



INNOVATIVE BRAUNKOHLEN INTEGRATION IBI ERREICHTE ERGEBNISSE UND AUSBLICK

Prof. Dr.-Ing. Bernd Meyer

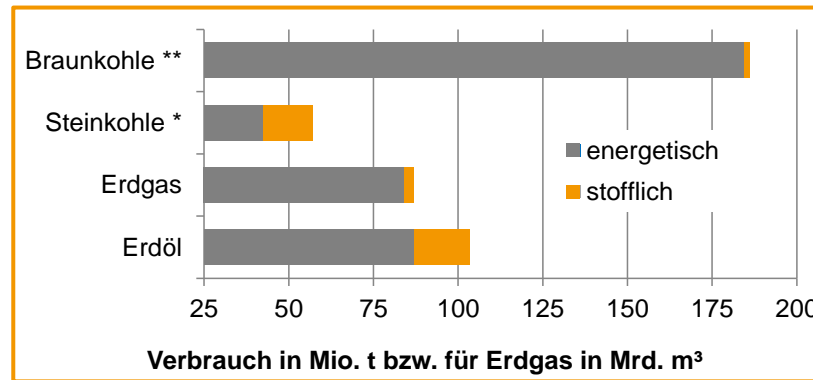
2. ibi Fachsymposium am 13.06.2013 in Halle/S.

DAS IBI INNOVATIONSKONZEPT

- **Ziel:** Stoffgeführte Prozessketten für Basischemikalien aus Braunkohle
- **Anspruch:** Höchstes Ausbringen vermarktungsfähiger kohlenstoffhaltiger Produkte, entsprechend Minimierung C-Footprint
- **Realisierung:** Synergien der Prozessstufen in der Prozesskette nutzen
 - hohe Rohstoffflexibilität (z.B. Brennstoffmischungen)
 - hohe Produktvariabilität, entsprechend Marktsituation
 - hohe Verfügbarkeit der Prozessstufen und der Prozesskette
 - Erweiterung des Produktportfolios zu Kohlenstoffkonzentraten

STRUKTUR DER KOHLENSTOFFNUTZUNG IN DEUTSCHLAND 2012

PRIMÄRENERGIEVERBRAUCH 2012



Quellen:
BGR 2012,
MWV 2012,
BWK 04/2013
u. a.

*) Steinkohleeinsatz in Stahlindustrie

***) für Montanwachs und Aktivkoks

BI-FUNKTIONELLE KOHLENSTOFFNUTZUNG

Energieträger

- ca. 89 % für Strom, Wärme und Kraftstoffe
- generell substituierbar**

Kohlenstoffträger

- ca. 11 % für stoffliche Nutzung (davon nur 64 % für organische Grundchemikalien)
- nur partiell substituierbar**



SPEZ. CO₂-EMISSIONEN

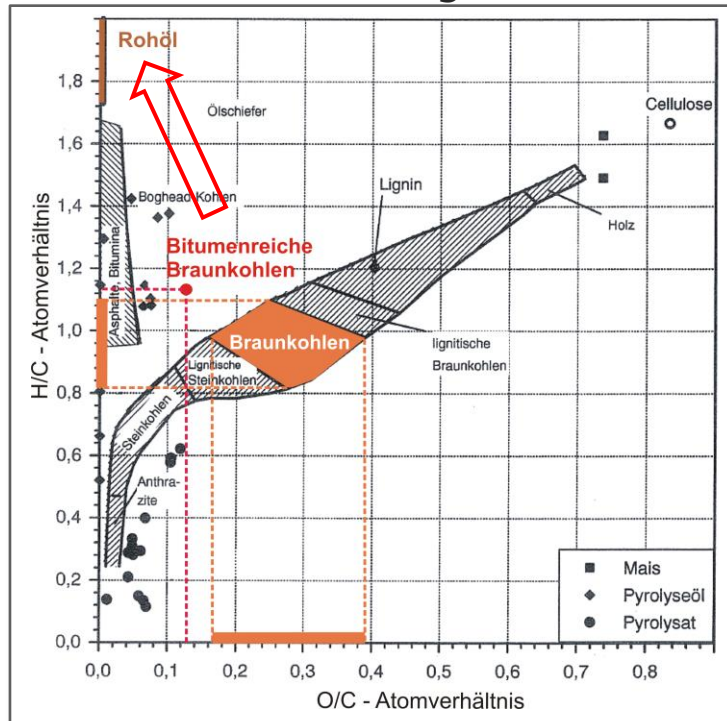
410 kg(CO₂)/MWh(th,H_u)



200 kg(CO₂)/MWh(th,H_u)

BITUMENREICHE BRAUNKOHLE ALS KOHLENWASSERSTOFFTRÄGER

Mars-van-Krevelen-Diagramm



Stoffliche Charakterisierung

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

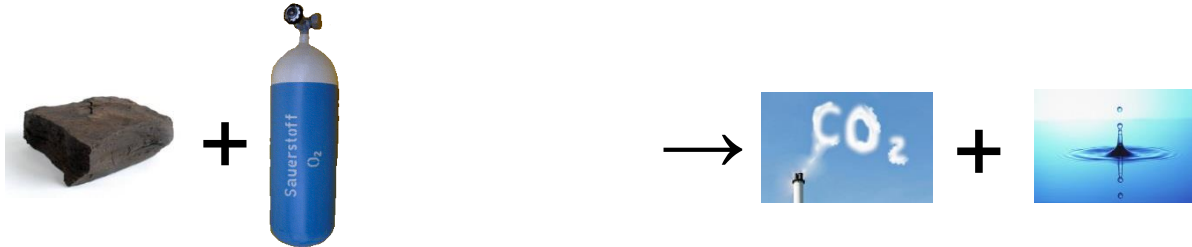
→ H/C: Braunkohle < Grundchemikalien

Wandlungsschritte der ibi Prozesskette mit Synthesen im Downstream:



DIE ZUKUNFT DER BRAUNKOHLENUTZUNG ALS KOHLENSTOFFTRÄGER

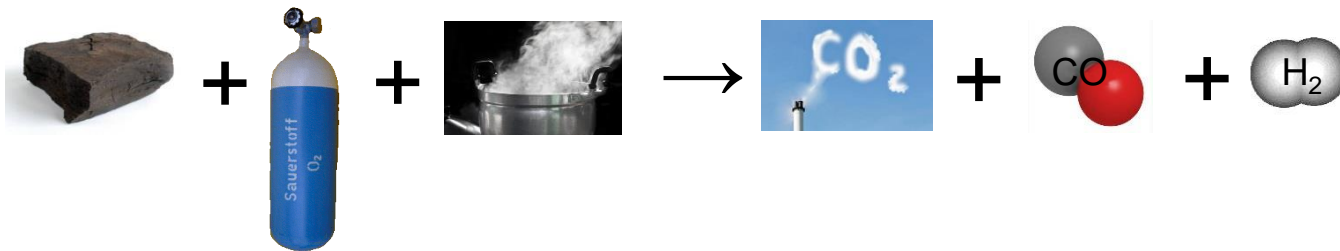
Einsatzstoffe	⇨	Produkte
HEUTE (Verbrennung) - 100 % CO₂ (3,67 kg CO ₂ /kg C)		
Kohle + Sauerstoff	↔	100 % CO ₂ + Wasser
$C_{1,19}H_{1,19}O_{0,16} + 1,217 O_2$	↔	1,0 CO ₂ + 0,594 H ₂ O



* Verhältnis H₂/CO = 2 (ggf. durch Downstream CO-Konvertierung eingestellt)

DIE ZUKUNFT DER BRAUNKOHLENUTZUNG ALS KOHLENSTOFFTRÄGER

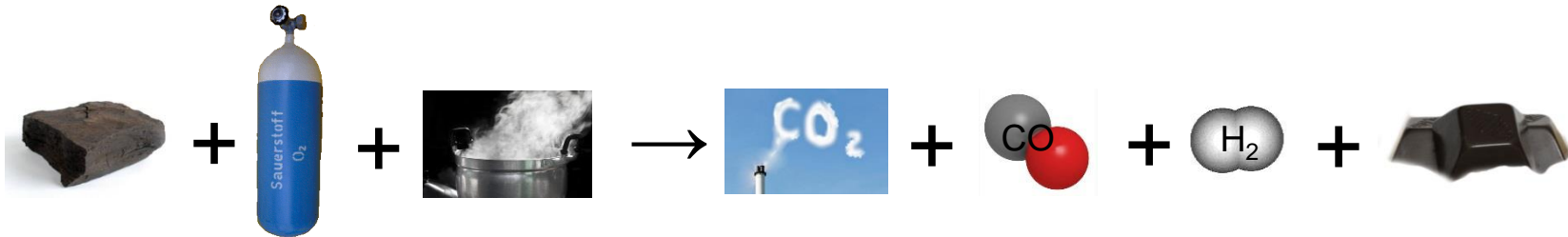
Einsatzstoffe	⇨	Produkte
HEUTE (Verbrennung) - 100 % CO₂ (3,67 kg CO ₂ /kg C)		
MORGEN VARIANTE 1 (Kohlevergasung zu Synthesegas*) - 60 % CO₂ (2,2 kg CO ₂ /kg C)		
Kohle + Sauerstoff + Dampf	↔	60 % CO ₂ + Synthesegas
$C_1H_{1,19}O_{0,16} + 0,617 O_2 + 0,206 H_2O$	↔	$0,6 CO_2 + 0,4 CO + 0,8 H_2$



* Verhältnis H₂/CO = 2 (ggf. durch Downstream CO-Konvertierung eingestellt)

DIE ZUKUNFT DER BRAUNKOHLENUTZUNG ALS KOHLENSTOFFTRÄGER

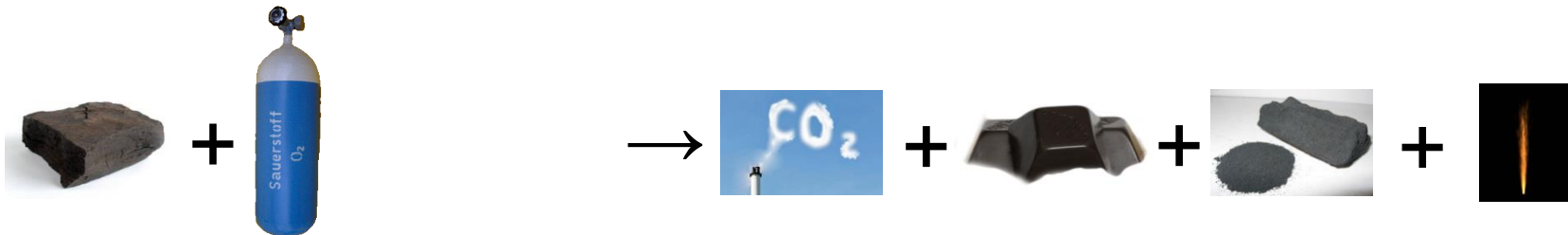
Einsatzstoffe	→	Produkte
HEUTE (Verbrennung) - 100 % CO₂ (3,67 kg CO ₂ /kg C)		
MORGEN VARIANTE 1 (Kohlevergasung zu Synthesegas*) - 60 % CO₂ (2,2 kg CO ₂ /kg C)		
MORGEN VARIANTE 2 (Extraktion + Vergasung Extr.-rückstand zu Synthesegas*) - 43 % CO₂ (1,58 kg CO ₂ /kg C)		
Kohle + Sauerstoff + Dampf	↔	43 % CO ₂ + Synthesegas + Montanwachs
$C_1H_{1,19}O_{0,16} + 0,378 O_2 + 0,3 H_2O$	↔	$0,43 CO_2 + 0,34 CO + 0,685 H_2 + 0,23 C_1H_{1,82}O_{0,07}$



