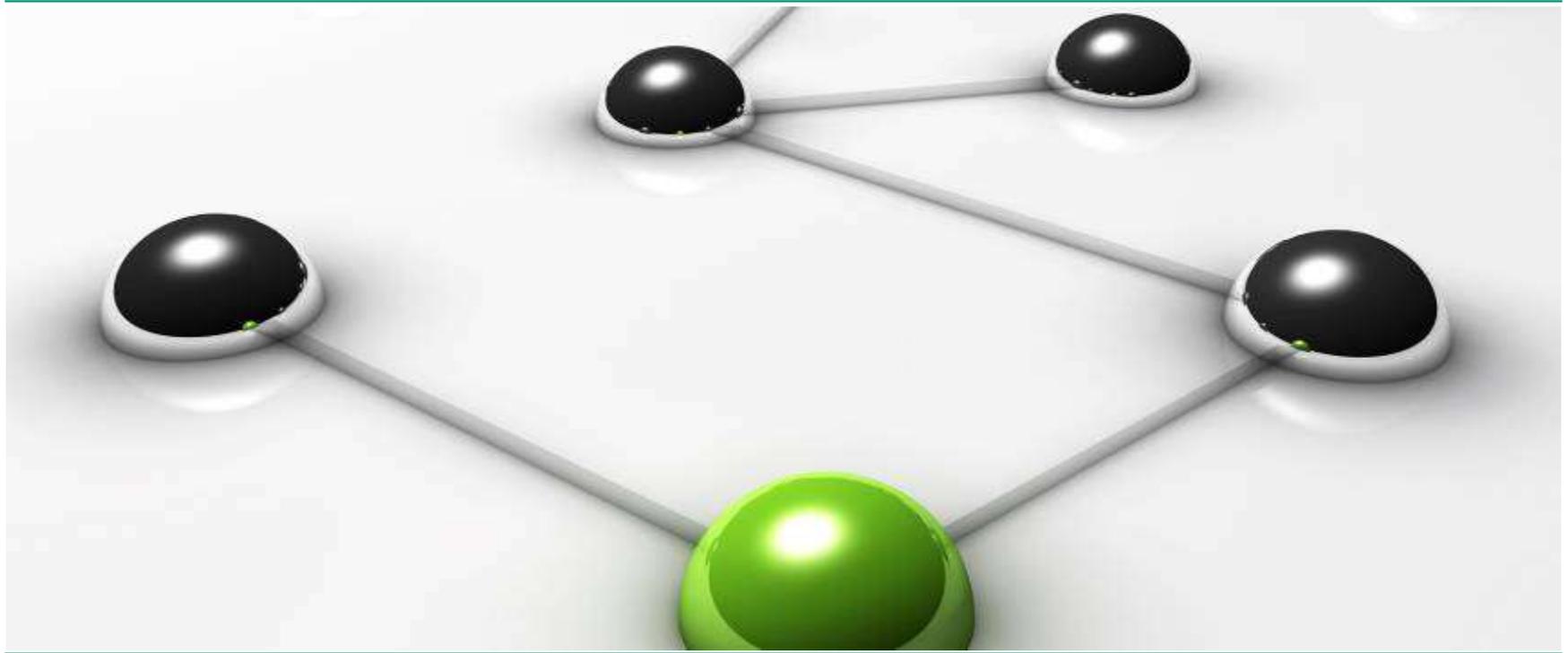

Zur Problematik der Holzgasgewinnung und der Gasaufbereitung

Dipl.-Ing. Tim Schulzke – Geschäftsfeld Energieträger und Wertstoffe



AGENDA

1. Die Fraunhofer-Gesellschaft und Fraunhofer UMSICHT
2. physikalisch/chemische Grundvorgänge bei der Vergasung von Biomasse
3. Einteilung der Biomassevergasung
4. technische Herausforderungen bei der Biomassevergasung
5. technische Herausforderungen bei der Gasaufbereitung
6. Lösungsansätze und Ausführungsbeispiele

