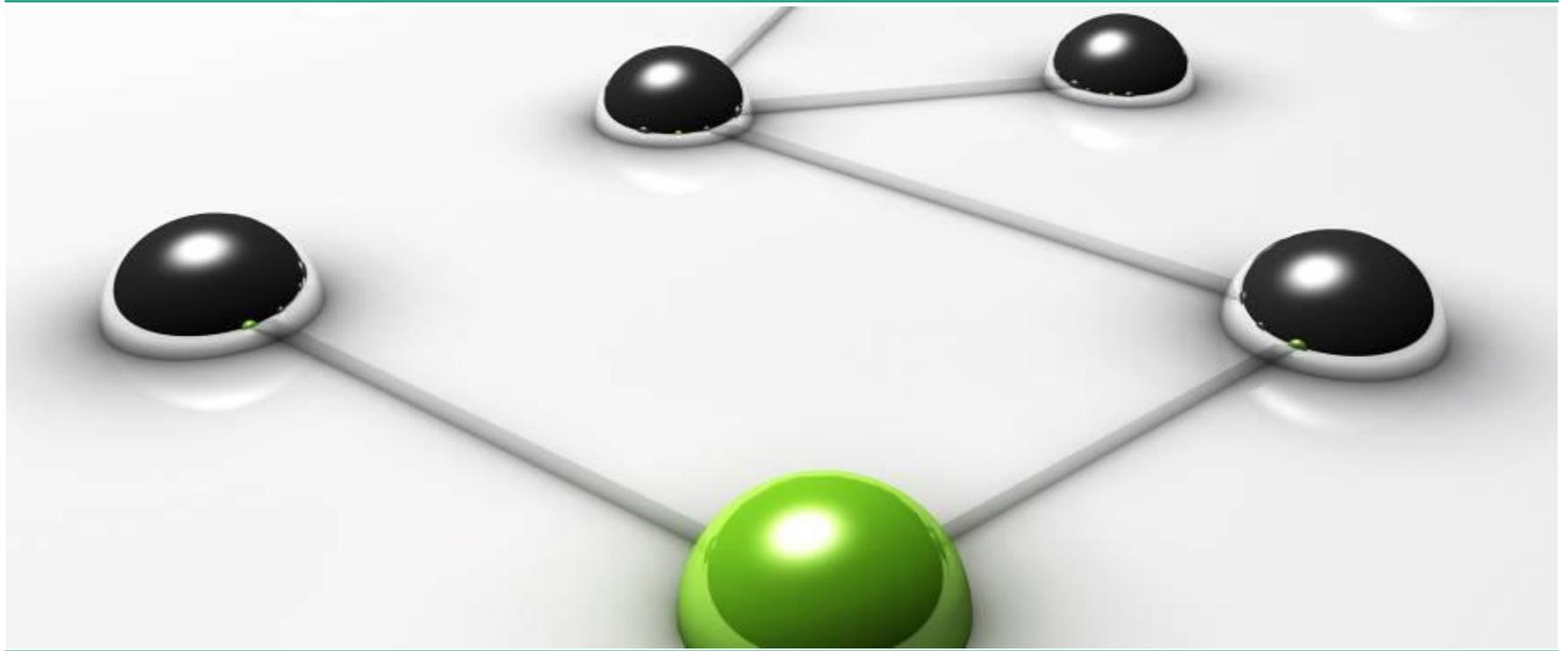

Grundlagen der Holzvergasungstechnologie – Verfahren, Leistungsgrößen und Anwendungen

Dipl.-Ing. Tim Schulzke – Gruppenleiter Thermochemische Konversion



AGENDA

1. Die Fraunhofer-Gesellschaft und Fraunhofer UMSICHT
2. physikalisch/chemische Grundvorgänge bei der Vergasung von Biomasse
3. Einteilung der Biomassevergasung
 - Reaktortyp
 - Vergasungsmittel
4. technische Herausforderungen bei der Biomassevergasung
5. Anwendungen

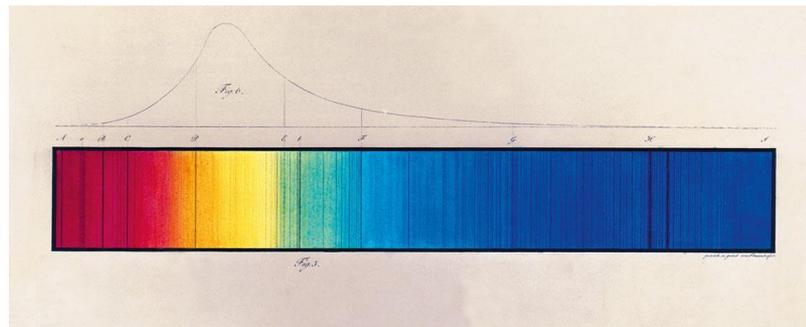
AGENDA

- 1. Die Fraunhofer-Gesellschaft und Fraunhofer UMSICHT**
2. physikalisch/chemische Grundvorgänge bei der Vergasung von Biomasse
3. Einteilung der Biomassevergasung
 - Reaktortyp
 - Vergasungsmittel
4. technische Herausforderungen bei der Biomassevergasung
5. Anwendungen

