

Thermo-chemische Umwandlung von Biomasse

Diskussionsgrundlage für Treffen
Ökoregion Kaindorf, 12.1.2009

Maximilian Lauer

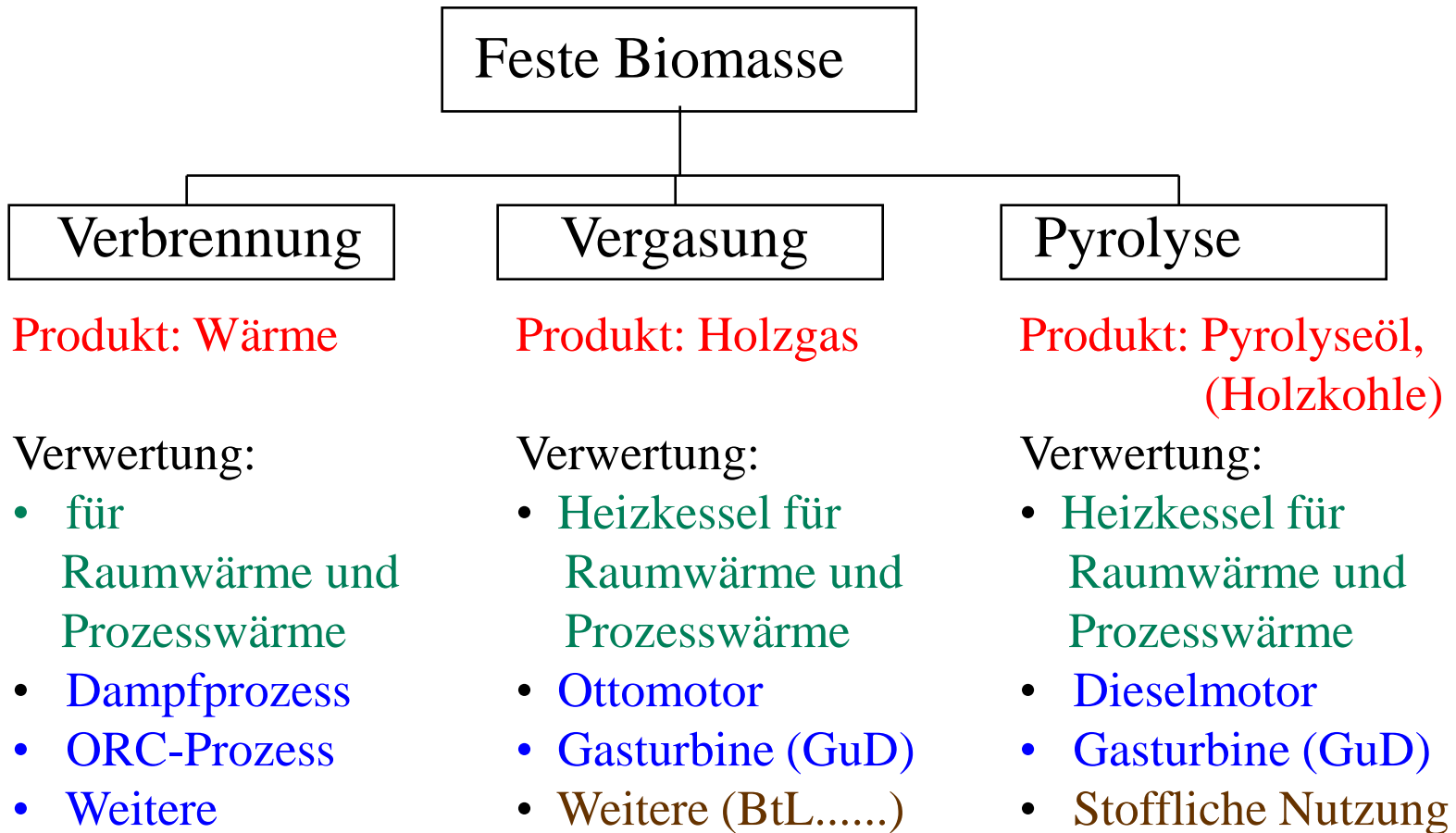
Joanneum Research, Institut für Energieforschung

- Einleitung
 - Persönliche Vorstellung
 - Inhaltsübersicht (Verfahren)
 - Brennstoffeigenschaften Holz
- Verbrennung
- Vergasung
- Pyrolyse
- Weitere Informationen

Persönliche Vorstellung

- JOANNEUM Research Forschungsgesellschaft mbH. mit über 400 Mitarbeitern, zu 90 % im Besitz des Landes Stmk.
Ab Sommer 09 vier Geschäftsfelder,
eines davon “Ressourcenmanagement” (Arbeitstitel)
- Maximilian Lauer: seit 1982 wiss. Mitarbeiter im Institut für Energieforschung, Schwerpunkt: energetische Nutzung von Biomasse;
Beispiele der Arbeit:
 - Feldversuche Hackgutgewinnung Gebirgswald
 - Hackguttrocknung
 - Entwicklung Einzelofen für Holzbriketts
 - Entwurf Verordnung zur Typenprüfung von Feuerungsanlagen
 - Diverse Arbeiten zu Nahwärme, Haustechnik, etc.
 - Diverse Arbeiten zum Energiesystem (vollständiger Umstieg, Potentialabschätzungen etc.)
 - NOEST Kompetenzknoten Biomasse, Entwicklung und Betreuung Datenbank
 - Internationale Netzwerke
 - Pyrolyse (Pyne und Vorläufer, IEA-Bioenergy Task Pyrolysis)
 - ThermalNet

Thermochemische Umwandlung von Biomasse: Übersicht



Thermochemische Umwandlung von Biomasse: Brennstoffeigenschaften Holz (Überblick)

Chemische Zusammensetzung (“Formel”: $C_{12}H_{22}O_{11}$)

- ~ 51 gew % Kohlenstoff
- ~ 42 gew % Sauerstoff
- ~ 6 gew % Wasserstoff
- ~ 1 gew % Stickstoff und Asche (Si, K etc.)