AGENDA

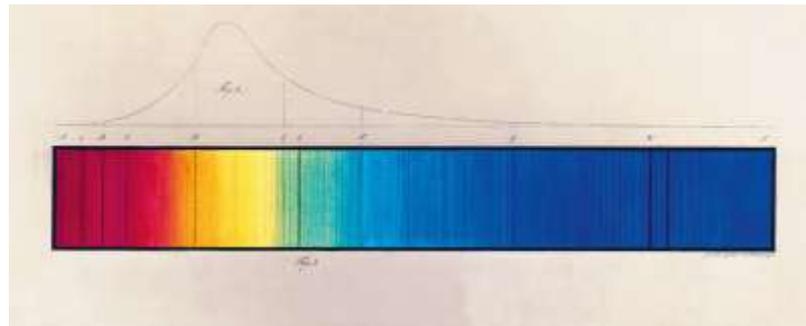
- 1. Die Fraunhofer-Gesellschaft und Fraunhofer UMSICHT**
2. physikalisch/chemische Grundvorgänge bei der Vergasung von Biomasse
3. Einteilung der Biomassevergasung
4. technische Herausforderungen bei der Biomassevergasung
5. technische Herausforderungen bei der Gasaufbereitung
6. Lösungsansätze und Ausführungsbeispiele

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
4. technische Herausforderungen bei der Biomassevergasung
5. technische Herausforderungen bei der Gasaufbereitung
6. Lösungsansätze und Ausführungsbeispiele

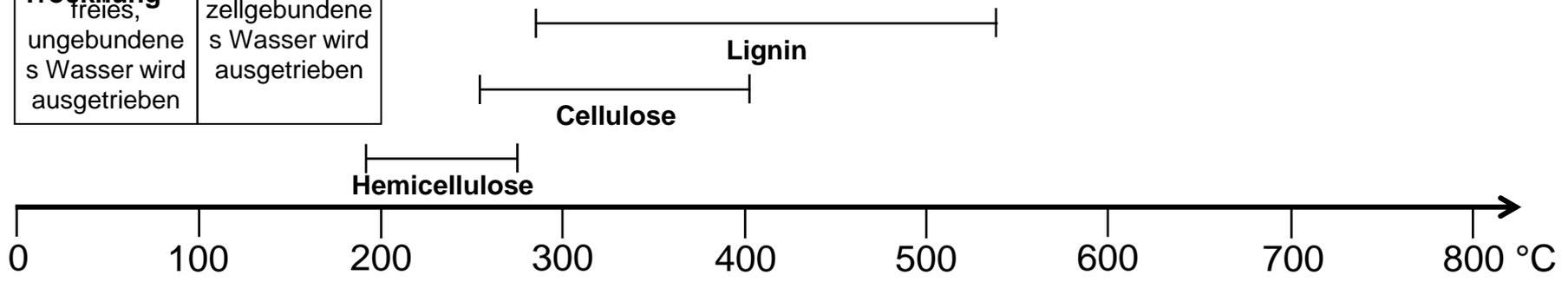
physikalisch/chemische Grundvorgänge

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:



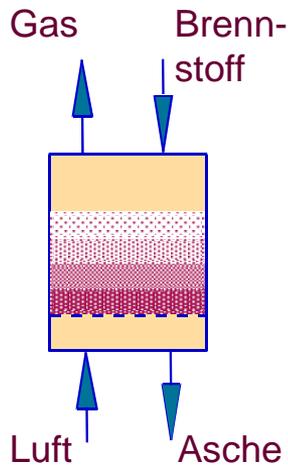
AGENDA

1. Die Fraunhofer-Gesellschaft und Fraunhofer UMSICHT
2. physikalisch/chemische Grundvorgänge bei der Vergasung von Biomasse
- 3. Einteilung der Biomassevergasung**
4. technische Herausforderungen bei der Biomassevergasung
5. technische Herausforderungen bei der Gasaufbereitung
6. Lösungsansätze und Ausführungsbeispiele

