Wahrnehmung
Realität
Was wäre wenn?
Alternativen
Fazit

4. Haben regenerative Energien auch weltweit eine Chance?

Fossile Alternativen zu regenerativen Energieträgern:

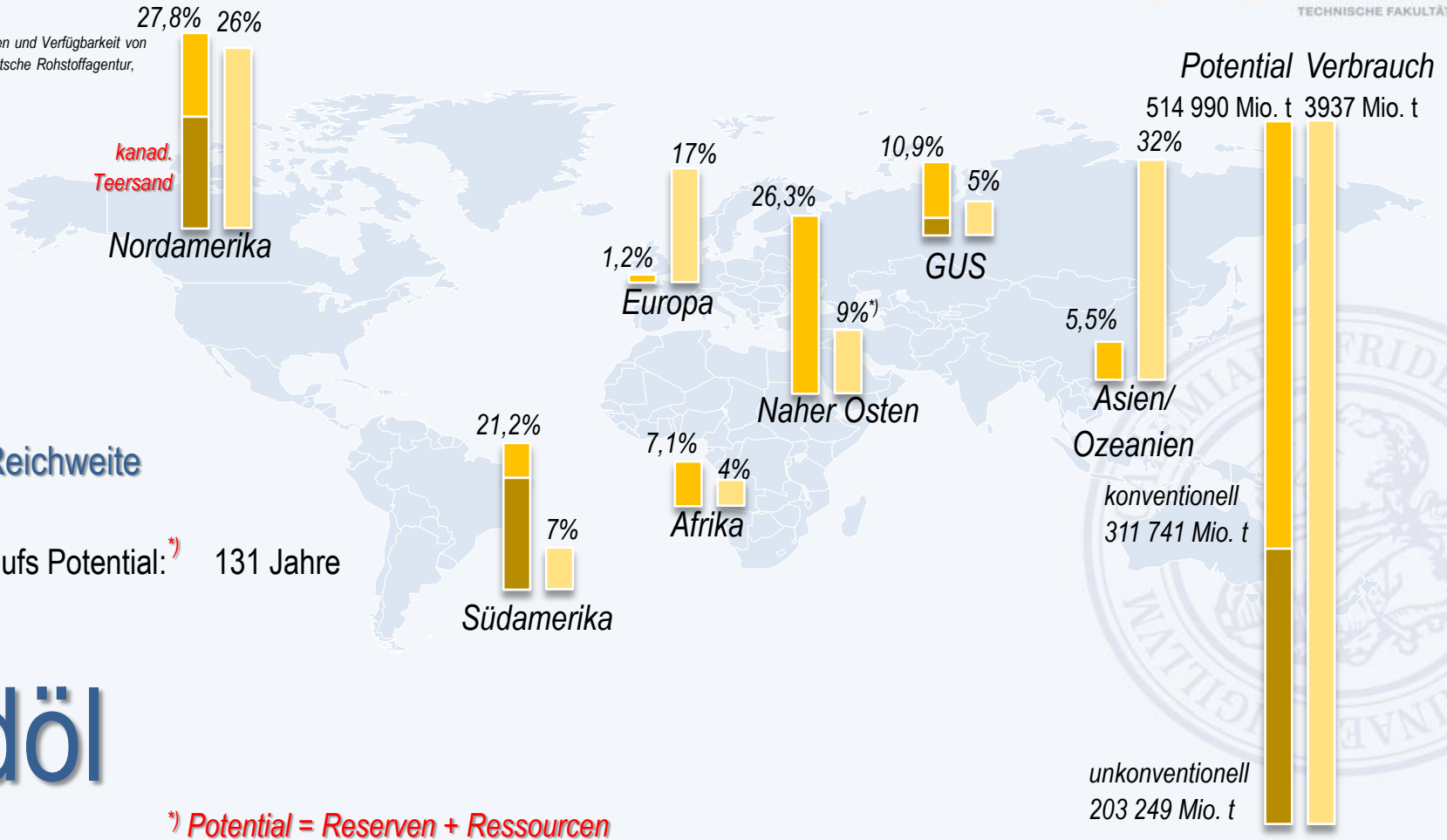
- Oilsands
- Shale Gas
- Underground Gasification

FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG
TECHNISCHE FAKULTÄT

Stand 2010

Quelle: Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen 2011, Deutsche Rohstoffagentur, 2011

