



# Die Kohlen aus dem Feuer holen

Der Energierohstoff Braunkohle, vom Energieträger zum Kohlenstoffträger







Impulse für die Innovationsregion Rheinisches Revier - Gute Ideen, Rohstoffe intelligenter zu nutzen

Vortrag: Prof. Dr.-Ing. Bernd Meyer 20. September 2014, Schloss Bedburg in Bedburg





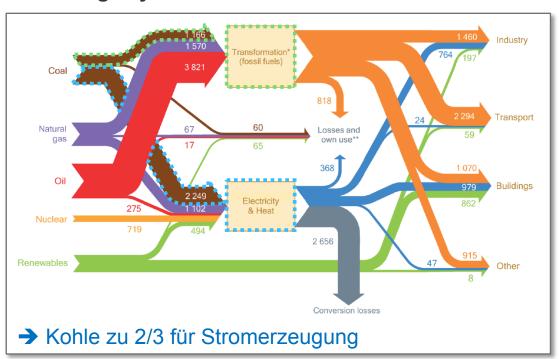
- I. Energierohstoff-Prognose
- II. Kohlenstoffträger vs. Energieträger
- III. Perspektive für die Braunkohle



## Weltenergiesystem und Prognose bis 2035



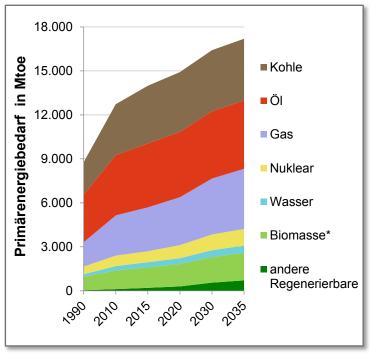
#### Weltenergiesystem 2010 in Mio. toe



#### **Erwartungen 2035:**

- Stagnation Erdölförderung
- Erdgas vor Kohle Energieträger Nr. 2

# Weltweiter Primärenergieverbrauch bis 2035



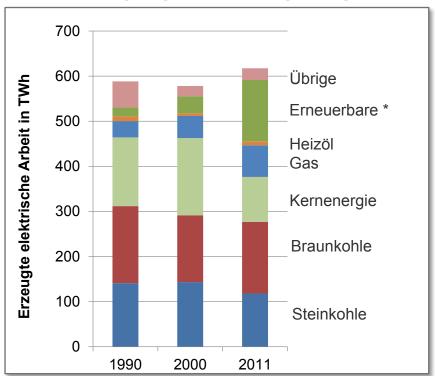
<sup>\*</sup> Beinhaltet traditionelle und moderne Biomassenutzung



#### **Stromerzeugung in Deutschland**



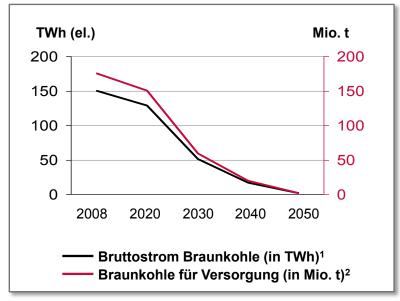
#### Stromerzeugung nach Energieträger



Quelle: AG Energiebilanzen, Stand: 14.02.2013 \*) inkl. Windkraft, Wasserkraft, Biomasse, Photovoltaik und Hausmüll

# Freiwerdende Braunkohle steht für **stoffliche** Nutzung zur Verfügung

#### Energiekonzept der Bundesregierung



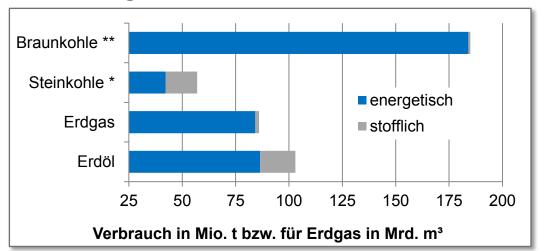
- 1: Durchschnittswerte der acht Zielszenarien im Energiekonzept der Bundesregierung 2010 (bei konstantem Wirkungsgrad).
- 2: Hochrechnung auf Basis der Fördermenge von 2008 (175,3 Mio. t) und der Durchschnittswerte der Zielszenarien im Energiekonzept.



# Struktur der Energierohstoff-Nutzung in Deutschland 2012



#### Primärenergieverbrauch 2012



- \*) Steinkohleeinsatz in Stahlindustrie
- \*\*) für Montanwachs und Aktivkoks Quellen: BGR 2012, MWV 2012, BWK 04/2013 u.a.

#### Bi-funktionelle Nutzung der Energierohstoffe

#### Energieträger

#### Kohlenstoffträger

- Ca. 89 % für Strom, Wärme und Kraftstoffe
- Generell substituierbar!