* Verhältnis H₂/CO = 2 (ggf. durch Downstream CO-Konvertierung eingestellt)

DIE ZUKUNFT DER BRAUNKOHLENUTZUNG ALS KOHLENSTOFFTRÄGER

Einsatzstoffe	→	Produkte
HEUTE (Verbrennung) - 100 % CO₂ (3,67 kg CO ₂ /kg C)		
MORGEN VARIANTE 1 (Kohlevergasung zu Synthesegas*) - 60 % CO₂ (2,2 kg CO ₂ /kg C)		
MORGEN VARIANTE 2 (Extraktion + Vergasung Extr.-rückstand zu Synthesegas*) - 43 % CO₂ (1,58 kg CO ₂ /kg C)		
MORGEN VARIANTE 3 (Extraktion + Partialvergasung Extr.-rückstand zu Aktivkoks) - 38 % CO₂ (1,39 kg CO ₂ /kg C)		
Kohle + Sauerstoff $C_1H_{1,19}O_{0,16} + 0,308 O_2$	↔	38 % CO ₂ + Montanwachs + Aktivkoks + Brenngas $0,38 CO_2 + 0,23 C_1H_{1,82}O_{0,07} + 0,39 C + 0,386 H_2$

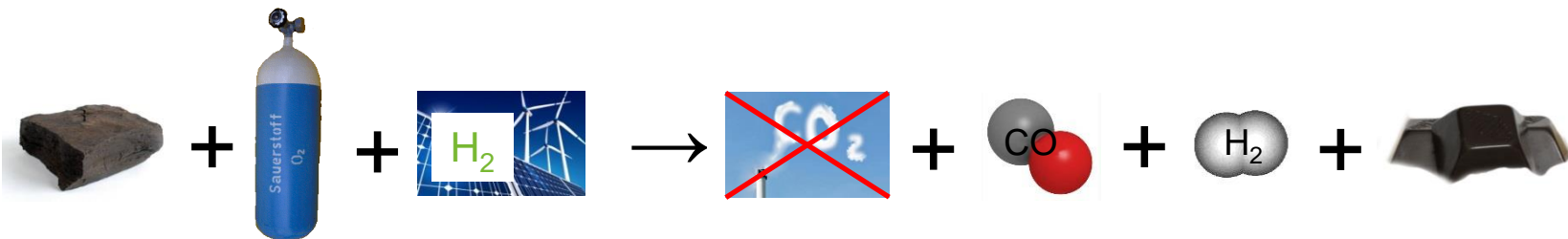


* Verhältnis H₂/CO = 2 (ggf. durch Downstream CO-Konvertierung eingestellt)

DIE ZUKUNFT DER BRAUNKOHLENUTZUNG ALS KOHLENSTOFFTRÄGER

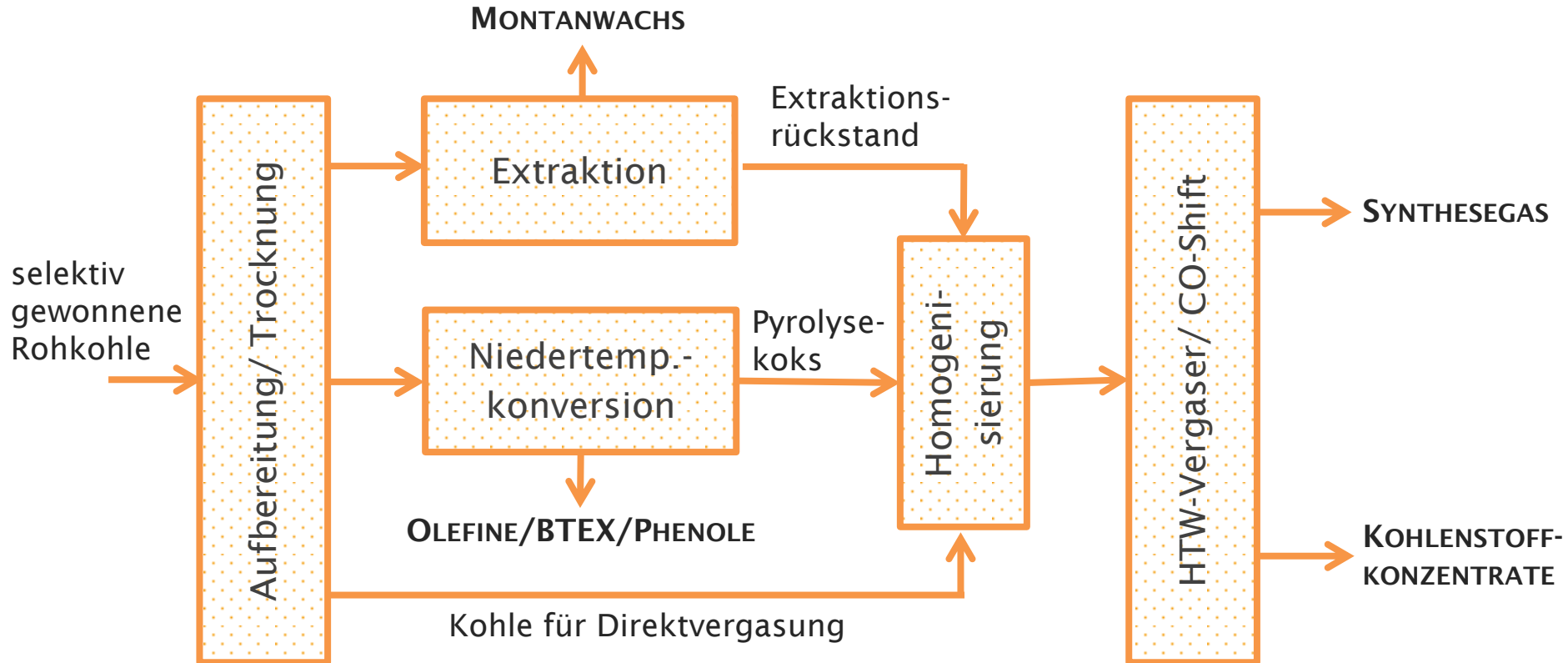
Einsatzstoffe	→	Produkte
HEUTE (Verbrennung) - 100 % CO₂ (3,67 kg CO ₂ /kg C)		
MORGEN VARIANTE 1 (Kohlevergasung zu Synthesegas*) - 60 % CO₂ (2,2 kg CO ₂ /kg C)		
MORGEN VARIANTE 2 (Extraktion + Vergasung Extr.-rückstand zu Synthesegas*) - 43 % CO₂ (1,58 kg CO ₂ /kg C)		
MORGEN VARIANTE 3 (Extraktion + Partialvergasung Extr.-rückstand zu Aktivkoks) - 38 % CO₂ (1,39 kg CO ₂ /kg C)		
ÜBERMORGEN (Extraktion und Vergasung + EE-H₂ zu Synthesegas*) - 0 % CO₂		
Kohle	+ Sauerstoff	+ EE-H ₂
$C_1H_{1,19}O_{0,16}$	+ 0,313 O ₂	+ 1,055H ₂
	↔ 0 % CO ₂	+ Synthesegas
	↔ 0,0 CO ₂	+ 0,77 CO + 1,44 H ₂
		+ Montanwachs
		+ 0,23 C ₁ H _{1,82} O _{0,07}

