
Nutzung von Bioreststoffen

Görge Deerberg, Jan Westermeyer, Esther Stahl



22. Juli 2015

AGENDA

1. Einleitung
2. Technologien zur thermochemischen Bioreststoffnutzung
 1. Torrefizierung
 2. HTC
 3. Pyrolyse
 4. Vergasung
3. Zusammenfassung

Biomasse - Bioabfall – aktuell

- Geänderte Randbedingungen für Biomassenutzung
- Getrennte Erfassung von Bioabfällen seit 2015 vorgeschrieben (KrWG)
- Ziel: Energetische und anschließende stoffliche Nutzung von Bioabfällen; Erhöhung der getrennt erfassten Bioabfälle. Ziel NRW z.B. 150 kg/(EW*a) ¹
- NRW: 63 Anlagen zur Behandlung von Bio- u. Grünabfällen, davon 11 Vergärungsanlagen bzw. kombinierte Vergärungs- und Kompostierungsanlagen ¹
- Behandlungskapazität ca. 2 Mio t/a davon Vergärungskapazität ca. 0,35 Mio t/a¹
- Perspektive: bis 2020 deutlicher Ausbau an Bioabfall-Vergärungsanlagen in Deutschland und Europa prognostiziert²



Bild: <http://www.awb-landkreis-rastatt.de/,Lde/startseite/Haushaltsabfaelle/Altpapierbehaelter1.html>

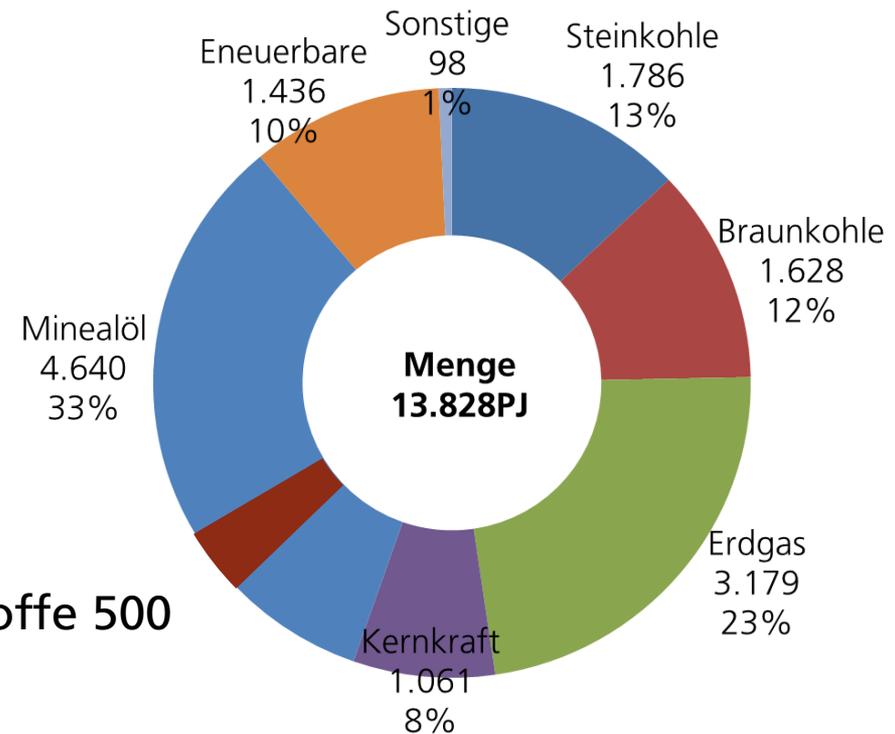
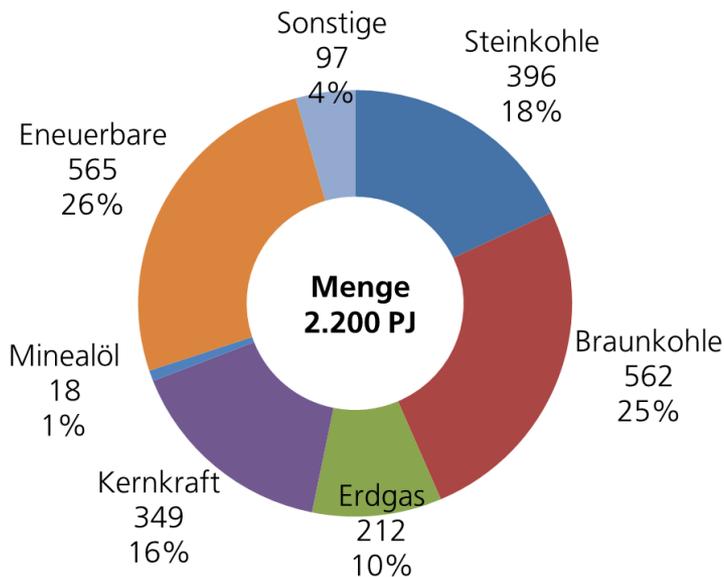
Reststoffaufkommen

Potenzial (D-2020) ca. 500 PJ

- Bio- und Grünabfälle 23 – 33 PJ*
- Tierische Exkremente ca. 100 PJ * (davon 14 PJ tierische Fette)
- Stroh 54 – 103 PJ*
- Forstwirtschaft 168 – 511 PJ*
- Klärschlamm ca. 38 PJ*

Primärenergieverbrauch** (2013)

