

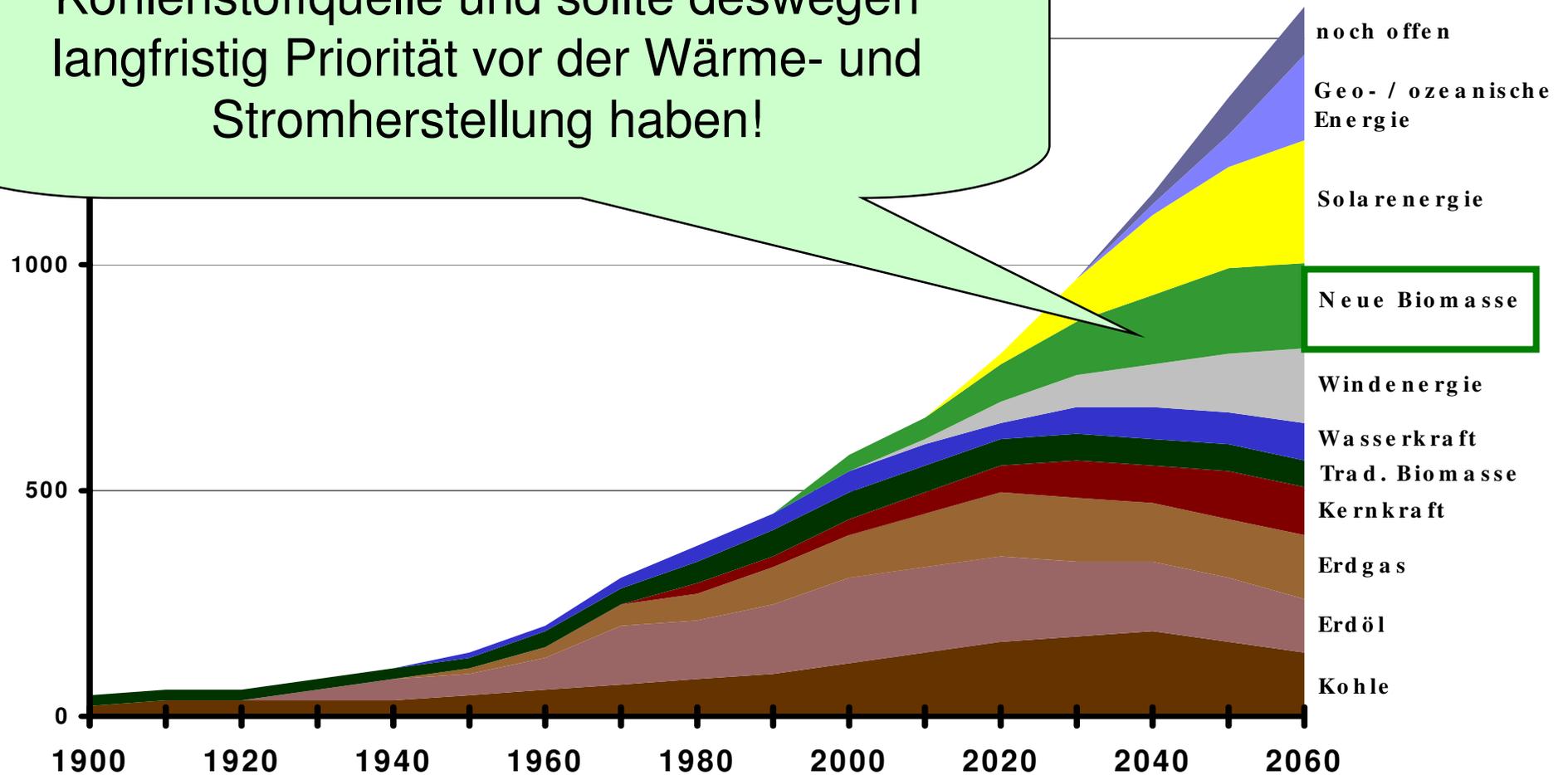
Zentrale oder dezentrale BtL-Anlagen Technik und Logistikkonzepte

Dr. Nicolaus Dahmen, Dr. Ludwig Leible

VDV-Akademie Seminar „Alternative Treibstoffe im ÖPNV“
29./30. Januar 2008, Stuttgart

Weltenergieverbrauch bis 2060

Biomasse ist die einzige erneuerbare Kohlenstoffquelle und sollte deswegen langfristig Priorität vor der Wärme- und Stromherstellung haben!

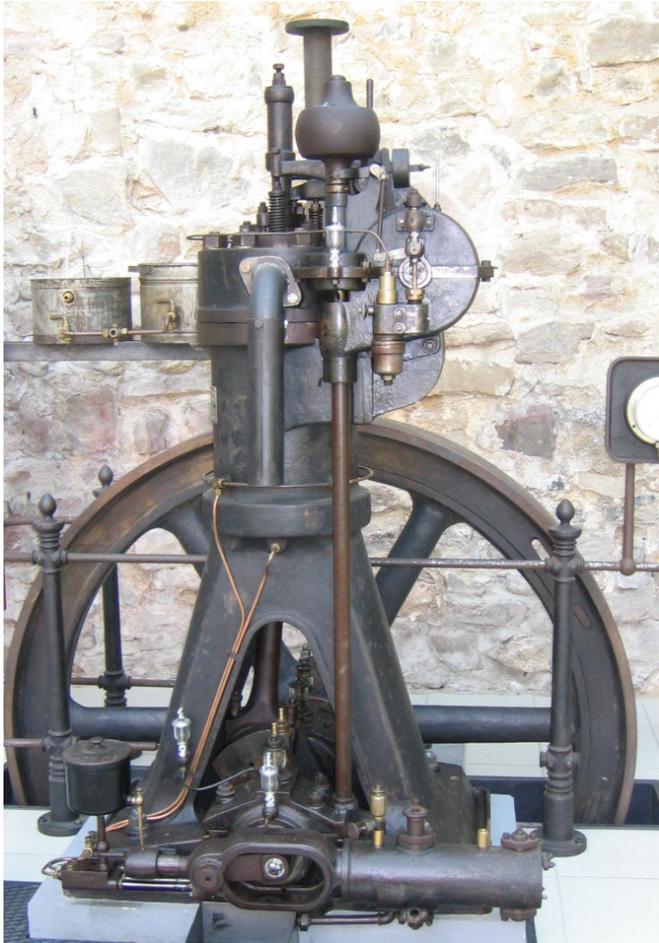


Quelle: Deutsche Shell AG

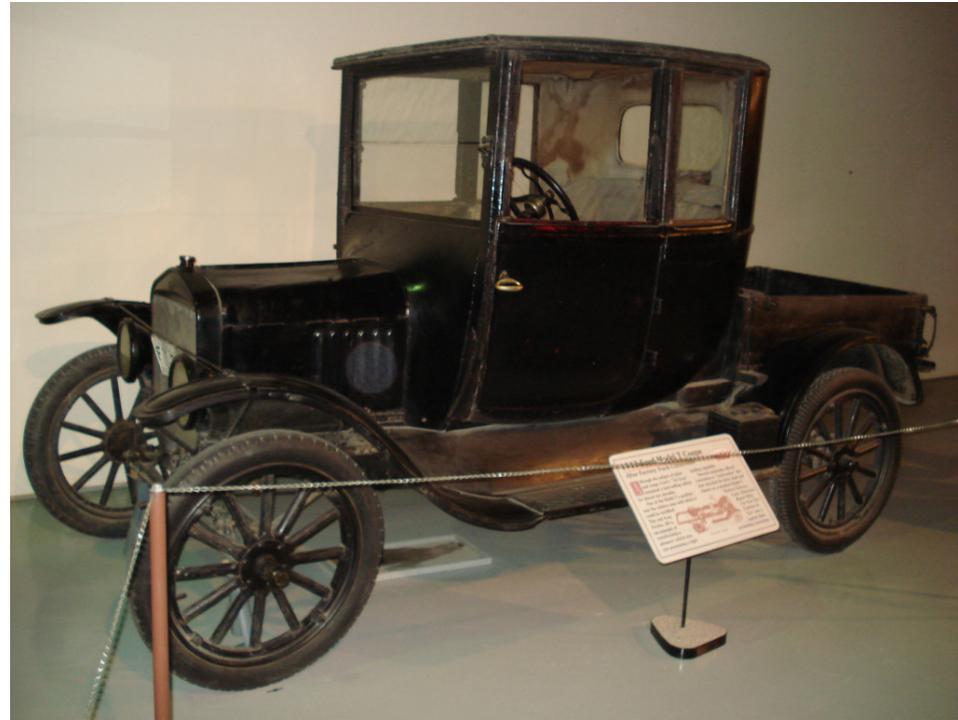
Vorbemerkungen

- Biomasse ist die einzige kohlenstoffhaltige erneuerbare Energiequelle
- Biomasse sollte vorrangig zur Herstellung kohlenstoffhaltiger Produkte vor der Wärme- und Stromherstellung eingesetzt werden
- Synthesegas und Wasserstoff sind Schlüsselprodukte zu synthetischen Produkten
- Synthesekraftstoffe sind aussichtsreiche Produkte zum Einstieg
- Nutzung oder Adaption bekannter Technologien und Anlehnung an verfügbare Infrastruktur
- Ausgewählte Techniken tauglich für hohe Durchsätze
- Aufbau neuer Strukturen für Land- und Forstwirtschaft

Biokraftstoffe der Ersten Stunde

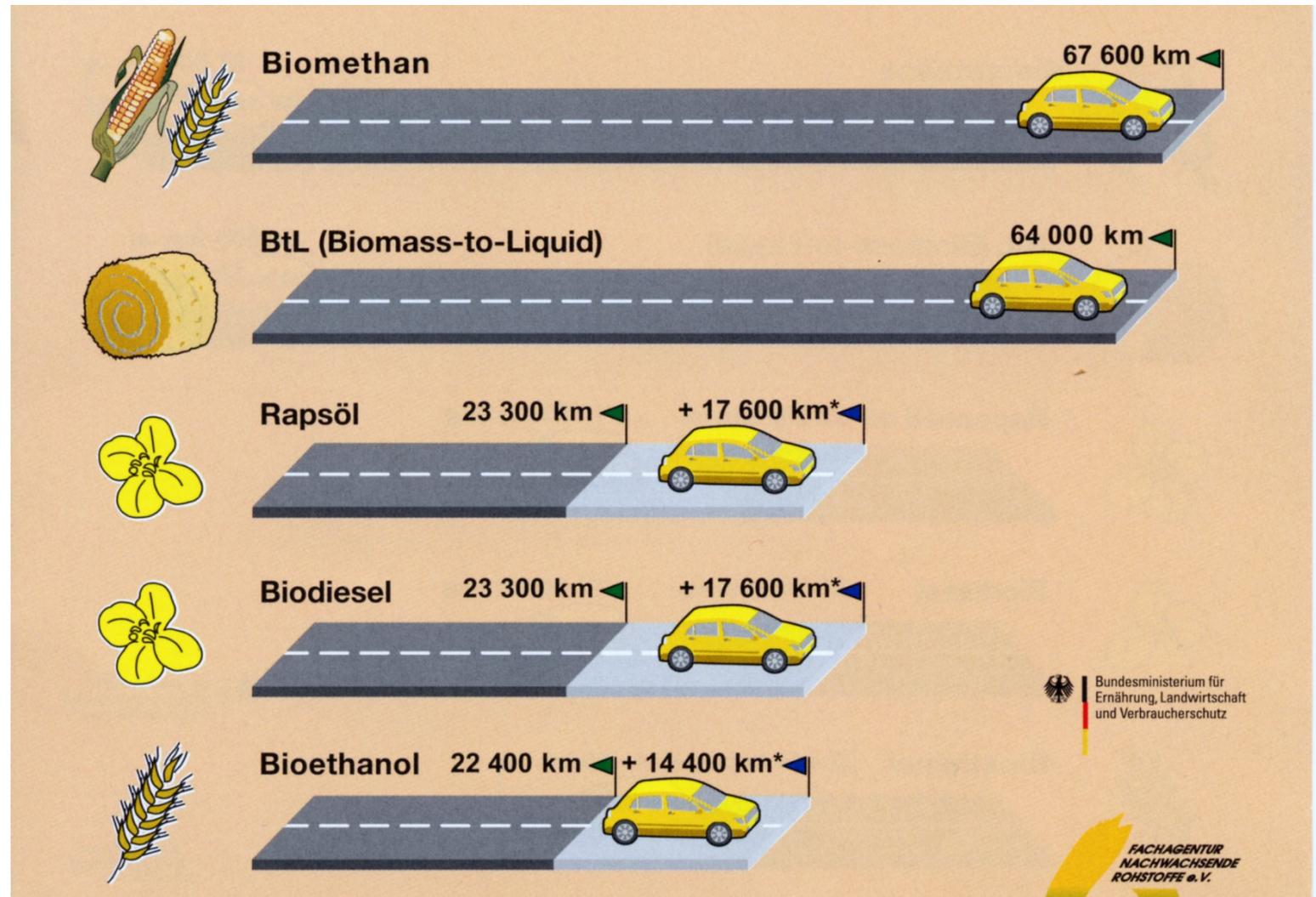


Diesel 1906
„Erdnussöl“



Ford Modell T
„Bioethanol“

Wie weit kommt ein PKW mit Biokraftstoff von 1 ha Anbaufläche?