Die Fraunhofer-Gesellschaft

gegründet 1949 vom Bundesforschungsministerium
Namenspatron Joseph von Fraunhofer:

- Unternehmer
GF einer Glashütte, Hersteller optischer Geräte
- Erfinder
Verfahren zur Herst. schlierenfreien Glases
- Forscher
Lichtbeugung
Fraunhofer-Linien
im Sonnenspektrum



Die Fraunhofer-Gesellschaft

- Forschung und Entwicklung
 - führende Organisation für angewandte Forschung in Europa
- Erfindungen
 - Platz 14 unter deutschen Patentanmeldern¹
- Unternehmertum
 - 60 Institute arbeiten als Profit-Center
 - 1/3 industrielle Auftragsforschung
 - 1/3 öffentlich finanzierte Forschung
 - 1/3 von Bund/Ländern (Vorlaufforschung)



¹ Quelle: Deutsches Patent- und Markenamt, Stand 2007

Fraunhofer UMSICHT (Oberhausen)

■ Gründung	1990
■ Betriebshaushalt 2011	24,8 Mio. €
■ davon Industrieertrag	9,8 Mio. €
■ Mitarbeiter/innen	345 (198 fest)
■ Studien-, DA-, Masterarbeiter	35
■ Stud./wiss. Hilfskräfte	86
■ Praktikanten	11
■ Auszubildende	15
■ Spin-Offs	13
■ Projekte	ca. 300/Jahr
■ Labor- und Technikumsflächen	4 500 m ²



AGENDA

1. Die Fraunhofer-Gesellschaft und Fraunhofer UMSICHT
2. **physikalisch/chemische Grundvorgänge bei der Vergasung von Biomasse**
3. Einteilung der Biomassevergasung
 - Reaktortyp
 - Vergasungsmittel
4. technische Herausforderungen bei der Biomassevergasung
5. Anwendungen

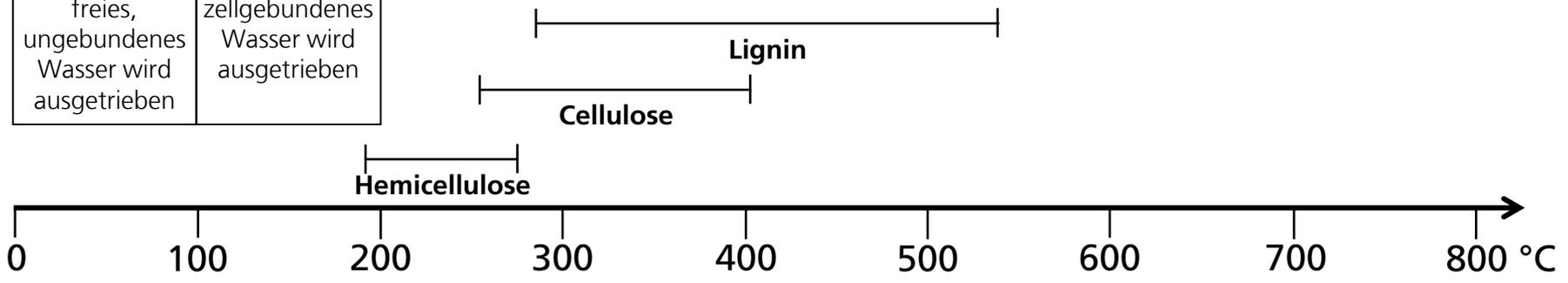
physikalisch/chemische Grundvorgänge

Vergasung
Vergasung der verbliebenen Restkohlenstoffe (Koks)

Pyrolytische Zersetzung			
thermische Zersetzung beginnt, geringe Mengen Teer, CO, CO ₂	Zersetzungsreaktionen werden heftiger, Abbaugeschwindigkeit steigt stark an	Höhepunkt der Kohlenwasserstoffbildung durch Zersetzung	Zersetzungsreaktionen klingen ab, hauptsächlich dickflüssiger Teer

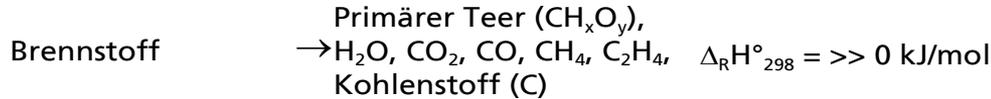
Aufheizung und Trocknung	
freies, ungebundenes Wasser wird ausgetrieben	zellgebundenes Wasser wird ausgetrieben

Zersetzungsgebiete von:

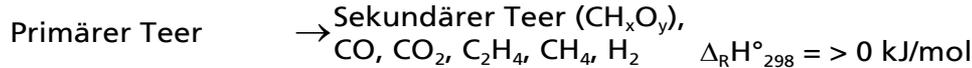


Wichtige Reaktionen bei der Vergasung

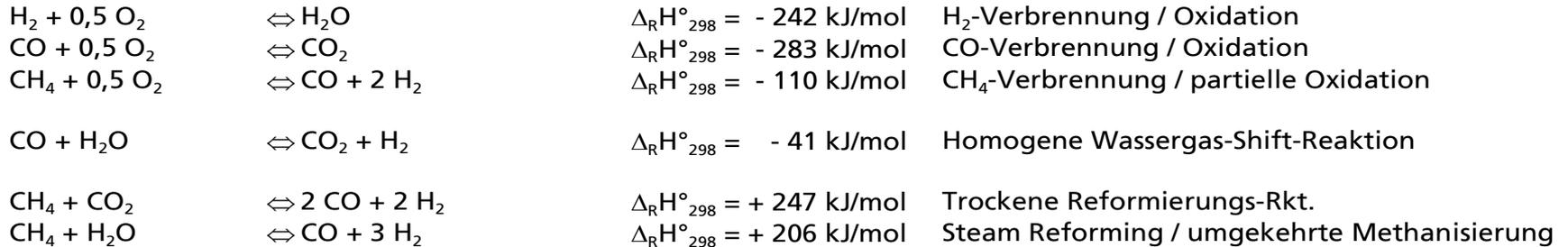
Primäre Pyrolyse:



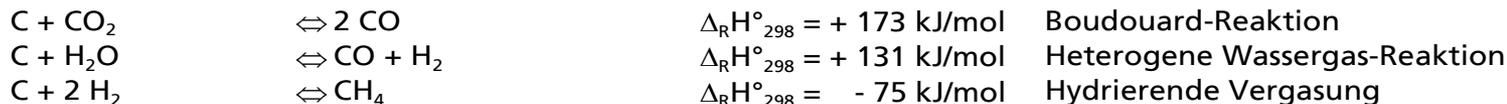
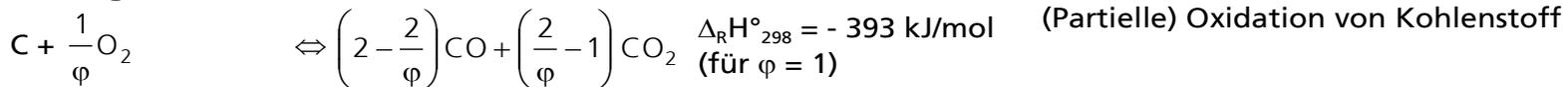
Sekundäre Pyrolyse:



Homogene Gasphasenreaktionen:



Heterogene Reaktionen:



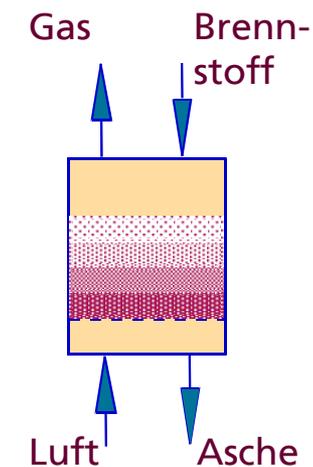
AGENDA

1. Die Fraunhofer-Gesellschaft und Fraunhofer UMSICHT
2. physikalisch/chemische Grundvorgänge bei der Vergasung von Biomasse
- 3. Einteilung der Biomassevergasung**
 - Reaktortyp
 - Vergasungsmittel
4. technische Herausforderungen bei der Biomassevergasung
5. Anwendungen

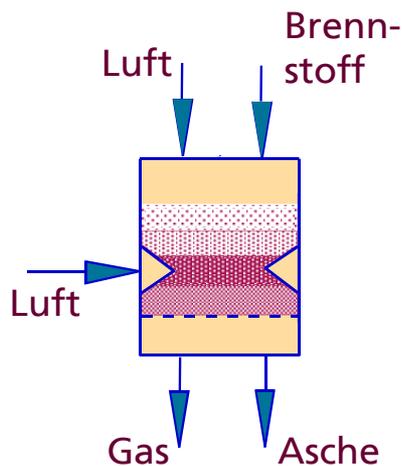
Einteilung der Biomassevergasung - Reaktortyp