ibi Hy+



* Verhältnis H₂/CO = 2 (ggf. durch Downstream CO-Konvertierung eingestellt)

DIE STOFFGEFÜHRTE IBI PROZESSKETTE IM BAUKASTENSYSTEM



➔ ZIELPRODUKTE: Montanwachs, Olefine..., Synthesegas, Kohlenstoffkonzentrate

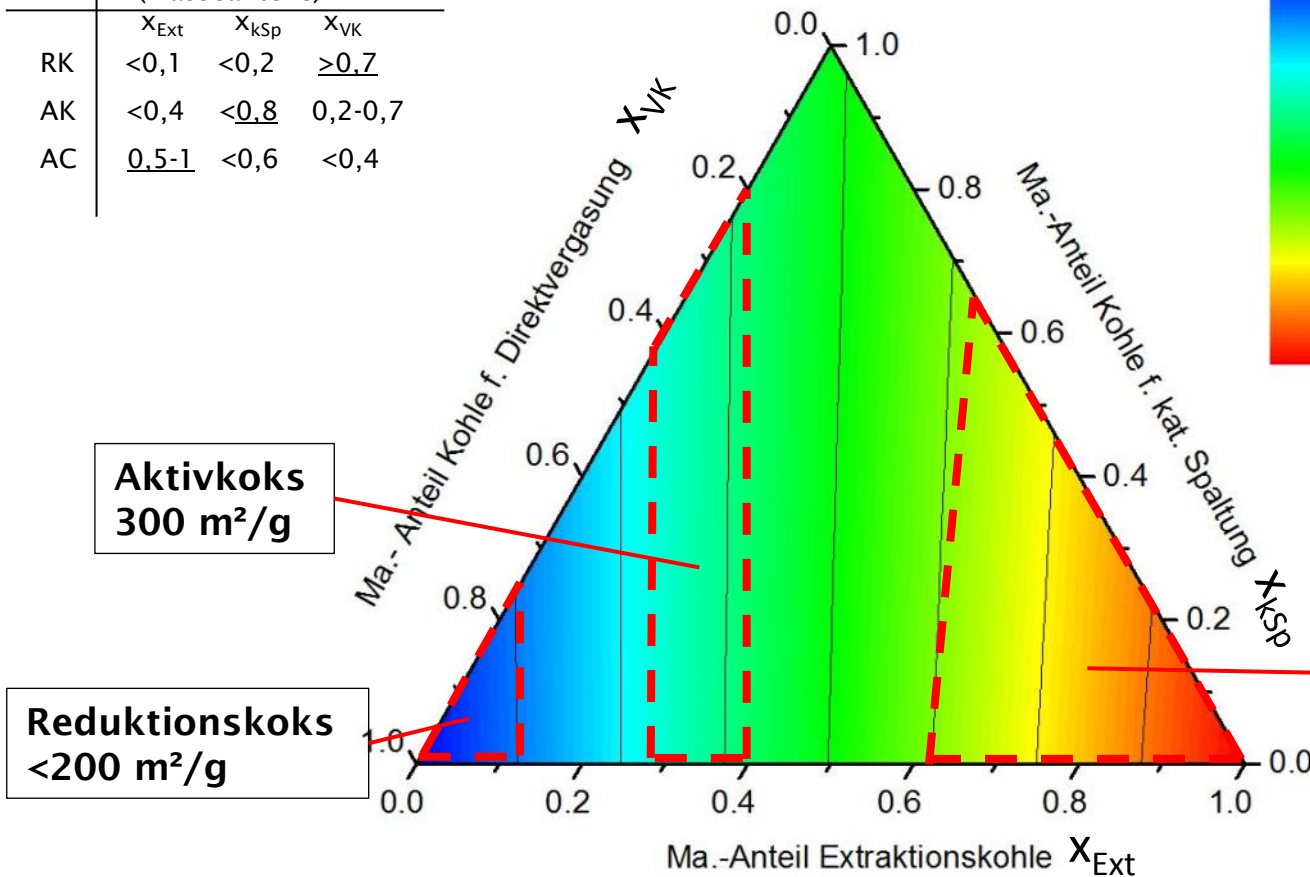
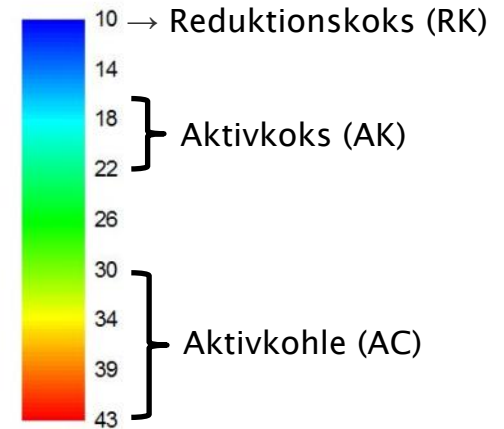
VORTEILE EINER PARALLEL-SERIELLEN KONVERSIONSSTUFENSCHALTUNG