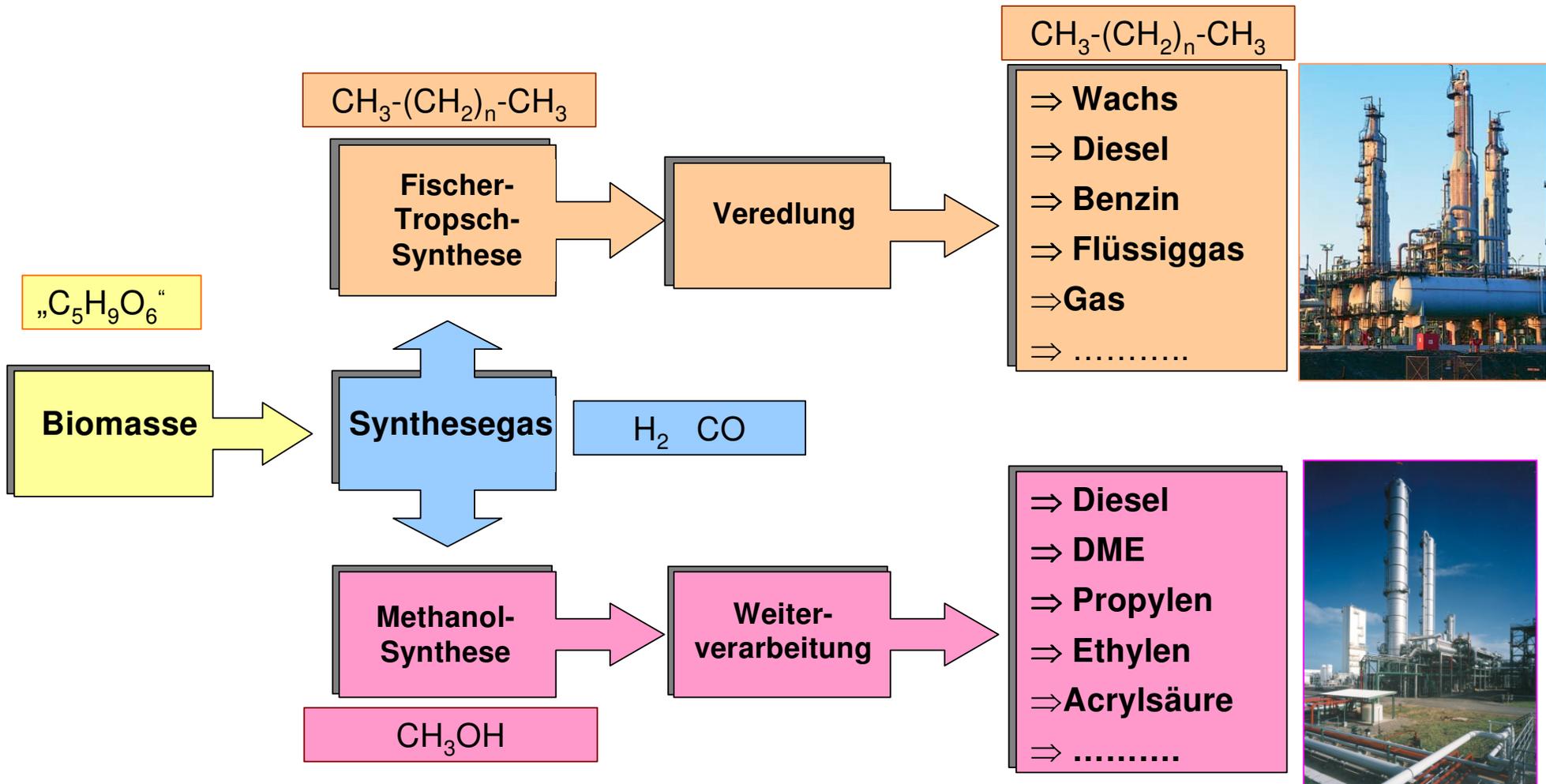
Quelle: FNR

Synthesekraftstoffe – Biokraftstoffe der 2. Generation

- Synthesekraftstoffe sind vollsynthetische Diesel- und Ottokraftstoffe
- Durch hohe Qualität führen sie bereits in Beimischung zu verbessertem Emissionsverhalten
- Sie können durch die chemische Synthese auf zukünftige Anforderungen hin abgestimmt werden (CCS, Abgasnormen..)
- BtL-Kraftstoffe haben eine breite Einsatzstoffpalette
- und ein großes CO₂-Reduktionspotenzial
- sind keine direkte Konkurrenz zu Nahrungsmitteln!



Von der Biomasse zum Kraftstoff



Ausgangsposition

- Großes Mengenpotenzial
Vielfalt des Einsatzstoffes vs. Bereitstellung eines industriell nutzbaren Zwischenproduktes
- Lösung der logistischen Probleme
Dezentrales und periodisches Einsatzstoffaufkommen vs. „Economy of Scale“
- Schnelle und sichere Entwicklung
Nutzung vorhandener Technologien
- Vielfalt heterogener, aschereicher Brennstoffe
Anpassung der Technologie und Stoffkreisläufe
- Starke Nutzungskonkurrenz
Nutzung land- und forstwirtschaftlicher Reststoffe

Holzvergaser



Kraftstoff für 80 km:
ein Sack trockene
Buchenholzstücke



Das - Slurry-Vergasungskonzept

Energiedichte
[GJ/m³]