Bewegtes Brennstoffbett / Festbettvergaser

-  Trocknungszone
-  Pyrolysezone
-  Reduktionszone
-  Oxidationszone



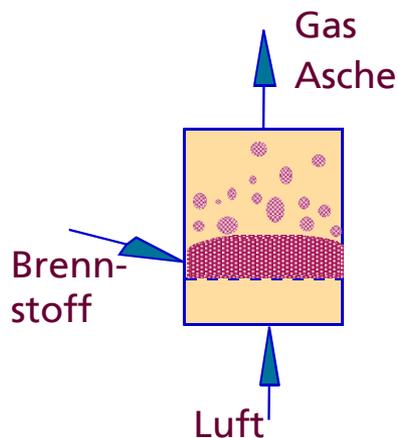
Gegenstrom



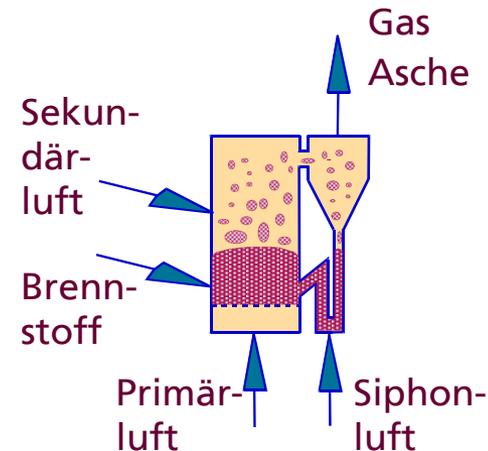
Gleichstrom

Fluidisiertes Brennstoffbett

-  Wirbelbett
-  Freeboard



stationäre
Wirbelschicht



zirkulierende
Wirbelschicht

Vergasung im Wirbelschichtreaktor

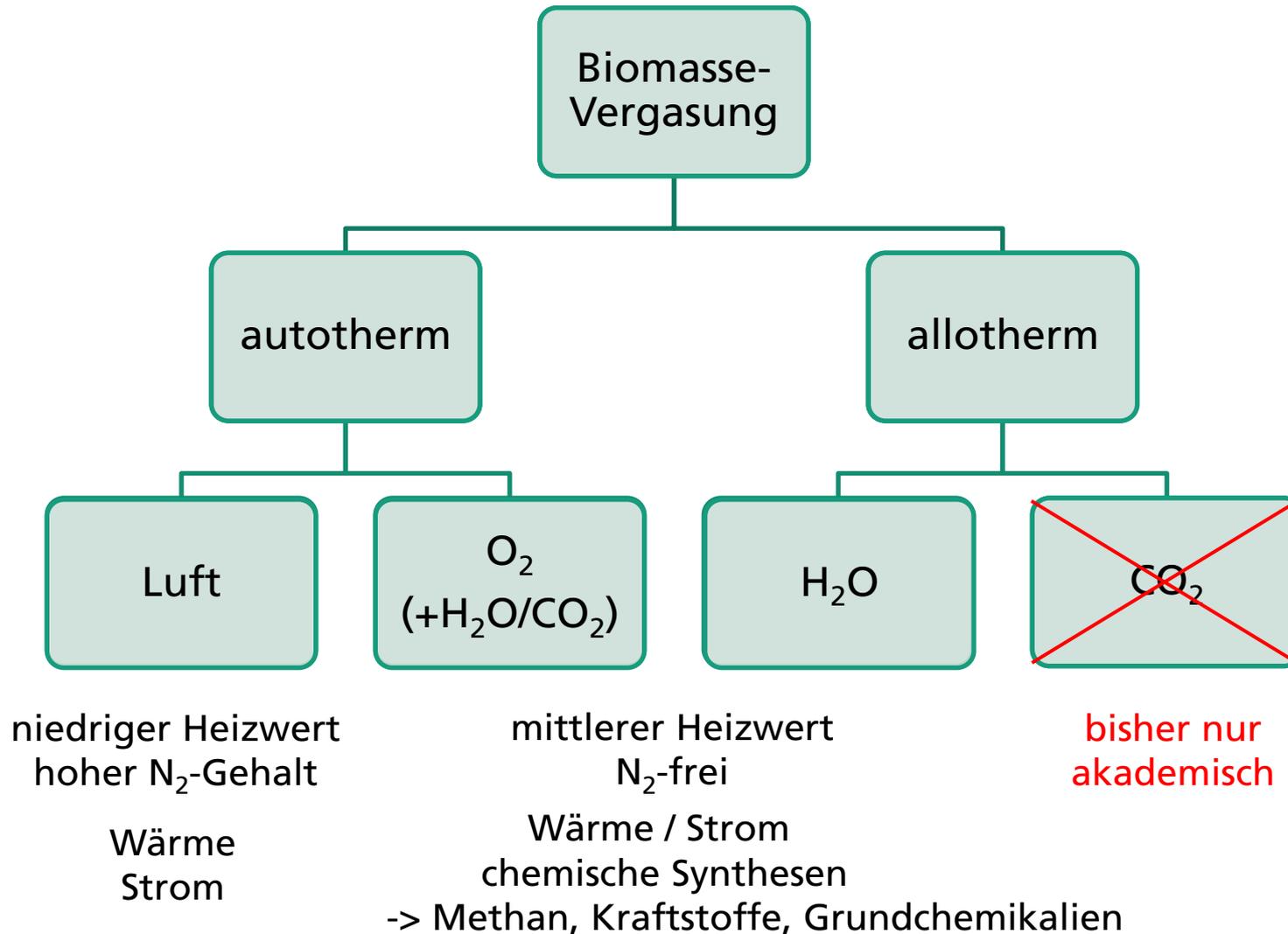
Vorteile gegenüber Festbettreaktor

- Feststoffinventar: über 90 % Bettmaterial zur Wärmeübertragung, daher gute Regelbarkeit über Brennstoff- und Lufteintrag
- kaum Temperaturunterschiede im Reaktor
- Reaktionstemperatur »frei« einstellbar
 - »hoch« für guten Ausbrand, hohe Synthesegastemperatur
 - »niedrig« bei problematischen Brennstoffen (z. Bsp. Stroh)
- Brennstoffvariabilität
 - Pellets mit hoher Dichte
 - Shreddergut mit niedriger Dichte und hohem Feinanteil
- gute Skalierbarkeit über weiten Leistungsbereich