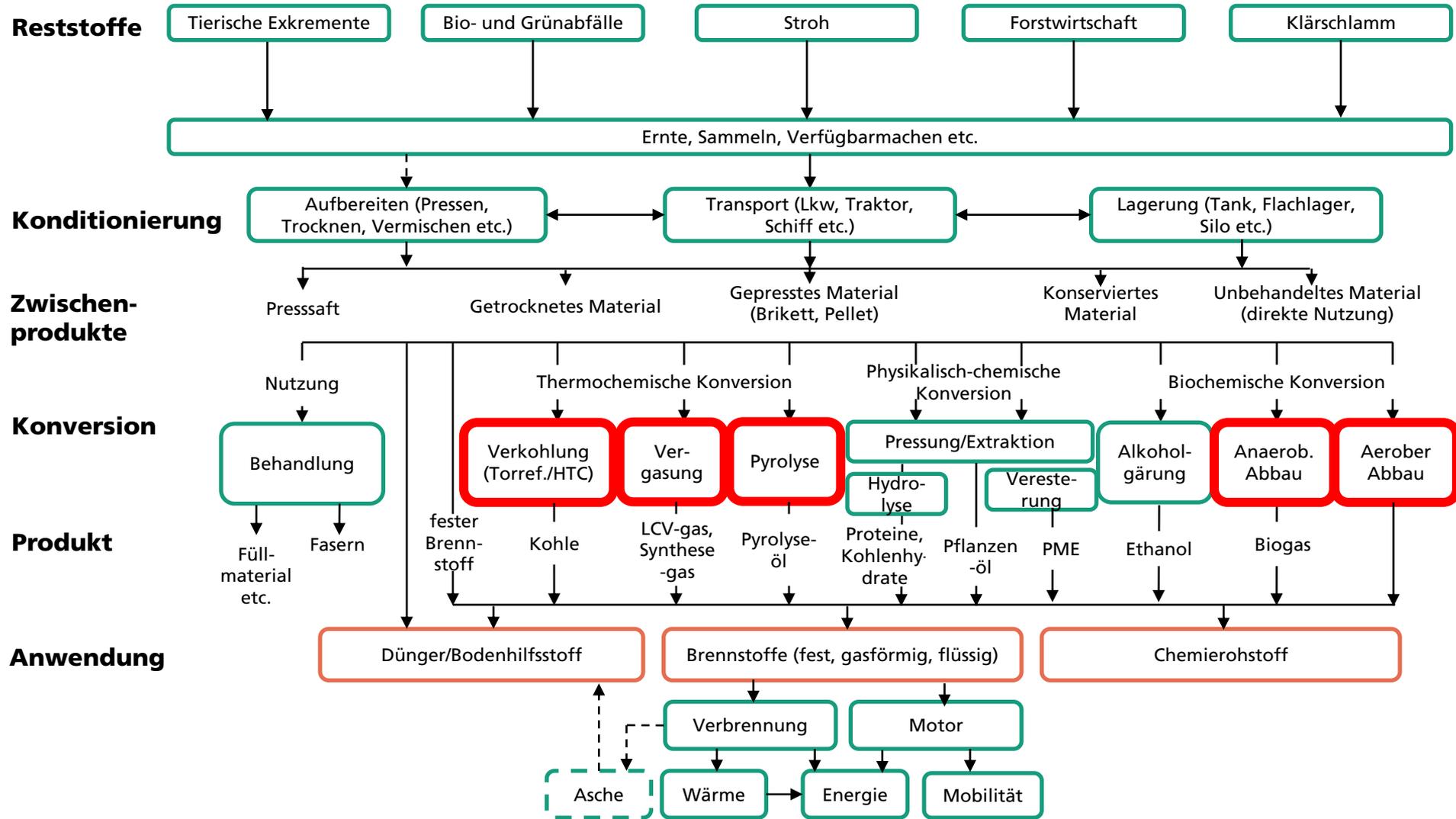
Stromerzeugung** (2013)



Reststoffe 500

*Mühlenhoff 2013, *** UBA 2015, ** Statista 2015

Reststoffnutzung



Biochemische Verfahren zur Reststoffbehandlung

	<u>Kompostierung</u>	<u>Nassvergärung</u>	<u>Trockenvergärung</u>
Prozesscharakterisierung <ul style="list-style-type: none"> • Reaktionsumgebung • Temperaturbereich • Druckbereich • Verweilzeiten 	Feucht Mesophil-thermophil Umgebungsdruck bis 6 Monate	Nass Mesophil o. thermophil Umgebungsdruck ~7-30d	Feucht Mesophil o. thermophil Umgebungsdruck ~15-35d + Nachrotte
Biomassesubstrat (Input)	Biomasse mit begrenztem Lignocellulose-Anteil	strukturarme Biomasse, biogene Rest- und Abfallstoffe (TS <12-15%)	strukturarme Biomasse, biogene Rest- und Abfallstoffe (TS 20-40%)
Primärprodukt	Kompost	Biogas (CH ₄ & CO ₂)	Biogas (CH ₄ & CO ₂)
weitere Aufbereitung	Separation in Fein-/Grobfraktion	Entwässerung und Trocknung des Gärrests	Nachrotte des Gärrests
Behandlungskosten*	ca. 40 - 60 €/t (Bioabfall) 20-40€/t (Grünabfall)	ca. 55 – 90 €/t	ca. 40 – 85 €/t
Kohlenstoffeffizienz Primärprodukt	~37-67% **	10-30%	10-30%

AGENDA

1. Einleitung
2. Technologien zur thermochemischen Bioreststoffnutzung
 1. Torrefizierung
 2. HTC
 3. Pyrolyse
 4. Vergasung
3. Zusammenfassung

Torrefizierung

Prozess

- Erhitzen der Biomasse: 230...350°C
- Inerte bzw. sauerstoffarme Atmosphäre
- Freisetzung flüchtiger Bestandteile
- 20-60 % Masseverlust (typisch: 30 %)
- Verweilzeiten 80 s...30 min
- Energiebilanz: bis 90%