- **Produktvielfalt** und **Produktflexibilität** entsprechend Marktanforderungen
- hohe **Zuverlässigkeit** bzw. **Verfügbarkeit** der Prozesskette
- **Leistungsanpassung** der Vergasungsstufe unabhängig von der Leistung der NT-Konversionsstufen möglich (durch Direktvergasung von Kohle)
- **maximale Kohlenstoffeinbindung** in Zielprodukte / **minimale CO₂-Emission**
- stoffliche Nutzung kohlenwasserstoffarmer Kohlen via Direktvergasung möglich
- **multivalente Erzeugung** von Synthesegas/Wasserstoff oder Kohlenstoffkonzentraten/Brenngas durch Vergasung der Reststoffe aus der ibi Prozesskette

HERSTELLUNG VON C-KONZENTRATEN DURCH PARTIALVERGASUNG

Typ	Kohle für Extraktion, katalytische Spaltung und Direktvergasung (Masseanteile)		
	X_{Ext}	X_{kSp}	X_{VK}
RK	<0,1	<0,2	<u>>0,7</u>
AK	<0,4	<0,8	0,2-0,7
AC	<u>0,5-1</u>	<0,6	<0,4

Aktivierungsgrad %

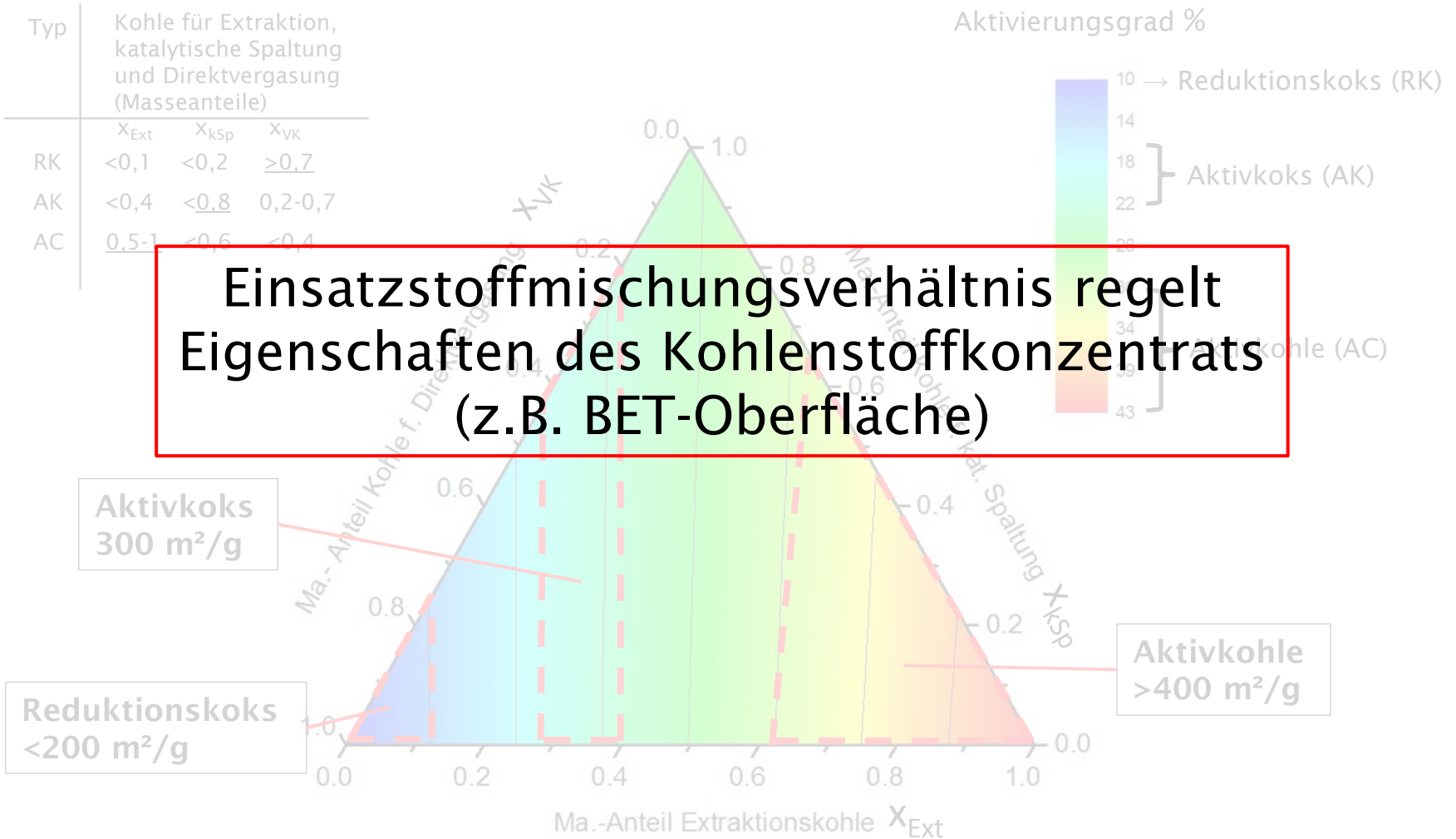


**Aktivkoks
 300 m²/g**