Heizwert

- H_u : 17,5 bis 19 MJ/kg_{TS} bzw. ~ 5 kWh/kg_{TS}

Funktionale Zusammensetzung

- Zellulose
- Hemizellulosen
- Lignin

Thermochemische Umwandlung von Biomasse

Verbrennung

Thermochemische Umwandlung von Biomasse: Verbrennung (Schema)

Brennstoffaufbereitung
Brennstoffbereitstellung
Brennstoffzuführung

Feuerung

Nutzung der
Wärme

Kessel,
KWK etc.

Abgas-
reinigung

Abgas-
führung

Regelung
Entaschung (etc.)

Thermochemische Umwandlung von Biomasse: Verbrennung (Feuerung)

- Stand der Technik ist in allen Varianten gegeben
- Alle Leistungsklassen möglich
 - Stückholzfeuerung (Einzelofen 2kW bis “Vergaser”-Kessel 50 kW)
 - Hackgutfeuerungen (15 bis 10.000 kW), (auch Pellets)
 - Wirbelschichtfeuerungen stationär, zirkulierend (10.000 kW bis > 400.000 kW)
- Probleme: Feinstaubemission (=> E-Filter)
- Sonderformen: Koverbrennung mit Kohle in Kraftwerken

Thermochemische Umwandlung von Biomasse: Verbrennung (Nutzung bis ca 5 MW_{th})

- Raumwärme und Prozesswärme;
Stand der Technik, Probleme nur bei Nahwärme (η_a)
- Dampfprozess: Stand der Technik; η_{el} ca 10 bis 15 %, kompliziert und aufwändig bei kleinen Anlagen.
- ORC-Prozess: Stand der Technik; η_{el} ca 8 bis 12 %, statt Wasserkessel muss Thermoölkessel eingesetzt werden, gut geeignet für stationäre Last.
- Andere, z.B. Stirling-Motor: nicht Stand der Technik, sehr teuer, theoretisch hohe Wirkungsgrade, aber nur im kleinen Leistungsbereich (ca. bis 50 kW_{el})

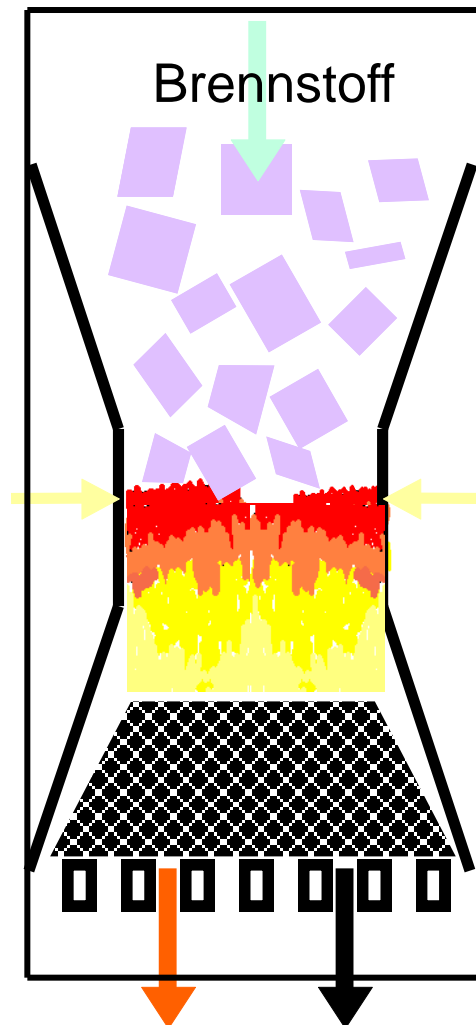
Thermochemische Umwandlung von Biomasse

Holzgas

Thermochemische Umwandlung von Biomasse: Vergasung (Nutzung bis ca 5 MW_{th}) 1

- Umwandlung von Holz in Brenngas (CO, H₂, CH₄ + CO₂ + N₂)
- Verfahren
 - Festbettvergasung (in der Regel „Gleichstrom“) bis etwa 3 MW_{th},
 - Wirbelschichtvergasung (zirkulierende WS) ab etwa 10 MW_{th}
- Nutzung des Holzgases
 - Prozesswärme (selten)
 - **Typisch: Ottomotor- Generatorsatz (BHKW)**
 - Gasturbine + ORC-Prozess
- Elektrischer Wirkungsgrad ca. 25 bis 30 %

Thermochemische Umwandlung von Biomasse: Festbettvergasung Schema (i.B. B-E, UK)