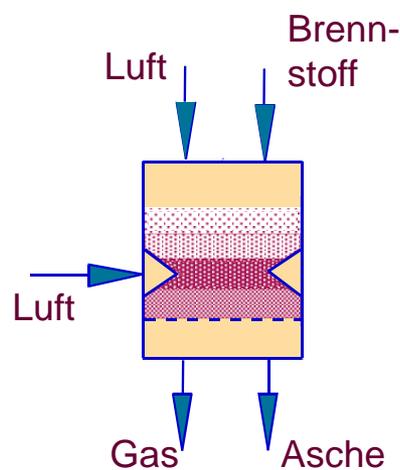
Einteilung der Biomassevergasung - Reaktortyp

Bewegtes Brennstoffbett / Festbettvergaser

-  Trocknungszone
-  Pyrolysezone
-  Reduktionszone
-  Oxidationszone



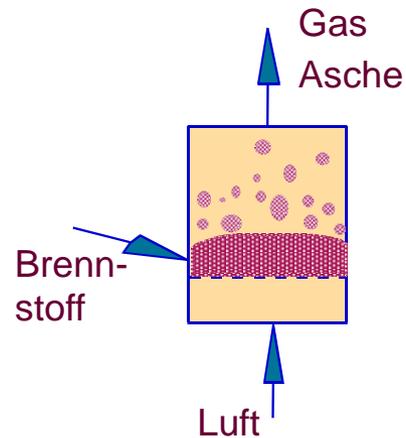
Gegenstrom
prinzipiell
teerreich



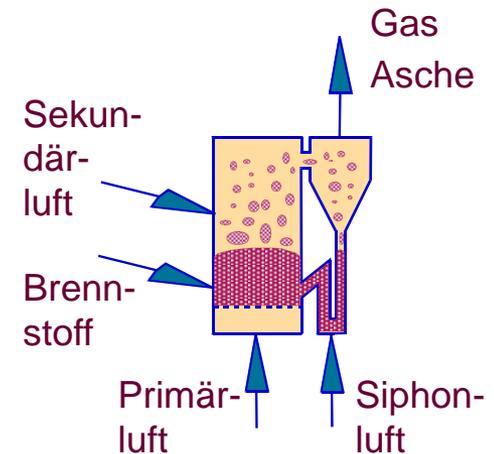
Gleichstrom
prinzipiell
teearm

Fluidisiertes Brennstoffbett

-  Wirbelbett
-  Freeboard



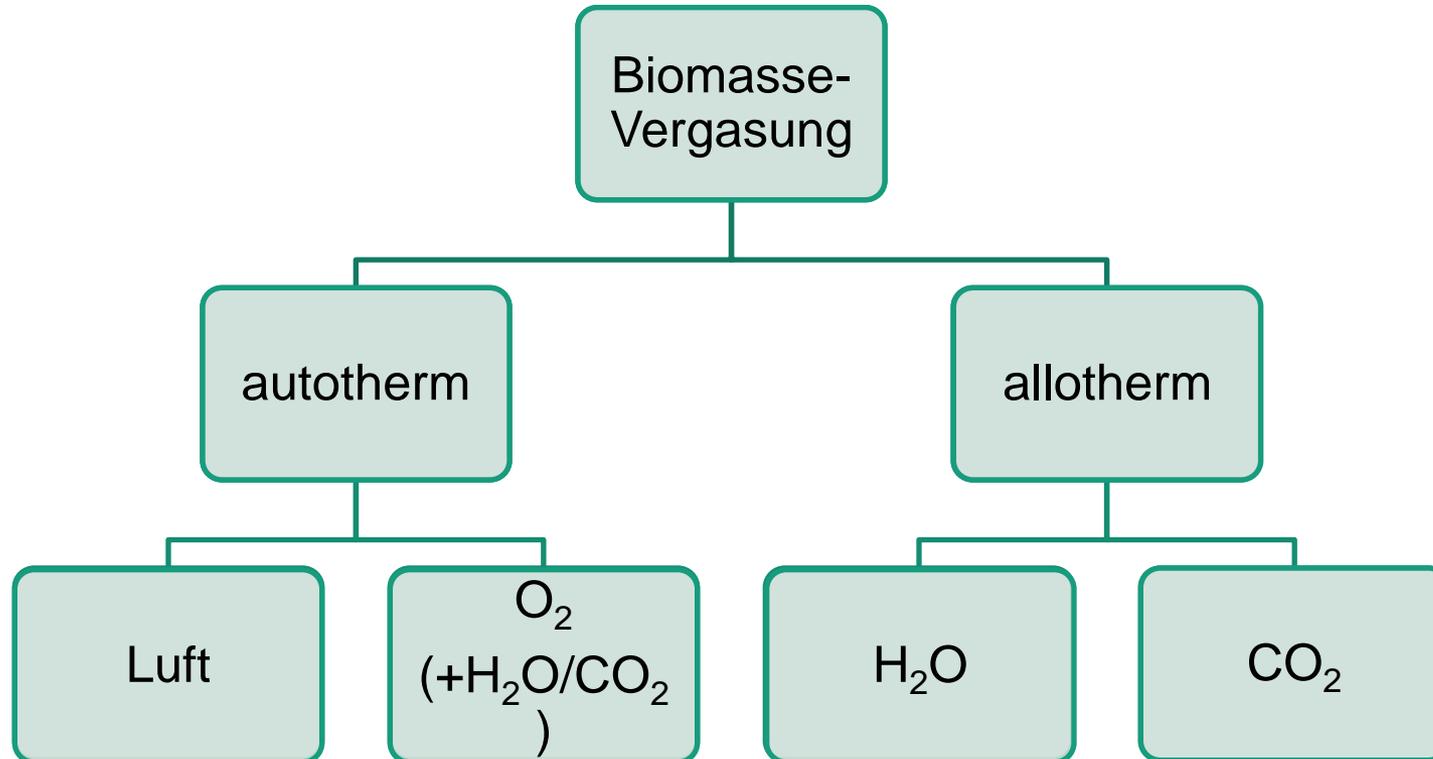
stationäre
Wirbelschicht



zirkulierende
Wirbelschicht

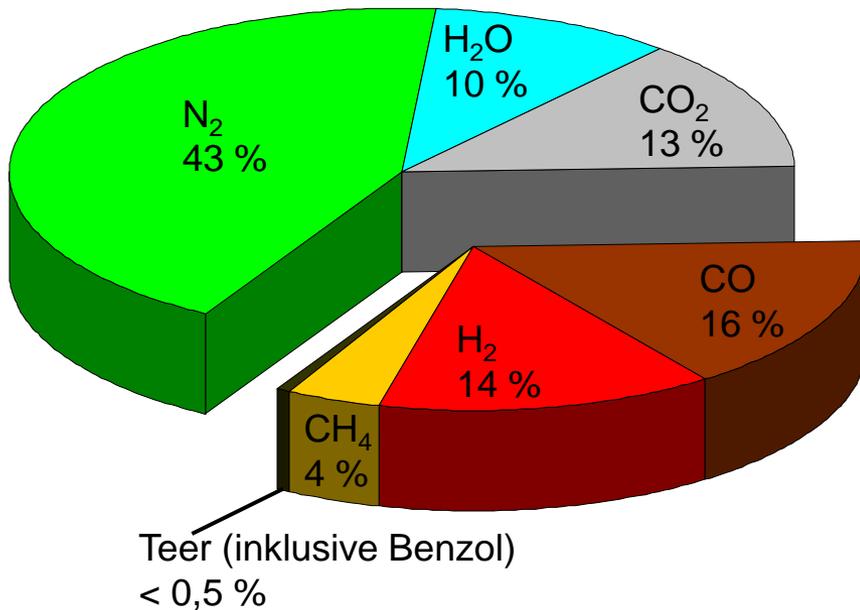
mittlerer Teergehalt

Einteilung der Biomassevergasung - Vergasungsmittel



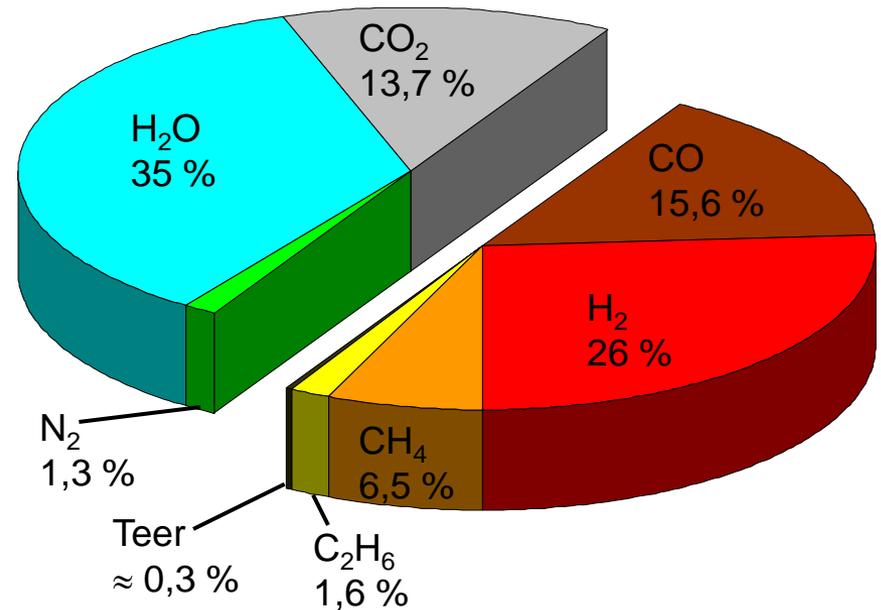
Gaszusammensetzung – Vergleich Luft/Dampf

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



Heizwert: $H_u \approx 1,38 \text{ kWh/Nm}^3$
 Heizwert trocken: $H_u \approx 1,53 \text{ kWh/Nm}^3$

