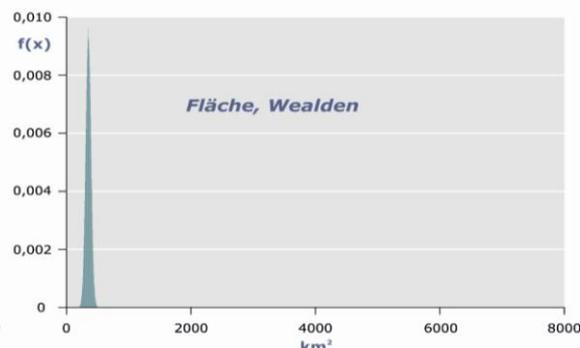
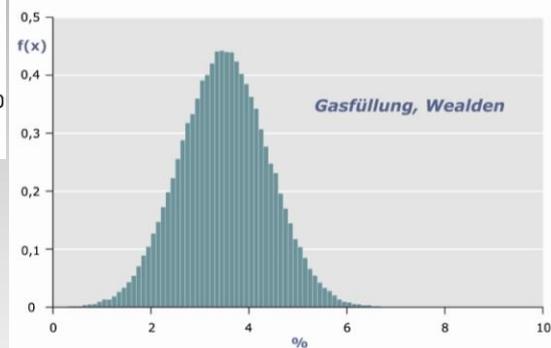
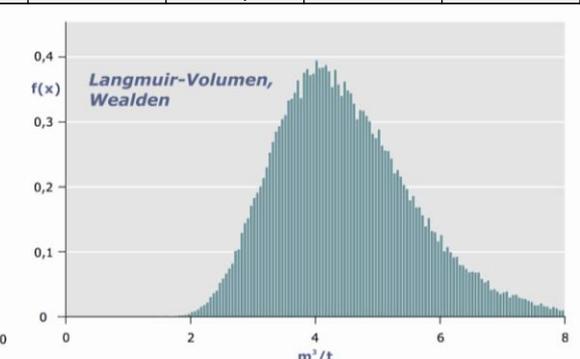
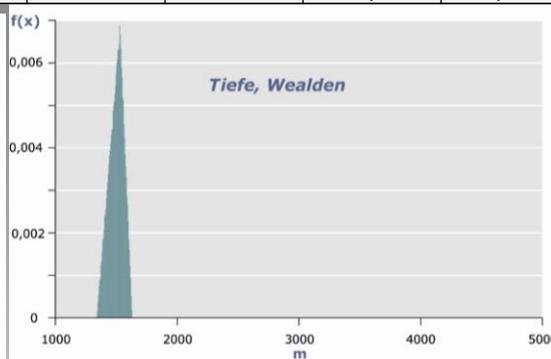
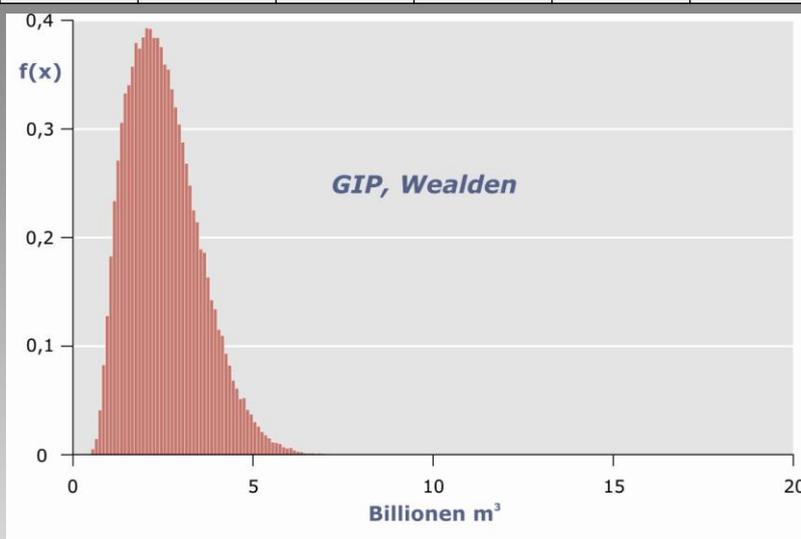
$$P_{\text{Norm}} = 101.325 * 10^3 \text{ Pa}$$

$$T_{\text{Reservoir}} = 33 \text{ C} / \text{Km}_{\text{Tiefe}}$$

$$T_{\text{Norm}} = 289 \text{ K}$$

Unterkreide - Wealden

Fläche (km ²)				Tiefe (m)		Mächtigkeit (m)		Reife (%VR)		TOC (%)		Porosität (%)	
gesamt		betrachtet											
MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
10865	16297	281	421	1300	1600	200	830	1,2	3,96	2	18,7	4	10