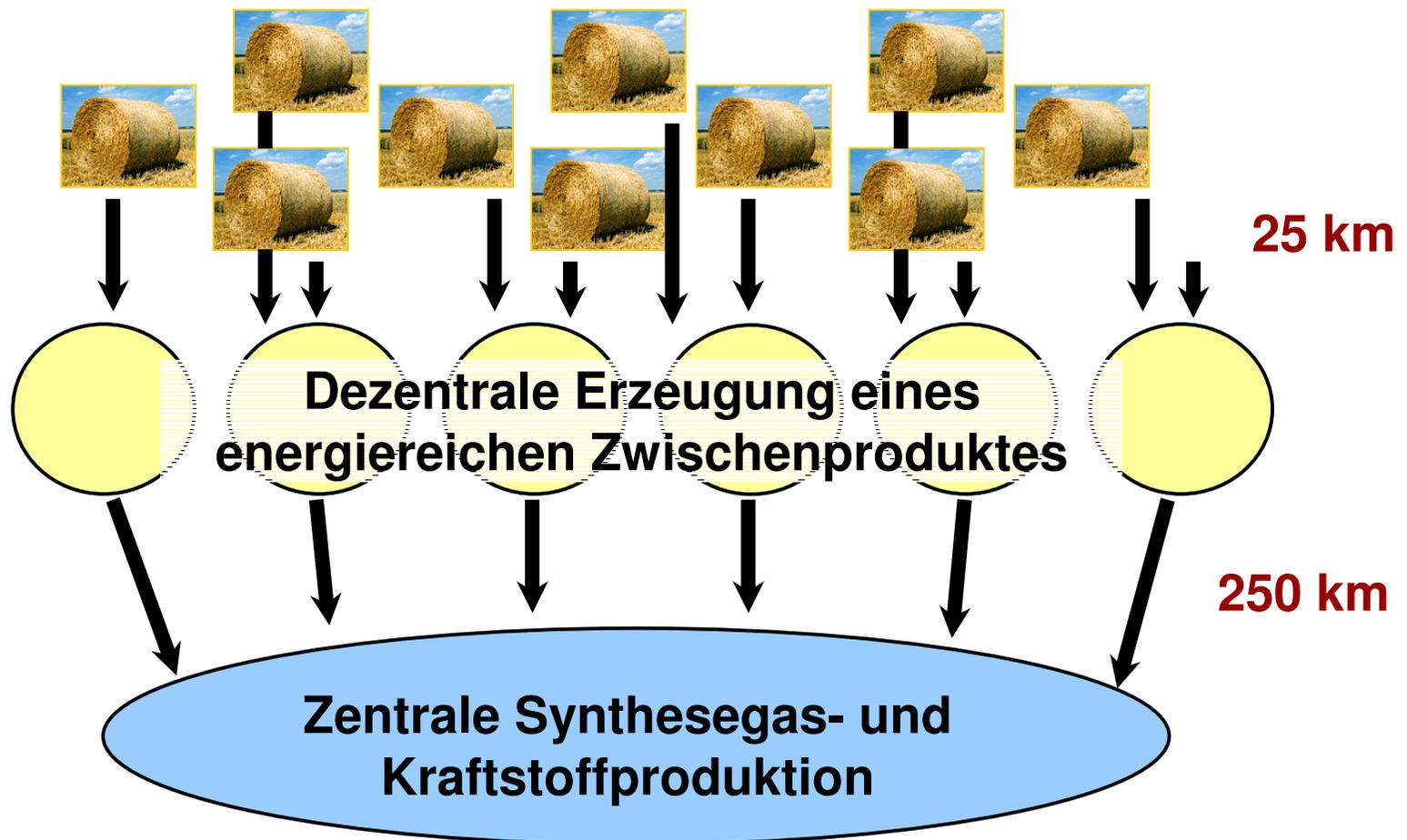
Stroh 1,5

Slurry 20

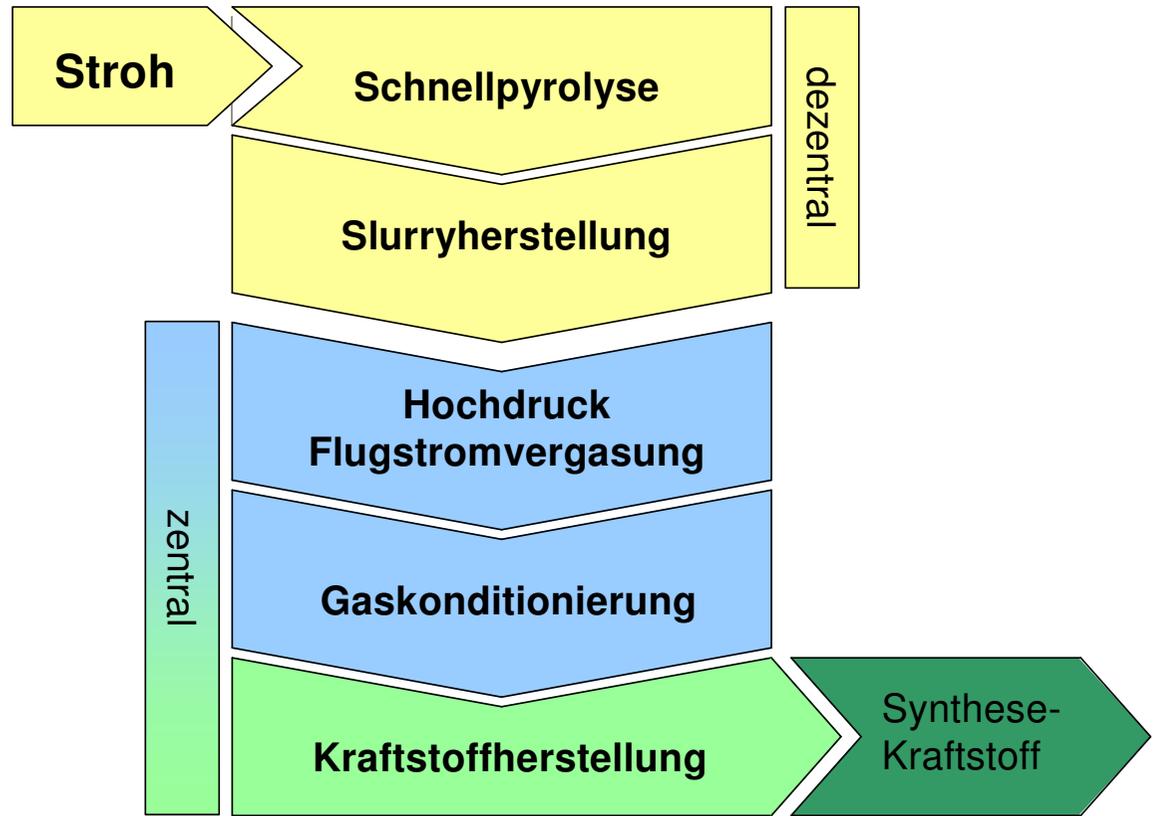
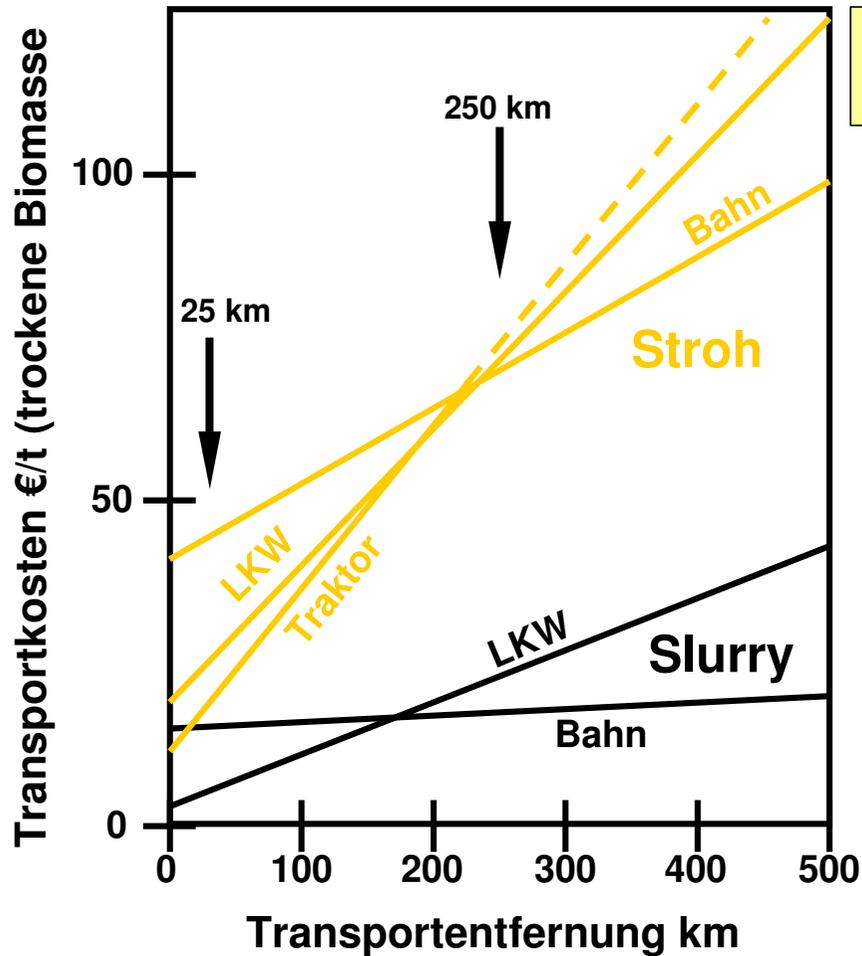
Diesel 36

Regional verteilte Biomasse

Transportradius



Biomasse Transportkosten

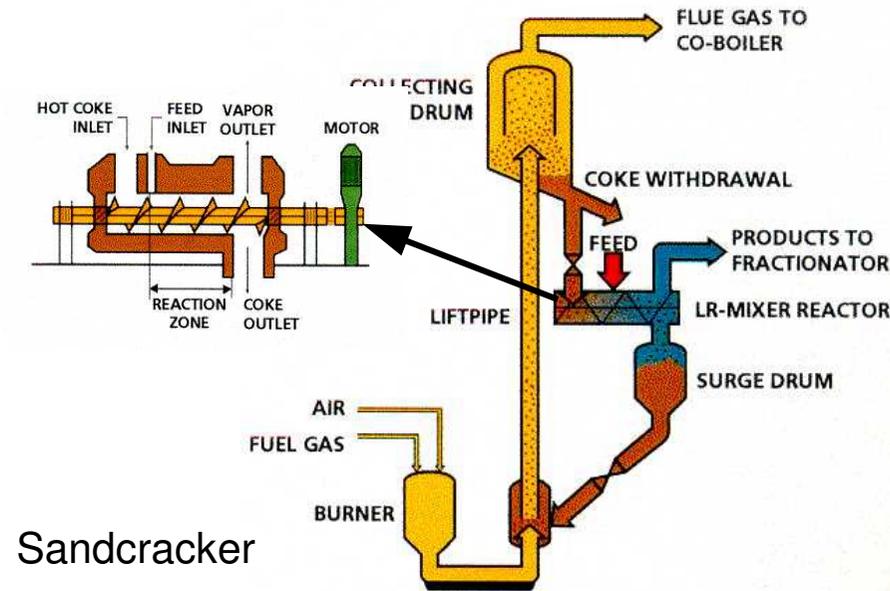
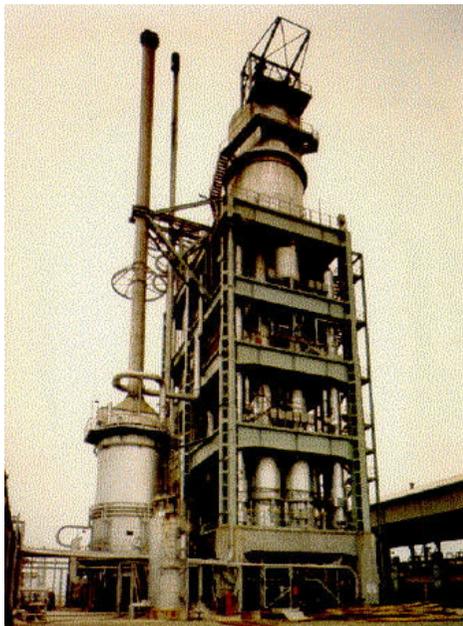


Vorbild: LR-Mischreaktor und Sand-Wärmekreislauf

- Schnellentgasung von Steinkohle zur Stadtgasgewinnung (1952)
- Sandcracker zur Olefingewinnung (1958)
- Verschwelung von Ölschiefer und Teersand (70er Jahre)
- Verschwelung von Raffinerierückständen (90er Jahre)
- Biomasse