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



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

Heizwert: $H_u \approx 2,56 \text{ kWh/Nm}^3$
 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
4. **technische Herausforderungen bei der Biomassevergasung**
5. technische Herausforderungen bei der Gasaufbereitung
6. Lösungsansätze und Ausführungsbeispiele

Prozess der Holzgasgewinnung



Die Umwandlung von Biomasse in Strom mit Hilfe eines Vergasungsprozesses erfordert einen gewissen Aufwand, der auf die Schritte

- Brennstoffaufbereitung,
- Vergasungsreaktor und
- Holzgasaufbereitung

mit unterschiedlichen Gewichtungen verteilt werden kann.

Problematik der Holzgasgewinnung

2 große Schwierigkeitsbereiche

- Biomassedosierung
 - betrifft hauptsächlich Wirbelschichten
 - Anforderung: kontinuierliche Dosierung (eventuell gegen Druck)
 - Rückwirkung auf Brennstoff: eher kleine Partikel erforderlich (je geringer die Leistung, desto kleiner die Partikel)
 - Brennstoffließfähigkeit sehr unterschiedlich: Pellets, Hackschitzel, Häcksel, Shreddergut

- Verteilung des Vergasungsmittels über dem Reaktorquerschnitt
 - betrifft hauptsächlich Festbettvergaser
 - Anforderung: gleichmäßige Verteilung über dem gesamten Querschnitt
 - Rückwirkung auf Brennstoff: grob, möglichst gleichförmig, enge Korngrößenverteilung, kein Feingut zulässig
 - Hauptursache für Scale-Up Grenze bei ca. 1 MW Brennstoffleistung
 - Hauptursache für relativ hohen Teergehalt vieler Gleichstromvergaser

AGENDA

1. Die Fraunhofer-Gesellschaft und Fraunhofer UMSICHT
2. physikalisch/chemische Grundvorgänge bei der Vergasung von Biomasse
3. Einteilung der Biomassevergasung
4. technische Herausforderungen bei der Biomassevergasung
- 5. technische Herausforderungen bei der Gasaufbereitung**
6. Lösungsansätze und Ausführungsbeispiele