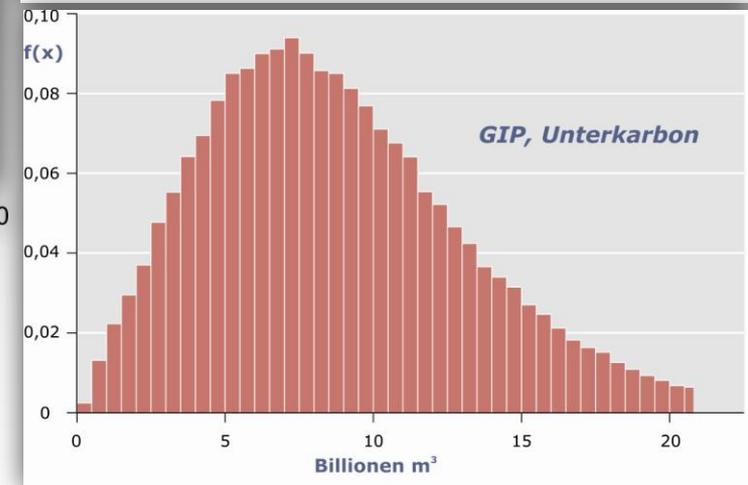
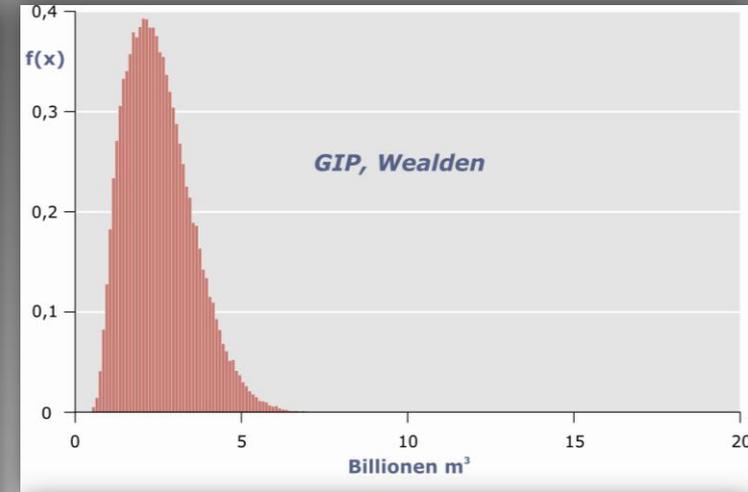
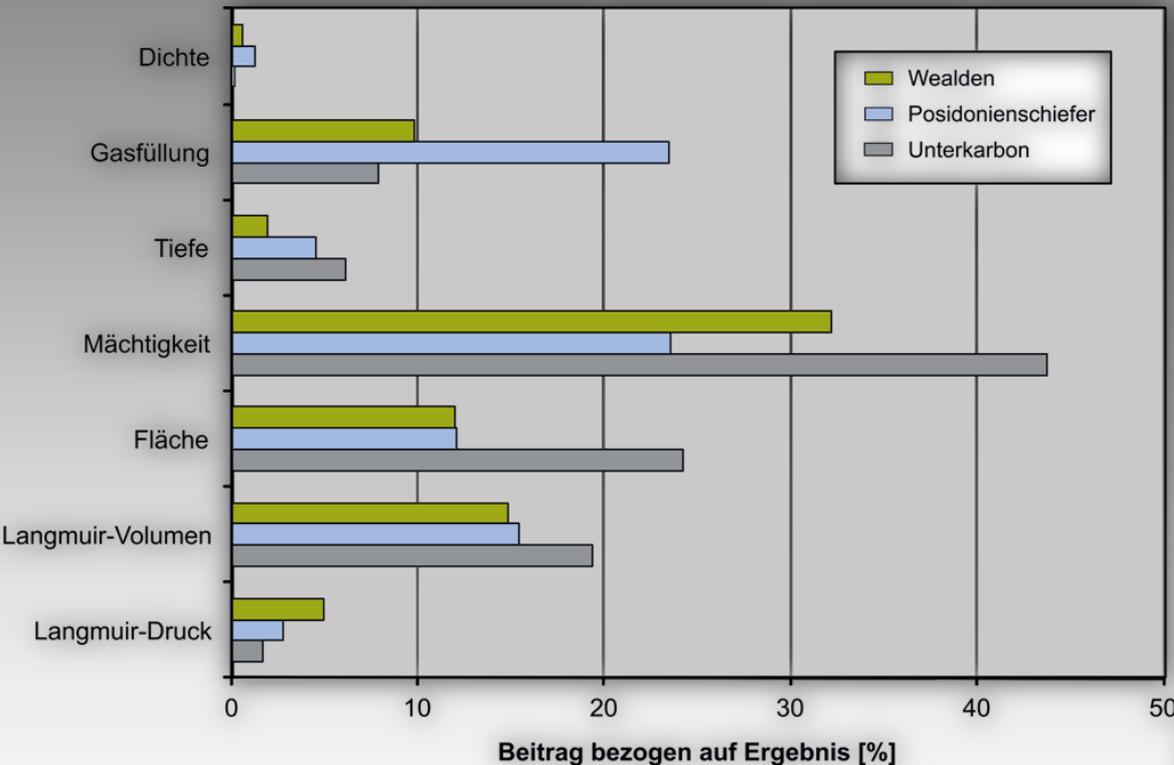
Monte-Carlo-Simulation

GIP – Abschätzung Unsicherheit

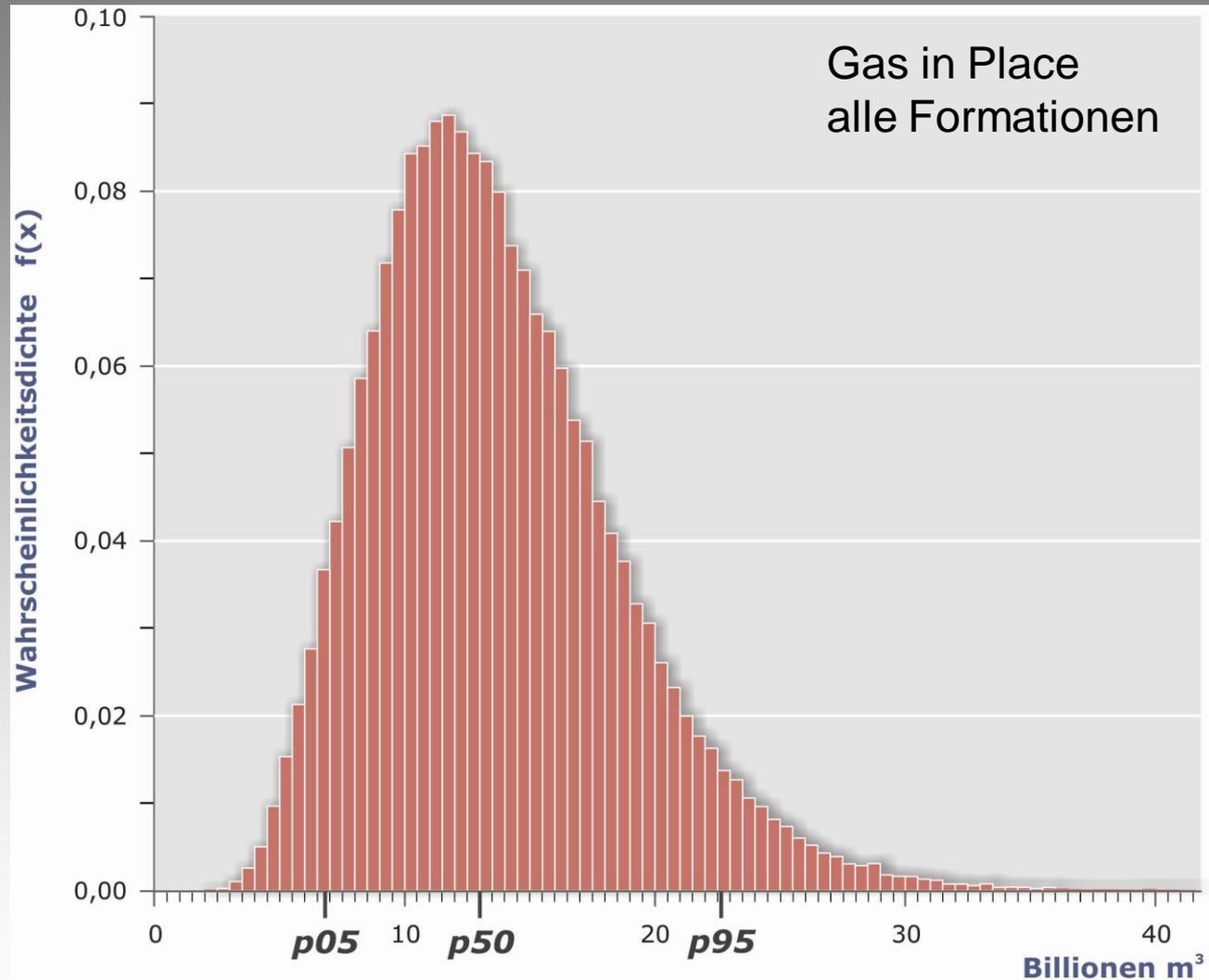
GIP in Billionen m³

Wealden: Mittelwert (p50): 2,4 ; minimal: (p05) 1,1 ; maximal (p95): 4,4

Unterkarbon: Mittelwert (p50): 8,3 ; minimal: (p05) 2,5 ; maximal (p95): 17,7



Gas-In-Place – Gesamt



GIP in Billionen m^3

- 7 minimal
- 13 Mittel*
- 23 maximal

* Median

Abschätzung Schiefergasressourcen

Formation	GIP Deutschland			technisch gewinnbare Erdgas- <i>Ressourcen</i> ; Gewinnungsfaktor 10%		
	(Bill. m ³)			(Bill. m ³)		
	Minimum	Mittel	Maximum	Minimum	Mittel	Maximum
Unterkreide - Wealden	1,1	2,4	4,4	0,11	0,24	0,44
Unterjura - Posidonienschiefer	0,9	2,0	3,8	0,09	0,20	0,38
Unterkarbon	2,5	8,3	17,7	0,25	0,83	1,77
Gesamt	6,8	13,0	22,6	0,68	1,30	2,26