- Ca. 11 % für stoffliche Nutzung (64 % Grundchemikalien, 36 % Metallurgie)
- Nur partiell substituierbar!



CO<sub>2</sub>-Emission Braunkohle



410 kg/MWh(th,H<sub>u</sub>)

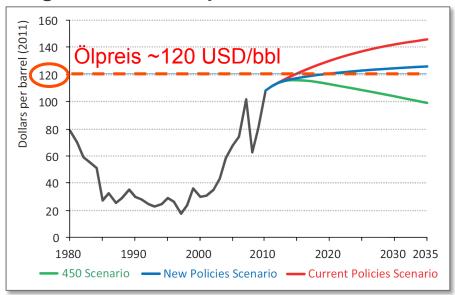
200 kg/MWh(th,H<sub>u</sub>)



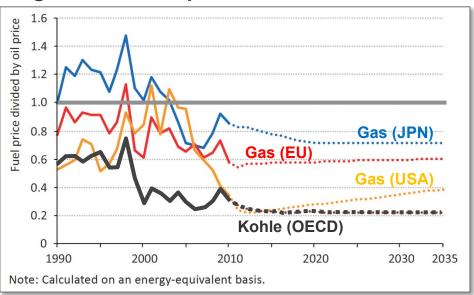
# Preisentwicklung für Erdöl, Erdgas und Kohle



#### Prognose des Erdölpreises



#### Erdgas- und Kohlepreis im Verhältnis zu Öl



Quelle: IEA World Energy Outlook 2012

#### **Erwartungen 2035:**

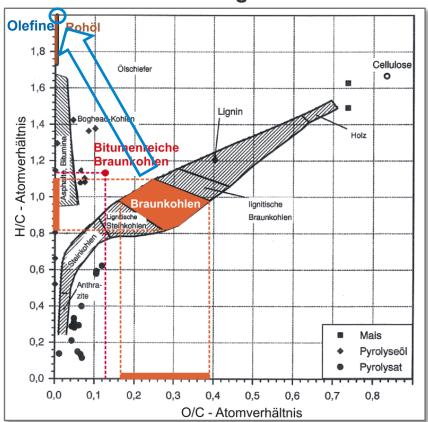
- → CO<sub>2</sub>-Steuer 45 USD/t
- → Kohle steht regional im Wettbewerb mit Erdöl



## Braunkohle im Vergleich zu Erdöl



#### Mars-van-Krevelen-Diagramm



#### **Stoffliche Charakterisierung**

	H/C	O/C
Braunkohle	1–1,1	0,16
Prozess → Produkt		
Extraktion → Montanwachs	1,5	<0,1
Pyrolyse → Schwelteer	1,4	<0,1
Katalytische Spaltung → BTX → Phenole	1–1,25 1	0,0 0,16
Vergasung + Synthese  → Methanol → DME → Olefine → H <sub>2</sub>	4 3 <b>2</b> ∞	1 0,5 <b>0</b> -

#### Wandlungsschritte der Kohle zu Syntheseprodukte (ohne Stöchiometrie):





# CO<sub>2</sub>-Minderung durch Braunkohlenutzung als Kohlenstoffträger



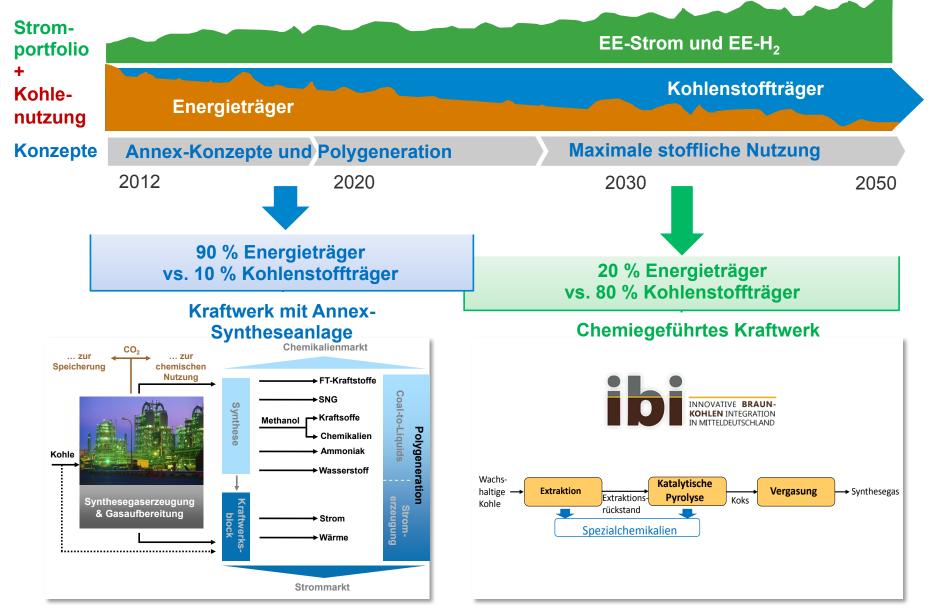
	Einsatzstoffe	Produkte	
Heute – 10	0 % CO <sub>2</sub>		
Kohle	+ Sauerstoff	↔ 100 % CO₂ + Wasser Wärme/	
$C_1H_{0,80}O_{0,0}$	<sub>06</sub> + 1,1725 O <sub>2</sub>	$\leftrightarrow$ 1,0 CO <sub>2</sub> + 0,405 H <sub>2</sub> O <b>Strom</b>	
Morgen – 60 % CO <sub>2</sub>			
Kohle	+ Sauerstoff + Dampf (Shift)	⇔ 60 % CO₂ + Syngas Methanol*,     Kraftstoffe*	
$C_1H_{0,80}O_{0,0}$	$_{06}$ + 0,56875 $O_2$ + 0,4 $H_2O$	$\leftrightarrow$ 0,6 CO <sub>2</sub> + 0,4 CO + 0,8 H <sub>2</sub>	