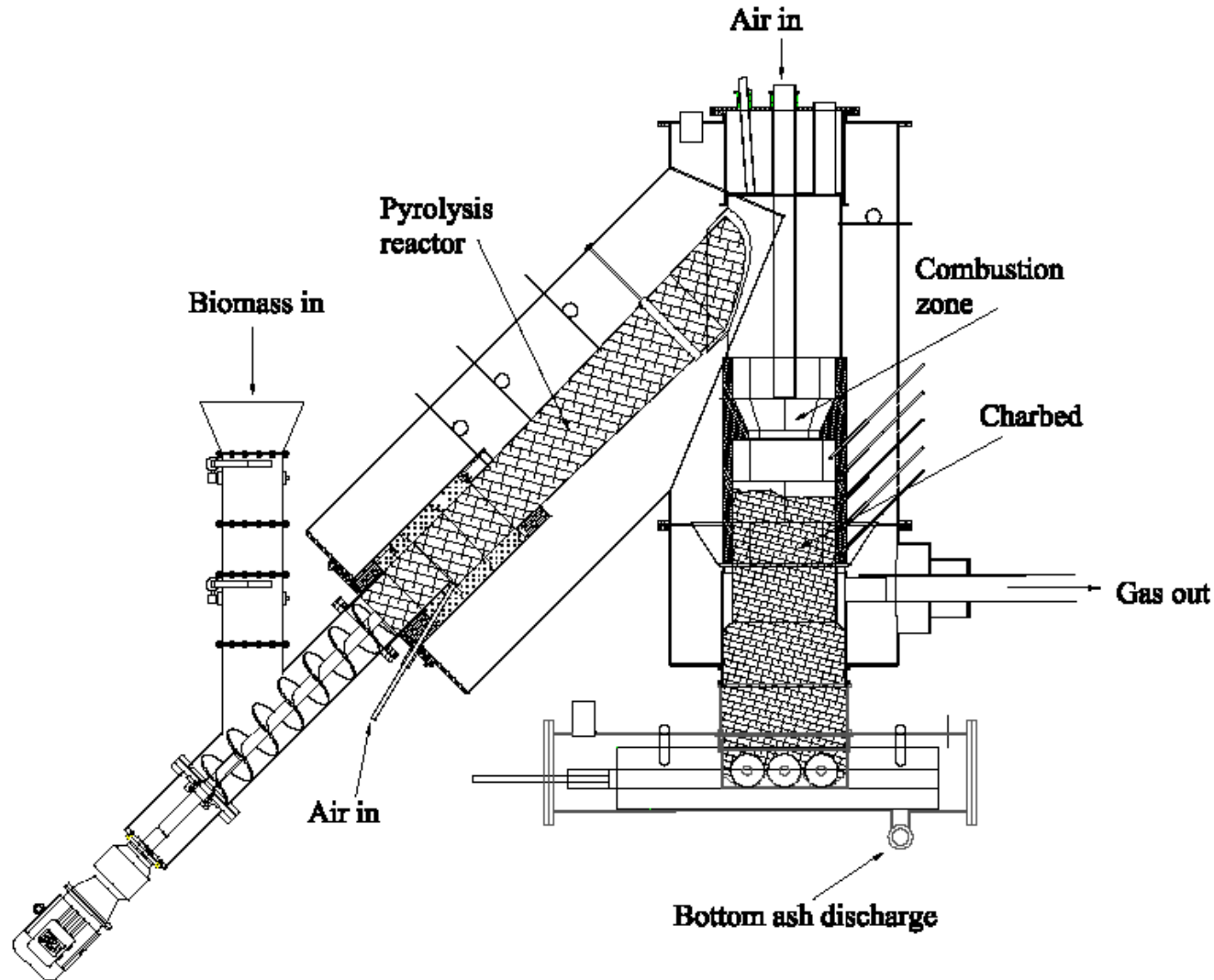
Trocknung und Entgasung

Luftzuführung (unterstöchiometrisch)
Teiloxidation
Entgasung

Reduktion im Holzkohlebett

Rost
Holzgas
Asche

Thermochemische Umwandlung von Biomasse: Festbettvergasung Schema (TK, DK)