Deutschlands konventionelles Erdgas (LBEG 2011)

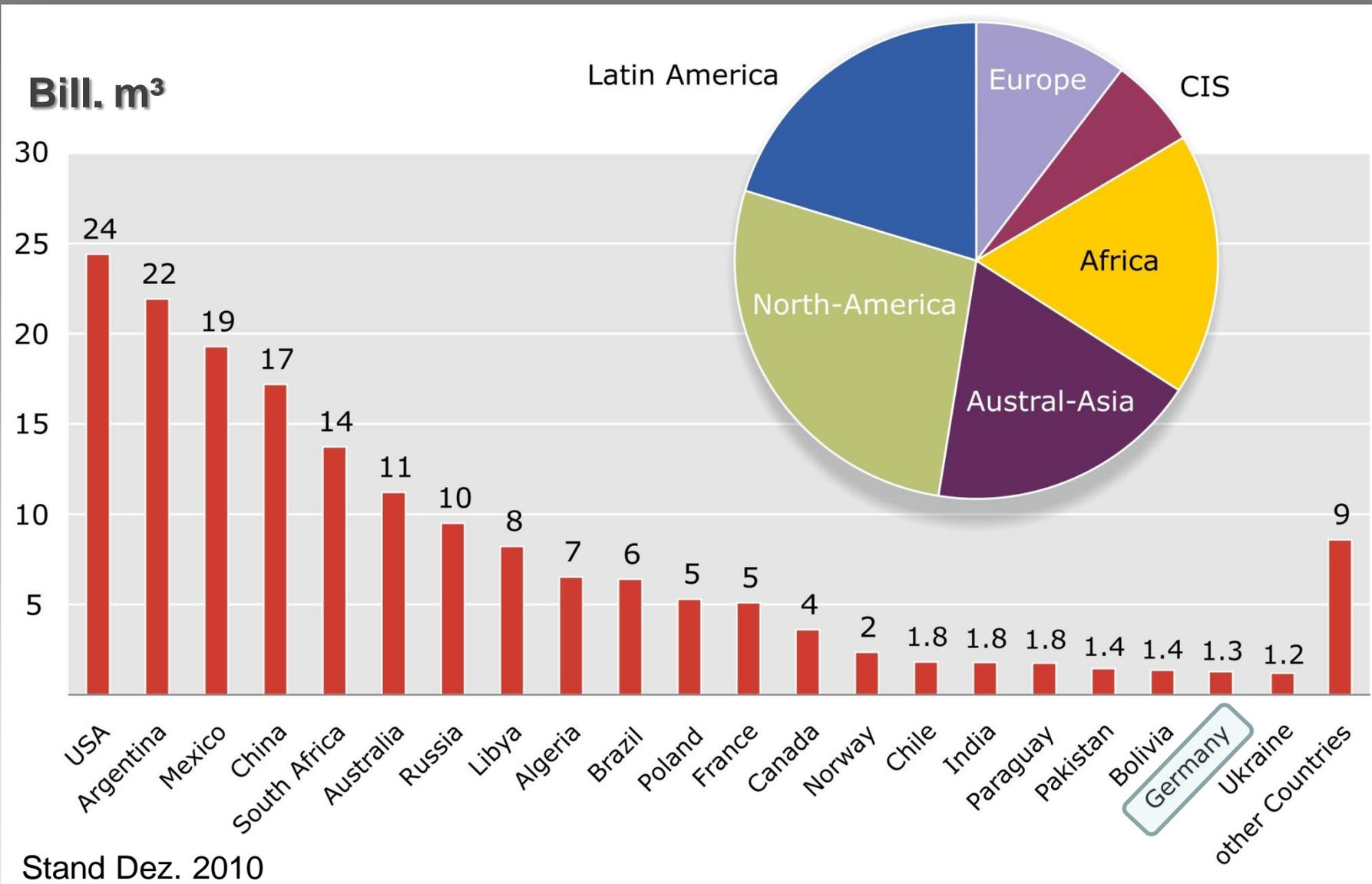
Erdgasressourcen:

0,15 Bill. m³

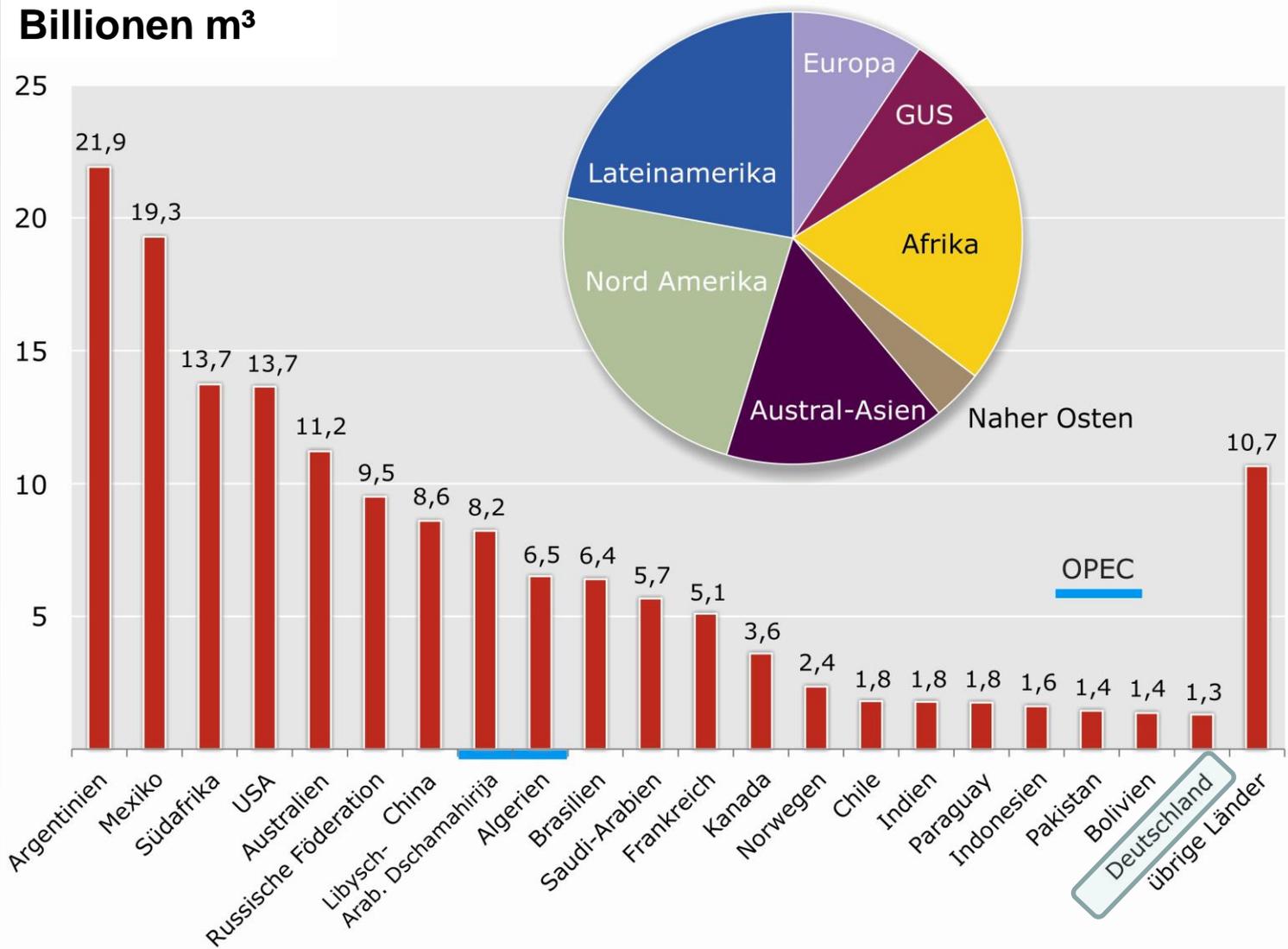
Erdgasreserven:

0,146 Bill. m³

Schiefergasressourcen weltweit



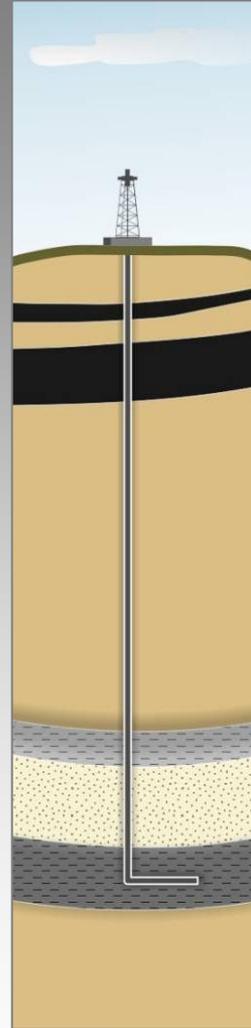
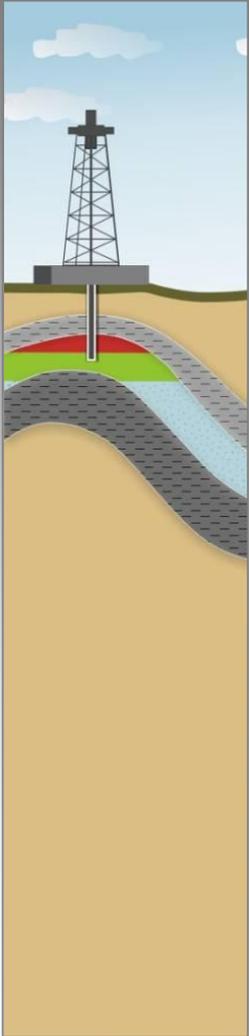
Schiefergasressourcen weltweit



Stand Dez. 2012

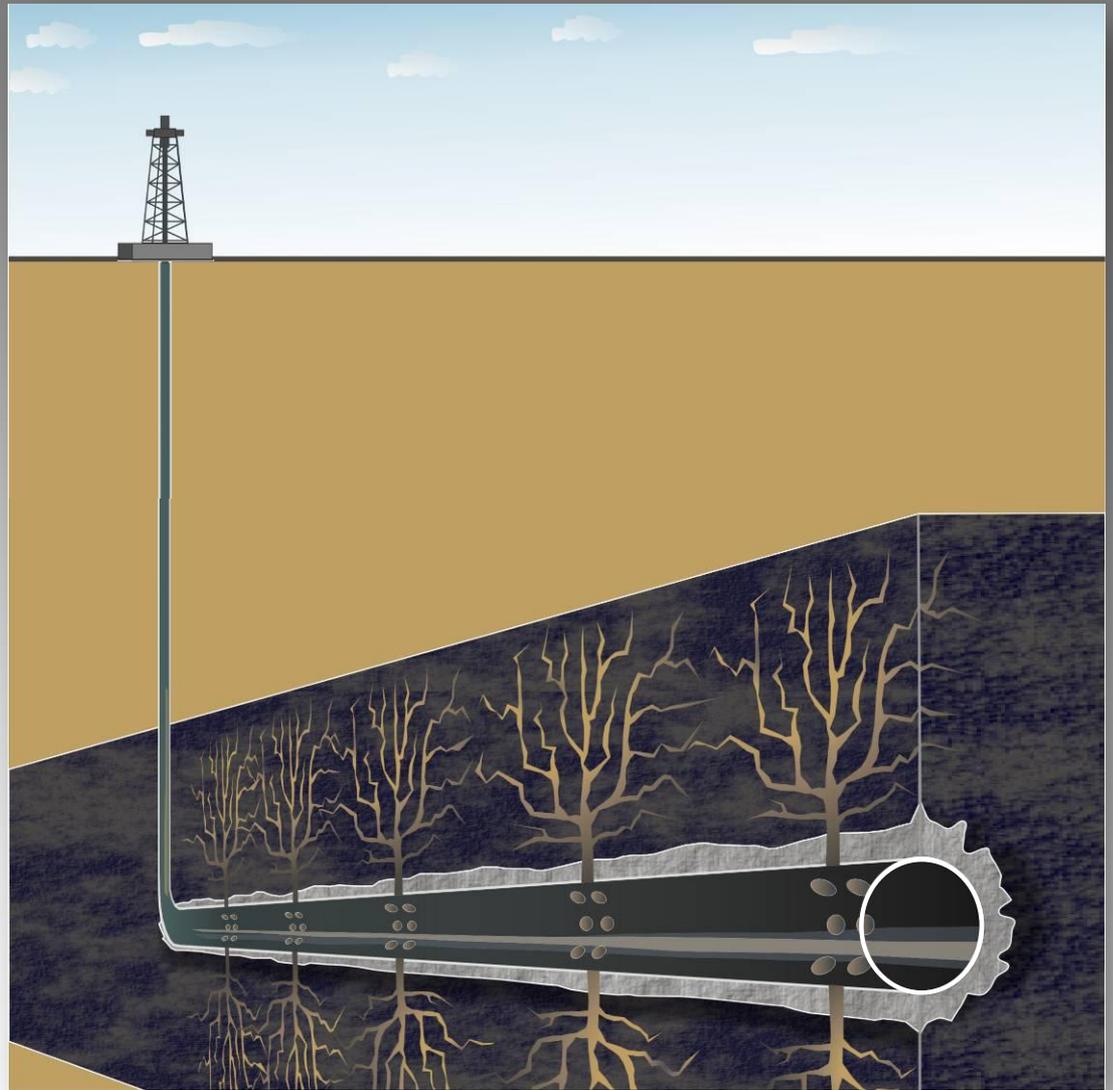
Zusammenfassung Schiefergas - Ressourcen

- **Schwerpunkt im norddeutschen Becken**
- **Zwischen 0,7 - 2,3 Bill. m³ Erdgas**
(Annahme: 10 % technisch förderbarer Anteil)
- **Schiefergas könnte beitragen:**
 - **Energieversorgungssicherheit zu erhöhen**
 - **Rückgang der konventionellen Förderung aufzufangen**
- **Ein Anstieg der Erdgasproduktion wie in den USA ist nicht zu erwarten**



Wie kommt man an das Erdgas ?