Wahrnehmung
Realität
Was wäre wenn?
Alternativen
Fazit



Statische Reichweite des Erdöls

- bezogen aufs Potential:*) 131 Jahre

Erdöl

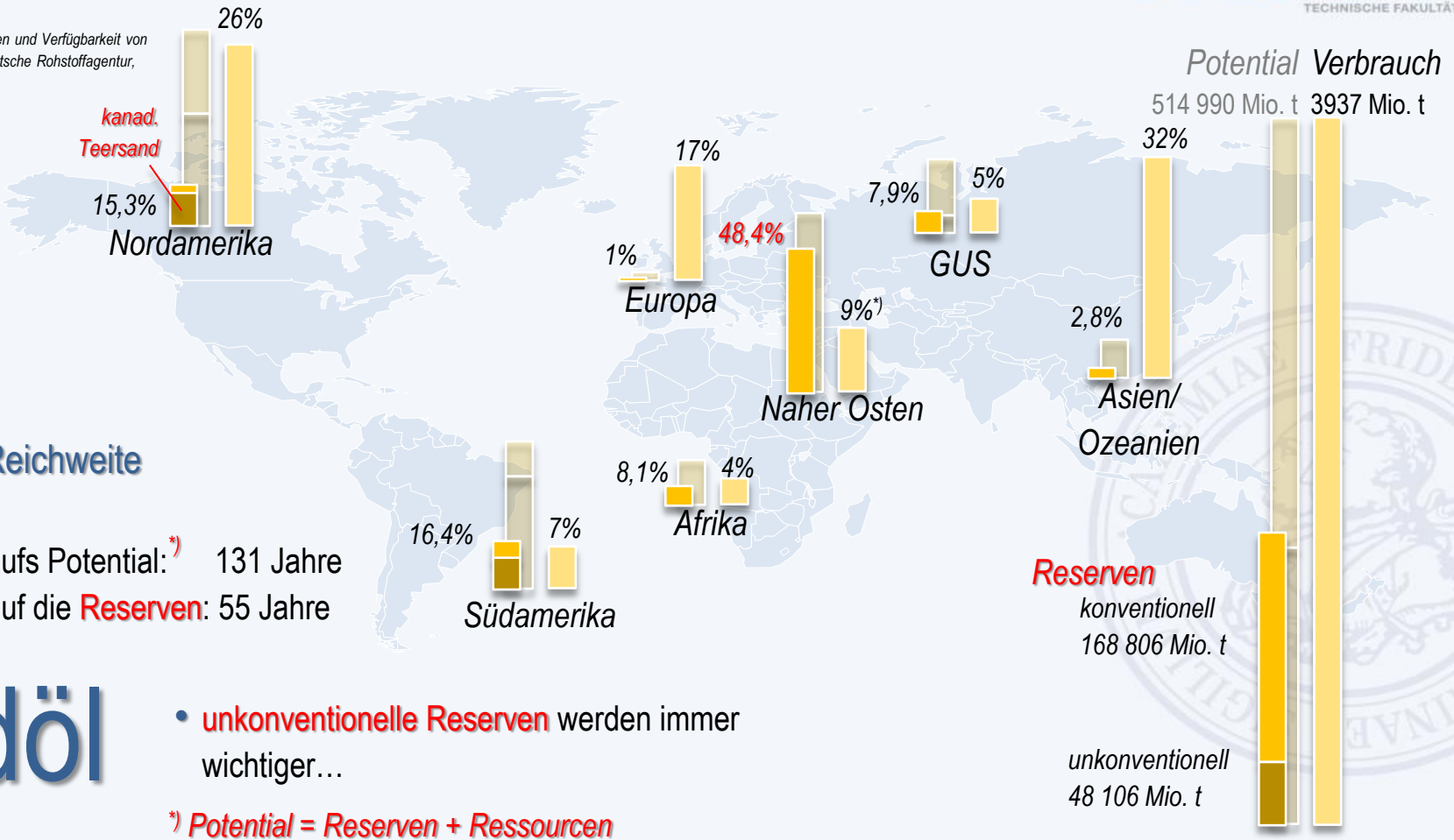
*) *Potential = Reserven + Ressourcen*

FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG
TECHNISCHE FAKULTÄT

Stand 2010

Quelle: Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen 2011, Deutsche Rohstoffagentur, 2011

Wahrnehmung
Realität
Was wäre wenn?
Alternativen
Fazit



Statische Reichweite des Erdöls

- bezogen aufs Potential:*) 131 Jahre
- bezogen auf die Reserven: 55 Jahre

Erdöl

- unkonventionelle Reserven werden immer wichtiger…

*) *Potential = Reserven + Ressourcen*

FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG
TECHNISCHE FAKULTÄT

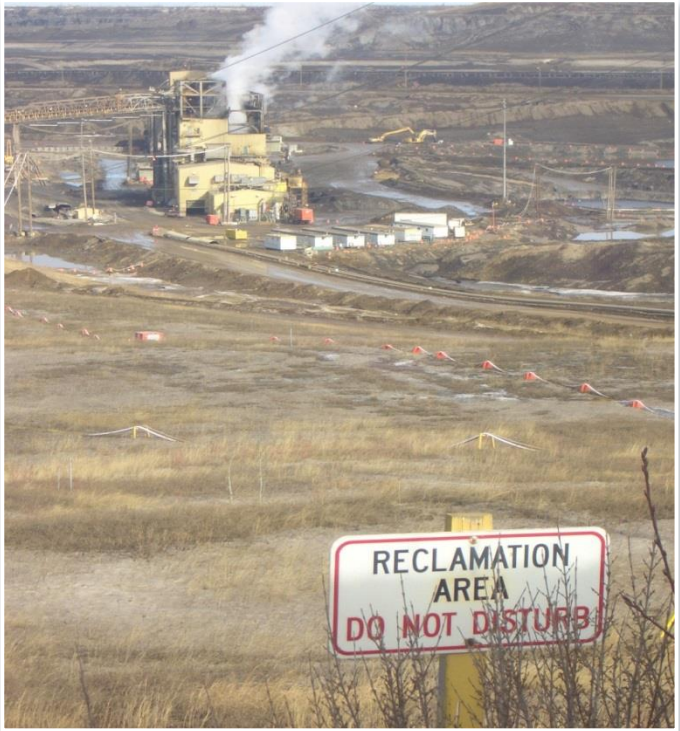
„unkonventionelle" Reserven: Ölsand / Ölschiefer

- Abbaugebiet in Kanada entspricht ca. ½ Fläche der BRD

FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG
TECHNISCHE FAKULTÄT

„unkonventionelle" Reserven: Ölsand / Ölschiefer

- Abbaugebiet in Kanada entspricht ca. ½ Fläche der BRD
- Abbau im Tagebau oder „in-situ"
- Teersand wird nach Wäsche in „tailing-ponds" geleitet



FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG
TECHNISCHE FAKULTÄT

„unkonventionelle" Reserven: Ölsand / Ölschiefer

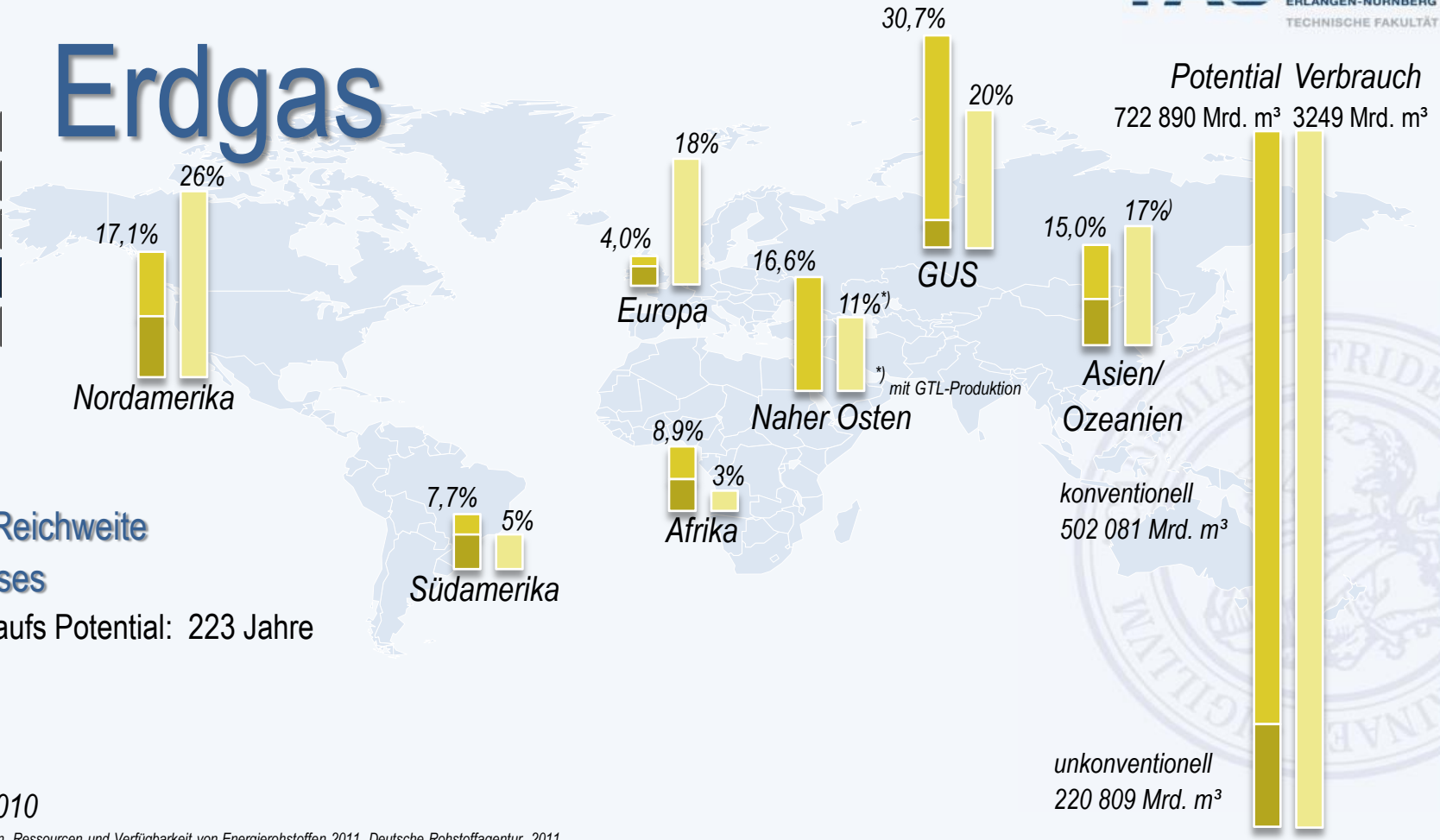
- Förderung, Aufarbeitung und Transport verbrauchen ca 1/3 des gewinnbaren Energieinhalts…