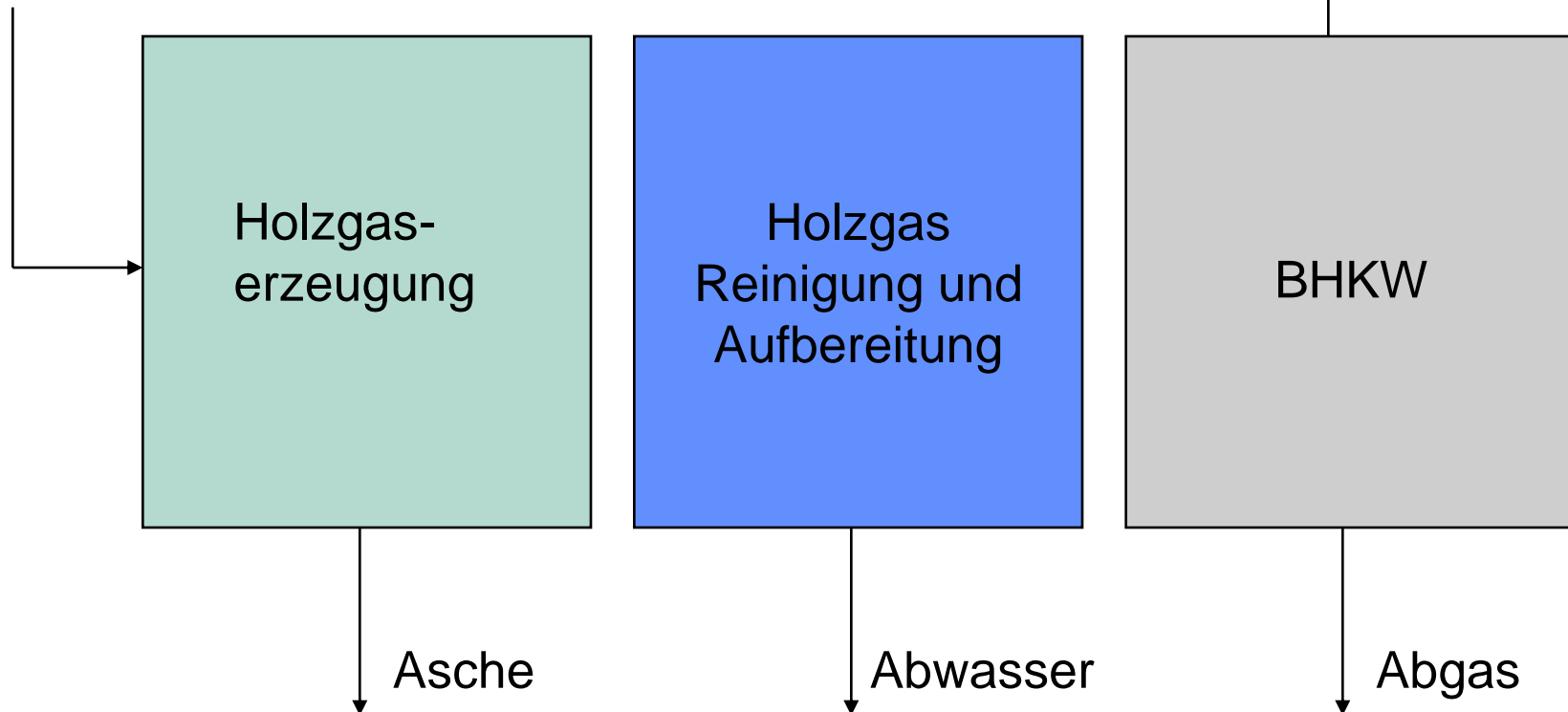


Thermochemische Umwandlung von Biomasse: Vergasung (Nutzung bis ca 5 MW_{th}) 2

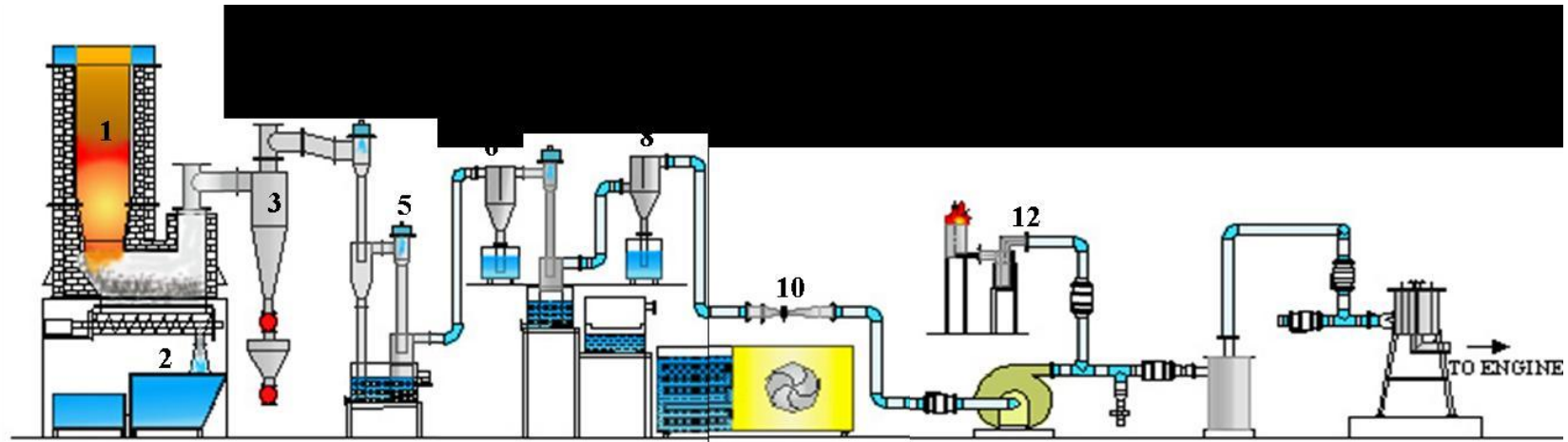
- Besonderheiten
 - Brennstoff muss stückig (wenig Feinanteil) und trocken sein ($w_{\text{H}_2\text{O}} < 15\%$).
 - Gasaufbereitung sehr aufwendig (aber notwendig zum „Überleben“ des BHKW) => Abwasserproblem!
 - Hohe Sicherheitsanforderungen (Brand, Explosion)
 - Emissionsprobleme (CO-Schlupf)
- Stand der Technik
 - Holzgasanlagen waren bereits Stand der Technik
 - Derzeit technisch verfügbar, aber nicht eingesetzt
 - Anbieterpräsentation Holzgasanlagen => Bericht verfügbar
 - F&E an TUG, ABC, KWB (mit Partnern)

Thermochemische Umwandlung von Biomasse: Holzgas KWK (Nutzung bis ca 5 MW_{th}) 2

Hackgut
(grob, trocken)