- **Vertikalbohrung zum Zielhorizont**
- **Horizontalbohrung im Tonstein**
- **Perforation**
- **Hydraulische Frakturierung (Fracken)**



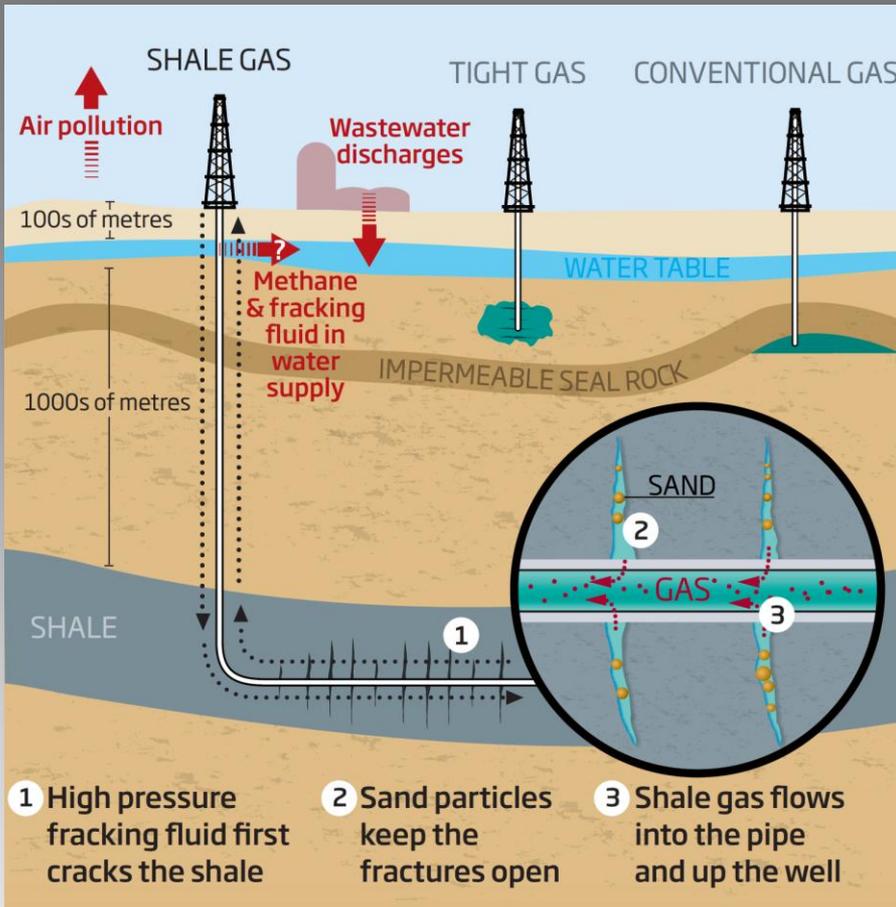
Spannungsfeld

Zeit (Februar 2013; Marlies Uken):

- **Die Energiekonzerne hoffen auf ein Milliarden-geschäft und warnen, die Gasförderung in Deutschland werde drastisch sinken, wenn die Technik nicht komme.**
- **Außenpolitiker hoffen darauf, dass das Gas aus Deutschland die Abhängigkeit von Russland verringert.**
- **Auf der anderen Seite stehen Umweltschützer und Aktivisten: Sie warnen, das Verfahren sei eine "Hochrisikotechnologie", es verseuche Grundwasser und erhöhe das Erdbebenrisiko.**



Umweltaspekte und mögliche Risiken „Fracking“

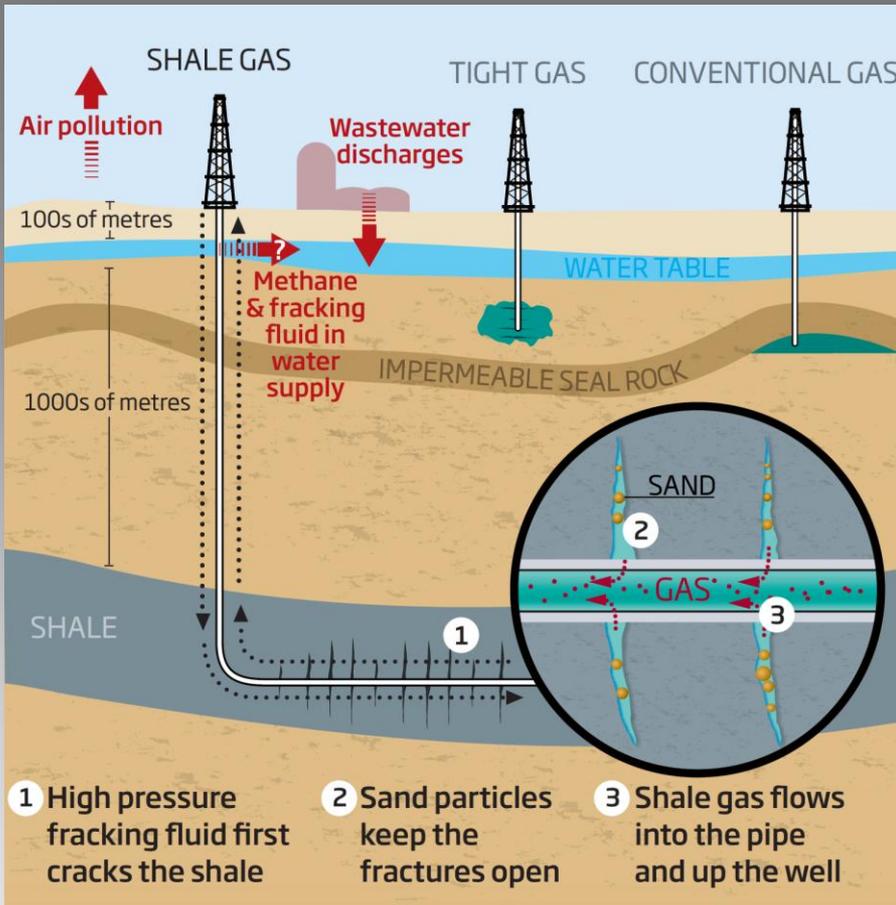


Aldhous (2012)

- Trinkwassergefährdung durch Frackfluide mit Chemikalien?
Durch Methan ?
- Wasserbedarf und Abwässer
- Induzierte Erdbeben
- Hoher Landschaftsverbrauch
- Schlechte(re) Energie- und Klimabilanz

Fracking wird eingesetzt bei konv., nicht-konventionellen KW Vorkommen + tiefer Geothermie

Umweltaspekte und mögliche Risiken „Fracking“



Aldhous (2012)

In Deutschland

- ca. 300 Fracs in D, ohne Vorfälle
- Ein Test- Frack (Bohrung Damme 3; Exxon) auf Schiefergas
- rechtlicher Rahmen durch BBergG geregelt; WHG und weitere Gesetze sind zu berücksichtigen
- keine verpflichtende UVP
- Bundesländer sind zuständig für Genehmigung + Aufsicht

Trifft die Kritik an der Technologie zu ?

