

Hydrothermale Verfahren (HTC, VTC) in der energetischen Wertungskette

Axel Funke

Gliederung

- Hydrothermale Karbonisierung

- Kennzeichnung
- Produkte

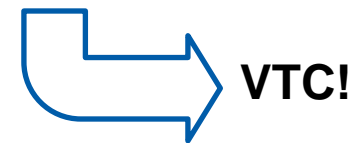
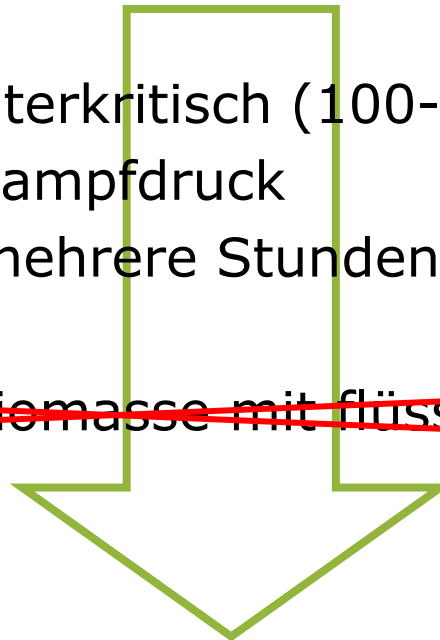
- Einsatz von HTC-Kohle als Energieträger

- Rahmenbedingungen
- Effizienz der Wertungskette

Hydrothermale Karbonisierung – eine Definition

● Erhitzung von Biomasse in flüssigem Wasser

- Temperaturen unterkritisch (100-374 °C)
- Mindestens Sattedampfdruck
- Reaktionsdauer mehrere Stunden
- pH Wert <7
- ~~● Bedeckung der Biomasse mit flüssigem Wasser~~