Problematik der Holzgasreinigung

Aufgaben bei der Holzgasreinigung

■ Teerentfernung

- trocken
- nass

■ Staubentfernung

- heiß
- kalt

■ Abkühlung

■ eventuell Entfernung weiterer Schadkomponenten

- Schwefel
- Alkalien
- ...

bei holzartiger Biomasse und nachfolgender motorischer Nutzung nicht relevant

AGENDA

1. Die Fraunhofer-Gesellschaft und Fraunhofer UMSICHT
2. physikalisch/chemische Grundvorgänge bei der Vergasung von Biomasse
3. Einteilung der Biomassevergasung
4. technische Herausforderungen bei der Biomassevergasung
5. technische Herausforderungen bei der Gasaufbereitung
- 6. Lösungsansätze und Ausführungsbeispiele**

Holzgasreinigung – Lösung 0 -> Vermeidung durch Brennstoffaufbereitung oder Vergaserdesign

Hohes Maß an Aufwand für Brennstoffaufbereitung (-> z. Bsp. Verwendung von Holzpellets) ergibt vergleichsweise „teerfreies“ Gas

- Beispiel: Burkhardt-Vergaser

Hohe Komplexität im Reaktordesign kann ebenfalls „teerfreies“ Gas liefern
räumliche Trennung von Pyrolyse und Vergasung

- Beispiele: Power-Box (MCI), CLEANSTGAS , Viking (DTU, Weiss)
Kennzeichen: separate Pyrolysereaktoren (Schnecken) + Koksvergaser
- Beispiele: Fraunhofer ISE, Xylowatt
Kennzeichen: 2 konsekutive Festbetten zur Pyrolyse und Verbrennung

Holzgasreinigung – Lösung 1

Grundgedanke: alle Aufgaben sind mit einem Reaktor erfüllbar

- Abkühlen durch Wasserverdampfung
 - Teerentfernung durch Lösen der Phenole und Kondensieren der PAK
 - Staubentfernung durch Wassernebel
- ⇒ Wasserquenschne an vielen Vergasern (vor allem Festbett-Gleichstrom)

Umsetzung in Praxis vielfach schwierig

- Wasser mit Staub, gelöstem und unlöslichem Teer vermischt, schlecht trennbar, kaum wiederverwendbar -> Entsorgungsproblematik
- häufig unzulängliche Reinigungsleistung, daher weitere Apparate nachgeschaltet, z. Bsp. Elektrofilter für Staub und Aerosole und/oder RME-Wäscher für Entfernung verbliebener Teere

Holzgasreinigung – Lösung 2

Sequentielle Gasreinigung (erst Staub, dann Teer)

- Abkühlung bis an Teertaupunkt ($> 400\text{ °C}$) (optional)
- Staubentfernung durch Heißgasfiltration
- Quensche mit Wasser auf ca. 120 °C , -> Kondensation großer Teermoleküle und Abkühlung
- Wäsche mit RME bei ca. 60 °C , -> Entfernen des Restteers, Extraktion des Waschwassers, weitere Abkühlung
- ggf. weitere Abkühlung auf Motoreintrittstemperatur, dabei Kondensatanfall

gut geeignet für Wasserdampfvergaser, Waschwasser verwendbar im Umlauf als Dampf, beladenes RME zur Wärmeerzeugung in Brennkammer