- Wasser 95 – 98% (abhängig vom Anteil Stützmittel)
- Stützmittel (Proppants) - 5 - 30%, (Quarzsand, Keramik, geocoated)
- **Additive 0,2 – 2%**

- **Biozide**
- **Tenside**
- **Lösungsmittel**
- **pH-Stabilisatoren**
- **Sauerstoffzehrer**
- **Erdölderivate**
- **sonstige**

In Deutschland ca. 25 – 30 Substanzen eingesetzt
(Quelle: <http://www.erdgassuche-in-deutschland.de>)

teilweise schwer abbaubar und toxisch

Wassergefährdungsklassen 1 bis 3

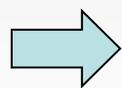
**Einstufung nach Gefahrstoffrecht
(Gesundheit):**

Xn = Gesundheitsschädlich

Xi = reizend

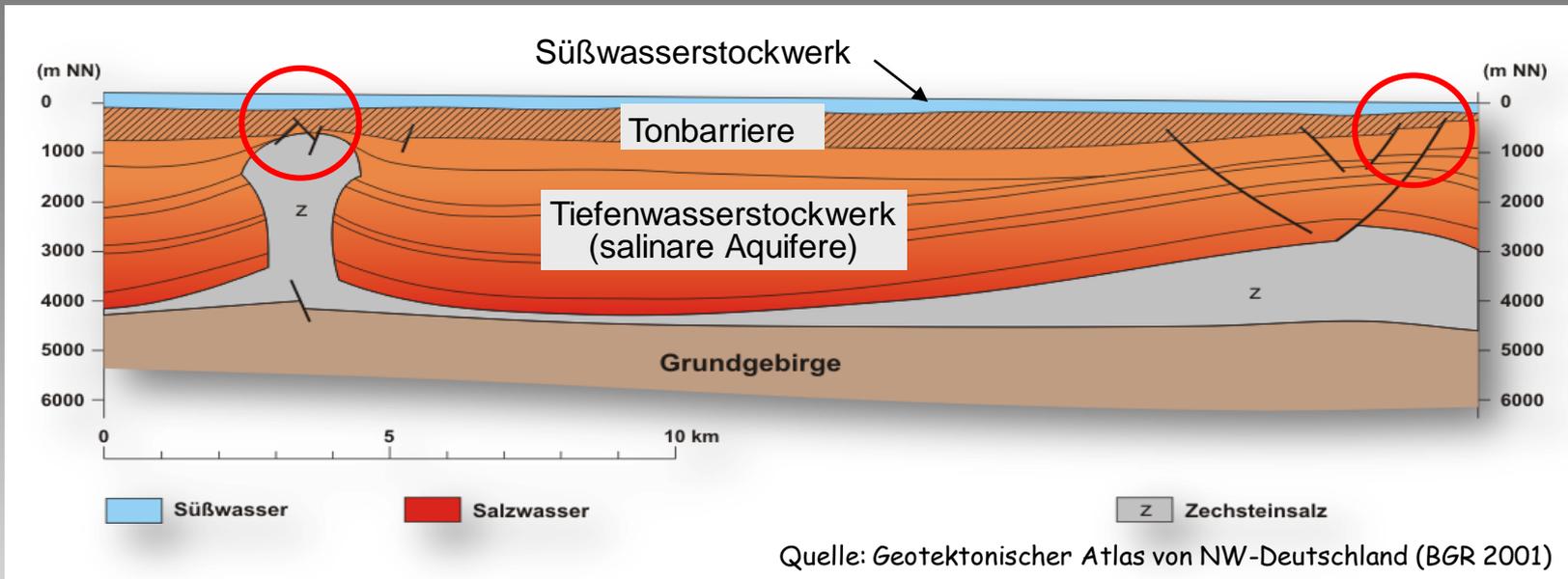
T = Giftig

C = Ätzend



Kontamination des nutzbaren Grundwassers muss sicher ausgeschlossen sein

Hydrogeologische Situation Norddeutschland



- Klare Trennung zwischen oberflächennahem nutzbarem **Süßwasser** und hochsalinen **Tiefenwasser** aufgrund von Tonbarrieren und Dichteunterschieden von Süß- und Salzwässern (hydraulische Barriere)
- Kontamination von oberflächennahem Süßwasser aufgrund der hydrogeologischen Situation wenig wahrscheinlich
- Kritische Bereiche **Salzstöcke und Störungszonen**

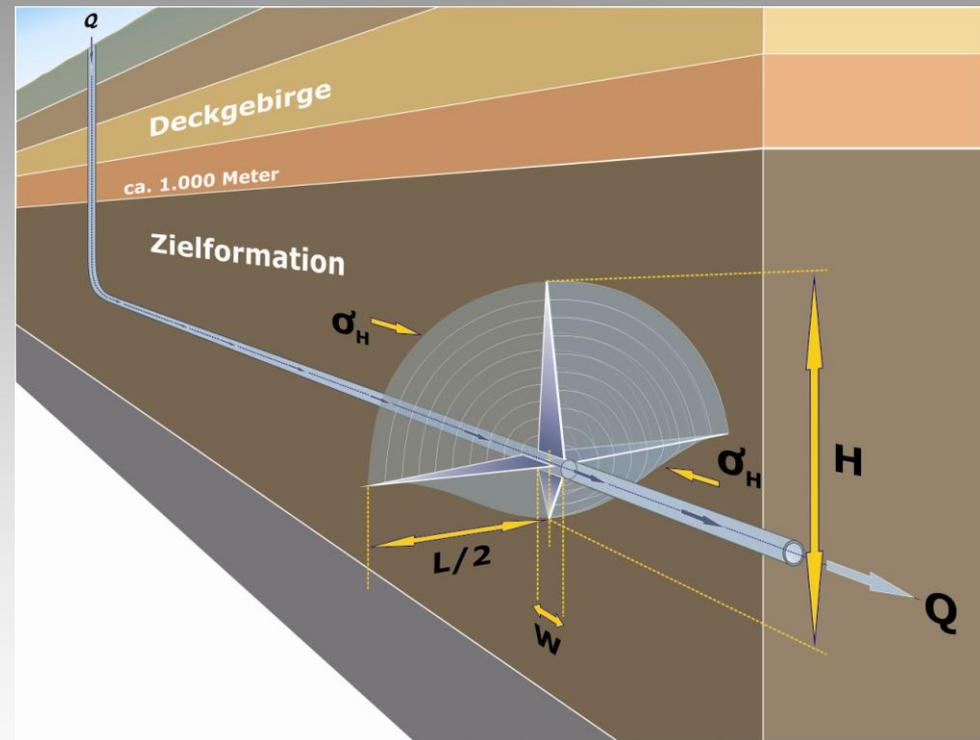
Rissausbreitung bei hydraulischer Stimulation