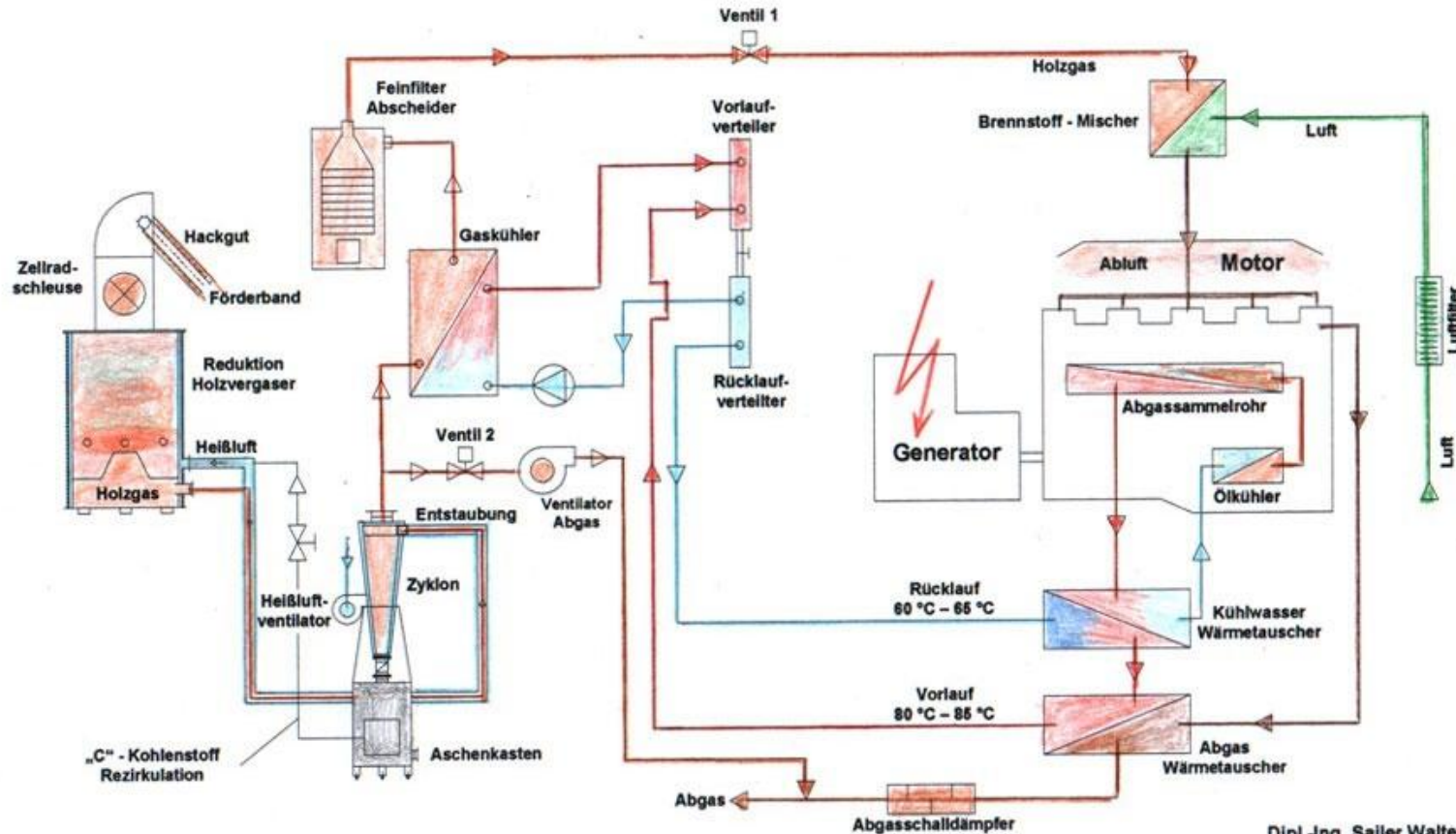
Thermochemische Umwandlung von Biomasse, Vergasung: Anlagenbeispiel DASAGREN



- | | |
|---------------------|------------------------|
| 1 IISc-Reaktor | 8 Tropfenfänger (2) |
| 2 Ascheaustragung | 9 Kühleinrichtung |
| 3 Zyklon | 10 Venturimeter |
| 4 Kühlkolonne | 11 Gebläse |
| 5 Waschkolonne (1) | 12 Abfackeleinrichtung |
| 6 Tropfenfänger (1) | 13 Gewebefilter |
| 7 Waschkolonne (2) | 14 Gas/Luftmischer |

Thermochemische Umwandlung von Biomasse, Vergasung: Anlagenbeispiel K&S (Schaltbild)