A.R. Brandt et al. / Energy 55 (2013) 693-702

- Abbaugebiet in Kanada entspricht ca. ½ Fläche der BRD
- Abbau im Tagebau oder „in-situ"
- Teersand wird nach Wäsche in „tailing-ponds" geleitet
- Aufarbeitung des Bitumens (6 - 18% des Ölsands) erfolgt in Raffinerien vor Ort…

FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG
TECHNISCHE FAKULTÄT

Erdgas



Statische Reichweite des Erdgases

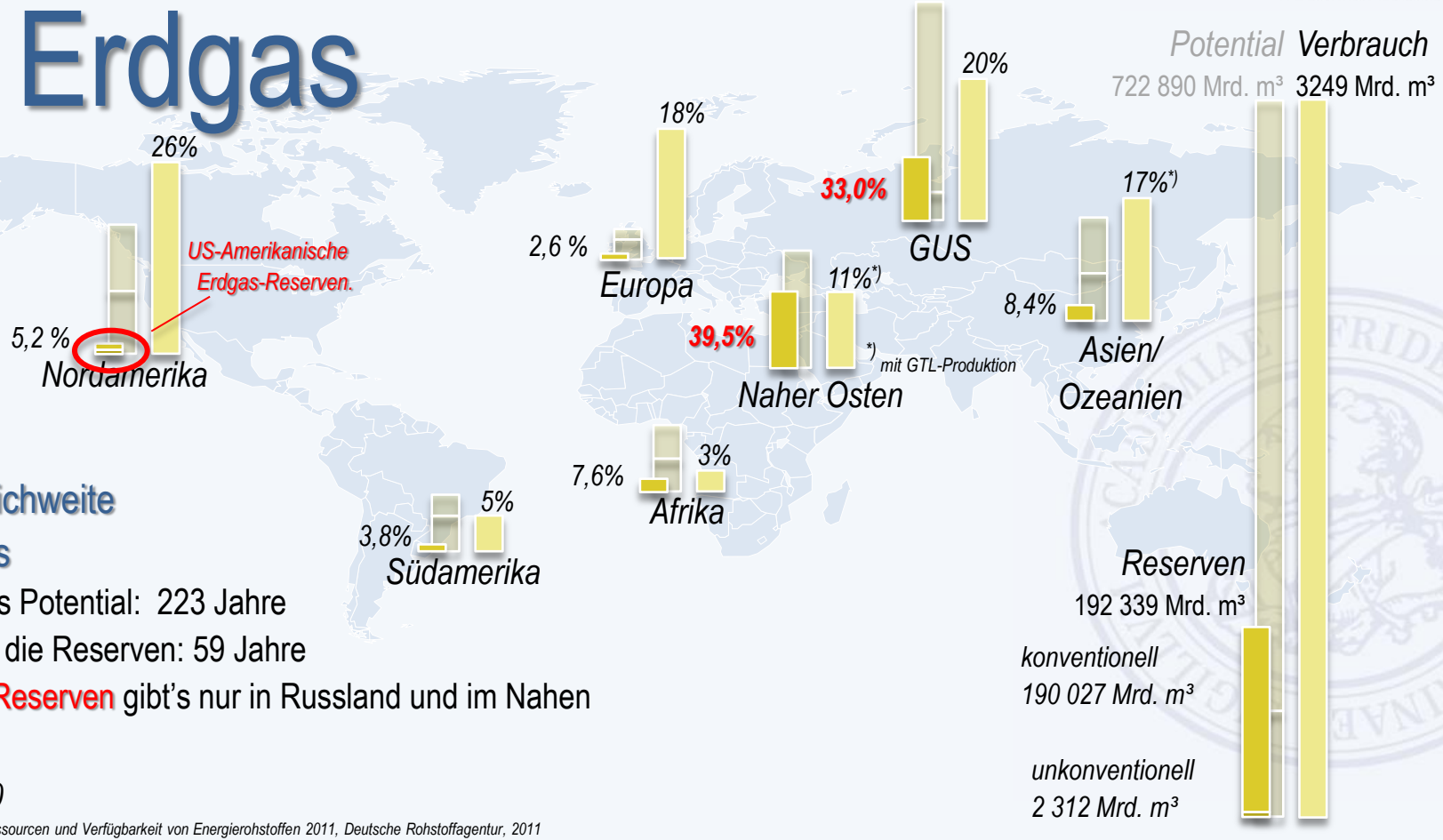
- bezogen aufs Potential: 223 Jahre

Stand 2010

Quelle: Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen 2011, Deutsche Rohstoffagentur, 2011

FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG
TECHNISCHE FAKULTÄT

Erdgas



Statische Reichweite des Erdgases

- bezogen aufs Potential: 223 Jahre
- bezogen auf die Reserven: 59 Jahre
- signifikante Reserven gibt's nur in Russland und im Nahen Osten…

Stand 2010

Quelle: Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen 2011, Deutsche Rohstoffagentur, 2011

FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG
TECHNISCHE FAKULTÄT

Preisentwicklung am US-Erdgasmarkt

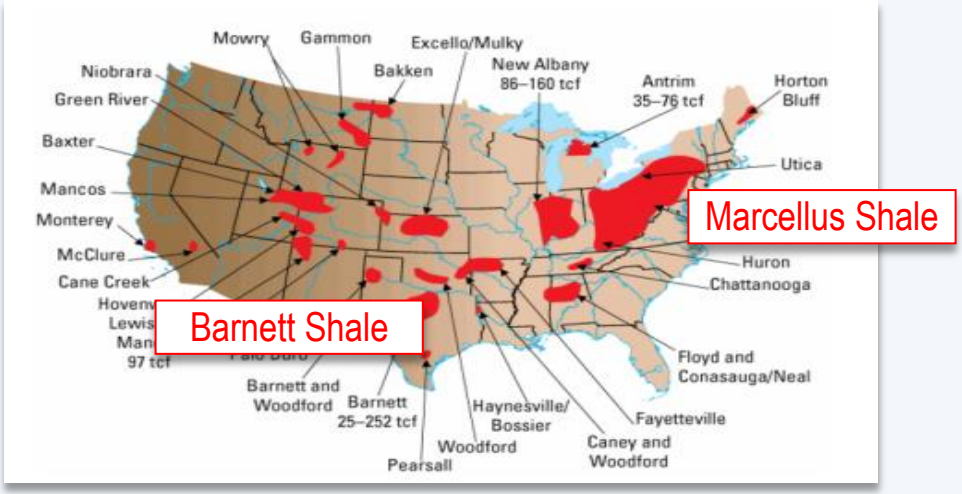
- Grund für den Preisverfall:

Shale Gas

FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG
TECHNISCHE FAKULTÄT

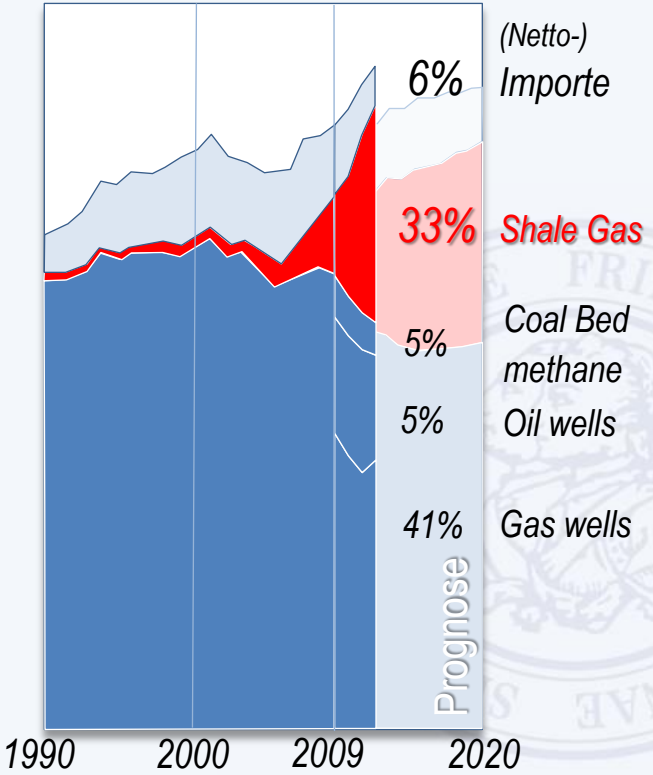
Gründe für den Preisverfall in den USA

- seit 2005 erlaubt eine weitgehende Aufhebung des Gewässerschutzes durch den „Clean Energy Act“ die verstärkte Nutzung von Shale-Gas
- Produktion von Shale-Gas verzehnfachte sich innerhalb von 10 Jahren



US-Erdgasproduktion Stand 2012

(Nettoproduktion)



Quelle: EIA's Annual Energy Outlook, 2011, EIA's Natural Gas Annual, 2012

FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG
TECHNISCHE FAKULTÄT

Gründe für den Preisverfall in den USA

- seit 2005 erlaubt eine weitgehende Aufhebung des Gewässerschutzes durch den „Clean Energy Act“ die verstärkte Nutzung von Shale-Gas
- Produktion von Shale-Gas verzehnfachte sich innerhalb von 10 Jahren

Kernfragen:

- setzt sich der Trend fort?
- auch in Europa?

Deutsche Bank Research

Gasschwemme erreicht Europa

Starke Effekte auf Preise, Sicherheit und Marktstruktur

Eine Gasschwemme läutet eine Zeitenwende ein. Die neue Phase ist gekennzeichnet durch technologischen Fortschritt, eine stärkere Konvergenz der globalen Gasmärkte sowie den Bedeutungsverlust bisheriger Muster der Preisgestaltung im kontinentaleuropäischen Pipelinegeschäft. Betroffen sind die typischen Großprojekte, die internationalen Lieferbeziehungen und die nachgelagerten Handels- und Nutzungsstufen.