Beispiele: Kraftwerke vom Güssing-Typ, Heatpipe-Reformer von Agnion

Beispiele für Anlagen mit RME-Wäsche

Senden 15 MW_{th}



Güpping 8 MW_{th}



Grassau 1,5 MW_{th}



Holzgasreinigung – Lösung 3

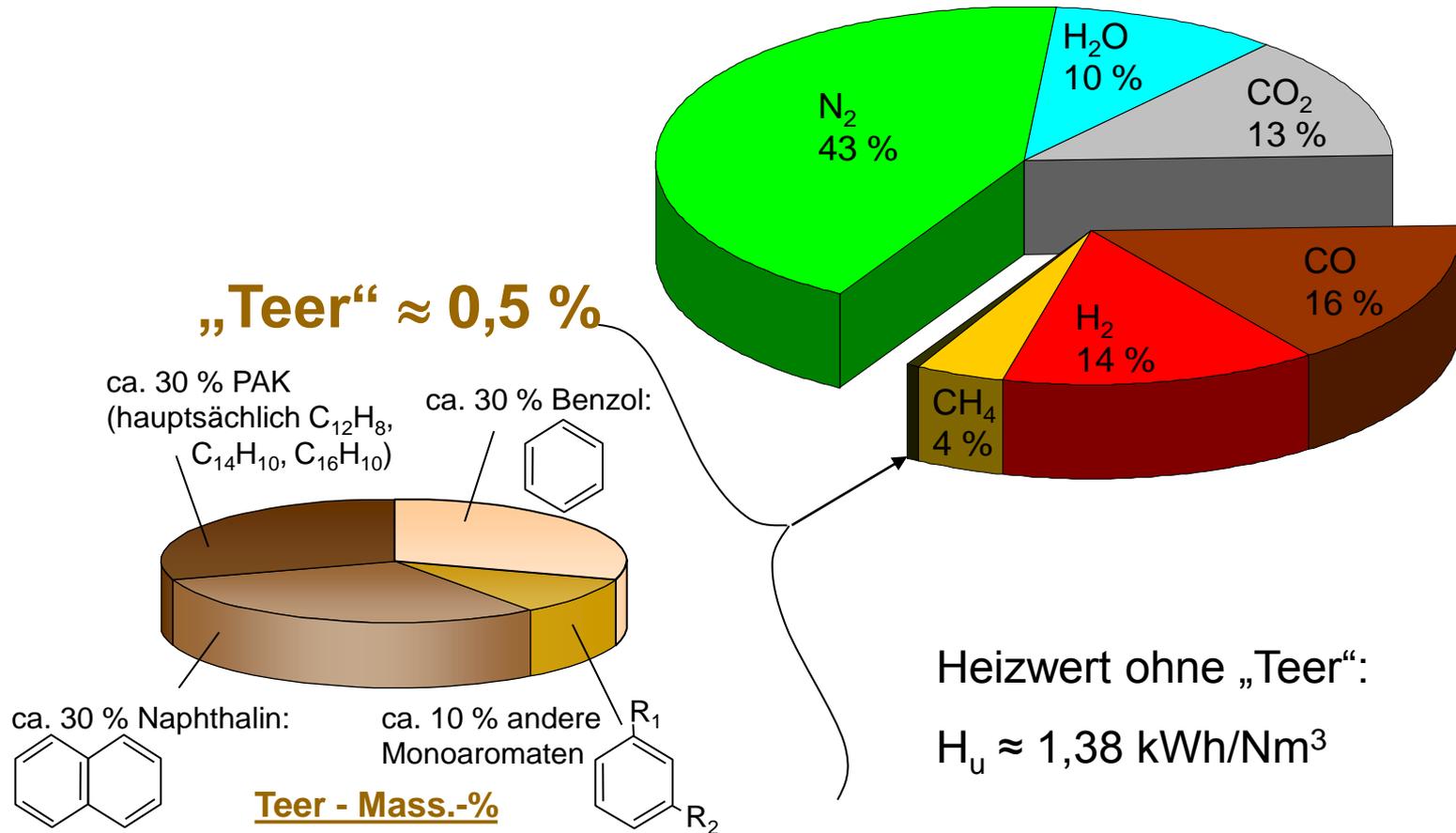
Sequentielle Gasreinigung (erst Teer, dann Staub)

- katalytische Teerreformierung ($T_{\text{ein}} > 900 \text{ °C}$ erforderlich)
- Abkühlung auf 120 °C (über Wasserdampftaupunkt)
- Entstaubung im herkömmlichen Gewebefilter
- Abkühlung auf Motoreintritt (ca. 40 °C), Kondensatanfall

gut geeignet für luftgeblasene Vergaser mit hoher Gasaustrittstemperatur (Wirbelschicht-Vergaser)

