

Forschen

Prüfen

Lehren



# Thermo-chemische Konversion und ihr Beitrag zur energetischen Grundversorgung

*Dipl.-Ing. Rudolf Hammer*



Staatliche Versuchsanstalt – TGM

**Kunststoff- und Umwelttechnik**

Federal Testing Center – TGM, Department of Plastics Technology and Environmental Engineering

- 1879 Gründung des TGM (Technisches Gewerbemuseum, heute Technologisches Gewerbemuseum) Österreichs erste und heute traditionsreichste Höhere Technische Lehr- und Versuchsanstalt.
- 1957 Die Versuchsanstalt für Kunststofftechnik wird errichtet und gleichzeitig das Laboratorium für Kunststofftechnik LKT-TGM gegründet.
- 1975 Die Versuchsanstalt für Chemie und Kunststoffe wird staatlich autorisiert. Die chemische Versuchsanstalt wird aufgelassen und in die VA für Kunststofftechnik integriert.
- 2004 Der Fachbereich Kunststoff- und Umwelttechnik an der Staatlichen Versuchsanstalt – TGM ist heute international tätig und Partner zahlreicher europäischer Prüfstellen. Das Dienstleistungsangebot wird ständig dem aktuellen Bedarf angepasst.

Rohre, Rohrzubehör, Rohrleitungen, Fittinge, Ventile, Armaturen, Flansche, Muffen und andere Rohrleitungsteile

Zünd- und Brennverhalten (Feuerfestigkeit) von Baustoffen und -elementen

Hilfs- und Zusatzstoffe für Kunststoffe, Gummi, Elastomere, Duroplaste, Thermoplaste, Schaumstoffe

Ausfertigung von Prüf- und Überwachungsberichten, z. B. gemäß „ÖNORM geprüft“, ON-CERT, GRIS, ÖVGW, DVGW, SVGW, Austria Gütezeichen, OIB-Richtlinien

Deponietechnische Untersuchungen und Produkte, Geotextilien, Deponie- und Verdachtsflächenbeurteilungen

# Energie 1: Woher

Von der Sonne



**Jährliche solare  
Einstrahlungsleistung:**

$$P_s = 1,53 \times 10^{18} \text{ kWh / a}$$

# Energie 2: Ergebnis

## Biomasse !!

- Theoretisches Nutzungspotenzial der weltweiten Land-Biomasse (= Phytomasse) – flächenbasiert <sup>[1]</sup>
  - 10 Mio. km<sup>2</sup> landwirtschaftliche Nutzflächen
  - 40 Mio. km<sup>2</sup> Waldflächen
  - 49 Mio. km<sup>2</sup> Wüstengebiete (arid, semi-arid)
- Theoretisches Nutzungspotenzial der jährlichen Photosyntheseleistung an Trockenmasse weltweit

220 Mia. t

Davon Wald: 170 Mia. t

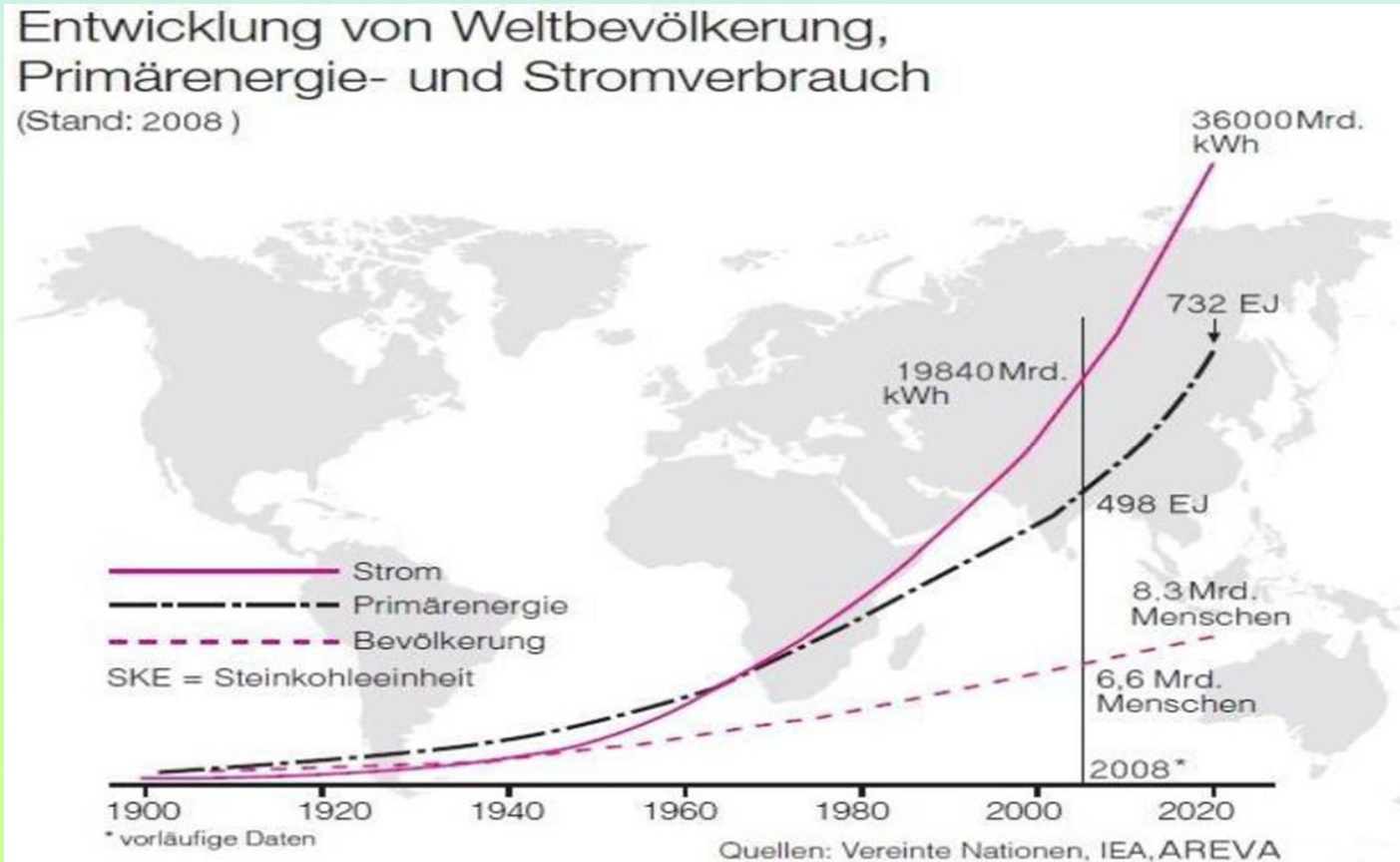
<sup>[1]</sup> David O. Hall (†), Professor am King's College, London