Quelle: www.dbresearch.de, 2010

FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG
TECHNISCHE FAKULTÄT

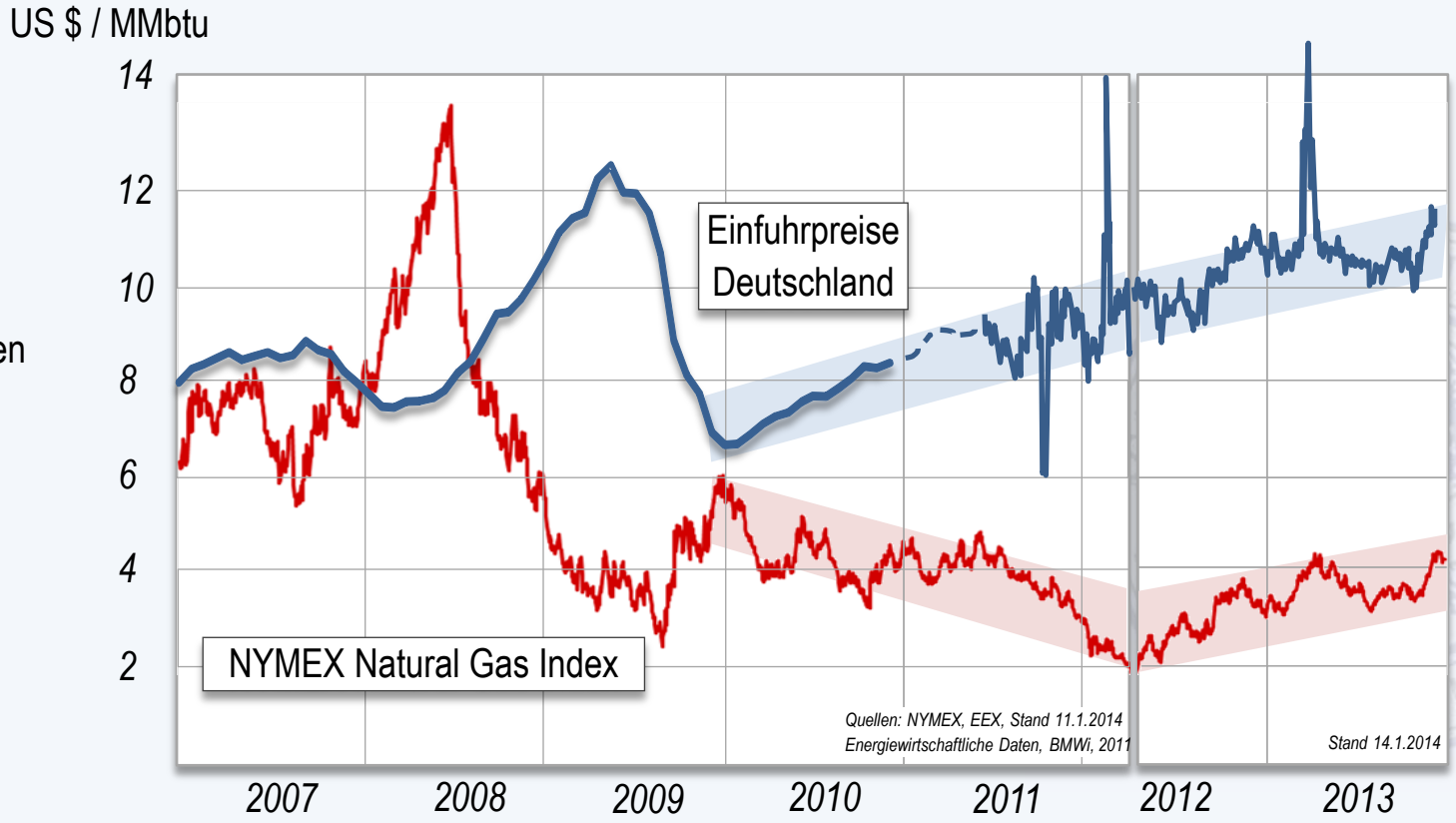
Preisentwicklung am US-Erdgasmarkt

- Ölpreisbindung
- abnehmende Reserven
- steigender Verbrauch

und

- Versorgungs-engpässe

führen zu steigenden Erdgas-Preisen in Europa



FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG
TECHNISCHE FAKULTÄT

Erdgasproduktion und statische Reichweite nach Regionen

	Anteil an der Welt-produktion 2011	Produktion 2011 in Mrd. m³	Verbrauch 2011 in Mrd. m³	(konventionelle) Reserven in Mrd. m³
Vereinigte Staaten	19,5	650,9	690,1	4.463
Russische Föderation	18,9	629,5	474,3	**45.955**
Kanada	4,8	160,5	104,8	1.666
Iran	4,5	151,8	153,3	**33.090**
China				
Saudi-Arabien				
Indonesien				
Ägypten				
Ver. Arab. Emirate				
Indien				
Europa				
Deutschland				
Norwegen				
Großbritannien				

$$Reichweite = \frac{Reserven}{aktueller\ Verbrauch}$$

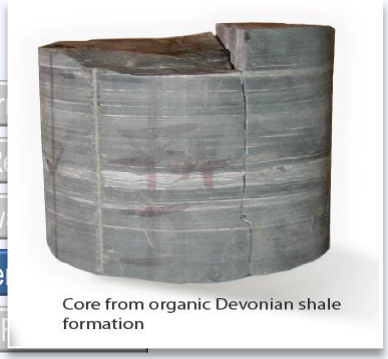
	Verbrauch 2011 in Mrd. m³	(konventionelle) Reserven in Mrd. m³	Statische Reichweite (Reserven/ Verbrauch) in Jahren	rechnerische Förderdauer (Reserven/ Erdgasförderung) in Jahren
Vereinigte Staaten	690,1	4.463 + 2759	**6,5** + 4,0	**6,9** + 4,2
Europa	**526,5**	**4315** mit Shale Gas	**8,2** mit Shale Gas	**15,5** mit Shale Gas

Stand 2011

Quelle: Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen 2011, Deutsche Rohstoffagentur, 2012

FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG
TECHNISCHE FAKULTÄT

Produktion von Shale Gas

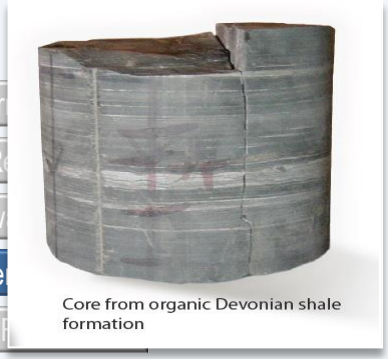

Core from organic Devonian shale formation

- Vorkommen werden mit 5-6 Bohrungen je km² erschlossen
- unter hohem Druck wird das gasführende Schiefergestein gesprengt („Fracking“)

Barnett Shale

FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG
TECHNISCHE FAKULTÄT

Produktion von Shale Gas

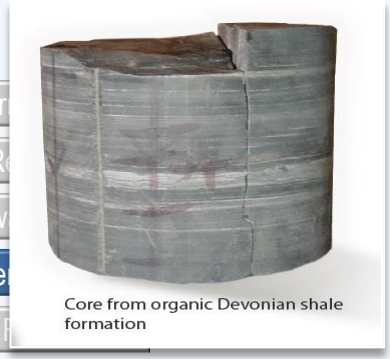

Core from organic Devonian shale formation

- Vorkommen werden mit 5-6 Bohrungen je km² erschlossen
- unter hohem Druck wird das gasführende Schiefergestein gesprengt („Fracking“)
- um das Schließen der Cracks zu vermeiden, werden Sand und Biozide eingepresst

Umweltbelastungen

- Grundwasser wird mit Chemikalien verseucht
- lokale Erdbeben schädigen Gebäude
- unkontrolliert austretendes Gas führt zu Explosionen und brennendem Wasser…