Edukte

- Trockene, vorwiegend lignocellulosehaltige Biomasse

Ziel

- Mitverbrennung in Kraftwerken

Vorteile

- geringere Transport- und Lagerkosten
- höherer Heizwert
- verbessertes Zerkleinerungsverhalten

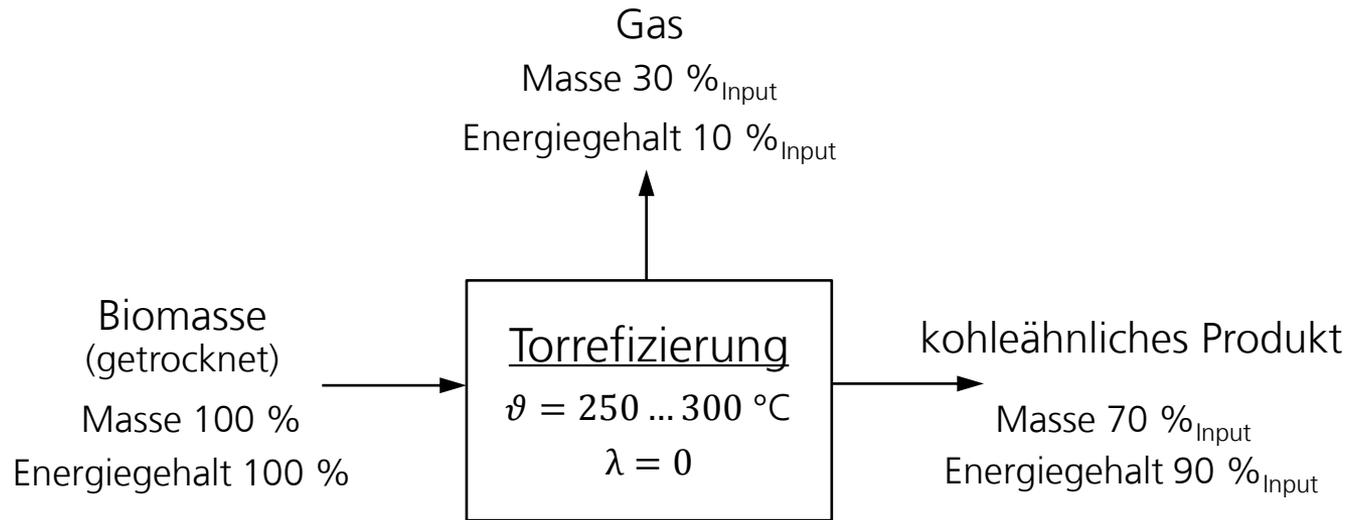


Bild: <http://daagar.blogspot.de/>

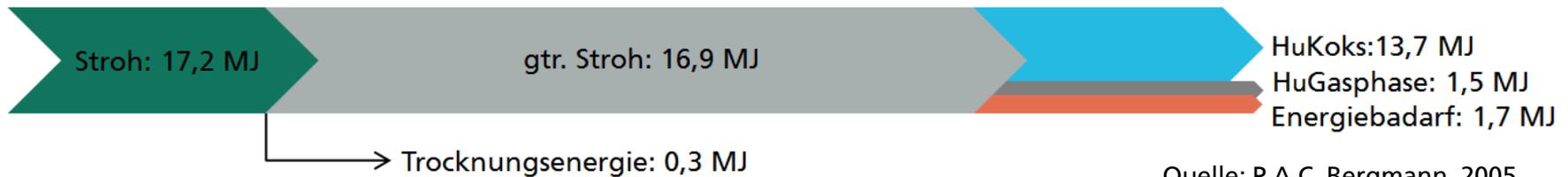
Torrefizierung



Bild: Fraunhofer UMSICHT



Energiebilanz Stroh



Quelle: P.A.C. Bergmann, 2005

Hydrothermale Carbonisierung (HTC)



Vergleichsweise
gemäßigte
Bedingungen

- Druck < 30 bar
- Temperatur < 240 °C
- Verfahrenstechnisch und materialtechnisch günstig