# Energieproblem 1:

## Warum haben wir überhaupt eines?

### 1. Wir brauchen immer mehr Energie bei zunehmender Population





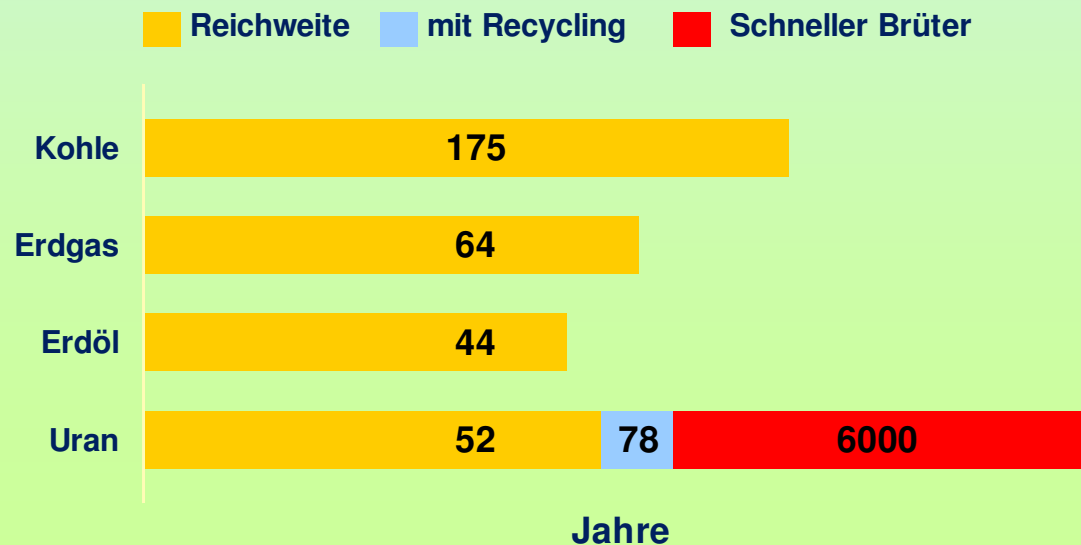
# Energieproblem 2

## Warum haben wir überhaupt eines?

### 2. Die fossilen Primärenergieträger gehen zur Neige

Prognostik: Primärenergiebedarf steigt bis 2030 um ca. 45 %  
 Wirtschaftswachstum nimmt jährlich um 1,6 % zu  
 Entwicklungsländer brauchen noch 120 Jahre

### Reichweite der Ressourcen





# Energieproblem 3

Was tun?

Substitution fossiler Energieträger

## Energiequellen

nicht erneuerbare	alternative	erneuerbare
Kohle	Sonne	nachwachsende Rohstoffe
Öl	Wind	
Gas	Wasserkraft	
Kernspaltung*	Geothermie	
	Kernfusion	
* Wiederaufbereitung Schnelle Brüter		

# Erneuerbare Energiequellen 1

## Definition:

### *Alternative Energiequellen :*

Natürlicher Kreislauf – entzieht sich dem obligaten Einfluss menschlicher Willkür zur planmäßigen, regenerativen Bewirtschaftung.

### *Erneuerbare Energiequellen :*

Durch menschliche Willkür periodischer und planbarer Ertrag nachwachsender Rohstoffe oder natürliche Sukzession (Wald).



# Erneuerbare Energiequellen 2

## Eigenschaften fossil-substituierender Energieträger

- **Transport- und Lagerfähigkeit**
- **Energie in gebundener Form**
- **Bildung ausreichender Vorkommen**
- **Nach dem Stand der Technik wirtschaftlich vertretbare Exploration**
- **Verfügbarkeit zu einem akzeptablen Preis**

**Diese Eigenschaften erfüllen explizit nachwachsende Rohstoffe !**

# Erneuerbare Energiequellen 3

## Definition „Nachwachsende Rohstoffe“:

Durch Photosynthese gebildete feste Biomasse (= Phytomasse), die wirtschaftlich genutzt werden kann.

### *Biomasse*

- Halmgutartige Biomasse
- Holzartige Biomasse (= lignocellulosehaltig)

### *Produktionsertrag*

t / ha und Jahr

### *Chemisch gebundene Energie*

- Kalorische Größenangabe in MJ / kg
- Nutzung durch Konversion in die Endenergien Arbeit und Wärme

# Erneuerbare Energiequellen 4

## Vorteile lignocellulosehaltiger Biomasse:

Bereitstellung durch nachhaltige Forst- und Landwirtschaft

### *Potenziale:*

#### *Wald*

Jährliche Photosyntheseleistung  
zusätzliche Aufforstung

#### *Landwirtschaft*

Kurzumtriebsplantagen (KUP)

Sind Anpflanzungen schnellwachsender Baumarten (Pappeln, Weiden, Robinien), die in kurzen Produktionszeiträumen hohe Erträge liefern.