Nachteile gegenüber Festbettreaktor

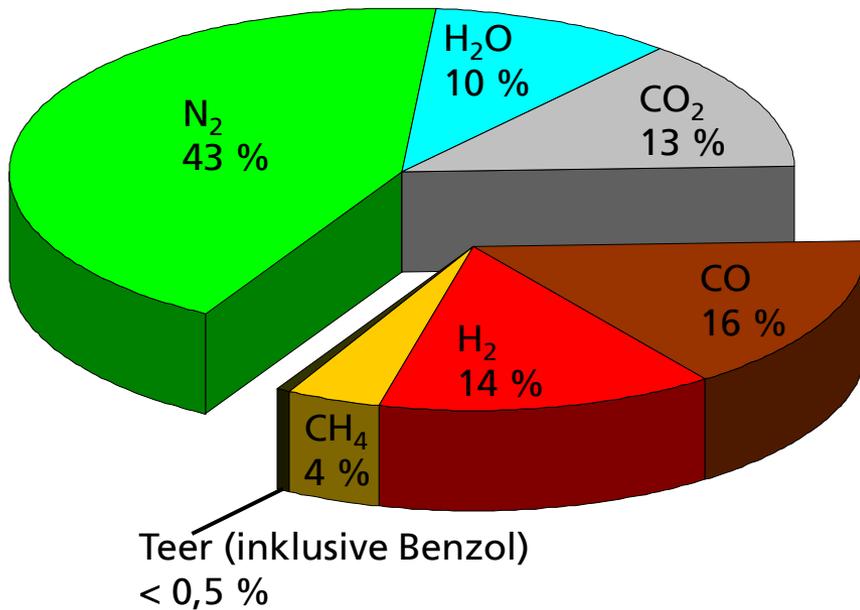
- spezifische Investitionskosten höher im Kleinleistungsbereich
- Brennstoff muss kontinuierlich, gleichmäßig dosiert werden

Einteilung der Biomassevergasung - Vergasungsmittel

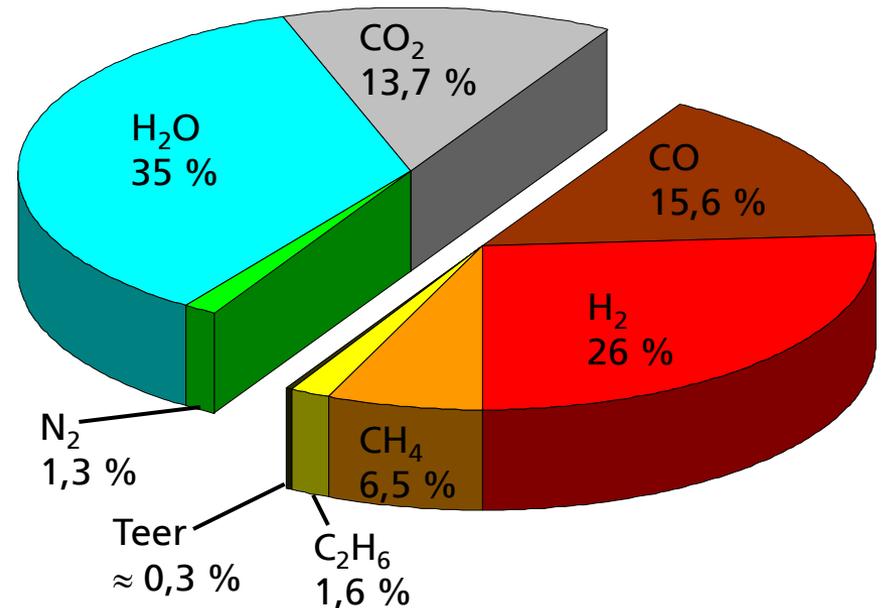


Gaszusammensetzung – Vergleich Luft/Dampf

Vergasung mit Luft
UMSICHT CFB ($\approx 900^\circ\text{C}$)



Vergasung mit Dampf
Güssing FICFB* ($\approx 840^\circ\text{C}$)



*Pfeifer et al., Presentation at 15th European Biomass Conference, Berlin, 2007

Heizwert: $H_u \approx 1,38 \text{ kWh/Nm}^3$

Heizwert trocken: $H_u \approx 1,53 \text{ kWh/Nm}^3$

Heizwert: $H_u \approx 2,56 \text{ kWh/Nm}^3$

Heizwert trocken: $H_u \approx 3,48 \text{ kWh/Nm}^3$

Faktor 2,25

AGENDA

1. Die Fraunhofer-Gesellschaft und Fraunhofer UMSICHT
2. physikalisch/chemische Grundvorgänge bei der Vergasung von Biomasse
3. Einteilung der Biomassevergasung
 - Reaktortyp
 - Vergasungsmittel
4. **technische Herausforderungen bei der Biomassevergasung**
5. Anwendungen

Herausforderungen bei der Biomassevergasung

3 Hauptschwierigkeiten

- Biomassedosierung
 - betrifft hauptsächlich Wirbelschichten
 - Anforderung: kontinuierliche Dosierung (eventuell gegen Druck)
 - Brennstofffließfähigkeit sehr unterschiedlich: Pellets, Hackschitzel, Häcksel