Produktion von Shale Gas


Core from organic Devonian shale formation

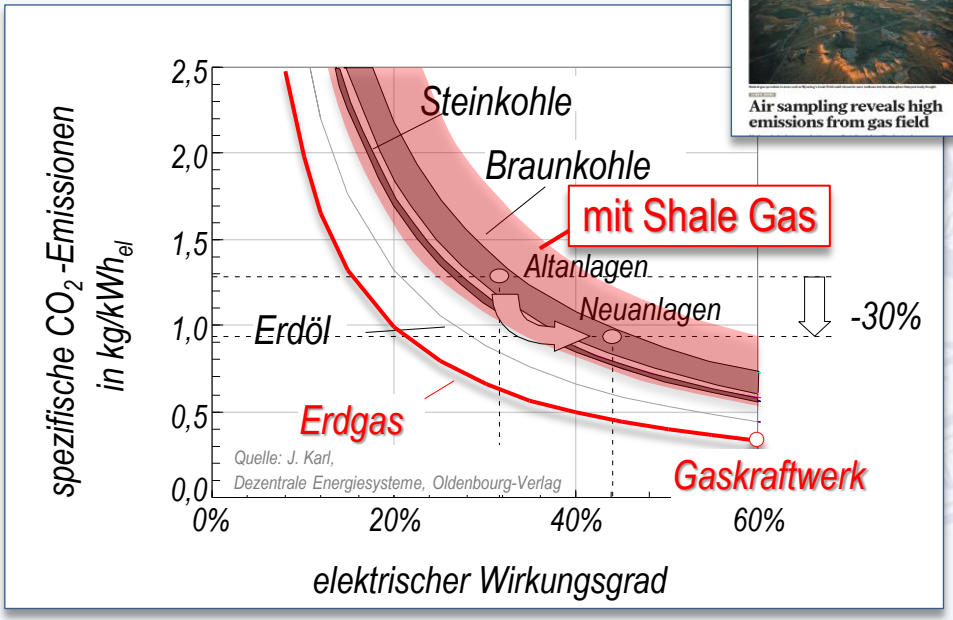
- Vorkommen werden mit 5-6 Bohrungen je km² erschlossen
- unter hohem Druck wird das gasführende Schiefergestein gesprengt („Fracking“)
- um das Schließen der Cracks zu vermeiden, werden Sand und Biozide eingepresst

2,3-7,7 % des Shale Gas gehen in die Atmosphäre…

Quelle: J. Tollefson, Nature, Vol. 492, Feb 2012

Umweltbelastungen

- Grundwasser wird mit Chemikalien verseucht
- lokale Erdbeben schädigen Gebäude
- unkontrolliert austretendes Gas führt zu Explosionen und brennendem Wasser…
- 15-25% der Bohrungen sind undicht…



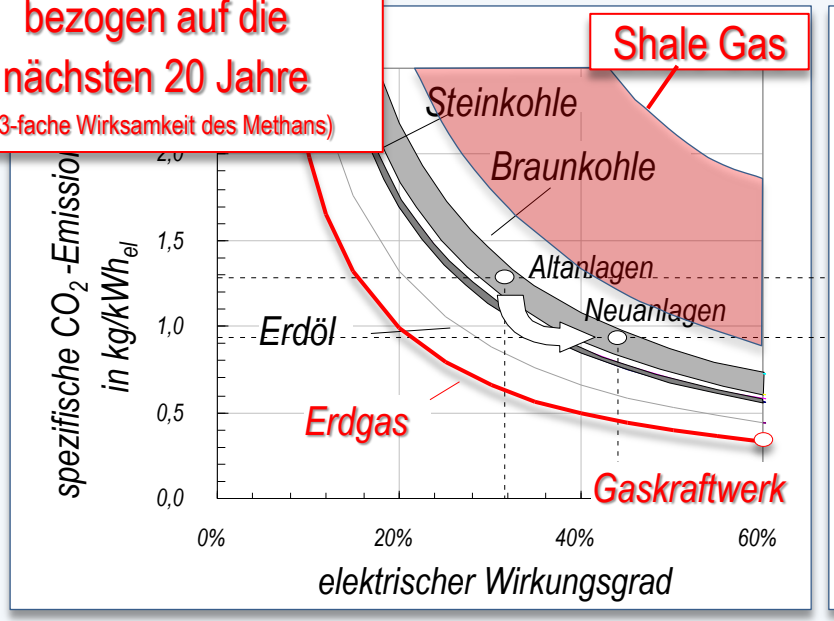
FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG
TECHNISCHE FAKULTÄT

Wahrnehmung
Realität
Was wäre wenn?
Alternativen

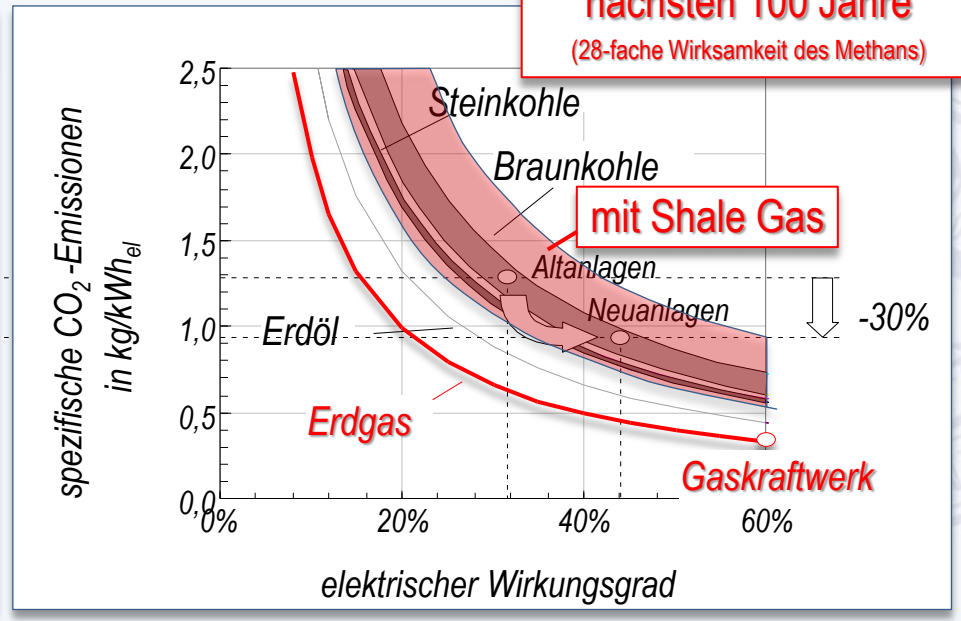
Kernproblem beim Fracking:
Treibhausgasemissionen

- Treibhausgasemissionen sind viel höher als bei der Nutzung von Braunkohle!

bezogen auf die nächsten 20 Jahre
(83-fache Wirksamkeit des Methans)