# Erneuerbare Energiequellen 5

## Kurzumtriebsplantagen (KUP)

- Umtriebszeit: 2 – 5 Jahre
- Nutzung: bis zu 25 Jahre
- Flächen: landwirtschaftliche Flächen
- Zuwachs: 7 – 20 Tonnen TM pro Hektar und Jahr
- Pflanzdichte: 8.000 – 16.000 Bäume pro Hektar
- Baumarten: Pappel, Weide, Robinie



Pappel-  
Stecklinge



Pflanzung – die Ruten werden  
automatisch auf 20 cm geschnitten



Nach 6 Monaten



Ernte in vegetationsfreier  
Periode



Neuer Austrieb  
im Frühjahr

# Thermo-chemische Konversion 1

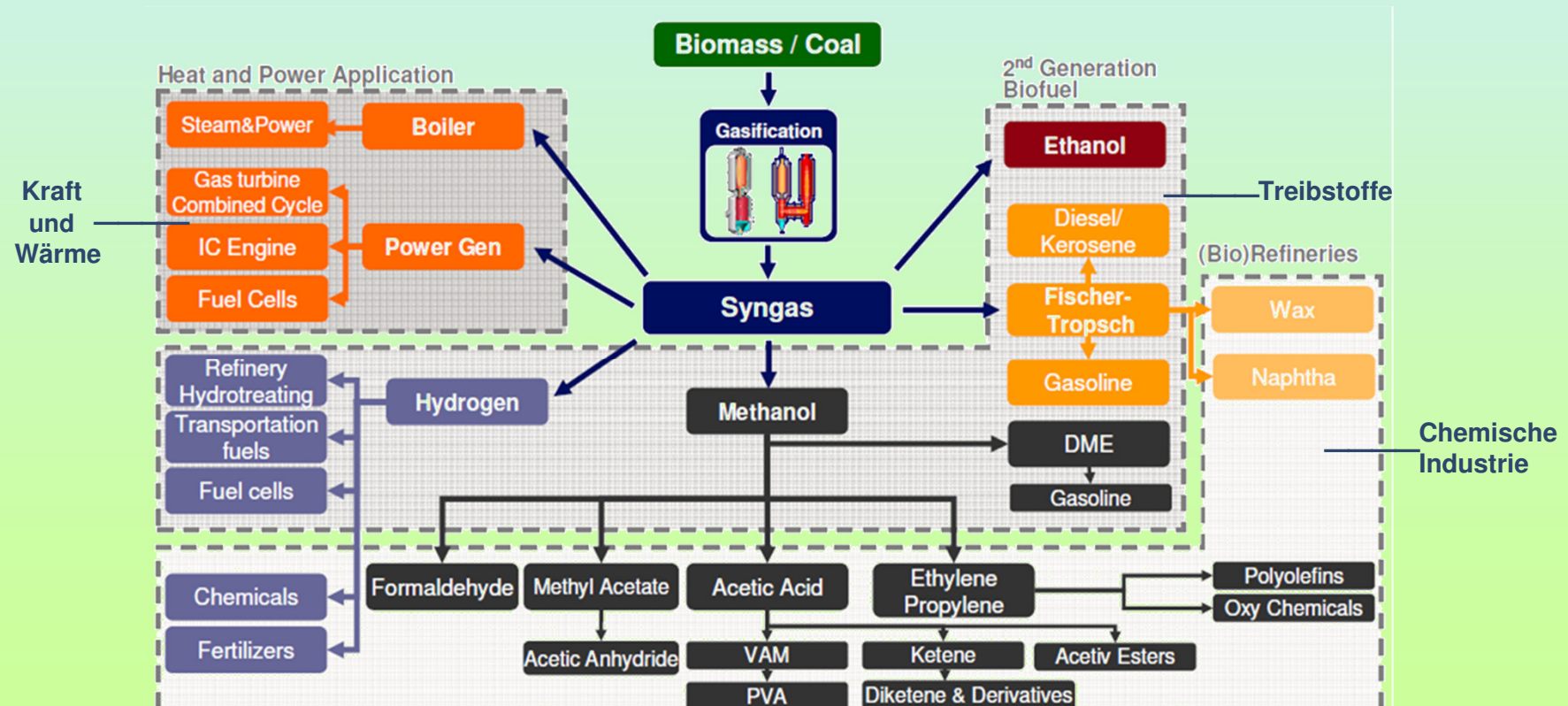
## Stand der Technik für die energetische Nutzung von lignocellulohaltiger Biomasse

- **Verbrennung**
- **Pyrolyse**
- **Thermische Vergasung:**
  - **Brennstoffausnutzungsgrad > 80 %**
  - **Input- und Produktdiversität**
  - **Eignung für dezentrale Energiesysteme**
  - **Hohe regionale und kommunale Wertschöpfung (z.B. Güssing)**
  - **Niedrige Emissionen und ausgeglichene Ökobilanz**

# Thermo-chemische Konversion 2

## Thermische Vergasung:

*Große Produktdiversität*



# Thermo-chemische Konversion 3

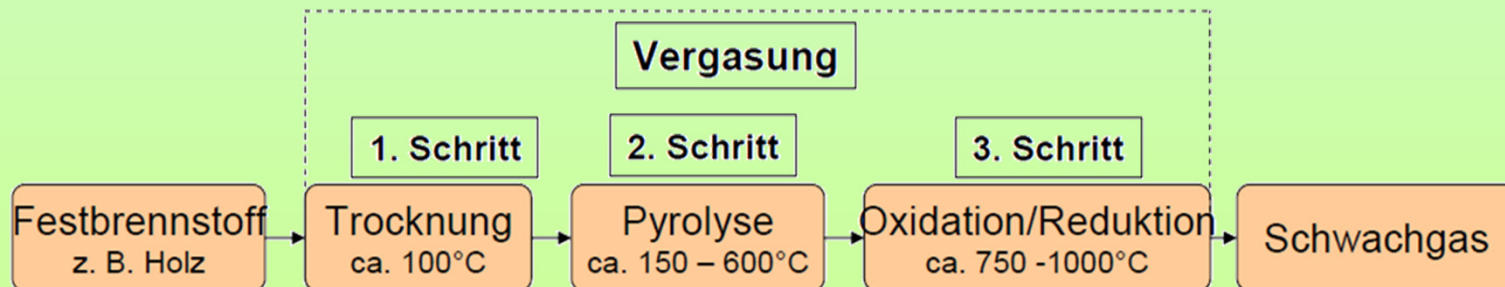
## Thermische Vergasung:

*Flüchtige Brennstoffbestandteile* → Produktgas

*Reforming (mit Wasserdampf)*

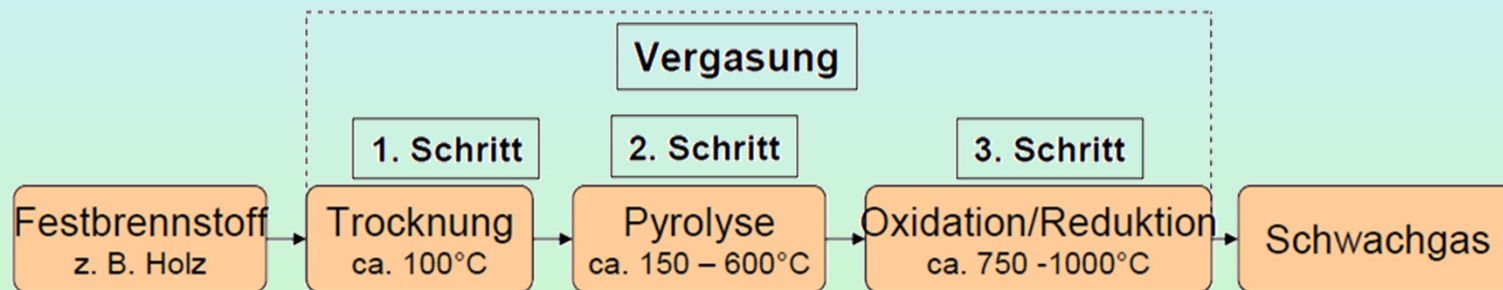


*Wassergas-Shift-Reaktion*



# Thermo-chemische Konversion 4

## Thermische Vergasung:



**Trocknung:** Wasserverdampfung und Aufheizen der Brennstoffpartikel → geschwindigkeitsbestimmender Schritt

**Pyrolyse:** ab 250 °C: Depolymerisation,

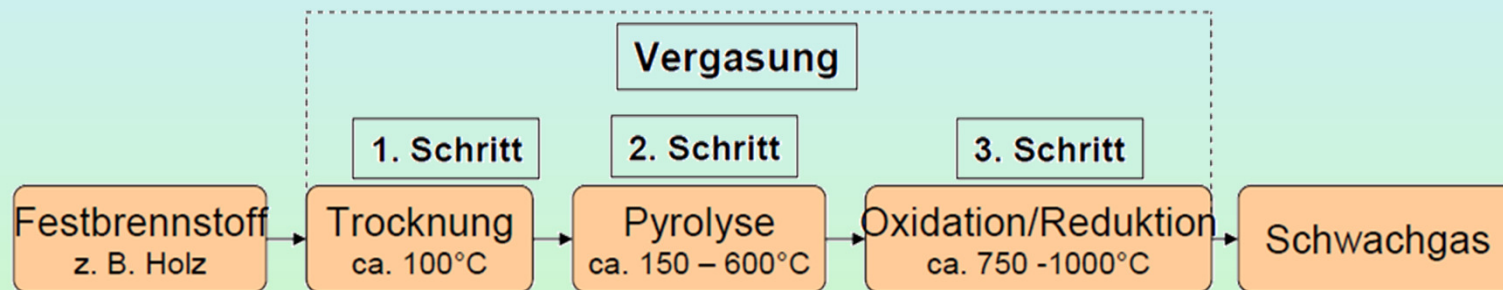
ab 350 °C: Ausgasen von CH<sub>4</sub> und niedermolekularen Kohlenwasserstoffen (KWs),

ab 600 °C: Lignin crackung → „Teere“ (Benzol, Naphtalin u.a.)



# Thermo-chemische Konversion 5

## Thermische Vergasung:



### Vergasung: ab 700 °C

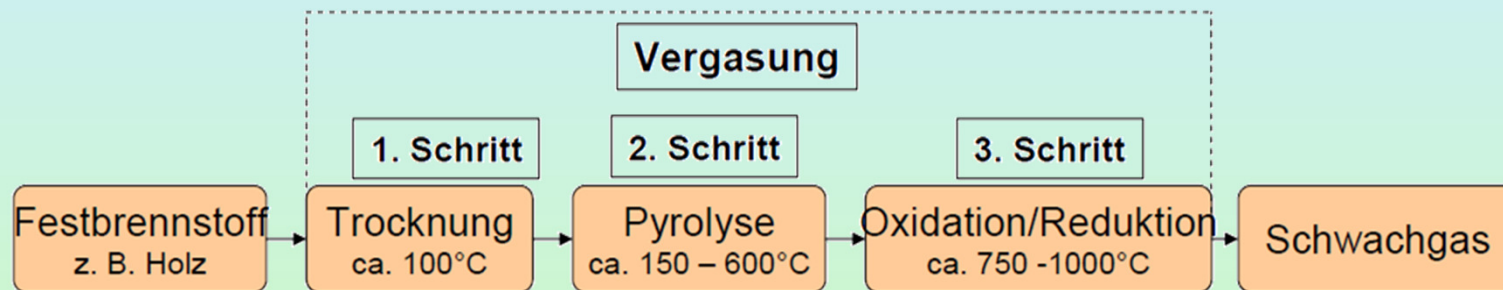
**Restkoks:** partielle Oxidation und Vergasung des Kohlenstoffes zu  $H_2$  und  $CH_4$  → heterogene Vergasung.

**Kohlenwasserstoffe:** Umsetzung zu  $H_2$  und  $CO$  → homogene Vergasung. Einstellung eines druck- und temperaturabhängigen Gleichgewichtsverteilung von  $H_2$ ,  $CO$ ,  $CH_4$  im Produktgas (= Syngas).