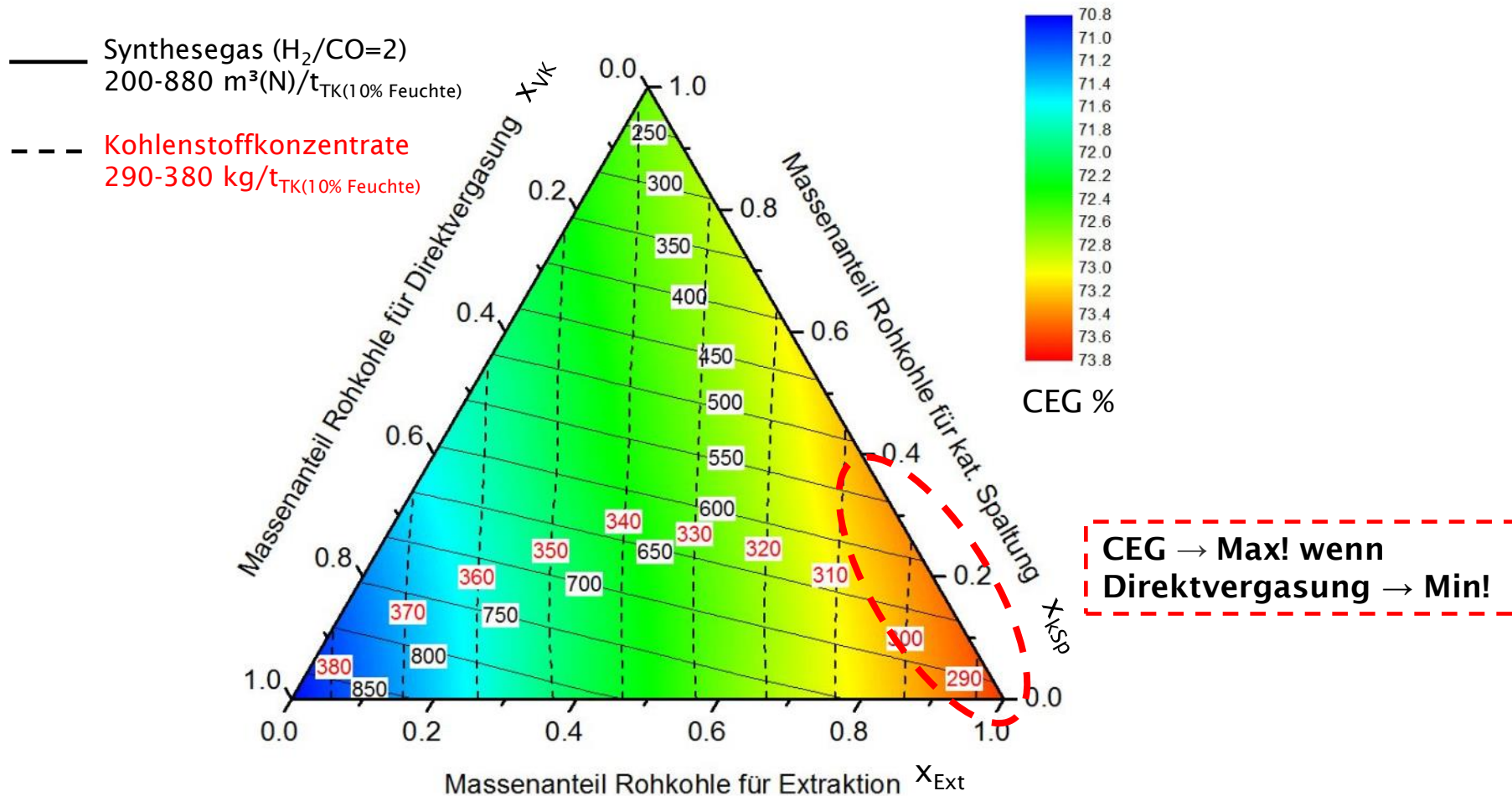
**Reduktionskoks
 <200 m²/g**

**Aktivkohle
 >400 m²/g**

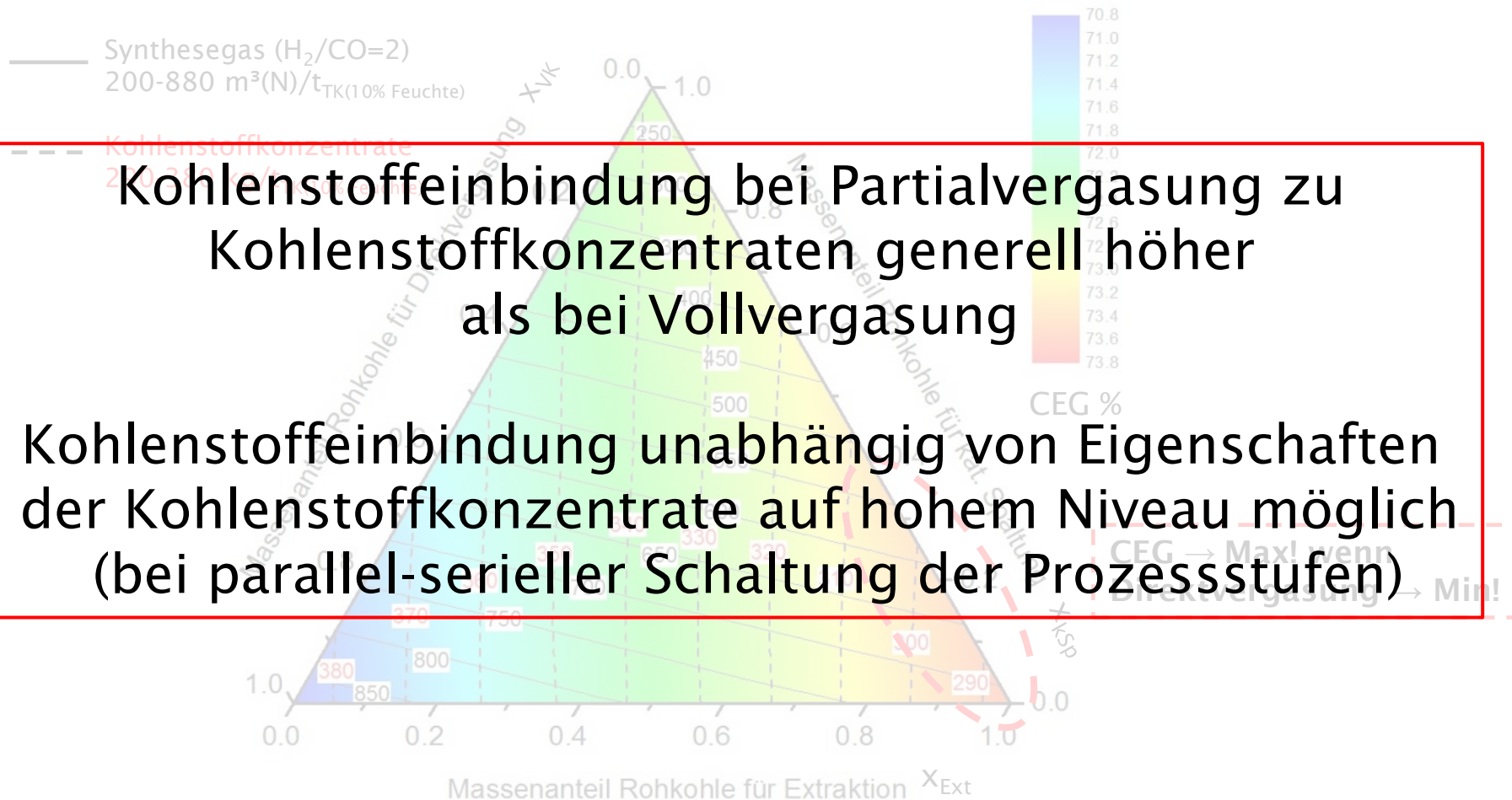
HERSTELLUNG VON C-KONZENTRATEN DURCH PARTIALVERGASUNG



KOHLENSTOFFEINBINDUNGSGRAD (CEG) DER IBI PROZESSKETTE BEI PARTIALVERGASUNG (HERSTELLUNG VON C-KONZENTRATEN UND SYNGAS)



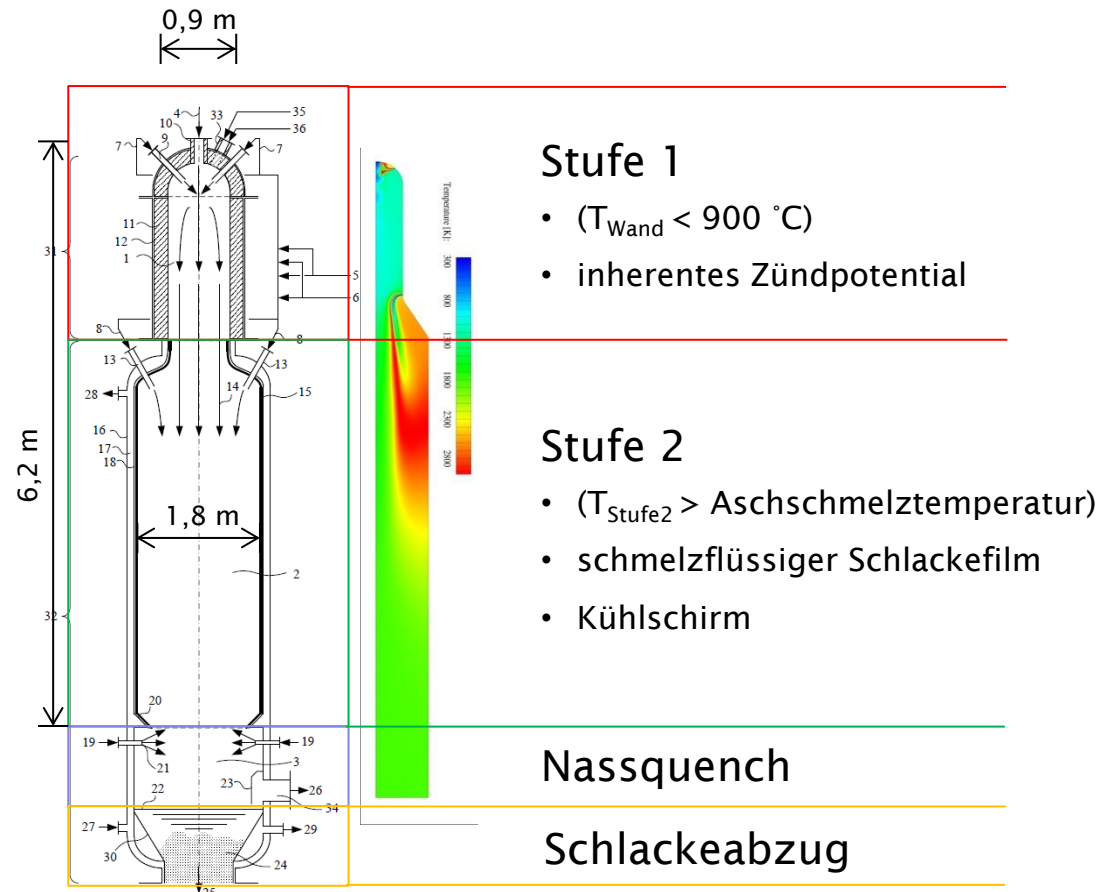
KOHLENSTOFFEINBINDUNGSGRAD (CEG) DER IBI PROZESSKETTE BEI PARTIALVERGASUNG (HERSTELLUNG VON C-KONZENTRATEN UND SYNGAS)