Wässriges Medium

- für feuchte Biomasse geeignet, daher keine Trocknung notwendig

Überschaubare Technik

- Dezentrale/ mobile Lösungen denkbar

Synergien

- Abfallwirtschaft, Kläranlagen
- Biogasanlagen
- Abwärmenutzung

Kohle

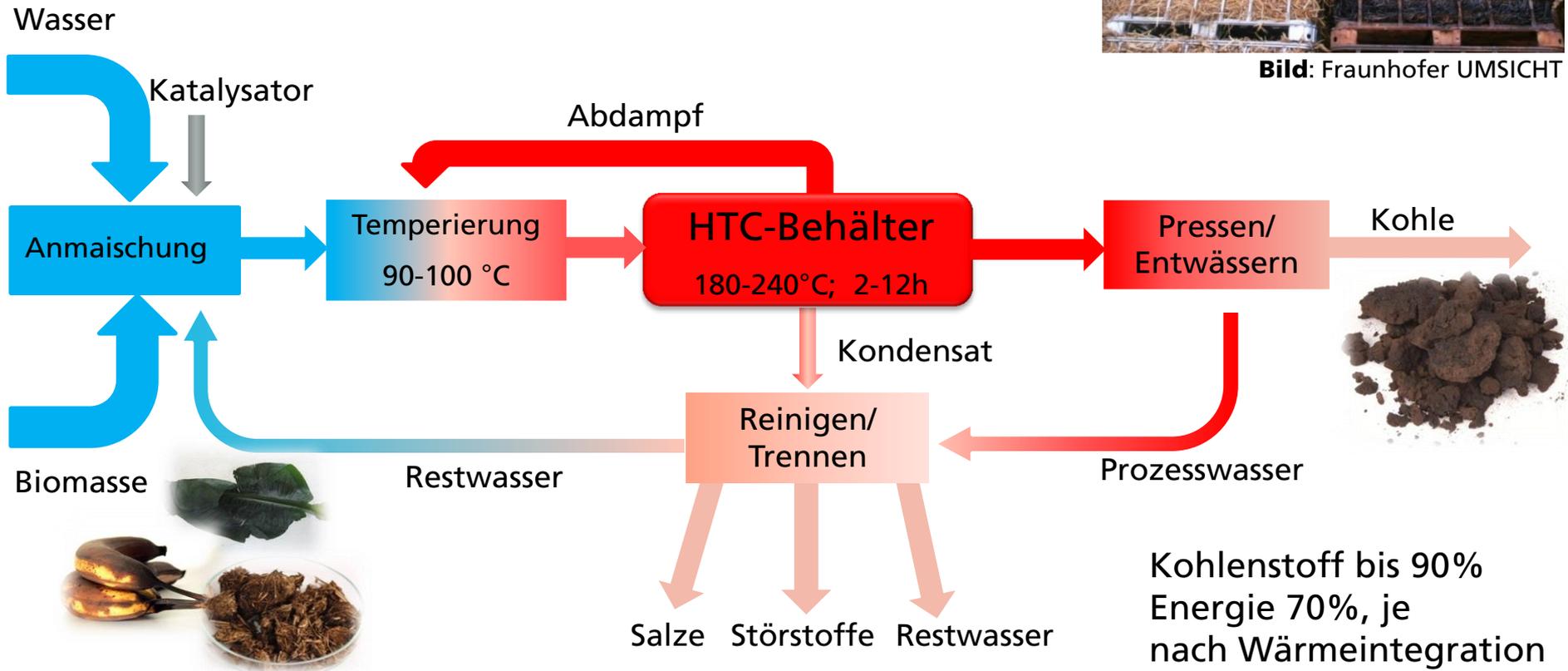
- Etablierte Kohlechemie und Infrastruktur kann genutzt werden
- Mögliche Weiterverwertungsoption zu Ölen/ Gasen

Bilder: Fraunhofer UMSICHT

Herausforderungen HTC



Bild: Fraunhofer UMSICHT



Bilder: Fraunhofer UMSICHT

Hydrothermale Carbonisierung

Anlagenbeispiele

Karlsruhe 8 400 tBiomasse/Jahr



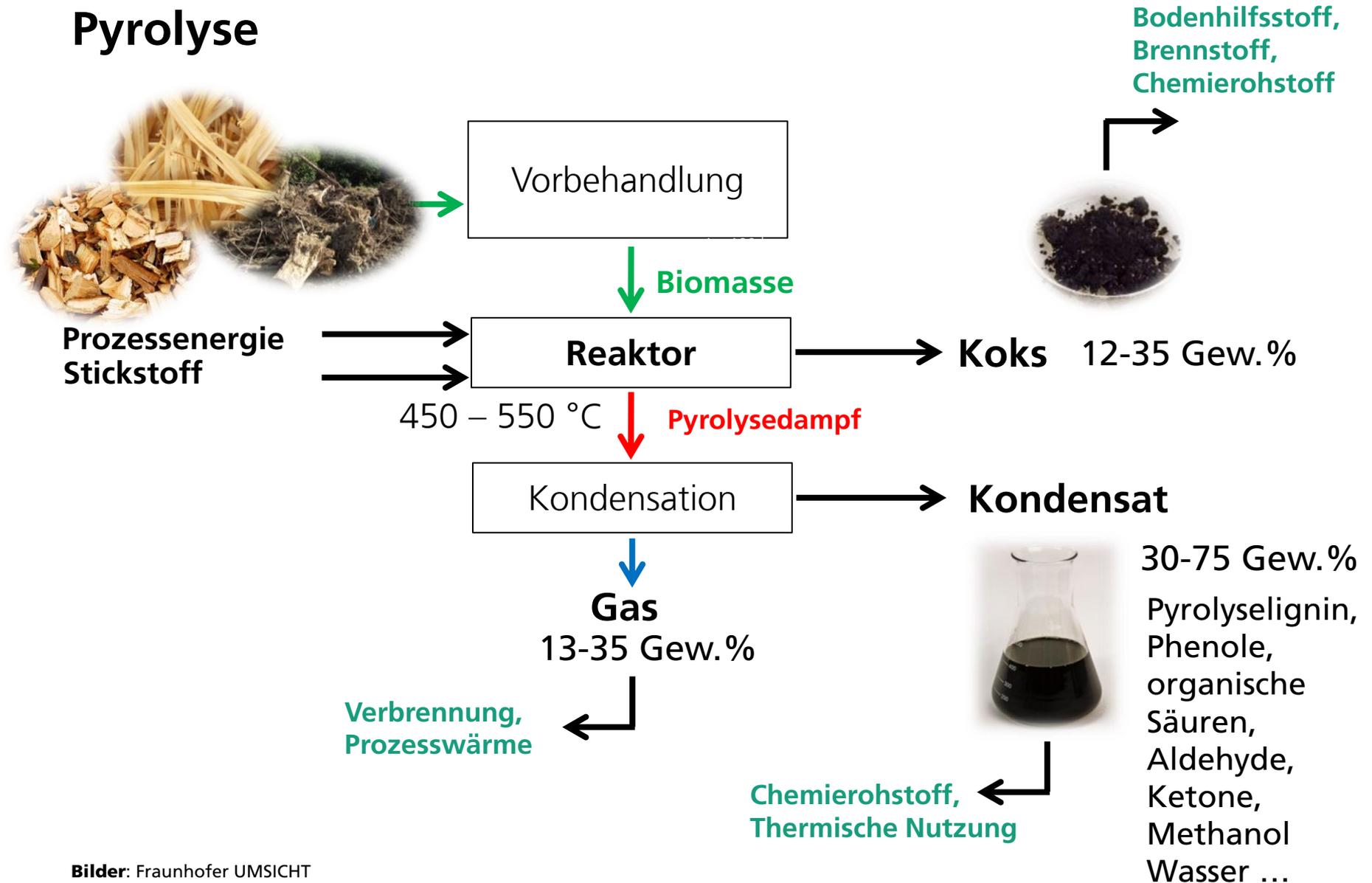
TerraNova Energy 1 000-20 000 tKlärschlamm/Jahr