**Reforming und Wassergas-Shift-Reaktion:** Verlagerung des Gleichgewichtes zugunsten eines hohen  $H_2$ -Anteils.

# Thermo-chemische Konversion 6

## Thermische Vergasung:



**Reinigung:** Vor allem Reduktion des Teergehaltes, des Schwefelgehaltes,  $\text{NH}_3$ -Gehaltes und Staubanteils.

Staubfilter, Druckwechseladsorber (PSA),  
Gaswäsche mit organischem Lösungsmittel z. B.  
RME (Rapsmethylester)

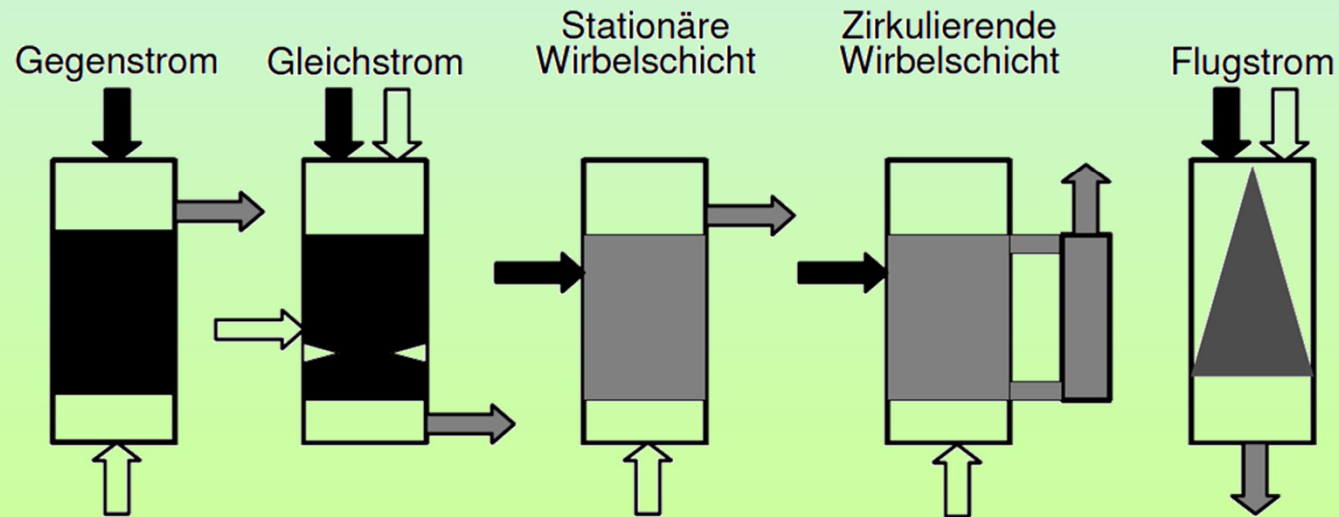
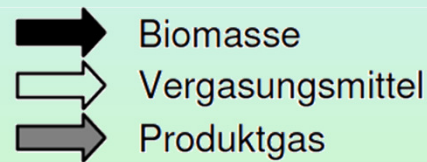
**Produkt:** wasserstoffreiches Produktgas (= Syngas) mit

$$H_u = 12 \text{ bis } 14 \text{ MJ} / \text{m}^3$$

# Thermo-chemische Konversion 7

## Thermische Vergasung: Einteilung nach

### ➤ Vergasertypen



# Thermo-chemische Konversion 8

## Thermische Vergasung: Einteilung nach

- *Wärmebereitstellung*
  - *Autotherm*

Partielle Brennstoffoxidation, exotherme Vergasungsreaktionen  
Vergasungsmittel: Luft-O<sub>2</sub>;  $0,2 < \lambda < 0,6$
  - *Allotherm*

Vergasungsmittel: Wasserdampf

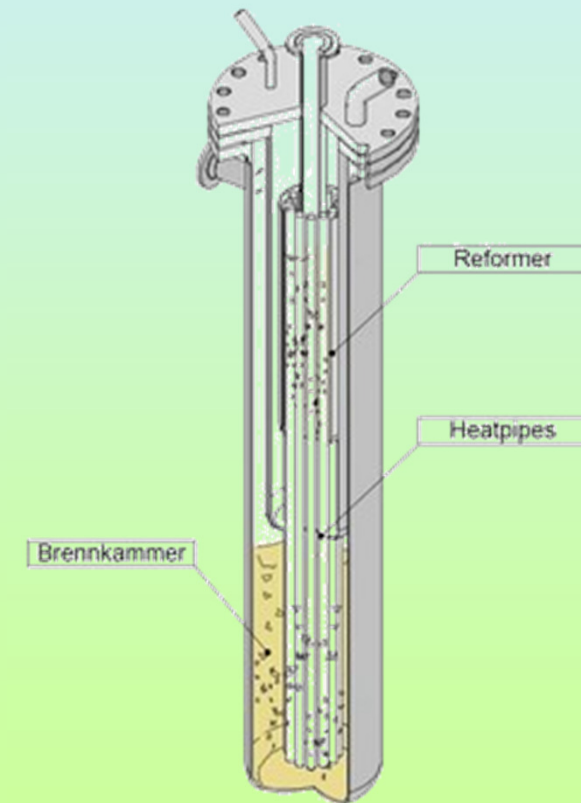
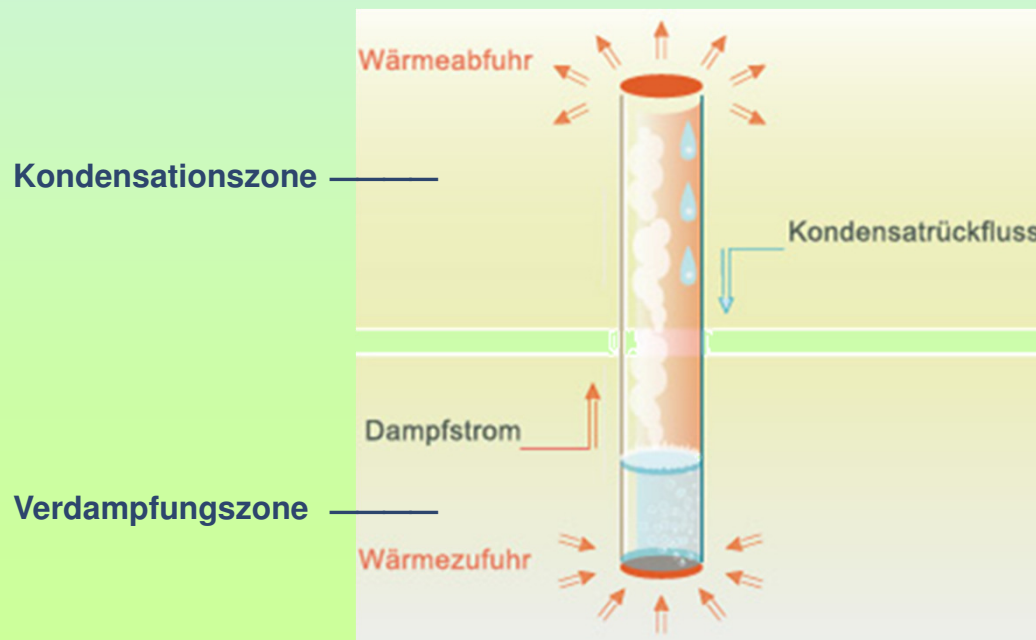
    - Wärmeintrag mit heißem Bettmaterial (Quarzsand, Olivin)
    - Indirekte Beheizung mit Heat-Pipes