LR-Mischreaktor in der SATCON-Anlage

Ingolstadt, 50 t/h, Exxon Mobile

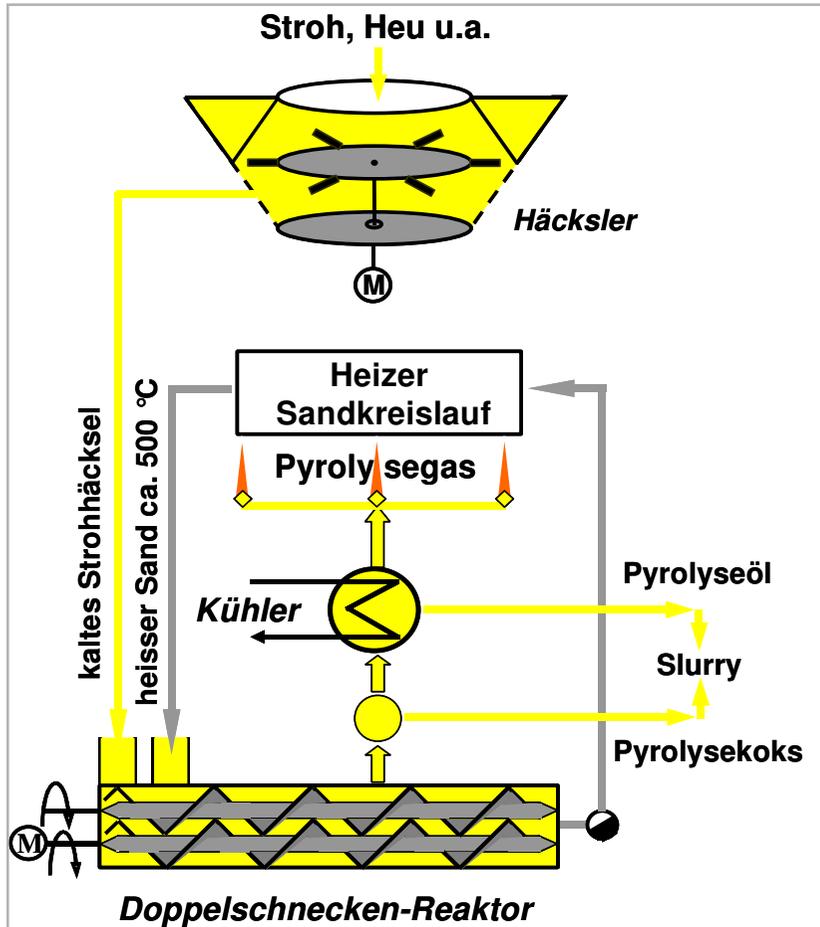


Sandcracker

Dormagen, 20 kt/a
Erdölchemie AG



Schnellpyrolyse mit Doppelschnecken-Mischreaktor



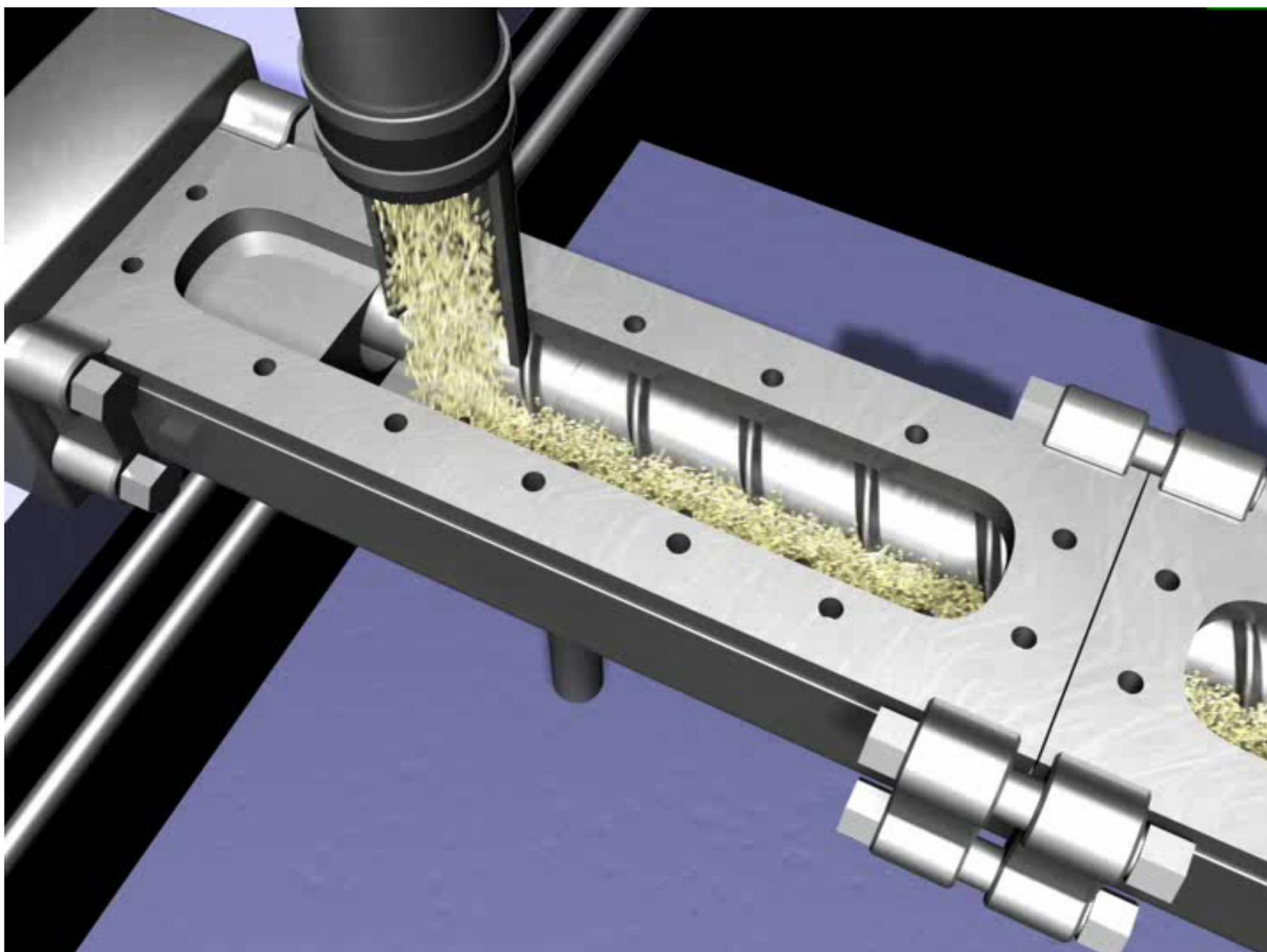
- Mechanisch fluidisiertes Sandbett bei 500 °C
- Schneller Transport,
- Schneller Wärmeübergang



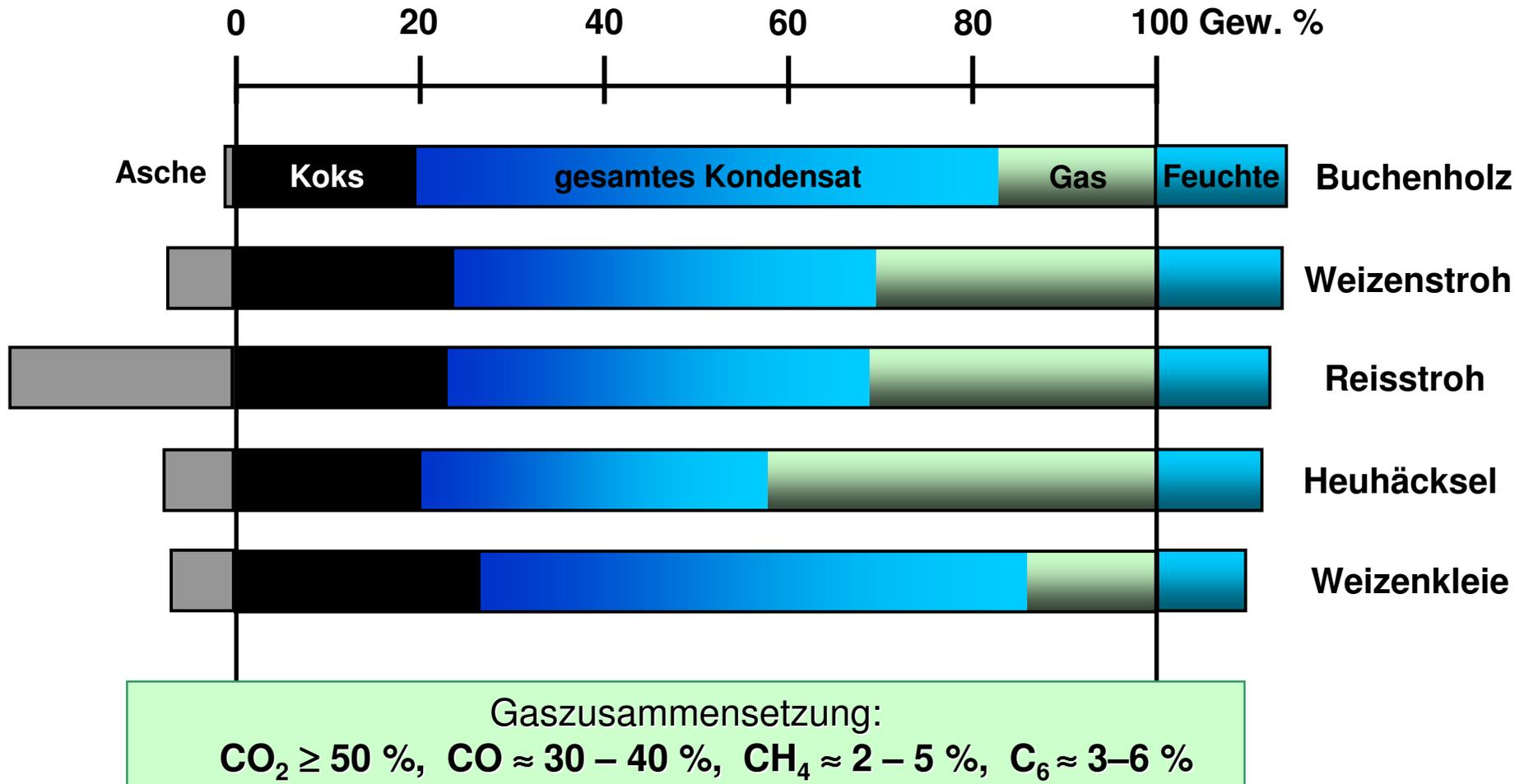
10 kg/h Versuchsanlage im FZK



5 kg/h Versuchsanlage bei Lurgi



Ergebnisse der Schnellpyrolyse

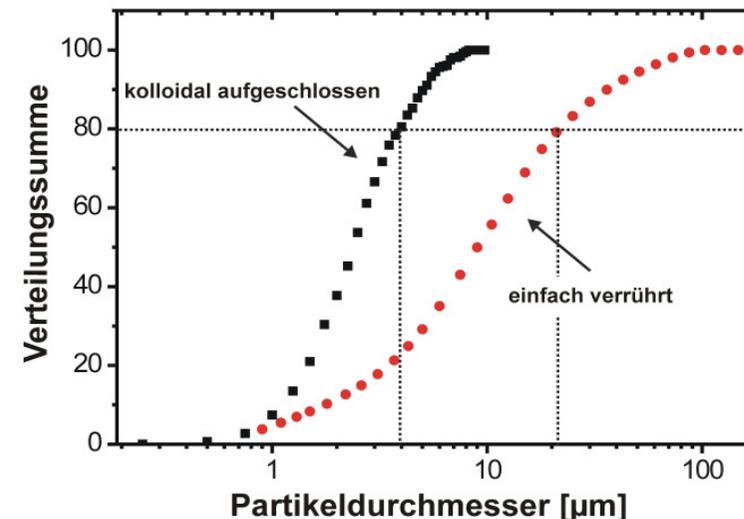
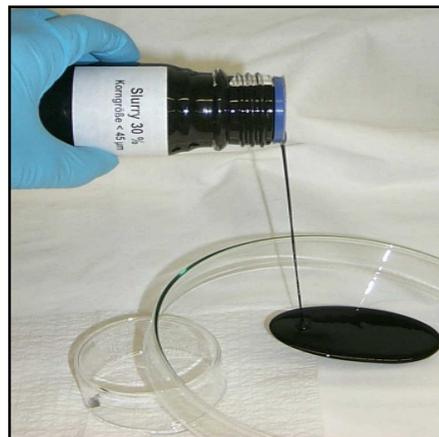


Zusammensetzung der Pyrolyseprodukte

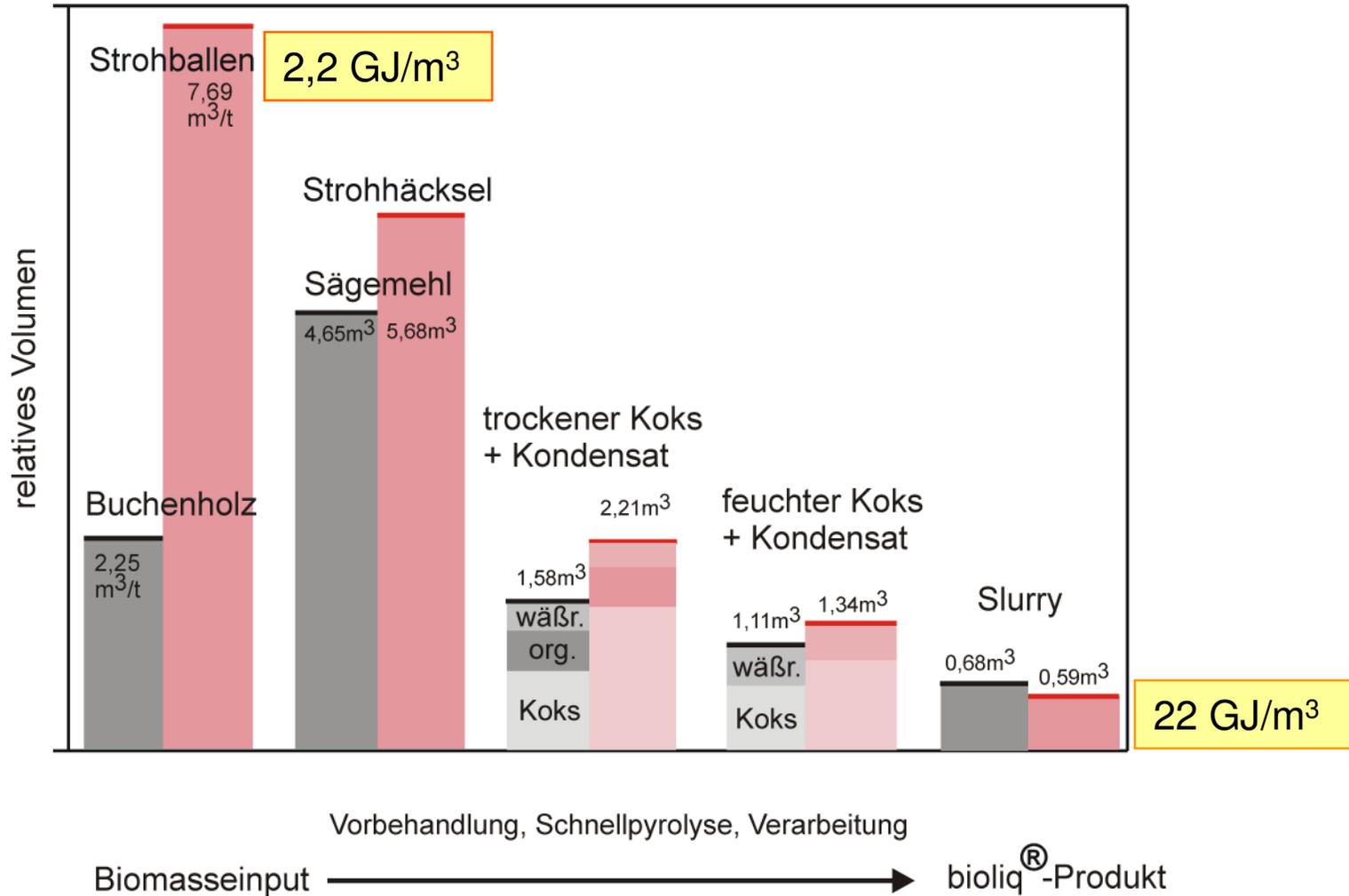
Parameter	Koks		Bioöl		Stroh- asche
	1	2	1	2	
Partikelgröße d_{90} (um)	150	11			16
Wasser (%)	4,7	4,7	6,4	49,7	0,1
Asche (%)	1,8	2	0	<0,05	
Elementaranalyse					
C (%)	84,4	82,2	58,6	24,3	2,6
H (%)	2,7	2,8	6,2	3,8	0,2
O (%)	6	7,1	28,4	21,9	
N (%)	0,4	0,8	0,3	0,3	0,3
S (%)	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	1,0
LHV (MJ/kg)	31,2	31,2	22,3	7,5	