<sup>\*</sup> Diese Synthesen weichen von der hier dargestellten ausschließlich stöchiometrischen Betrachtungsweise in unterschiedlichem Maßstab ab. Nicht erfasst sind prozessbedingte CO<sub>2</sub>-Produktionen, spezifische Produktausbeuten und der Einfluss von Katalysatoren.



# Perspektive der Braunkohlenutzung







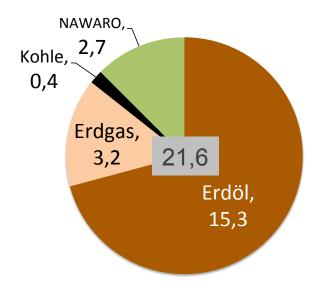
## Syntheseprodukte aus Braunkohle



#### aus 10 Mio. t Rohbraunkohle:

- Synth. Erdgas: 2,0 Mrd. m³/a
   → ca. 2,0 % der dt. Nachfrage
- Benzin: 0,95 Mio. t/a
  → ca. 3,5 % der dt. Nachfrage
- Olefine: 0,95 Mio. t/a
   → ca. 11 % der dt. Nachfrage

Rohstoffmix der organischen Chemie, Deutschland 2011 Angaben in Mio. t

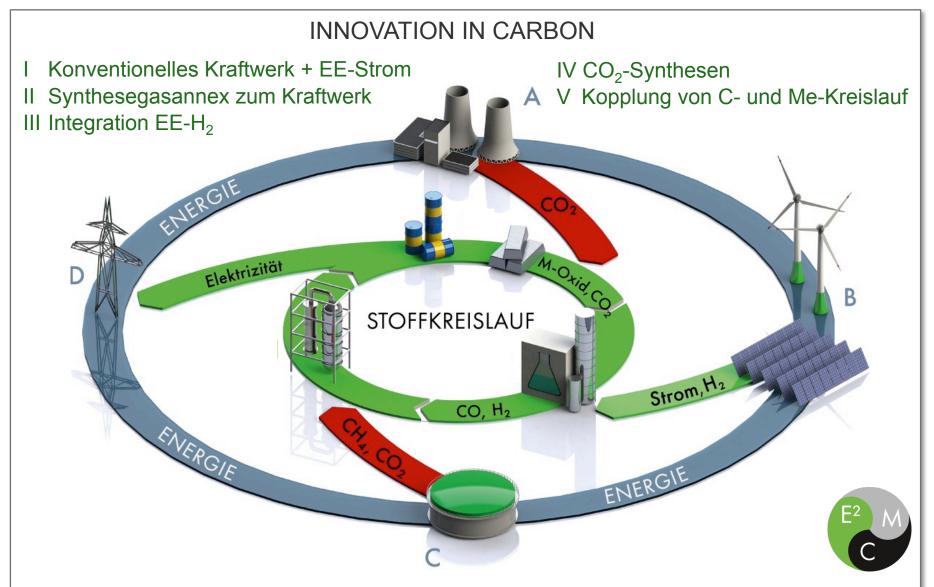


VCI (2014): Rohstoffbasis der chemischen Industrie



# Die Vision: Vom Kohlenstoff- zum Metallkreislauf









# Braunkohle – ein unverzichtbarer Energie- und Kohlenstoffträger







Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit! Glück Auf!





#### **Kontakt:**

Prof. Dr.-Ing. Bernd Meyer

TU Bergakademie Freiberg
Institut für Energieverfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen
Fuchsmühlenweg 9 (Reiche Zeche)
D-09599 Freiberg

Telefon: 03731 39-4510 · Fax: 03731 39-4555

E-Mail: evt@iec.tu-freiberg.de

www.iec.tu-freiberg.de