Sättigungsgleichgewicht des flüssigen Mediums mit seinem Dampf in geschlossenen Rohren durch Wärmezufuhr an einem, Wärmeentzug am anderen Ende → Einstellung konstanter Betriebstemperatur

# Thermo-chemische Konversion 9

## Thermische Vergasung: Einteilung nach Wärmebereitstellung

- *Allotherm*
  - Indirekte Beheizung mit Heat-Pipes



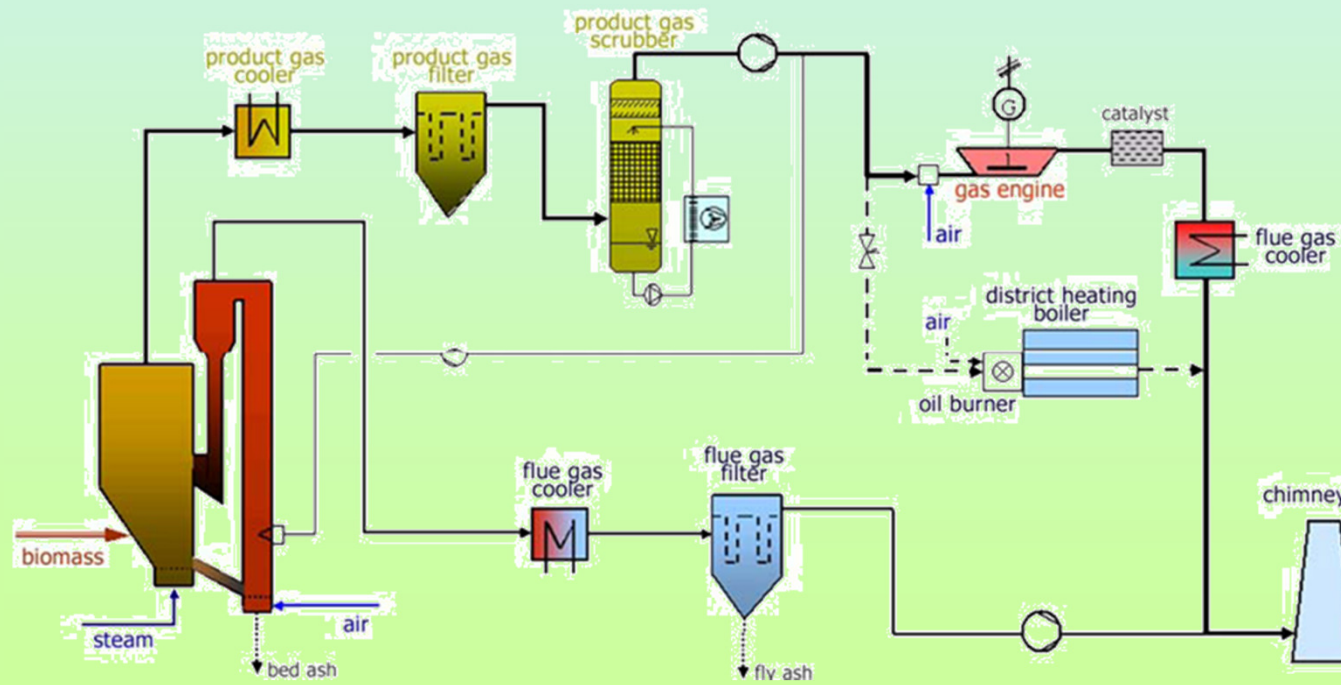
Grafik: Agnion GmbH

# Thermo-chemische Konversion 10

## Realisierte Anlagenkonzepte 1

*Biomassekraftwerk Güssing, (Burgenland, Österreich)*

FICFB-Wirbelschichtverfahren



# Thermo-chemische Konversion 11

## Realisierte Anlagenkonzepte 1

*Biomassekraftwerk Güssing, (Burgenland, Österreich)*

### FICFB-Wirbelschichtverfahren

#### ➤ *Verfahrensmerkmale*

- Trennung des Wirbelschichtbettes in eine Vergasungs- und Verbrennungszone
- Verwendung von Wasserdampf als Vergasungsmedium
- Entstehende Reststoffe wie Teere und Wasser werden wieder in die Brennkammer rezirkuliert – keine Abfälle aus der Gasreinigung.
- Produktgas betreibt Gasmotor zur Stromerzeugung
- Nutzung der Prozesswärme als Fernwärme