Beispiel: Fraunhofer UMSICHT, VTT, kommerziell: Skive, DK

Gaszusammensetzung UMSICHT (ZWS)



Primärmaßnahmen zur Teerminderung (Wirbelschicht)

Teergehalt in Abhängigkeit vom Bettmaterial

- Quarzsand



- Dolomit (frisch)



- Andere Materialien (natürlich and künstlich)



- Olivin

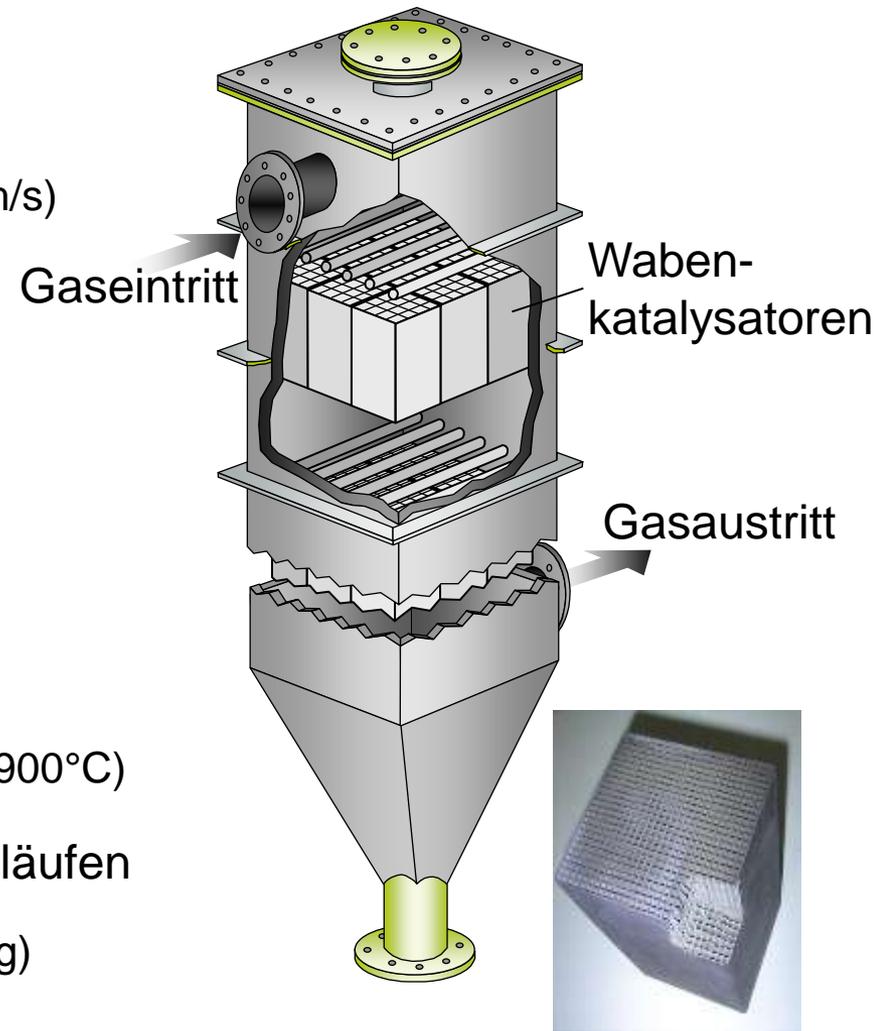


- Grenzwert für motorische Nutzung (1996)



Holzgasbehandlung – ein Lösungsbeispiel

- 2 Lagen 3x3 of 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 Koksentsfernung)



Beispiele für mittelgroße Anlagen (Wirbelschicht)



Skive 19,5 MW_{th}

FRAUNHOFER UMSICHT

Geschäftsfeld Energieträger und Wertstoffe

**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>



Foto: photocase.de

Dipl.-Ing. Tim Schulzke

Telefon: 0208-8598-1155

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