- Verteilung des Vergasungsmittels über dem Reaktorquerschnitt
 - betrifft hauptsächlich Festbettvergaser
 - Anforderung: gleichmäßige Verteilung über dem gesamten Querschnitt
 - Rückwirkung auf Brennstoff: kein Feingut zulässig
 - Hauptursache für Scale-Up Grenze bei ca. 1 MW Brennstoffeintrag

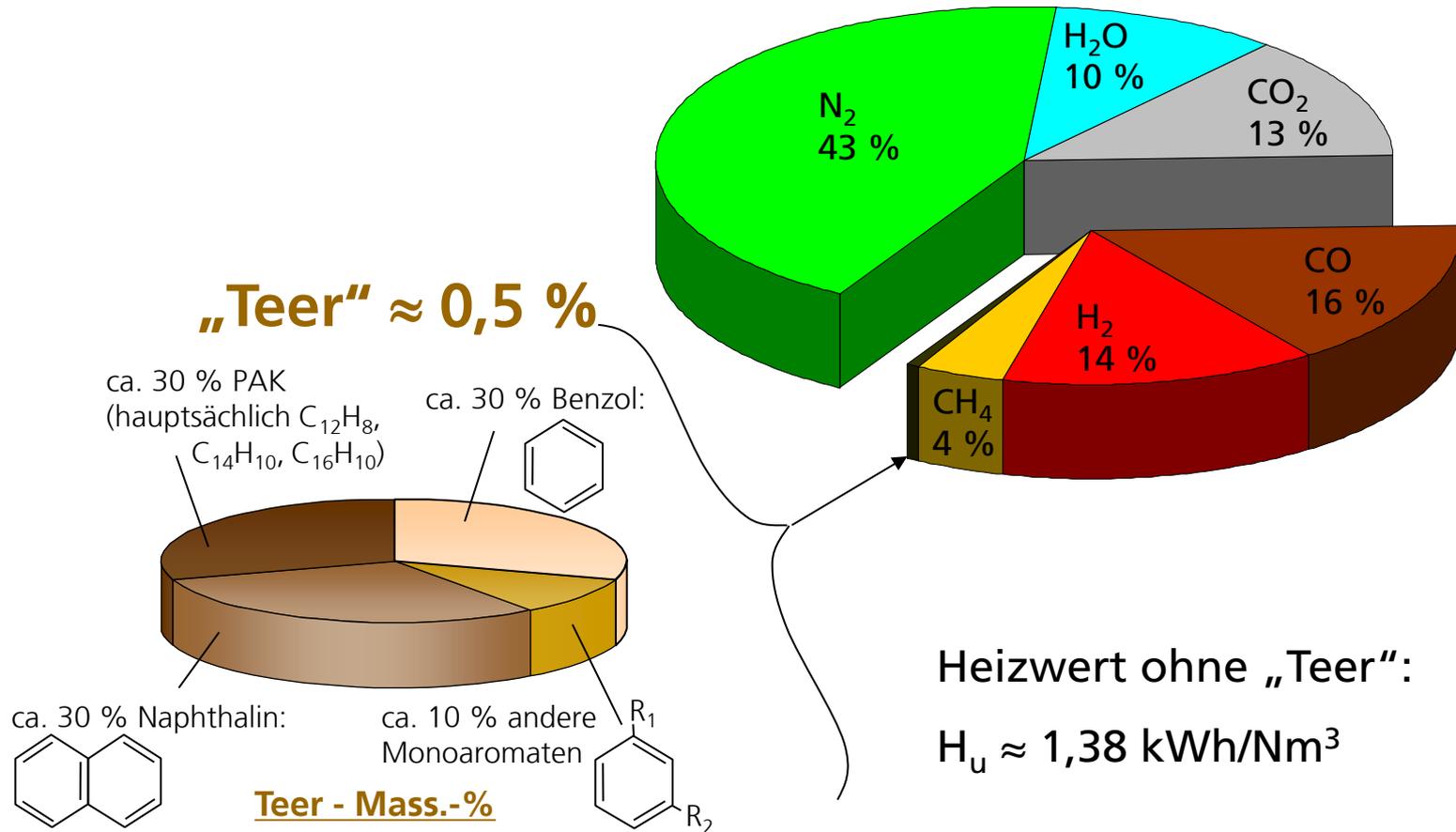
- Gasreinigung
 - Teer, Schwefel, Chlor, Ammoniak, ...

Holzgasreinigung

Aufgaben bei der Holzgasreinigung

- Teerentfernung
 - trocken
 - nass
- Staubentfernung
 - heiß
 - kalt
- Abkühlung
- eventuell Entfernung weiterer Schadkomponenten
 - Schwefel
 - Alkalien
 - ...