# Thermo-chemische Konversion 12

## Realisierte Anlagenkonzepte 1

*Biomassekraftwerk Güssing, (Burgenland, Österreich)*

FICFB-Wirbelschichtverfahren

### ➤ *Leistungsparameter*

- Brennstoffwärmeleistung: 8  $\text{MW}_{\text{th}}$
- Elektrische Leistung: 2  $\text{MW}_{\text{el}}$   $\eta_{\text{el}}$ : 25 %
- Nutzwärmeleistung: 4,5  $\text{MW}_{\text{th}}$   $\eta_{\text{ges}}$ : 82 %
- Jahresproduktion:
  - Strom: 16 GWh / a
  - Wärme: 36 GWh / a
  - Betriebsstunden: 8.000 h / a
  - Biomassebedarf: 14.400 t / a

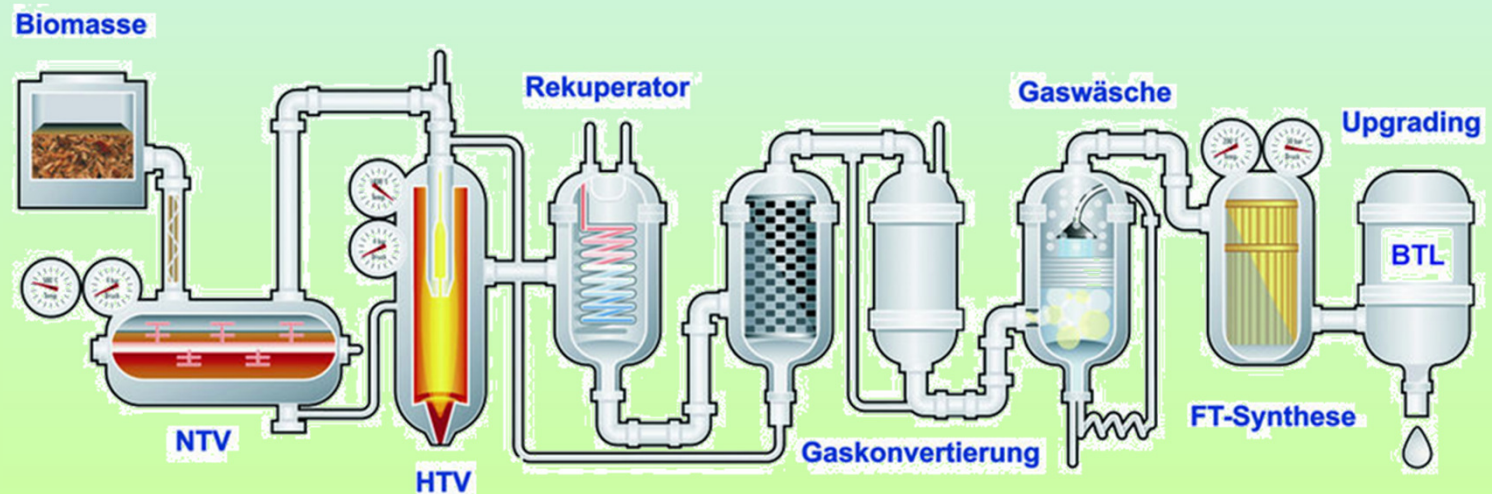


# Thermo-chemische Konversion 13

## Realisierte Anlagenkonzepte 2

*Beta-Anlage Freiberg (Fa. CHOREN, Thüringen, Deutschland)*

Carbo-V-Verfahren



# Thermo-chemische Konversion 14

## Realisierte Anlagenkonzepte 2

*Beta-Anlage Freiberg (Fa. CHOREN, Thüringen, Deutschland)*

### Carbo-V-Verfahren

#### ➤ *Verfahrensmerkmale*

- Dreistufiges Verfahren: 

Niedertemperaturvergasung	400 – 500 °C
Hochtemperaturvergasung	1.400 °C
Flugstromvergasung	800 °C
- Erzeugung teerfreien Gases
- Universelles Vergasungsverfahren für sämtliche kohlenstoffhaltige Stoffe
- Verfahren v.a. für Syntheseprodukte im nachgeschalteten Fischer-Tropsch-Reaktor (BTL-Kraftstoffe *SunFuel*)

# Thermo-chemische Konversion 15

## Realisierte Anlagenkonzepte 2

*Beta-Anlage Freiberg (Fa. CHOREN, Thüringen, Deutschland)*

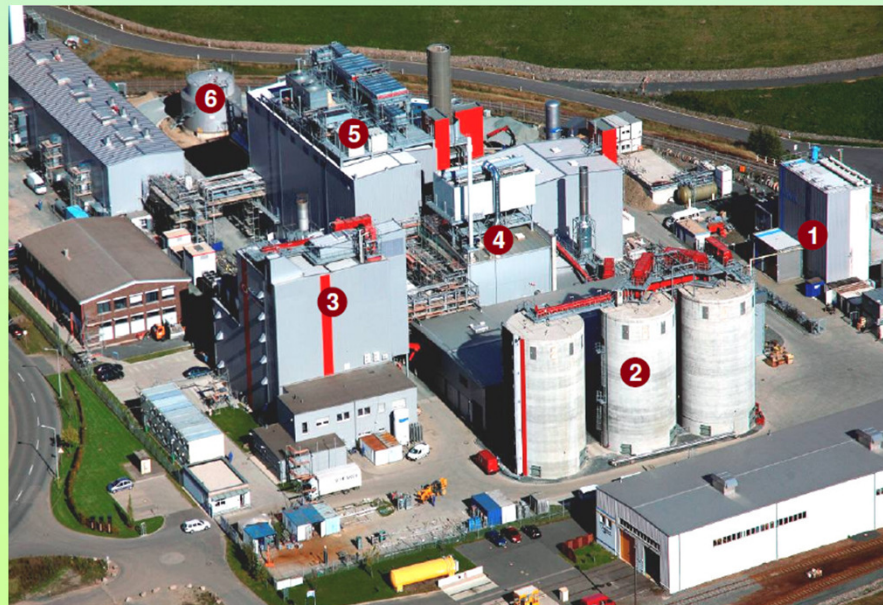
Carbo-V-Verfahren

➤ *Leistungsparameter*

45 MW<sub>thermal</sub>

65,000 t/a feedstock

18.0 mio. l SunFuel



- 1 Alpha-Plant
- 2 Biomass storage (wood chips)
- 3 Carbo-V® Gasifier
- 4 Power station
- 5 Fischer-Tropsch-synthesis
- 6 Tank farm