NEUENTWICKLUNG EINES VERGASUNGSVERFAHRENS ZUR REDUZIERUNG DER INVESTITIONSKOSTEN FÜR VERGASUNGSGROßPROJEKTE

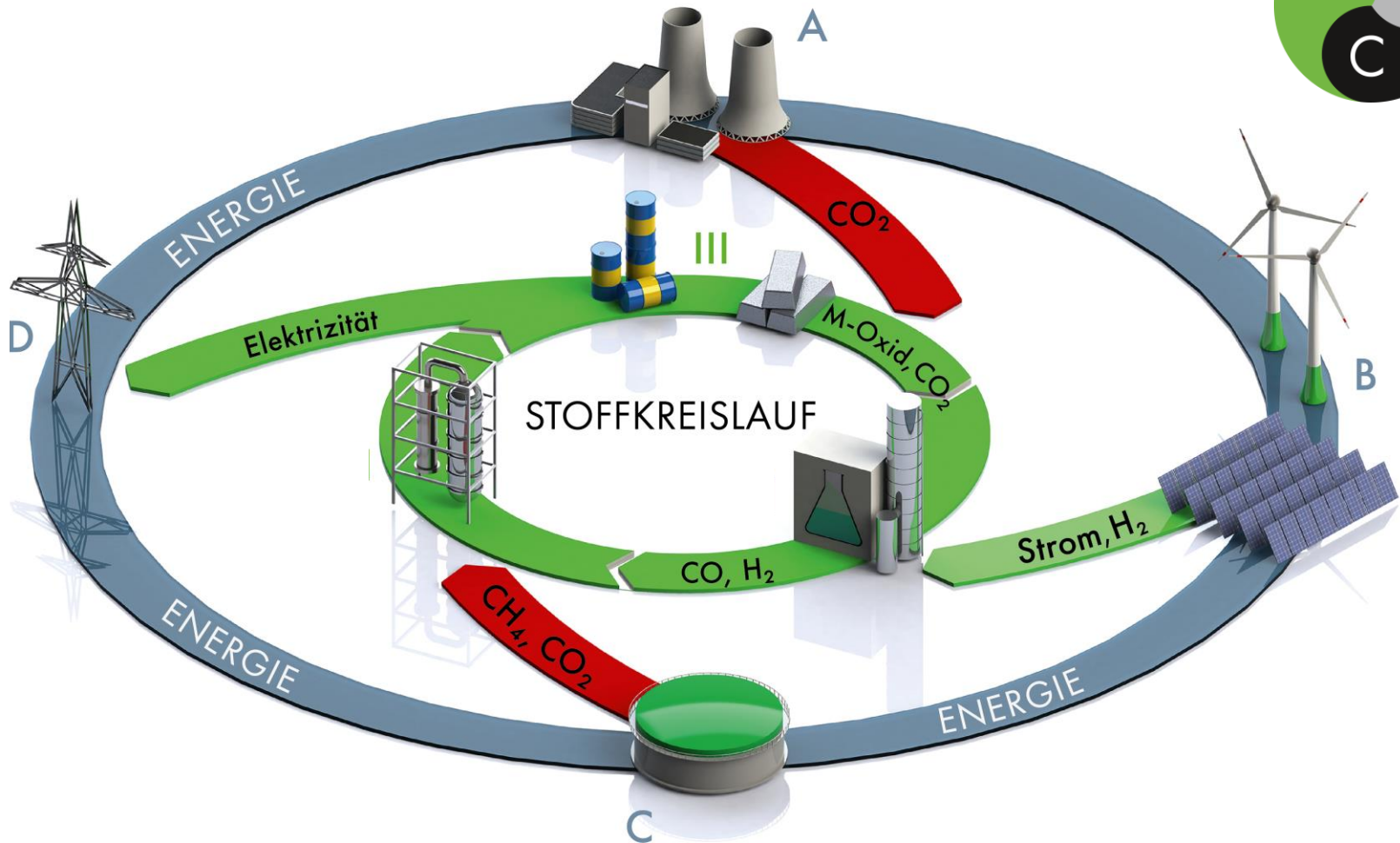
Hybrid(wand)vergaser*

- Leistungsklasse: 1 GW(th)
- Systemdruck: 100 bar
- Kohlenstoffumsatz: 99,9 %
- 2-stufiges hochkompaktes Vergaserdesign
- Vergasungsmitteldüsen auf 2 Ebenen für max. Betriebsflexibilität
- Erhöhte Partikelverweilzeit (Druckeffekt) erlaubt Partikelgrößen bis ≤ 1 mm
- ibi-Einsatzstoffmischungen können im optimalen Mischungsverhältnisses vergast werden



* Patentverfahren eröffnet

INNOVATION IN CARBON – BMBF-PROGRAMM ZWANZIG20



INNOVATION IN CARBON – BMBF-PROGRAMM ZWANZIG20



www.closed-carbon-cycle.de

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