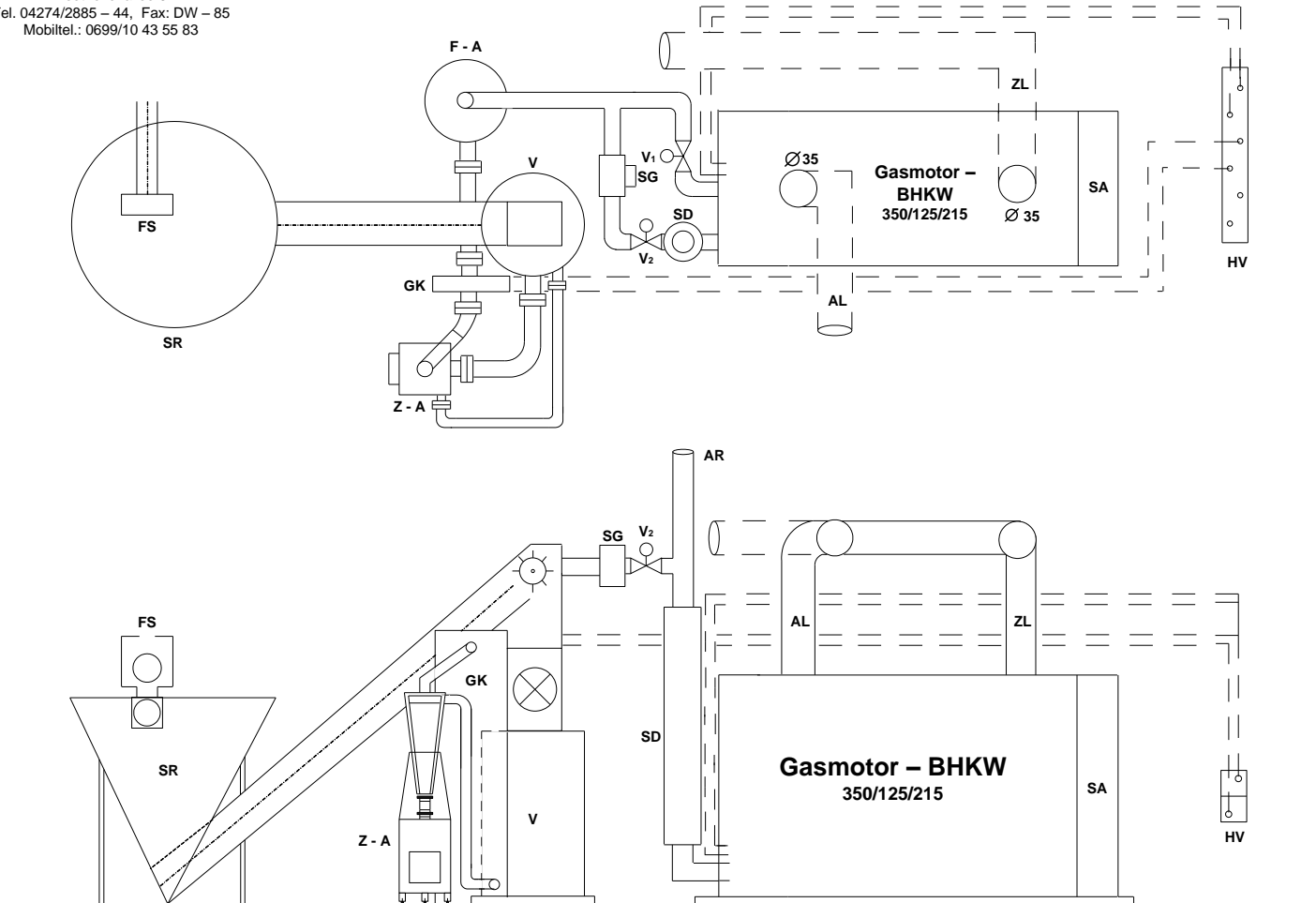
HOLZGASKRAFTWERK
Betriebsablauf – Energieflussschema
Kuntschar – Reduktion - Holzvergaser – mit BHKW - Gasmotor



Dipl.-Ing. Sailer Walter
Ingenieurbüro – SW – Energietechnik
A – 9920 Velden am Würthersee
Beethovenallee 3
Tel. 04274/2895 – 44, Fax: DW – 85
Mobil: 0699/10 43 55 83

Thermochemische Umwandlung von Biomasse, Vergasung: Anlagenbeispiel K&S (Aufstellung)

Dipl.-Ing. Sailer Walter
Ingenieurbüro – SW – Energietechnik
A – 9920 Velden am Wörthersee
Beethovenallee 3
Tel. 04274/2885 – 44, Fax: DW – 85
Mobilitel.: 0699/10 43 55 83