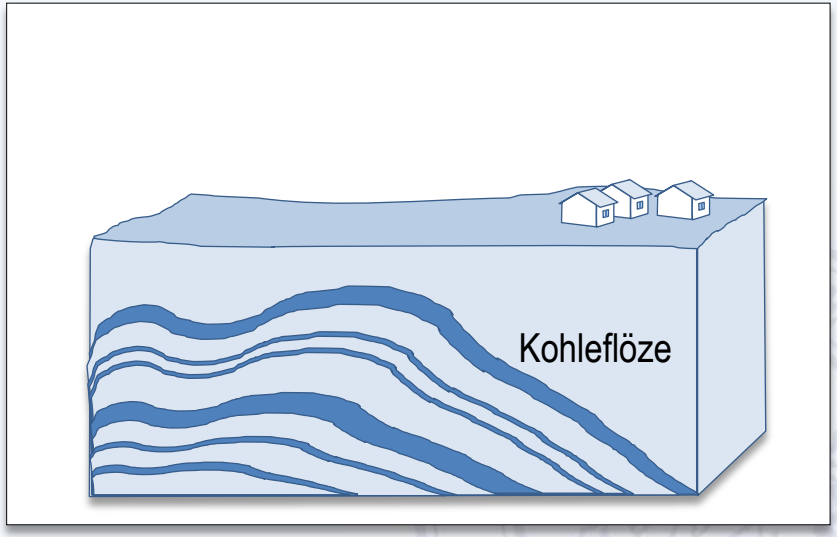
bezogen auf die nächsten 100 Jahre
(28-fache Wirksamkeit des Methans)



FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG
TECHNISCHE FAKULTÄT

Ausblick: „Unkonventionelle Kohle“: Underground gasification

- Großteil der Kohle-Ressourcen liegen in (nicht abbaubaren) Flözen < 0,7 m bzw. > 6 m



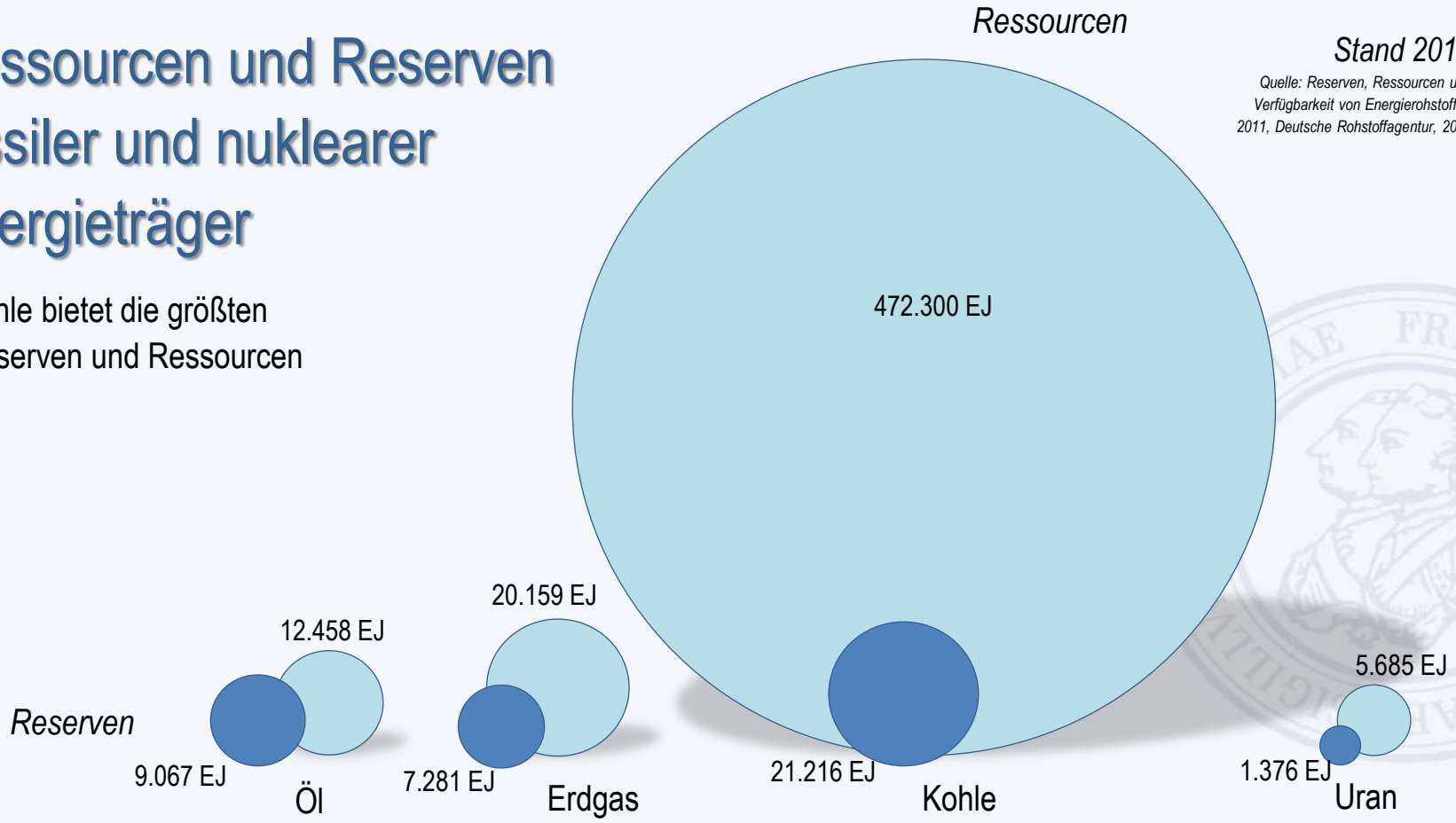
FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG
TECHNISCHE FAKULTÄT