Kalkar 10 tBiomasse/Tag



Pyrolyse

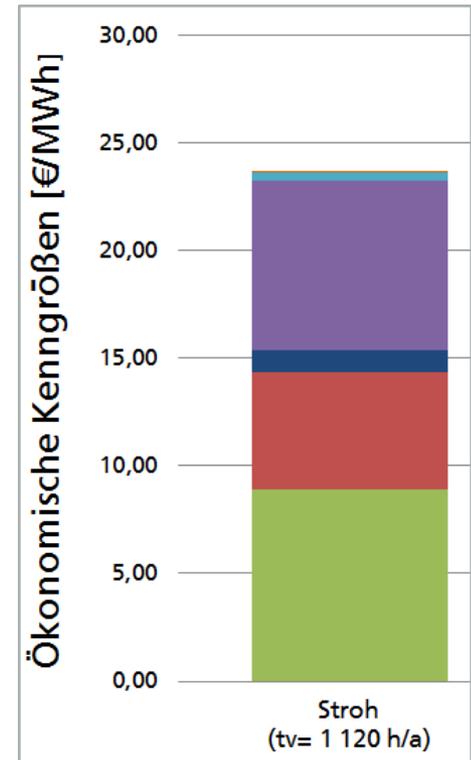


Bilder: Fraunhofer UMSICHT

Pyrolyse – Wirtschaftlichkeitsbetrachtung kleinskalig - dezentral

Kostenkategorie

■ Kapitalgebundene Kosten θ_K^K	144,00	€/h
■ Rohstoffeinsatzkosten θ_R^K	237,60	€/h
■ Verbrauchgebundene Kosten θ_V^K	209,58	€/h
■ Betriebsgebundene Kosten θ_B^K	28,39	€/h
■ Transportkosten Pyrolyseeinheit θ_T^K	1,29	€/h
■ Sonstige Kosten θ_S^K	8,93	€/h
<hr/>		
Pyrolyseölproduktionskosten* θ_P^K	629,57	€/h
	23,63	€/MWh



*Investitionskosten: 1 Mio. €; Biomassedurchsatz 10 t/h; Pyrolyseölausbeute 60%, 1120 h/a

Pyrolyse - Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

■ Pyrolyseöl als Substitut für schweres fossiles Heizöl

	Pyrolyseöl	schweres Heizöl
■ Heizwert:	4,44 MWh/t	11,11 MWh/t
■ Dichte:	0,9 kg/l	1,2 kg/l
■ Kosten:	0,1259 €/l	0,3858 €/l*

■ Heizwert von fossilem, schwerem Heizöl gegenüber Pyrolyseöl etwa Faktor 2,5 höher

■ Kosten für schweres fossiles Heizöl **28,94 €/MWh** und für Pyrolyseöl **23,63 €/MWh**

-> Erzeugung von Pyrolyseöl zu gleichem Preis, der volumetrische Verbrauch liegt jedoch wesentlich über dem von schwerem fossilem Heizöl

Pyrolyse - Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

■ Pyrolyseöl als Substitut für schweres fossiles Heizöl

	Pyrolyseöl	schweres Heizöl
■ Heizwert:	4,44 MWh/t	11,11 MWh/t
■ Dichte:	0,9 kg/l	1,2 kg/l
■ Kosten:	0,1259 €/l	0,5656 €/l*

■ Heizwert von fossilem, schwerem Heizöl gegenüber Pyrolyseöl etwa Faktor 2,5 höher

■ Kosten für schweres fossiles Heizöl **42,34 €/MWh** und für Pyrolyseöl **23,63 €/MWh**

-> Pyrolyseöl deutlich preiswerter, der volumetrische Verbrauch liegt jedoch wesentlich über dem von schwerem fossilem Heizöl

Pyrolyse - Beispiele - stationär

Malaysia 2 tEFB/Stunde



Bild: <http://www.btgworld.com/en/rtd/technologies/energy-from-pyrolysis-oil>

Joensuu 50 tPyrolyseöl/Jahr



Bild: http://www.vtt.fi/files/projects/2g_2020/heiskanen.pdf

Karlsruhe 500 kgBiomasse/Stunde



Bild: <http://www.bioliq.de/>

Pyrolyse - Beispiele - mobil

Canada; 5 tBiomasse/Tag



Bild: <http://alfin2300.blogspot.de/2010/11/distributed-pyrolysis-units-could-form.html>