Fragestellung

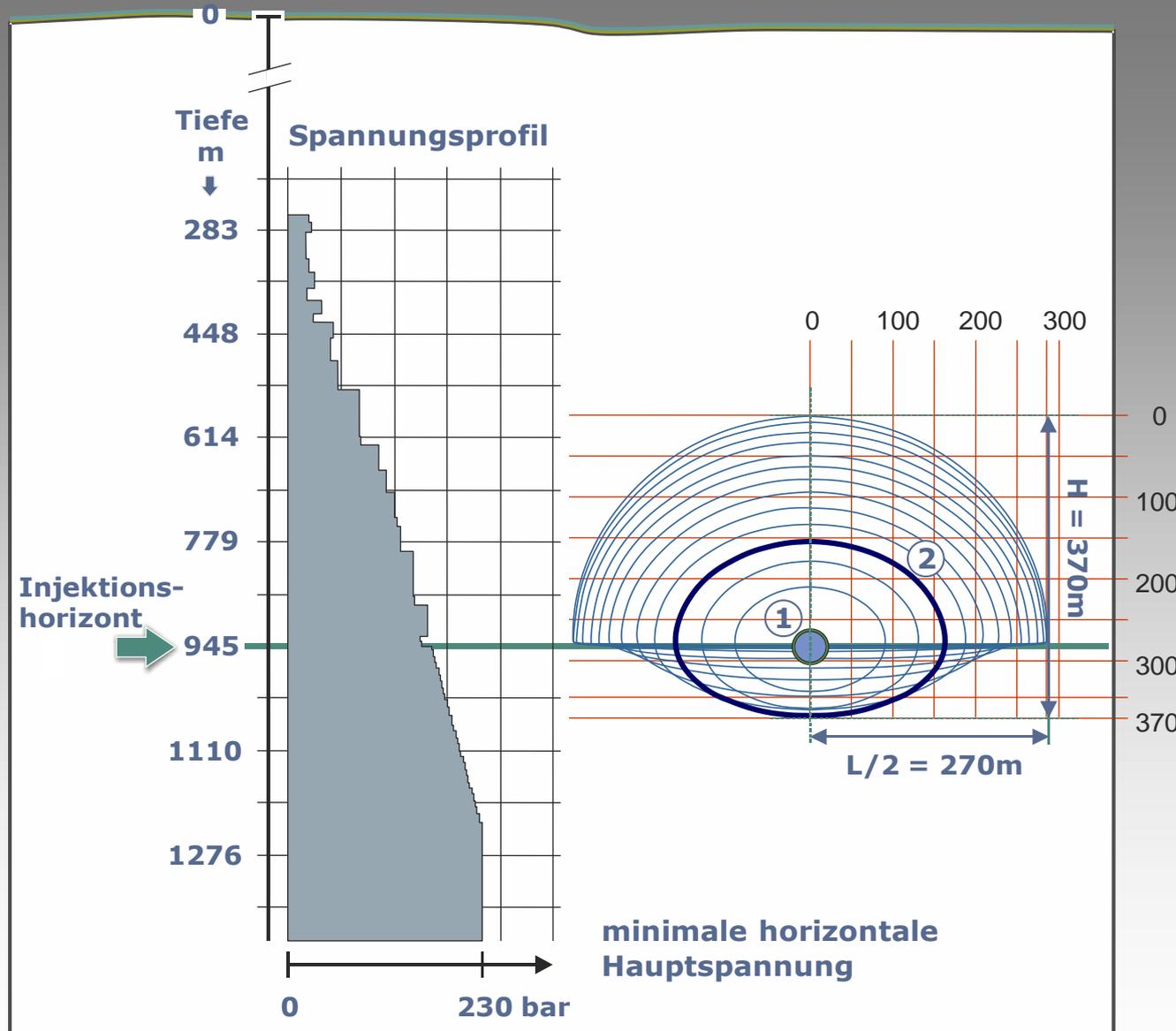
- Wie weit nach oben breitet sich ein hydraulischer Riss aus?
- Könnte eine Wegsamkeit zum Trinkwasserleiter erzeugt werden?

Vorgehensweise

- Modellierung der Rissausbreitung
- Annahmen:
 - impermeables Gestein
 - flacher Zielhorizont
- ➔ Szenario maximaler Riss