Thermochemische Umwandlung von Biomasse

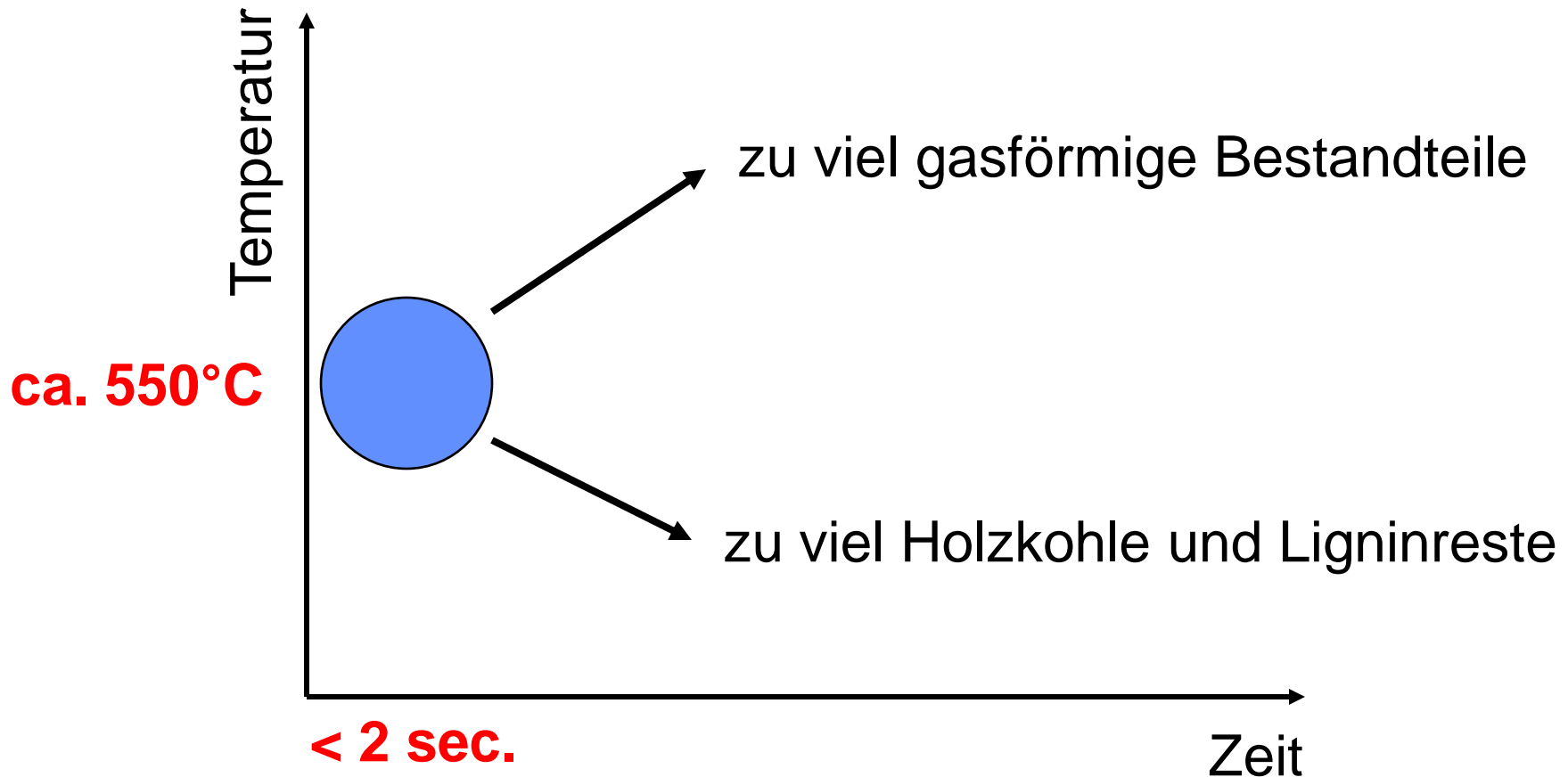
Pyrolyse

Thermochemische Umwandlung von Biomasse: Pyrolyse Begriffsbestimmung

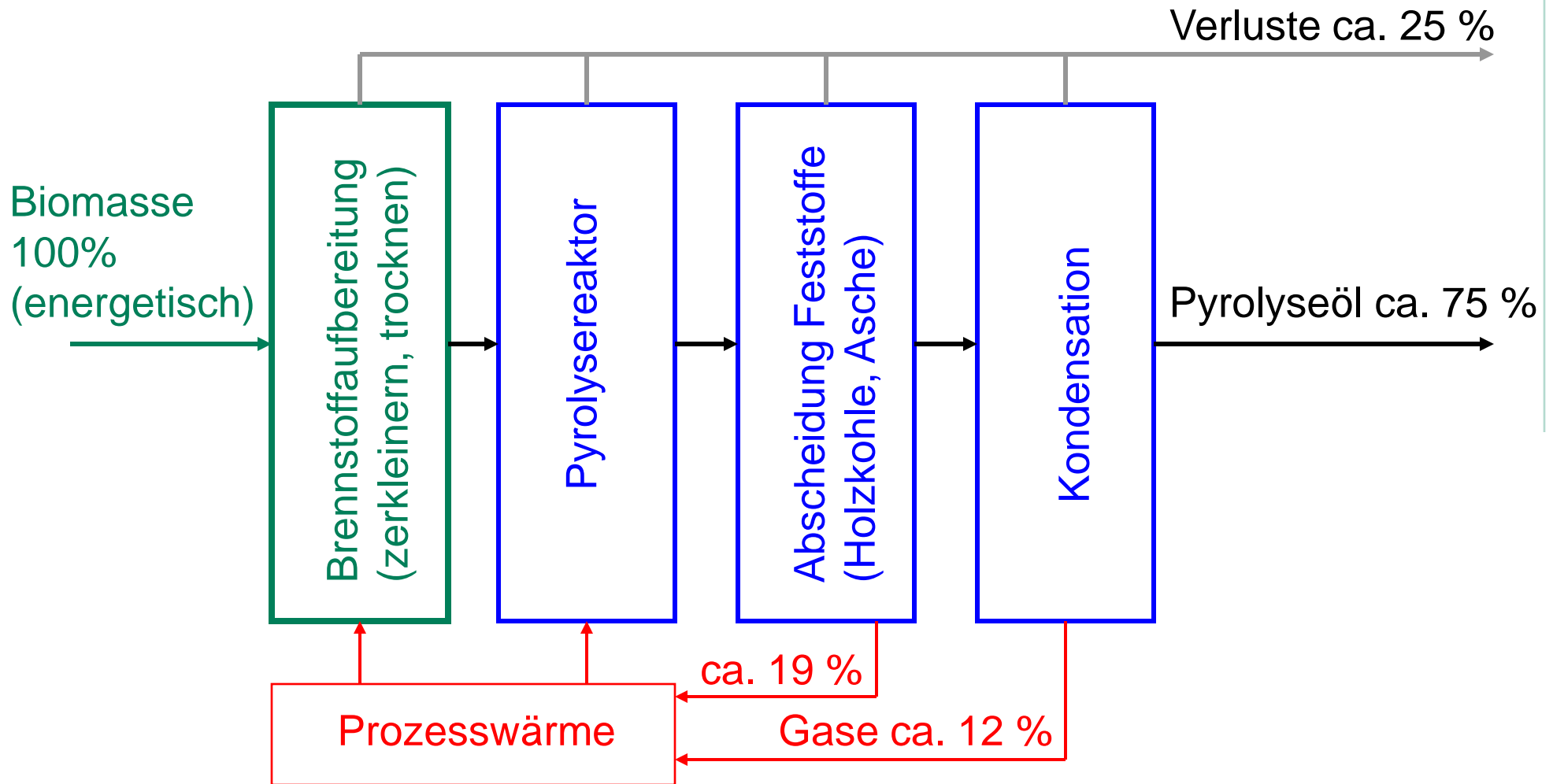
- Begriff: thermische Spaltung organischer Verbindungen zu Feststoffen, Flüssigkeiten (bzw. Dämpfen) und Gasen
- Pyrolysevorgänge bei der thermochemischen Umwandlung von Biomasse:
 - Verbrennung von Holz (Beispiel Zündholz)
 - Im Vergaser um die Teiloxidation herum
- Technisches Verfahren: Aufheizen unter Luftabschluss
 - Holzkohleerzeugung (langsames Aufheizen);
Ziel: viel Holzkohle, wenig Kondensate, wenig Gase
 - „Fast Pyrolysis“ (schnelles Aufheizen);
Ziel: wenig Holzkohle, viel Kondensate, wenig Gase
 - Weitere Verfahren: Hydrothermische Auftrennung, etc.