Indien; 20 kgBiomasse/h



Bild: <http://www.energy-harvest.org>

Oberhausen; 100 kgStroh/Stunde



Bild: Fraunhofer
UMSICHT

Pyrolyse - Zusammenfassung

■ Potenzielle Erzeugnisse

- Heizöl-Ersatz
- Schiffsdiesel-Ersatz
- Phenolfractionen

■ Aufweitung der Erzeugnisse durch

- Gestufte Kondensation
- Veresterung, Acetalisierung

■ Volllaststunden der dezentralen Reststoffnutzung erhöhen:

- Landschaftspflegeheu
- Holzartige Grünabfälle
- Raps / Rapspresskuchen
- Extraktionsschrot



Bild: gestufte Kondensation Fraunhofer UMSICHT



Bild: Wordpress.com 2012



Bild: Fraunhofer UMSICHT

Vergasung

Prozess

Temperatur 750...850°C

Edukte

Lignocellulosehaltige,
trockene Biomasse

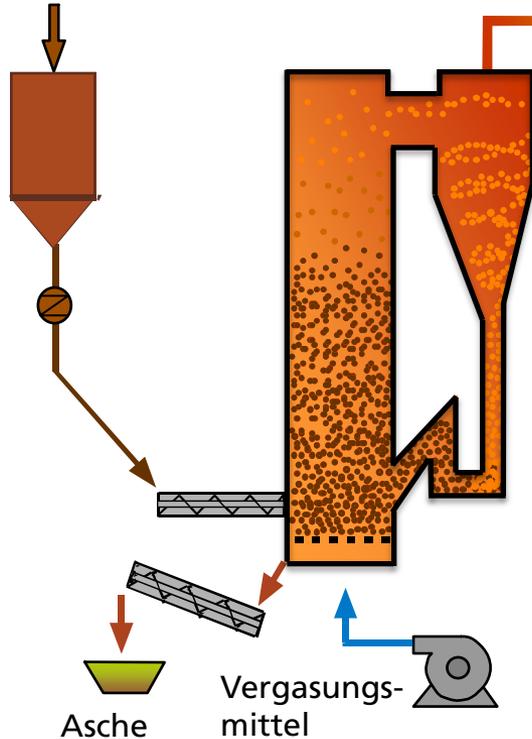
Festbrennstoff

Vergaser

Gasförmiges Produkt

Gasnutzung / Anwendung

Biomasse



Asche

Vergasungs-
mittel

steigender Bedarf an Gasreinigung

Ersatz von Primärbrennstoffen in
thermischen Prozessen wie Öfen
für Kalzinierung, Trocknung,
Schmelzen, Sintern, Brennen u.a.)

Gas gefeuerte (Dampf-) Kessel

Stromerzeugung mit Gasmotoren
oder Gasturbinen

Stromerzeugung mit
Brennstoffzellen

Synthesen (SNG oder BtL)

Störstoffe: Staub, Teere, Schwefel, Chlor, ...

Bild: Fraunhofer UMSICHT

Vergasung - Anlagenbeispiele

Skive 19,5 MW



Güssing 8MW



Kalundborg 6 MW



Senden 15 MW



AGENDA

1. Einleitung
2. Technologien zur thermochemischen Bioreststoffnutzung
 1. Torrefizierung
 2. HTC
 3. Pyrolyse
 4. Vergasung
3. Zusammenfassung