Gaszusammensetzung UMSICHT (ZWS)



Primärmaßnahmen zur Teerminderung (Wirbelschicht)

Teergehalt in Abhängigkeit vom Bettmaterial

- Quarzsand

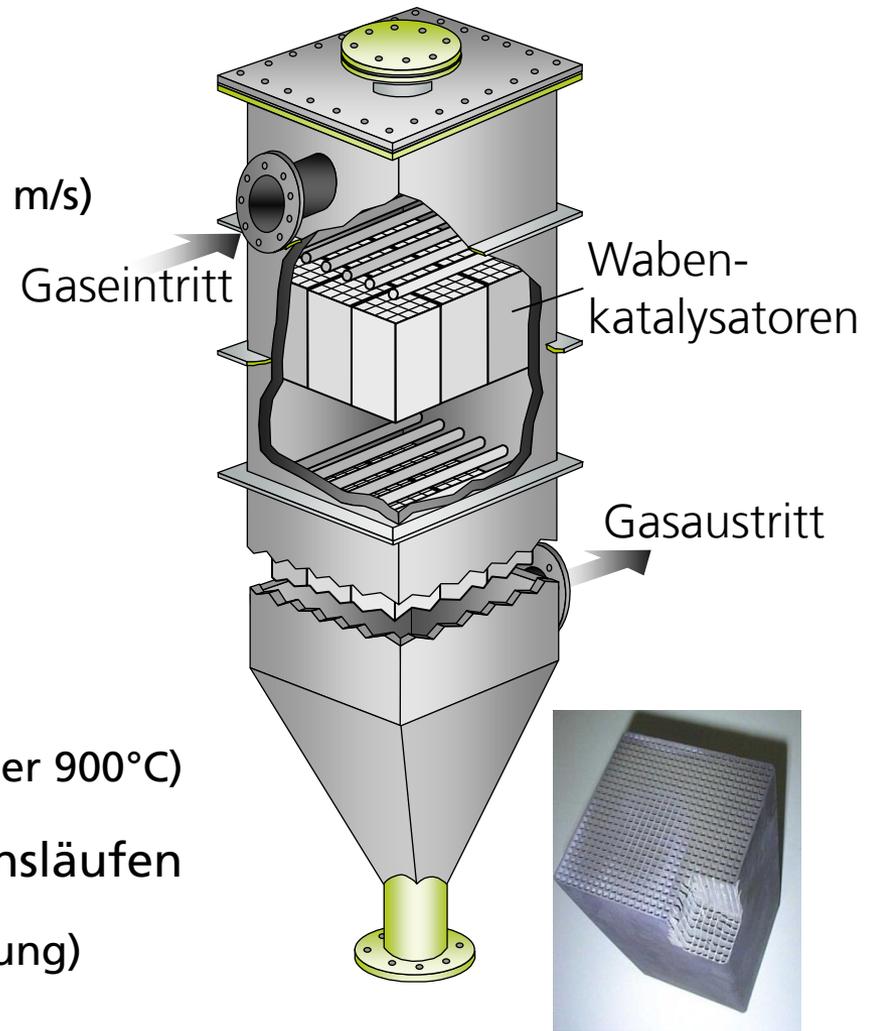

4.250 mg/Nm ³	10.000 mg/Nm ³
--------------------------	---------------------------
- Dolomit (frisch)
 300 mg/Nm³
- Andere Materialien (natürlich und künstlich)
 120 - 350 mg/Nm³
- Olivin


2.500 mg/Nm ³

- Grenzwert für motorische Nutzung (1996)
 50 mg/Nm³

Holzgasbehandlung – ein Lösungsbeispiel

- 2 Lagen 3x3 aus Ni-Monolithen
 - ⇒ laminare Strömung in Kanälen ($u_G < 1,5 \text{ m/s}$)
 - ⇒ Verweilzeit $\approx 0,4 \text{ sec}$
- Pulsabreinigung zur Staubentfernung
 - 1 sec N_2 -Pulse alle 1,5 h
 - räumlich verteilt mit der Zeit
- Luftzugabe zwischen beiden Lagen
 - Temperaturregelung (Eintritt in 2. Lage über 900°C)
- Luftbehandlung zwischen den Versuchsläufen
 - Regeneration (Schwefel- und Koksentfernung)



AGENDA

1. Die Fraunhofer-Gesellschaft und Fraunhofer UMSICHT
2. physikalisch/chemische Grundvorgänge bei der Vergasung von Biomasse
3. Einteilung der Biomassevergasung
 - Reaktortyp
 - Vergasungsmittel
4. technische Herausforderungen bei der Biomassevergasung
5. **Anwendungen**

Anwendungen

Einsatzmöglichkeiten für Holzgas

- Holzgas als Kraftstoff
 - Imbert-Vergaser: LKW, Traktoren
- Thermoprozess-Anwendungen
 - (Mit-)Verbrennung in Kesselanlagen
 - Befeuerung von Öfen, Glaswannen
- (Heiz-)Kraftwerk
 - stromerzeugende Heizung bis Kraftwerk
- Syntheserohstoff
 - Methan, FT-Kraftstoffe, Alkohole, DME, Monomere f. Kunststoffe