Thermochemische Umwandlung von Biomasse: Fast Pyrolysis: Prozessbedingungen

ohne Sauerstoff!



Thermochemische Umwandlung von Biomasse: Pyrolyseöl: Anlagenschema



Thermochemische Umwandlung von Biomasse: Pyrolyseöl: Reaktorarten

- „ablative reactor“: „Abschmelzen an heißer Oberfläche“ (z.B. Pytec Verfahren), Absaugung der Pyrolysegase geeignet für kleine Anlagen (ca. 500 kg_{TS}/h), auch geeignet für größeres Hackgut bis ca 20 mm.
- „entrained flow reactor“: (geführter Materialfluss), Vermischen mit aufgeheizten Elementen wie Sand, Stahlkugeln etc., Bewegung mit Zentrifugalkraft oder Schnecken etc., Absaugung der Pyrolysegase geeignet für Anlagen bis ca 1.500 kg_{TS}/h
- Wirbelschichtreaktor: aufgeheiztes Wirbelbett aus Sand pyrolysiert den zugeführten Holzstaub. Geeignet für Anlagen bis ca 2.500 kg_{TS}/h
Nachteil: große Gasmengen zu reinigen und zu kühlen

Thermochemische Umwandlung von Biomasse: Herstellung Pyrolyseöl: Übersicht

- Einsatzgut: kleine, sehr trockene Brennstoffpartikel ($w < 10\%$)
- Sehr schnelle Erhitzung unter Sauerstoffabschluss
- Kondensation der Dämpfe => Pyrolyseöl
- Ausbeute energetisch ca. 70 bis 79 %
- Reduktion Volumen ca. 1:10
- Verwertung Pyrolyseöl örtlich, zeitlich und mengenmäßig unabhängig von der Erzeugung.

Thermochemische Umwandlung von Biomasse: Pyrolyseöl: Eigenschaften

- braun; stechend riechend; kaum toxisch, leicht mutagen, bedingt stabil;
pH-Wert 2 bis 3; Dichte 1,2 bis 1,3; Hu~12 MJ/kg;
- Zusammensetzung:
 - 20 bis 30 % Phenole
 - 15 bis 30 % Wasser
 - 15 bis 30 % pyrolytisches Lignin
 - 5 bis 10 % Säuren (Essigsäure, Ameisensäure)
 - 5 bis 20 % Aldehyde
- Qualität ausreichend für bestimmte Anwendungen (Ölbrenner, Großdiesel)
- Nach Entwicklung eines Verfahrens zur Qualitätsverbesserung weitere Einsatzgebiete möglich (Kleinkessel, Motoren)

Pyrolyseöl: Handhabung



Erzeugung von Pyrolyseöl: Demonstrationsanlage Fa. Wellman, UK



Pyrolyseöl: Einsatzmöglichkeiten

- **Einsatz in Ölbrennern** (Heizkessel, Kraftwerke etc.)
 - Relativ problemlos möglich
 - Erfahrungen von 200 kW bis 8 MW in Heizkesseln (FIN, SWE) und Co-firing in Gas-Kraftwerk (NL)
 - Entwicklung von Serienbrennern (Fa. Oilon)
- **Einsatz in Dieselmotoren**
 - Einige Erfahrungen mit Großdieselmotoren (ca. 500 Upm), UK, GER
 - Noch viel Entwicklungsarbeit notwendig
- **Einsatz in Gasturbinen**
 - Kaum Informationen über Entwicklung (CAN) verfügbar

Pyrolysetechnik: Stand der Entwicklung

— Herstellung von Pyrolyseöl:

- Demo-Phase (NL, GER, USA) Pilotphase (CAN)

— Einsatz Pyrolyseöl (Versuche):

- Heizkessel FIN, SWE
- Dieselmotoren UK, FIN, GER
- Gasturbine (GuD) CAN
- Co-firing NL

Einsatz von Pyrolyseöl: Konkurrenzfähigkeit

Ermittelt über Konkurrenzindex k_w

- Einsatz in Heizkesseln: $k_w = 0,98$ bis $1,48$
- Einsatz in Dieselmotoren (2,4 MWe):
 $k_w = 0,92$ bis $1,22$
- Einsatz in Gasturbinen (GuD, 20 Mwe):
 $k_w = 0,84$ bis $1,14$

Pyrolysetechnik: Marktmöglichkeiten

- Einsatz statt Heizöl in Industriekesseln, wo Hackgut wenig Chancen hat (Infrastruktur)
- Dieselmotoren in EVU's und Industriebetrieben (?)
- Derzeit keine Chancen in Heizungsanlagen unter 100 kW (Ölqualität)
- Chancen in größeren Kraftwerken (Co-firing)?

Thermochemische Umwandlung von Biomasse: Weitere Informationen

- www.thermalnet.co.uk
- Bericht
„Anbieterpräsentation Holzgaskraftwerke“ (2005)
- Bericht
„PYROLYSEÖL - FLÜSSIGER BIO-BRENNSTOFF FÜR HEIZANLAGEN,
DIESELMOTOREN UND GASTURBINEN“ (1998)