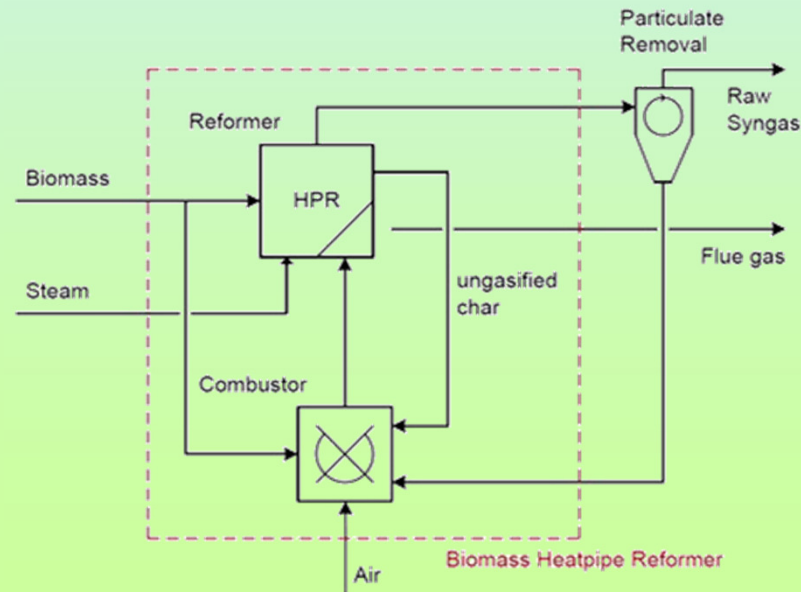
Bild: CHOREN Industries GmbH

# Thermo-chemische Konversion 16

## Realisierte Anlagenkonzepte 3

*Heat-Pipe-Reformer Pfaffenhofen (Fa. Agnion, Bayern, Deutschland)*

### Heat-Pipe-Reformer - Schaltbild



# Thermo-chemische Konversion 17

## Realisierte Anlagenkonzepte 3

*Heat-Pipe-Reformer Pfaffenhofen (Fa. Agnion, Bayern, Deutschland)*

### Heat-Pipe-Reformer

➤ *Verfahrensmerkmale*

- Wirbelschicht und Vergasung in kompakter Bauweise
- Vergasungsmedium: Wasserdampf
- Produktgas betreibt Gasmotor zur Stromerzeugung
- Nutzung der Prozesswärme als Fernwärme
- Hoher Wirkungsgrad durch die Nutzung der Kondensationswärme des Wasserdampfes (= hohe Energiestromdichte)

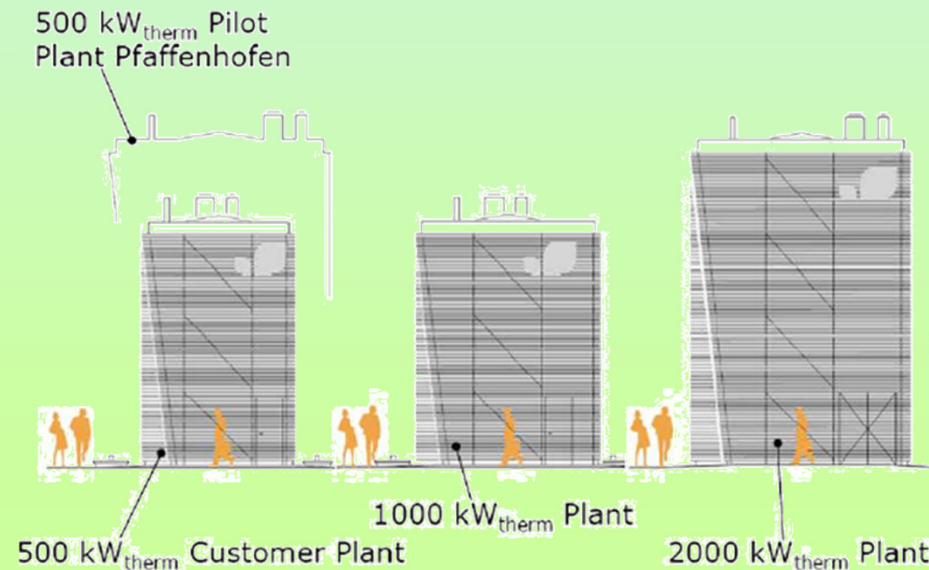
# Thermo-chemische Konversion 18

## Realisierte Anlagenkonzepte 3

*Heat-Pipe-Reformer Pfaffenhofen (Fa. Agnion, Bayern, Deutschland)*

Heat-Pipe-Reformer

➤ *Leistungsmerkmale*



# Thermo-chemische Konversion 19

## Rückgrat dezentraler Energiesysteme

- Biomasse und zukünftig auch Müll liefern mittels thermischer Vergasung
  - Treibstoff
  - Strom
  - Wärme
  - Grundstoffe der chemischen Industrie

Alles aus einer Hand!
- Bereitstellung von Reservekapazitäten, wenn Lastverhalten und bereitgestellte alternativ erzeugte Endenergie nicht zur Deckung kommen → Sicherung der Netzstabilität
- Wertschöpfung bleibt in der Region

**Herzlichen Dank für Ihre**



**Aufmerksamkeit**