Technologien zur thermochemischen Bioreststoffnutzung

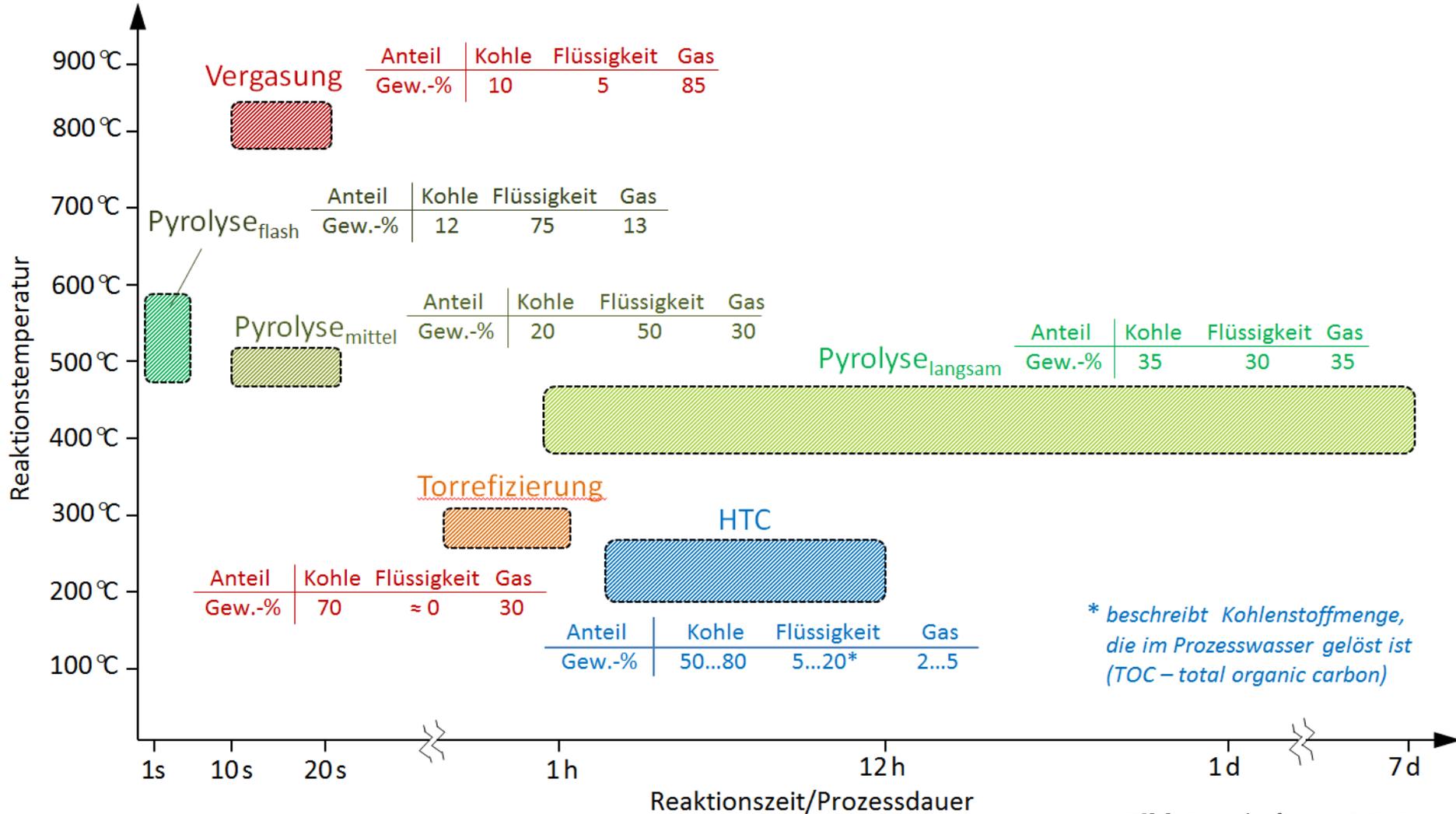


Bild: Fraunhofer UMSICHT

Zusammenfassung

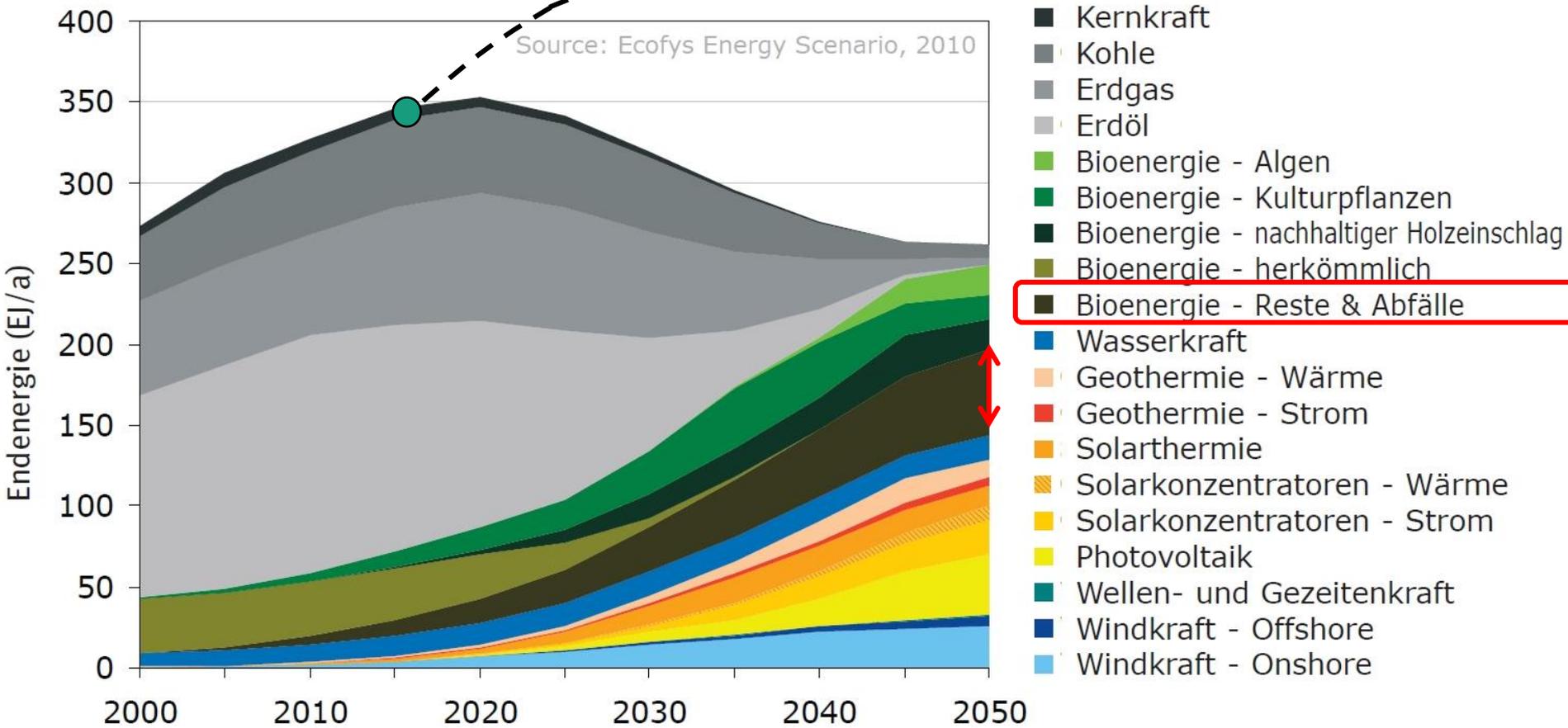
	<u>HTC</u>	<u>Torrefizierung</u>	<u>Pyrolyse</u>	<u>Vergasung</u>
Prozesscharakterisierung <ul style="list-style-type: none"> • Reaktionsumgebung • Temperaturbereich • Druckbereich • Verweilzeit 	Wasser/Dampf 180-250 °C 10-40 bar 2-12 h	Atmosphäre ohne O ₂ 180-250 °C drucklos 15-120 min	Atmosphäre ohne O ₂ 450-600 °C Drucklos < 10 s bis 7 d	Atmosphäre + Vergasungsmittel 750-900 °C z.Z. drucklos < 10 s
Biomassesubstrat (Input)	Wässrige , biogene Rest- und Abfallstoffe (Bioabfall, Klärschlamm, Gärreste, etc.)	Trockene, vorwiegend lignocellulosehaltige Biomasse (Holz, Stroh, etc.)	Trockene, vorwiegend lignocellulosehaltige Biomasse (Holz, Stroh, etc.)	Trockene, vorwiegend lignocellulosehaltige Biomasse (Holz, Stroh, etc.)
Primärprodukt	Kohlesuspension	Trockene Kohle	Pyrolyseöl/ -gas/ -kohl	gasförmiger Brennstoff
Weitere Aufbereitung	Separation, Entwässerung und Trocknung	Ggf. Pelletierung	Evt. Separation Upgrading	Reformer, Werkstoff... ..
Typische Produktausbeute*	Bis 80 Gew.-% _{Input} feste Kohle	Bis 70 Gew.-% _{Input} feste Kohle	Bis 75 Gew.-% _{Input} Pyrolyseöl	Bis 95 Gew.-% _{Input} Gasphase
Kohlenstoffeffizienz	80-90 %	~ 90 %	~ 50 %	90-98 %