Synthesegas-Chemie

		$\Delta_R H$	H ₂ /CO
Methan	$\text{CO} + 3 \text{H}_2 \Leftrightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$	-206 kJ/mol	3:1
Fischer-Tropsch-Synthese	$n \text{CO} + 2n \text{H}_2 \Leftrightarrow (-\text{CH}_2-)_n + n \text{H}_2\text{O}$	-158 kJ/mol	2:1
Methanol	$\text{CO} + 2 \text{H}_2 \Leftrightarrow \text{CH}_3\text{OH}$	-98,7 kJ/mol	2:1
Ethanol	$2 \text{CO} + 4 \text{H}_2 \Leftrightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$	-256 kJ/mol	2:1
Dimethylether	$2 \text{CO} + 4 \text{H}_2 \Leftrightarrow \text{H}_3\text{C-O-CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$	-219 kJ/mol	2:1
Methan	$2 \text{CO} + 2 \text{H}_2 \Leftrightarrow \text{CH}_4 + \text{CO}_2$	-247 kJ/mol	1:1
Ethanol	$3 \text{CO} + 3 \text{H}_2 \Leftrightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{CO}_2$	-297 kJ/mol	1:1
Dimethylether	$3 \text{CO} + 3 \text{H}_2 \Leftrightarrow \text{H}_3\text{C-O-CH}_3 + \text{CO}_2$	-258 kJ/mol	1:1

Reaktionsbedingungen

Synthese	Temperatur	Druck
Methan	$\approx 300 \text{ }^\circ\text{C}$	$\approx 25 \text{ bar}$
Fischer-Tropsch-Synthese	$160 - 220 \text{ }^\circ\text{C}$	$0 - 30 \text{ bar}$
Methanol	$< 280 \text{ }^\circ\text{C}$	$50 - 200 \text{ bar}$
Dimethylether	$< 280 \text{ }^\circ\text{C}$	$50 - 200 \text{ bar}$
Ethanol	$250 - 400 \text{ }^\circ\text{C}$	$30 - 100 \text{ bar}$

FRAUNHOFER UMSICHT

Abteilung Biorefinery, Biofuels

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**

Kontakt:

Fraunhofer UMSICHT

Osterfelder Straße 3

46047 Oberhausen

E-Mail: info@umsicht.fraunhofer.de

Internet: <http://www.umsicht.fraunhofer.de>

Dipl.-Ing. Tim Schulzke

Telefon: +49-208-8598-1155

E-Mail: tim.schulzke@umsicht.fraunhofer.de



Foto: photocase.de

AGENDA

1. Die Fraunhofer-Gesellschaft und Fraunhofer UMSICHT
2. physikalisch/chemische Grundvorgänge bei der Vergasung von Biomasse
3. Einteilung der Biomassevergasung
 - Reaktortyp
 - Vergasungsmittel
4. technische Herausforderungen bei der Biomassevergasung
5. Anwendungen
6. **Beispiele**

Beispiele für Klein(st)anlagen (Festbettvergasung)

Burkhardt (180 kW_{el})



Spanner Re² (30 -50 kW_{el})

Beispiele für Großanlagen (Festbettvergasung)

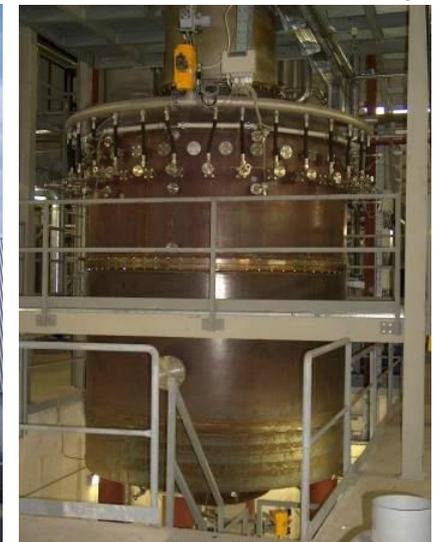


Harboøre

Gegenstrom $3,5 \text{ MW}_{\text{th}}$

Wiener Neustadt

modifizierter Gleichstrom $2,2 \text{ MW}_{\text{th}}$



Beispiele für Großanlagen (Wirbelschichtvergasung)



Batelle/Ferco 55 MW_{th}

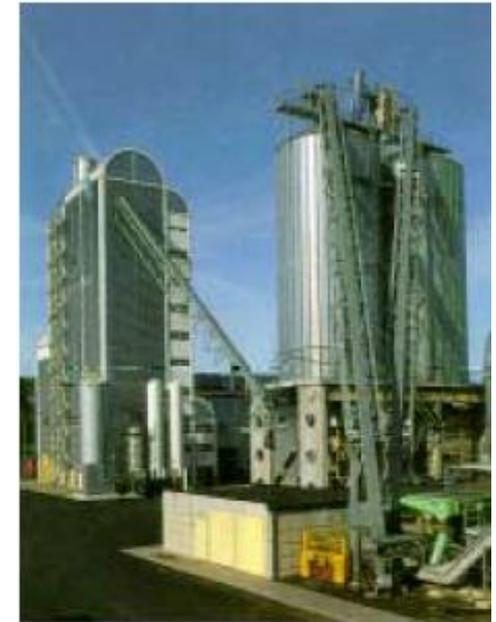
Lahti I Mitverbrennung
40-70 MW_{th}



Lahti II
2x80 MW_{th}



Värnamo 18 MW_{th}



Beispiele für mittelgroße Anlagen (Wirbelschicht)



Skive 19,5 MW_{th}

Senden 15 MW_{th}



Güssing 8 MW_{th}

Grassau 1,5 MW_{th}