Rissausbreitung bei hydraulischer Stimulation



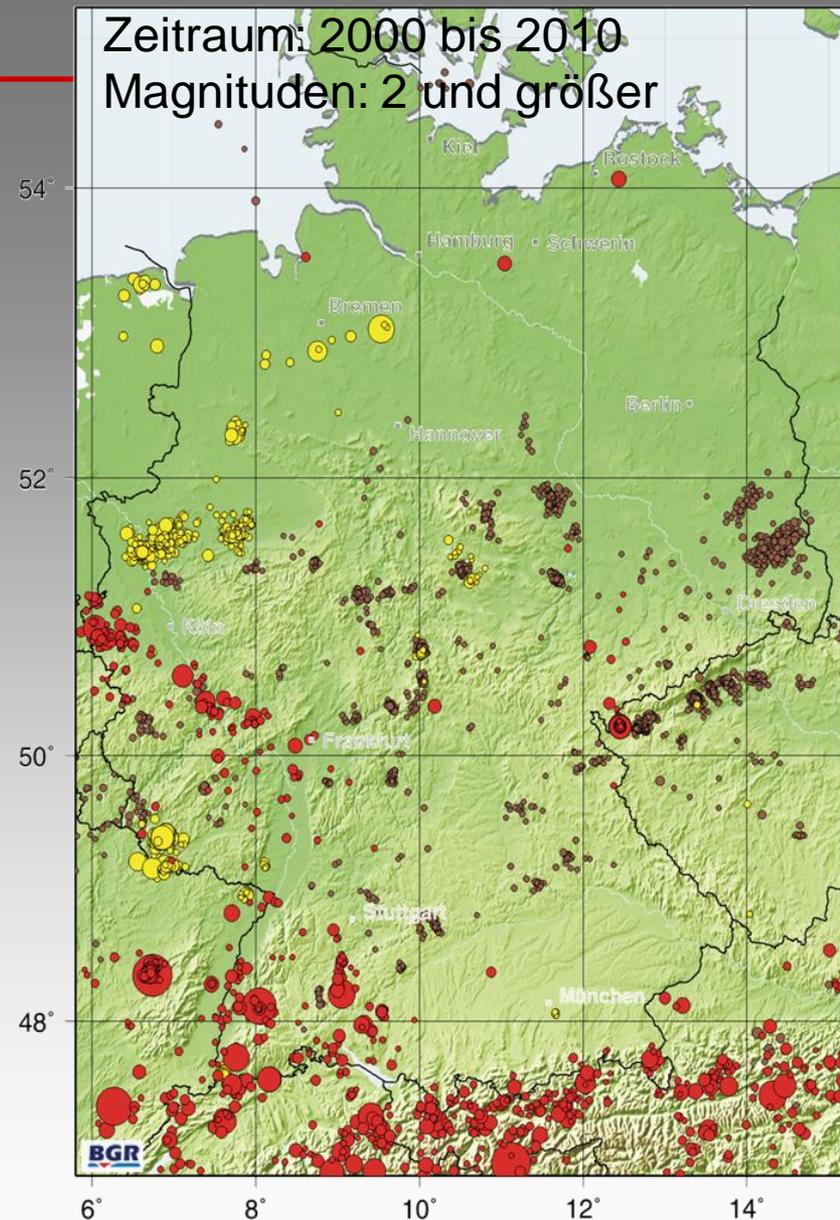
Seismizität in und um D

Geringe natürlicher Gefährdung

- Großteil der Bereiche mit hohem Schiefergaspotenzial
- Durch Fracking-Maßnahmen ausgelöste spürbare Erdbeben weniger wahrscheinlich

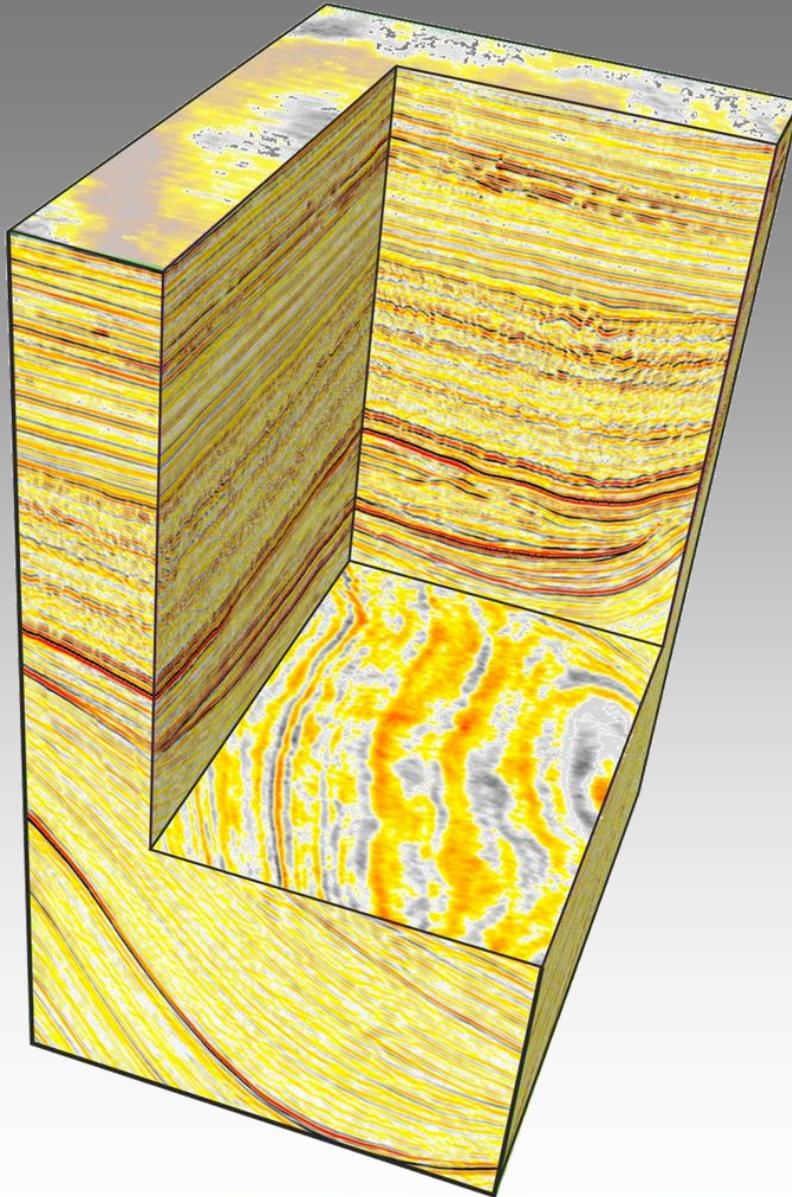
Höhere natürliche Gefährdung

- Spürbare Erdbeben im Zusammenhang mit Fracking-Maßnahmen sind nicht auszuschließen
- Überwachung der Seismizität: Aufwand an örtliche geologisch-tektonischen Gegebenheiten anzupassen



● Tektonische Ereignisse ● Induzierte Ereignisse ● Steinbruchsprengungen

Umweltaspekte und mögliche Risiken „Fracking“

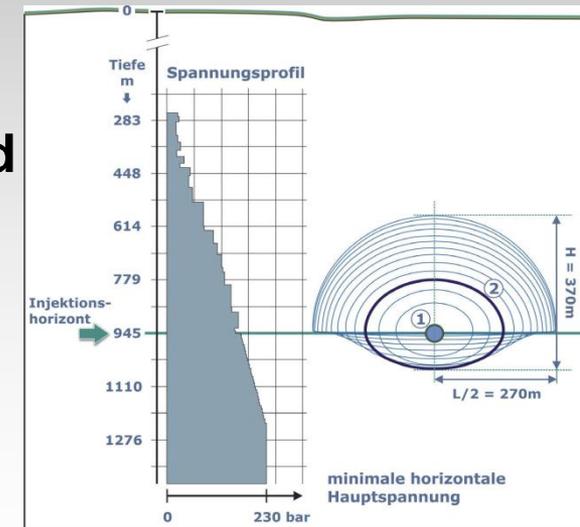


- Detaillierte standortbezogene Voruntersuchungen
- **Erkundung des Untergrundes** (z.B. Geophysik, Geologie, Hydrogeologie)
- **Simulation der Rissausbreitung**
Sicherheitsabstand zu trinkwasserführenden Schichten
- Überwachung der **Seismizität**

Umweltaspekte

Eine mögliche Förderung von Schiefergas in Deutschland steht in dem Spannungsfeld aus Versorgungssicherheit durch heimische Förderung von Erdgas auf der einen Seite und Umweltverträglichkeit und gesellschaftlicher Akzeptanz auf der anderen Seite.

- **Rechtlicher Rahmen in Deutschland**
- **Herstellen eines Bohrloches und Bohrlochbehandlung**
- **Wasserbedarf und Abwasserentsorgung**
- **Grundwasser-Aspekte beim Einsatz von Fracking-Flüssigkeit**
- **Ausbreitung hydraulischer Risse im Untergrund**
- **Seismizität**



Fazit der Studie



- Wenn eine Erschließung/Förderung nach den **gesetzlichen Auflagen, kontrolliert** und **umweltverträglich** erfolgt:
- kann **Schiefergas** aus **heimischen Vorräten** zur **Energieversorgungssicherheit** Deutschlands beitragen
- kann Schiefergas einen Beitrag zur **Kompensation** des **Förderrückgangs heimischen Erdgases** liefern