Slurry-Herstellung (BioSynCrude)

- Stabile Suspensionen für Transport und Lagerung
- frei fließend unter Prozessbedingungen
- Zerstäubungsfähig zur Vergasung
- Möglichst niedrige Gefährdungseinstufung
- Mit wenig Aufwand herstellbar



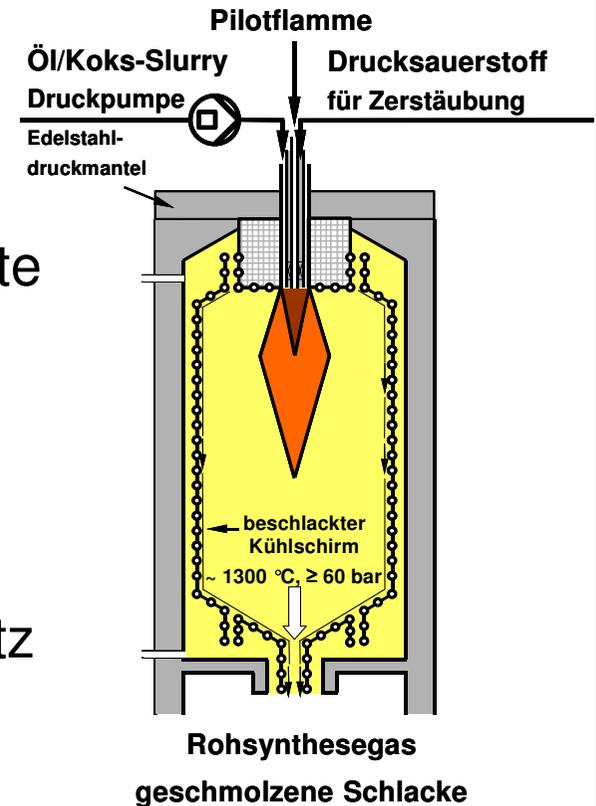
Relative Volumina von Pyrolyseprodukten



Hochdruck-Flugstromvergasung



- Temperaturen um 1200 °C
- Teerfreies Synthesegas
- Geeignet für hohe Aschegehalte
- Vergasung mit reinem O₂
- Hohe Drücke, 30 to 100 bar
- Verweilzeit von Sekunden, vollständiger Kohlenstoffumsatz
- 4 Vergasungskampagnen mit unterschiedlichen Stoffen im GSP-Vergaser bei Future Energy in Freiberg (2-5 MW_{th})

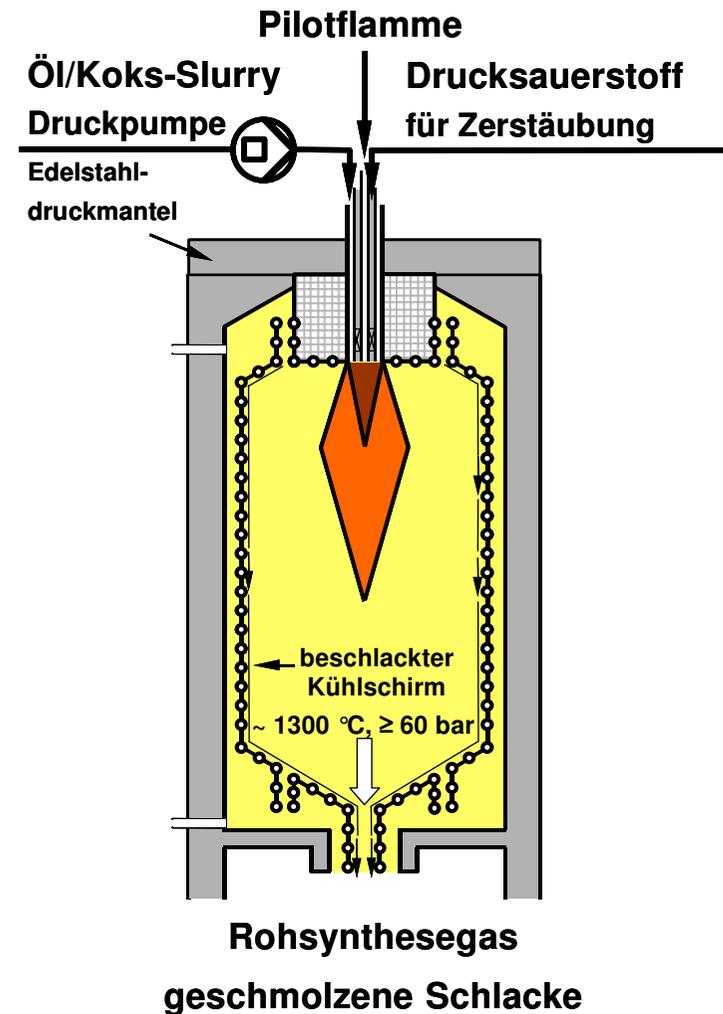


Vorbild: Hochdruck-Flugstromvergasung zur Stadtgaserzeugung aus Salzbraunkohle



Hochdruck-Flugstromvergasung

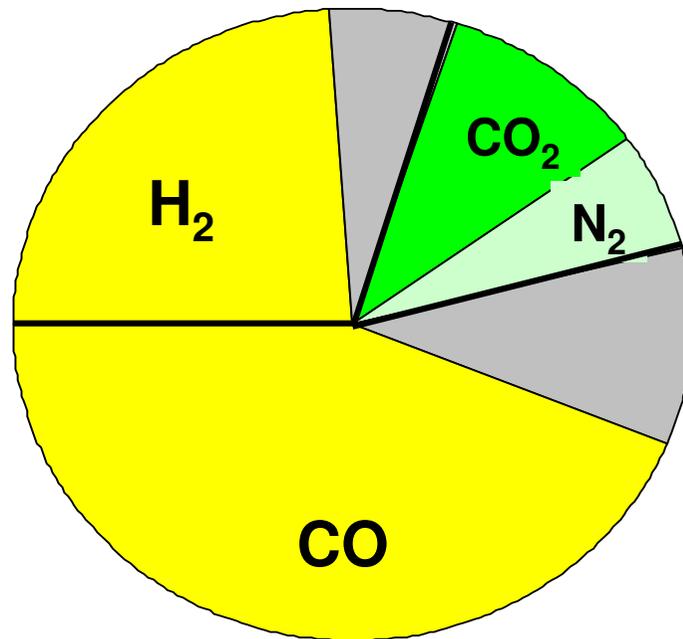
- Temperaturen über 1200 °C
- Teerfreies Synthesegas
- Geeignet für hohe Aschegehalte
- Vergasung mit reinem O₂
- Hohe Drücke, 30 to 100 bar
- Verweilzeit von Sekunden, vollständiger Kohlenstoffumsatz
- 4 Vergasungskampagnen mit unterschiedlichen Stoffen im GSP-Vergaser bei Future Energy in Freiberg (2-5 MW_{th})





Ergebnisse der Slurry-Vergasung

Synthesegas-Zusammensetzung



- Kein Teer, < 0,1 Vol % Methan
- Kohlenstoff-Umsatz ≥ 99 %
- ruhiger Betrieb ohne Überraschungen

Einsatzstoffe:

Feststoffanteil: 0 – 39 Gew. %

Asche: 3 % Strohasche

Heizwert: 10 – 25 MJ/kg

Dichte: 1250 kg/m³

Betriebsbedingungen:

Durchsatz: 0,35 – 0,5 t/h

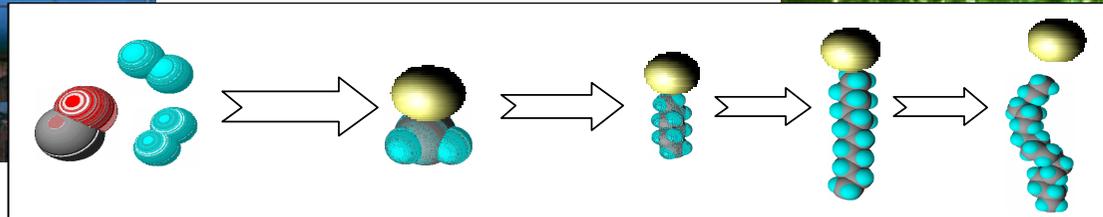
Vergaserdruck: 26 bar

Vergaser-Temp.: 1600 – 1200 °C

Feed-Temperatur: 40, 80 °C



Sasol, Südafrika
ca. 6 Mio. t/a



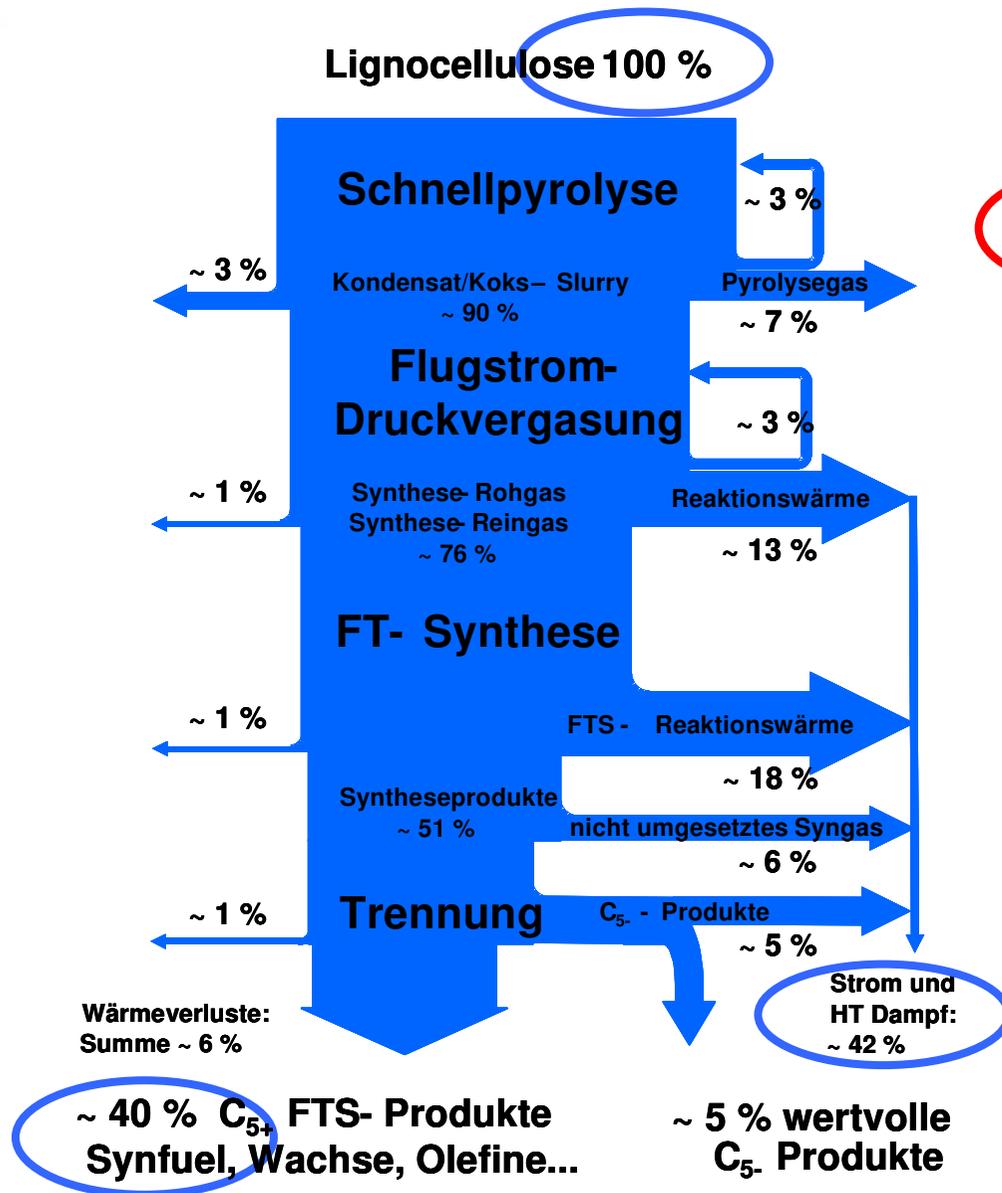
Synthesekraftstoffe
aus Fischer-Tropsch-
und Methanolsynthese

Lurgi

Trinidad&Tobago
ca. 0,8 Mio. t/a



Energie- und Massenbilanz



7 t Holz oder Stroh mit 15 Gew.% H₂O

6 t trockenes Holz oder Stroh

5,4 t Kondensat/Koks - Slurry oder Paste plus ~ 1,8 t technischer O₂

1,2 t FT-Synthese-Rohprodukte

1 t Synthesekraftstoff

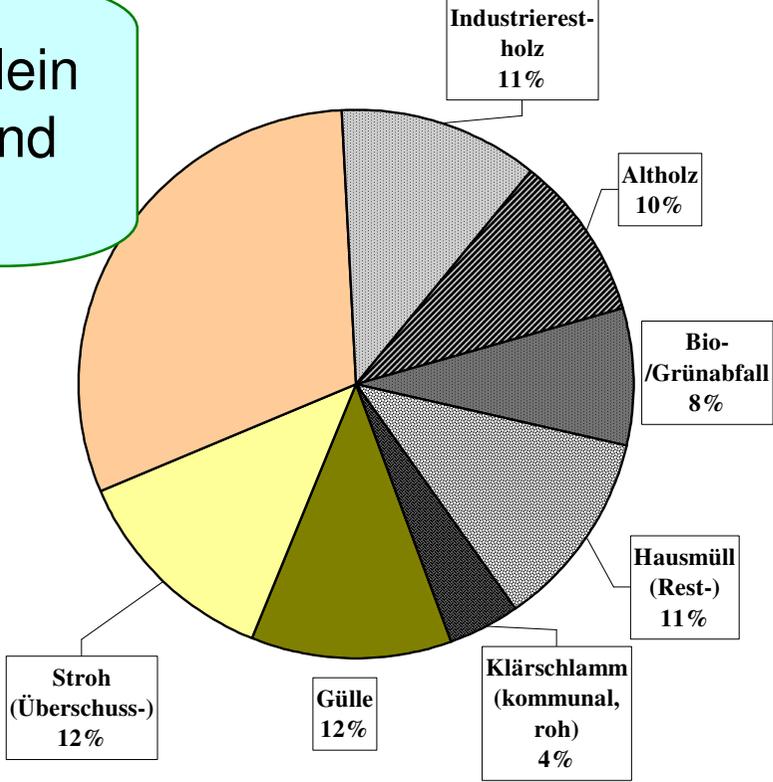
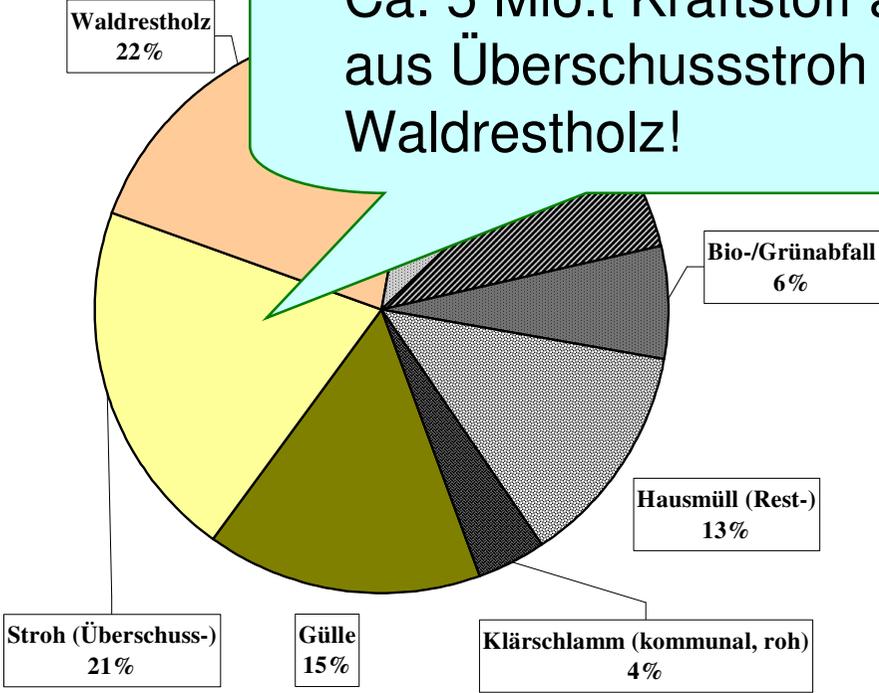
Koppelproduktion von Kraftstoff, Strom, Wärme

Rest- und Abfallbiomasse in Deutschland und BW

Deutschland 2002: rd. 70 Mio. Mg oTS

Baden-Württemberg 2002: rd. 8 Mio. Mg oTS

Ca. 5 Mio.t Kraftstoff allein aus Überschussstroh und Waldrestholz!

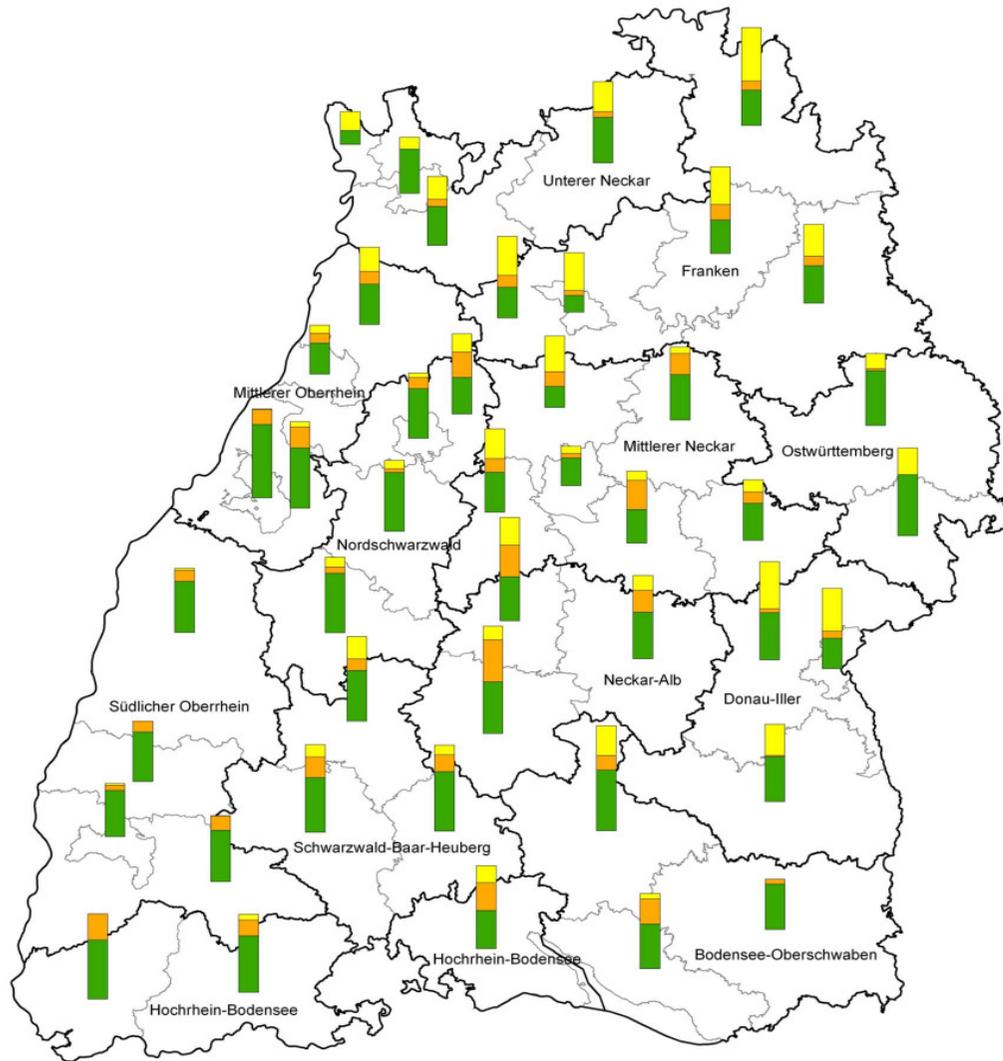


Wiss. Berichte FZKA 6882

Versorgung von Anlagenstandorten in BW



Aufkommensdichte (Stroh, Heu und Waldrestholz)



	Menge (Mio.t)	Aufkommens- dichte (t/ha)
Reststroh	1,0	0,3
Heu von überschüssigem Grünland	0,7	0,2
Waldrestholz u. Schwachholz	2,5	0,7
INSGESAMT	4,2	1,2