Ressourcen und Reserven fossiler und nuklearer Energieträger

- Kohle bietet die größten Reserven und Ressourcen

Stand 2010

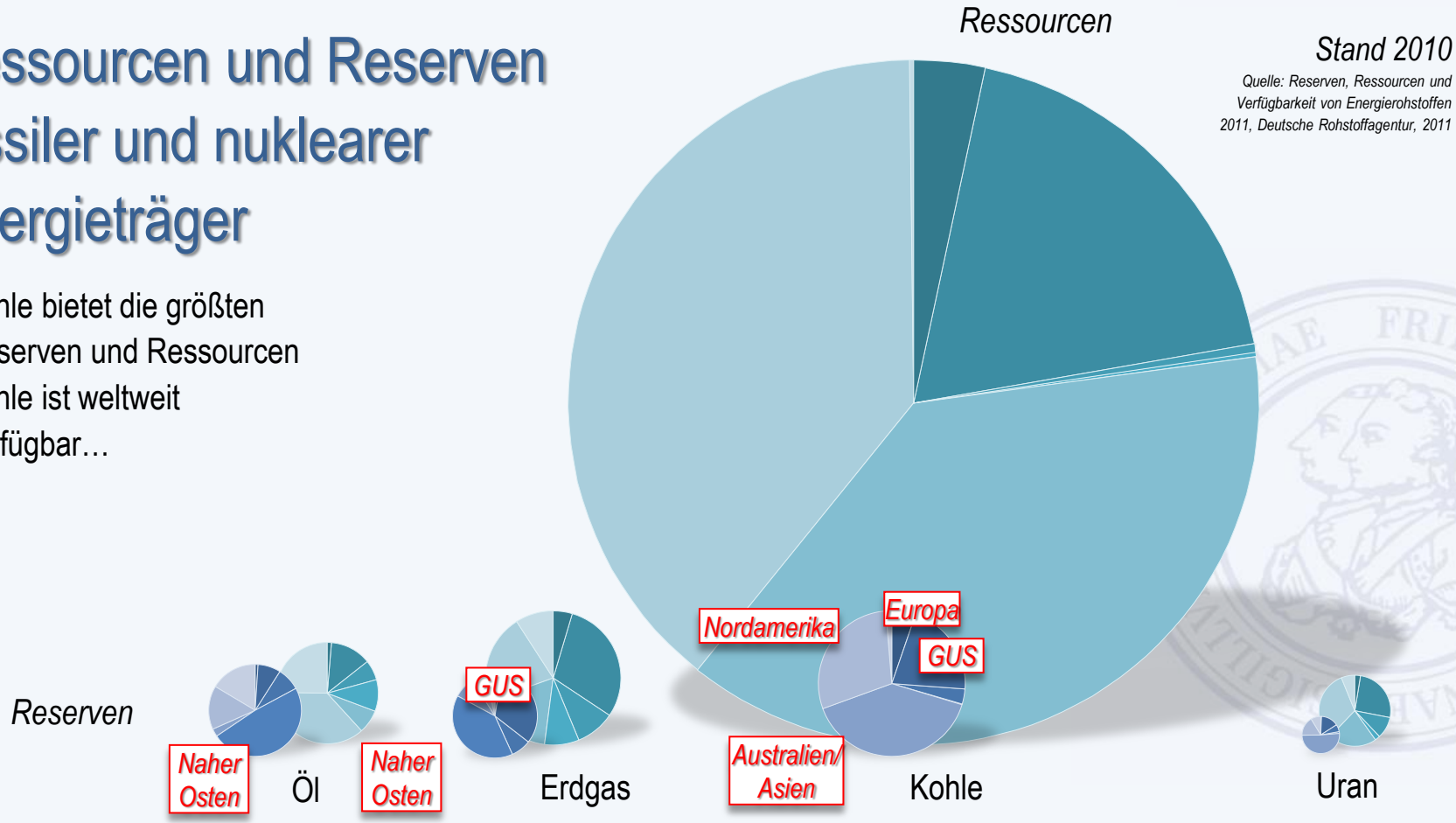
Quelle: Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen 2011, Deutsche Rohstoffagentur, 2011



FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG
TECHNISCHE FAKULTÄT

Ressourcen und Reserven fossiler und nuklearer Energieträger

- Kohle bietet die größten Reserven und Ressourcen
- Kohle ist weltweit verfügbar…

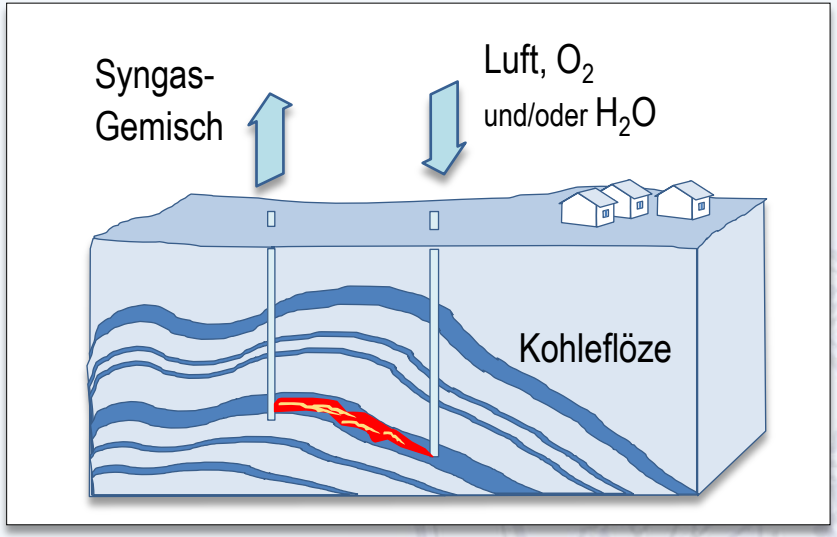


FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG
TECHNISCHE FAKULTÄT

Ausblick: „Unkonventionelle Kohle“: Underground gasification

- Großteil der Kohle-Ressourcen liegen in (nicht abbaubaren) Flözen < 0,7 m bzw. > 6 m
- durch Injektion von Luft/Sauerstoff wird Kohle verbrannt, Flöz und Deckgestein heizen sich auf >> 800°C
- Einleiten von Luft / O_2 / Wasserdampf bildet Synthesegas

unkontrolliert brennende Kohleflöze



- Tests liefen bzw. laufen z.B. in Russland, USA und Polen

Kernproblem:

- Kontrolle des Abbrandes und des Gasaustritts…

FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG
TECHNISCHE FAKULTÄT

Ausblick: „Unkonventionelle Kohle“: Underground gasification

Wahrnehmung
Realität
Was wäre wenn?
Alternativen
Fazit

unkontrolliert brennende Kohleflöze

- jährlich verbrennen in chinesischen Kohleflözen rund 25 Millionen Tonnen Kohle (zum Vergleich: Kohleverbrauch in Deutschland: 55 Mio. t pro Jahr) und können nicht wieder gelöscht werden
- Beispiel: „Brennender Berg“ im Saarland wurde im 17. Jahrhundert entzündet und brennt unkontrolliert bis heute…

Kernproblem:

- Kontrolle des Abbrandes und des Gasaustritts…

Antwort:

Regenerative Energien sind unsere Chance!

unkontrolliert brennende Kohleflöze

Frage:

Haben regenerative Energien auch weltweit eine Chance?

Fazit

„unkonventionelle“ Fossile sind keine Alternative …