Der Standort ist entscheidend

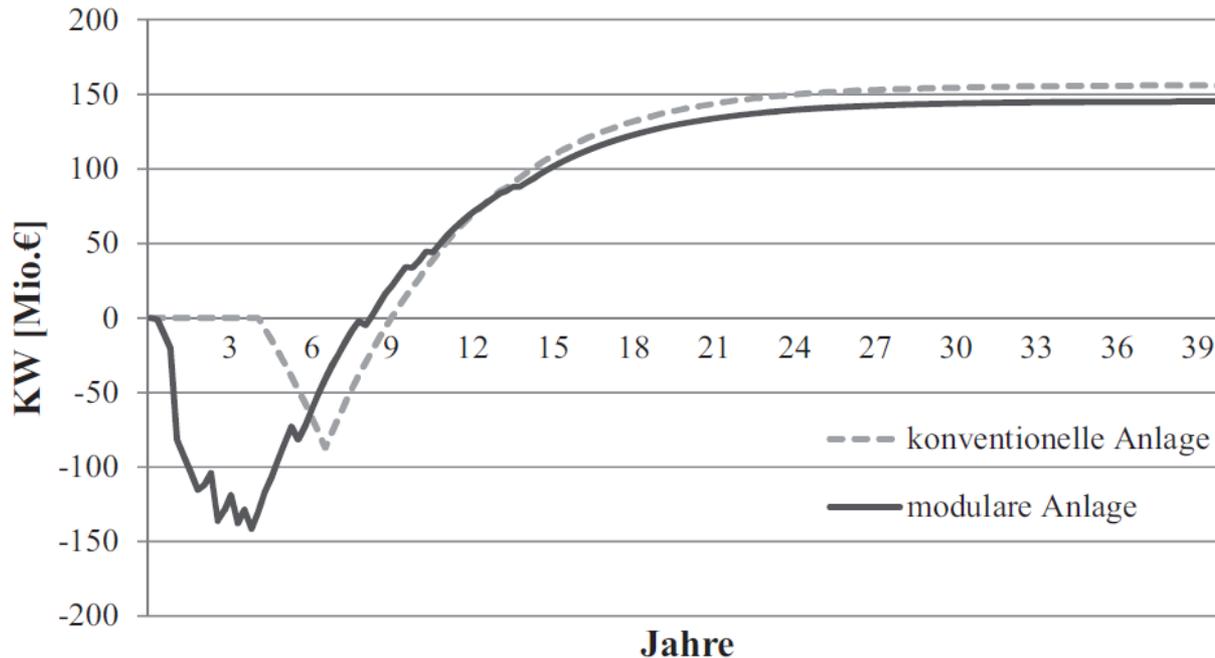
*Bezogen auf Biomasseinput

Ausblick: Anwendung weltweit

Endenergieverbrauch
(Shell, 2008)



Ausblick: Kleinskalige, dezentrale Anlagen



- In Summe höheres Investment
- Früherer Break-Even
- Lernkurve
- Produktionssicherheit
- Risikominimierung

Economy of Scale
passt nicht immer besser

Zusammenfassung

- Bioenergietechnologien sind vorhanden und wachsen aber zukünftig tendenziell ohne Subvention
- Reststoffnutzung wird zum Teil erforderlich und sinnvoll in gekoppelter Wertschöpfung → Bioraffinerie
- Dezentrale Anlagen
- Herausforderungen
 - Lösung von technischen Problemen (Kontiprozesse, (Ab-)Wasser, ...)
 - Hebung der Potenziale → Logistikketten, Standortfragen
 - Regionale/lokale Umsetzung von BtE-/Bioraffineriekonzepten für Reststoffströme
 - Produktverwendung, Drop-In von dezentral hergestellten Zwischenprodukten
 - Nachhaltigkeit gewährleisten (Emissionen ...)
- Chancen: CO₂-arme Rohstoffe, internationale Technologiemarkte

FRAUNHOFER UMSICHT

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>

Prof. Dr.-Ing. Göрге Deerberg

Telefon: 0208-8598-1107

E-Mail: goerge.deerberg@umsicht.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Esther Stahl

Telefon: 0208-8598-1158

E-Mail: esther.stahl@umsicht.fraunhofer.de