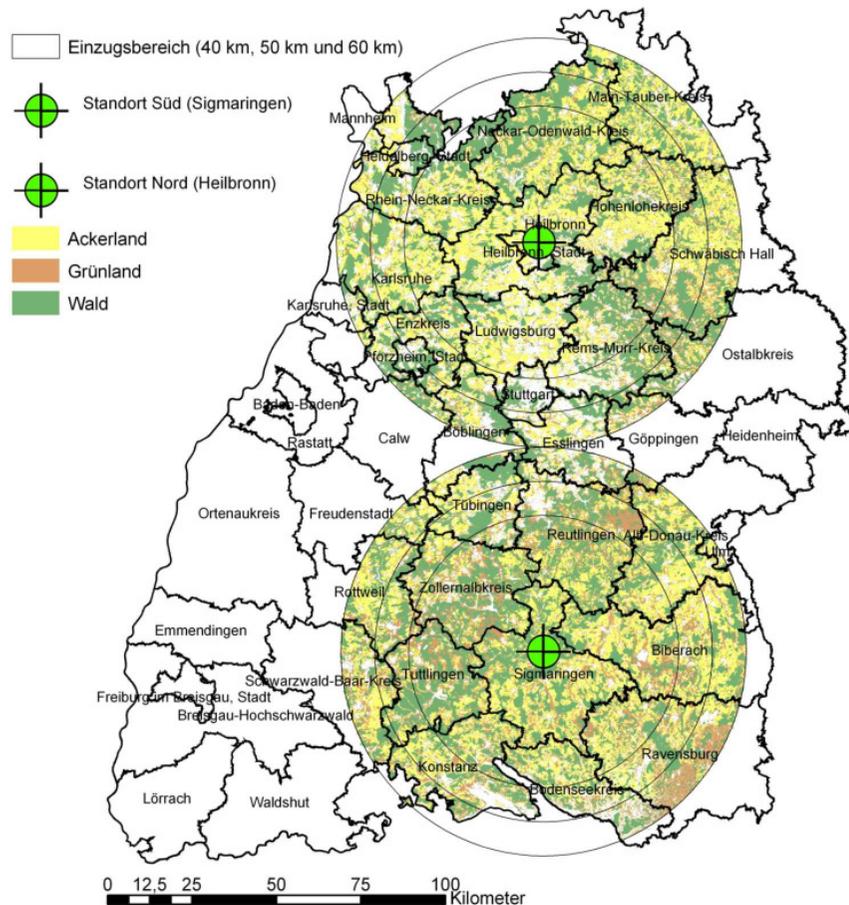
ITAS_{LL}

entspricht 1,0 Mg/ha

- Restroh (Mg TM pro ha Bodenfläche)
- Heu von überschüssigem Grünland (Mg TM pro ha Bodenfläche)
- Waldrest- und Schwachholz (Mg TM pro ha Bodenfläche)

Bodenfläche von Baden-Württemberg: 3,575 Mio. ha

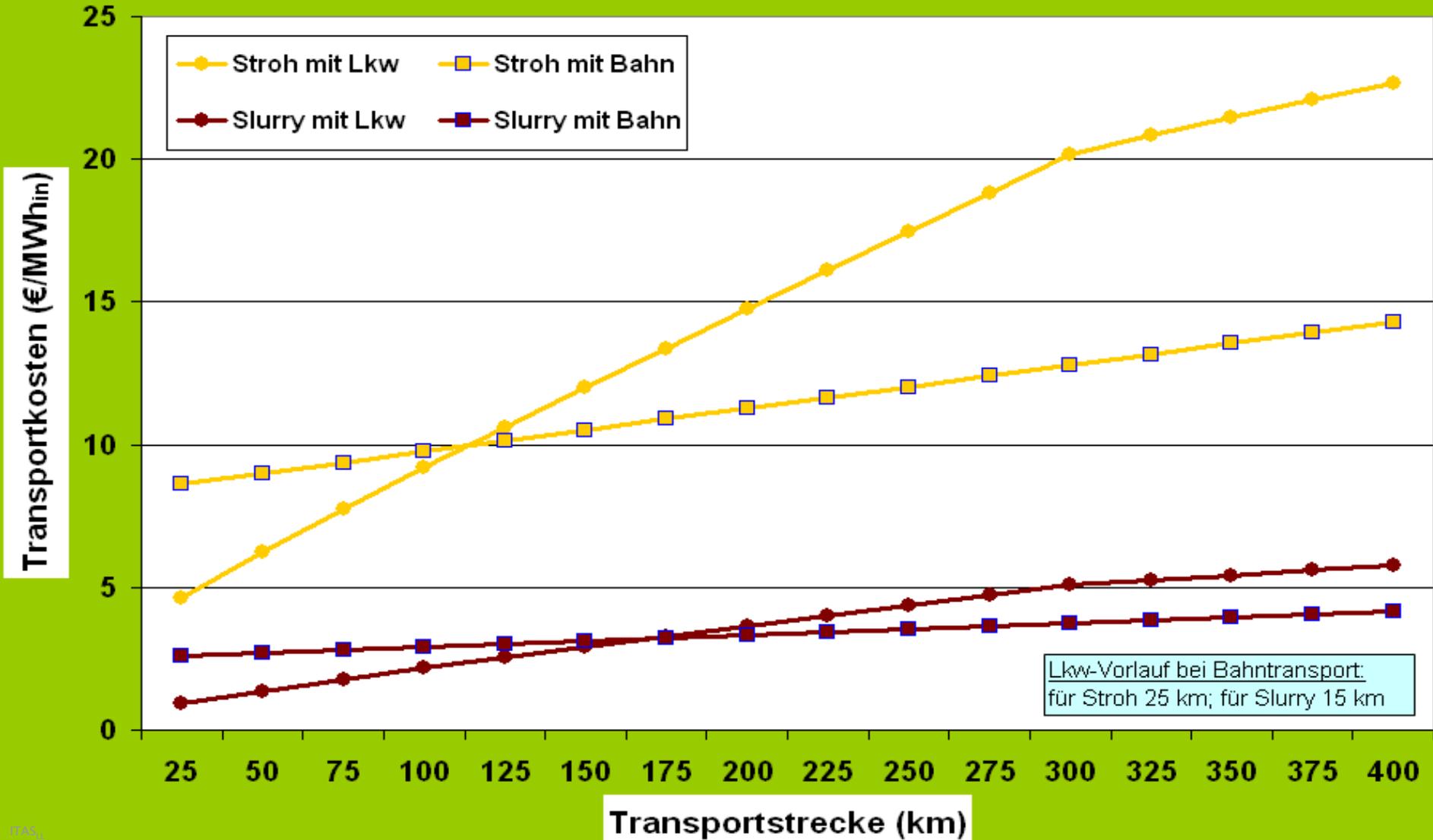
Reststroh und Waldrestholz



Nord	Menge/t	EUR/t
15	61.000	66
40	427.000	73
50	669.000	75
60	969.0000	76

Süd	Menge/t	EUR/t
15	71.000	61
40	380.000	69
50	658.000	72
60	772.0000	74

Transportkosten von Stroh und Slurry

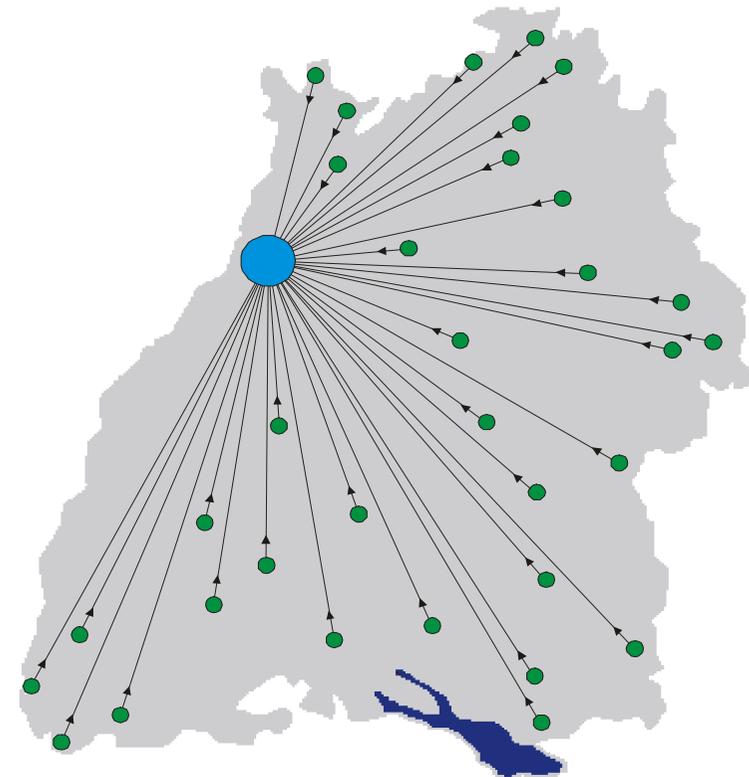
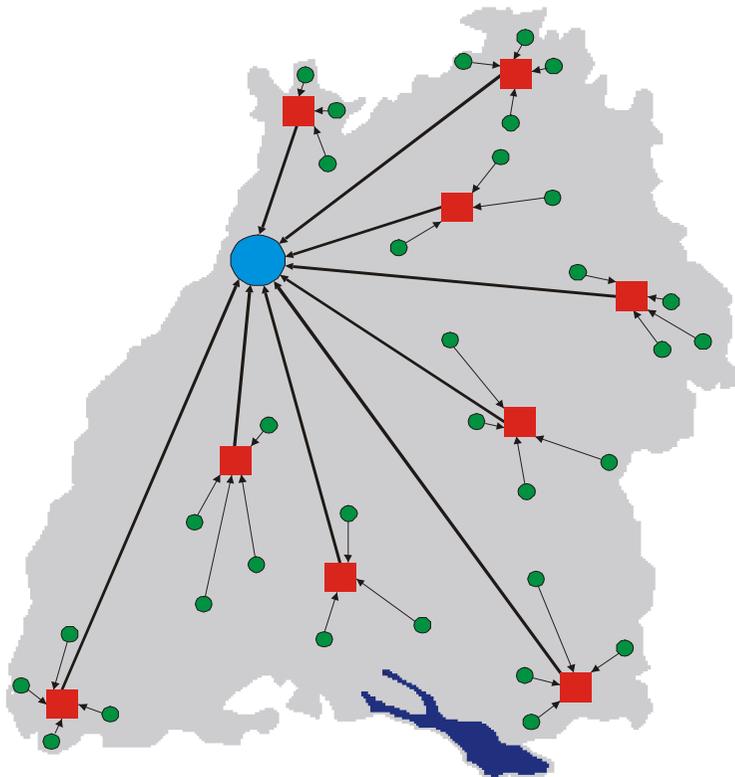


DAS...

Abb. 31: Anwendung des FZK-Konzepts auf Baden-Württemberg

dezentrale Pyrolyse mit anschließender zentraler Vergasung

zentrale Vergasung mit integrierter Pyrolyse



Große zentrale Anlage



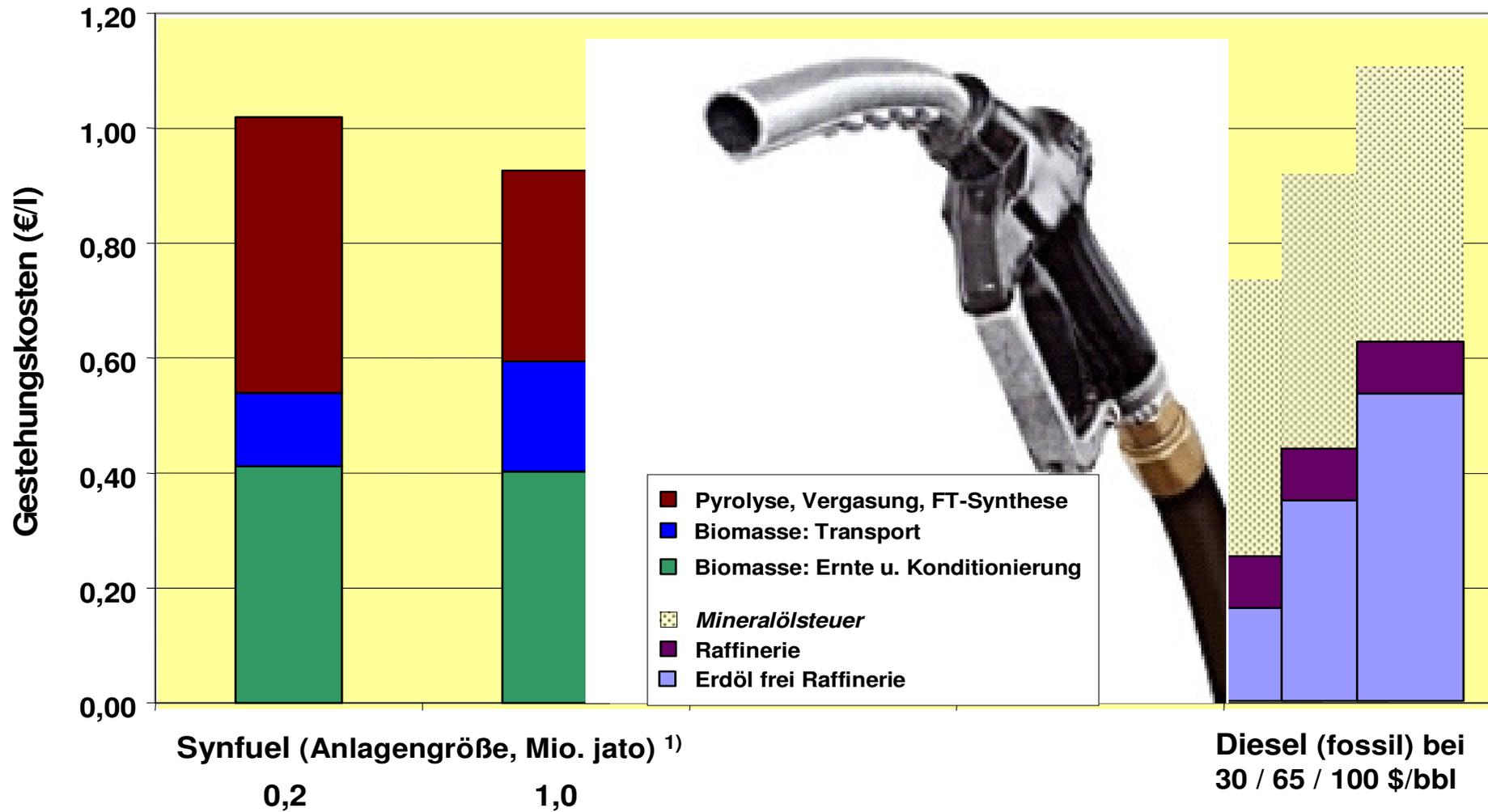
Dezentrale Anlage



Stroh und Waldrestholz

Regionale Biomasseerfassung

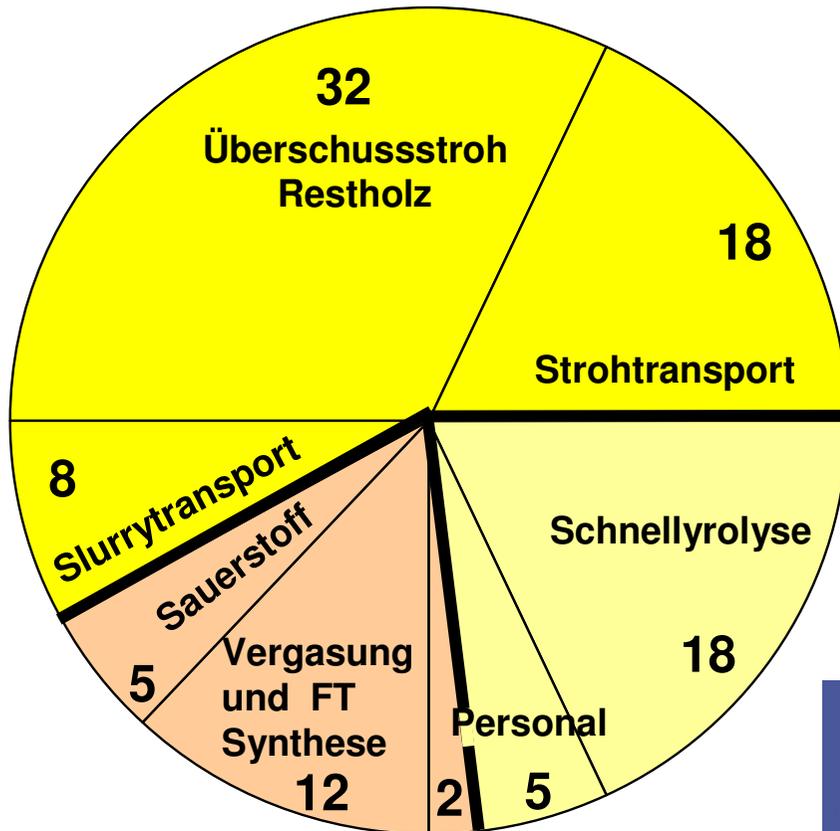
Kosten für Synfuel aus Stroh und Waldrestholz



1) Abschätzungen für Synfuel aus Stroh und Waldrestholz, zentrale Anlage; Kostenangaben frei Anlage, vor Steuern

ITAS LL/2006

Erzeugungskosten für bioliq-Synthesekraftstoff



40 Pyrolyseanlagen (20 M€)
Kapazität ~ 0,2 Mt/a lufttrockenes Stroh

Slurry ↓ Transport

zentrale Vergasungsanlage (500 M€)
Synfuel-Kapazität ~ 1 Mt/a

Grobe Kostenabschätzung:

Diesel aus Öl ~ 0,5 €/kg

Synthesekraftstoff ~ 1,0 €/kg



Teurer auf Grund von:
hohem spezifischen Durchsatz
kleineren Anlagen
festem Einsatzmaterial

Biokraftstoff-Potenzial in Deutschland

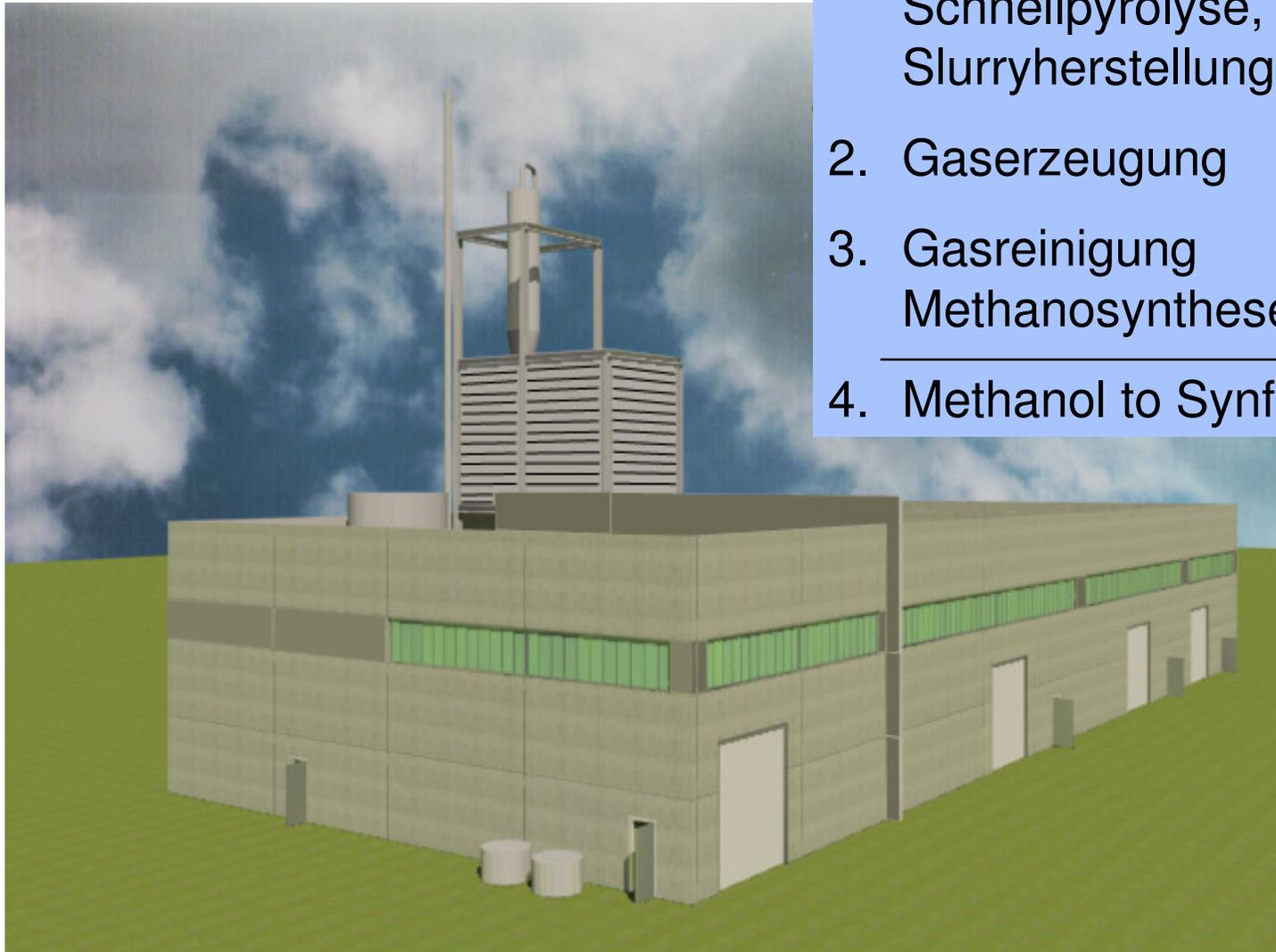
Biokraftstoff-Anteile im Jahr 2005 und 2020



Quelle: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)

Nach Angaben: BMELV, MWV, BMF

Stand: 2006



Baustufen BTL-Pilotanlage (0,5 t/h):

- | | |
|---|------|
| 1. Biomassekonditionierung
Schnellpyrolyse,
Slurryherstellung | 2007 |
| 2. Gaserzeugung | 2008 |
| 3. Gasreinigung
Methanosynthese | 2008 |
| 4. Methanol to Synfuel | ???? |

Lurgi



Bundesministerium für
Ernährung, Landwirtschaft
und Verbraucherschutz

Bauphase 1

Pyrolyseanlage

Lurgi

KIT
Karlsruhe Institute of Technology



- 1. Spatenstich 11/2005
- Baubeginn 05/2006
- Montagebeginn 05/06
- Mech. Fertigstellung 05/07
- Inbetriebnahme 07/07



**Strohzerkleinerung
Häcksler und Schneidmühle**



**Kolloidmühle
und Mischer**

Fazit

- Nachweis der prinzipiellen technischen Machbarkeit ist an technisch relevanten Versuchseinrichtungen erbracht
- Das Mengenpotenzial ist vorhanden, aber die Nutzungskonkurrenz groß
- Die Entwicklung ist derzeit auf agrar- und forstwirtschaftliche Reststoffe abgestellt, auf längere Sicht sind Energiepflanzen mit zu nutzen
- Die derzeit errichtete Pilotanlage dient der Verfahrensdemonstration, der weiteren Auslegung und Maßstabsvergrößerung, Erwerb von Betriebserfahrungen und verlässlichen Kostenschätzungen
- Bis zum Erreichen von Slurrymengen, die wirtschaftlich zu Kraftstoffen verarbeitet werden können, ist eine Zwischennutzung zu finden
- Bioslurry sind auch eine Transportform für „Biomasse“-Importe

**„Die Steinzeit ging
nicht zu Ende,
weil uns die Steine
ausgingen,
und das Zeitalter des
Öls wird auch
nicht zu Ende gehen,
weil uns das Öl
ausgeht“**

Scheich Zaki Yamani, 1974
ehemaliger Saudi-Arabischer Ölminister



Kontakt:

Dr. Nicolaus Dahmen

**Forschungszentrum Karlsruhe
Institut für Technische Chemie, CPV**

Tel: (07247) 82-2596

Fax: (07247) 82-2444

Email: nicolaus.dahmen@itc-cpv.fzk.de

Internet: www.fzk.de/bioliq