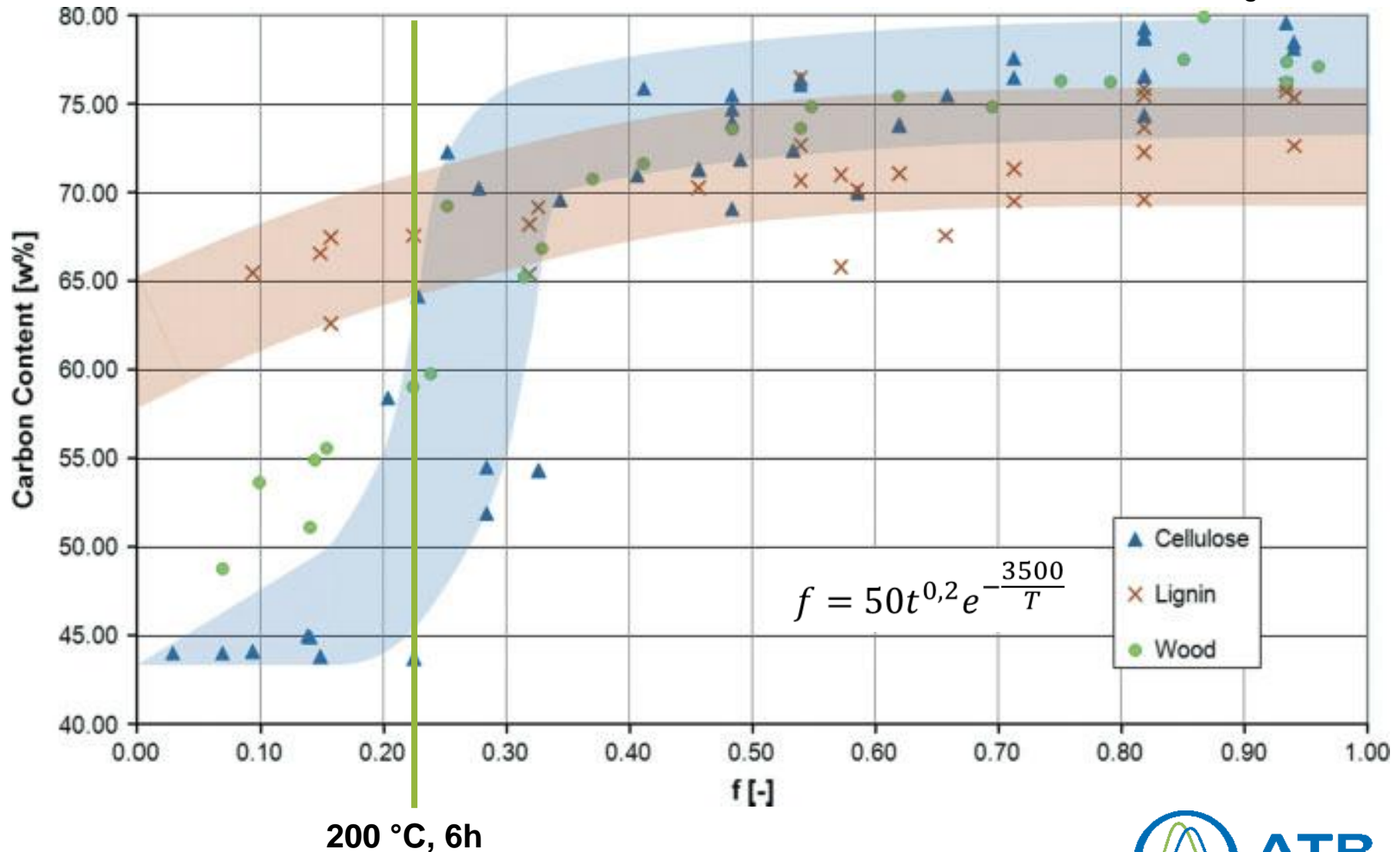


Karbonisierung von Biomasse

%C ↑

Hydrothermale Karbonisierung – Kohle

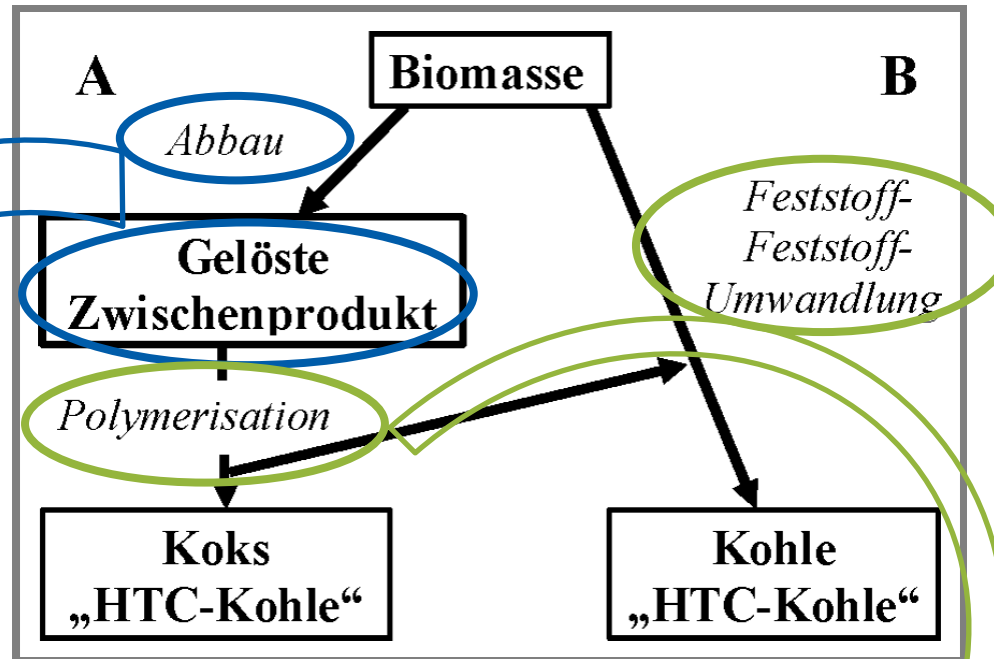
Funke und Ziegler, 2010



Hydrothermale Karbonisierung – Produkte

	Ausbeute Kohle [% TS]	C	H	O	Referenz
		[% tr,af]			
Cellulose		44,4	6,2	49,4	Schuhmacher et al. 1960
HTC: 225 °C, 3h	63	51,9	5,6	42,5	
Bioabfall		54,6	7,5	37,9	Ramke et al. 2010
HTC: 230 °C, 4,5h	57	70,5	6,9	22,6	
Speisereste		45,7	6,2	43,9	Berge et al. 2010
HTC: 250 °C, 20h	46	75,2	6,4	11,1	
Gärreste		51,8	6,8	37,9	Mumme et al. 2010
HTC: 230 °C, 6h	51	72,6	7,2	15,6	
Holz		50,3	6,0	43,3	Yan et al. 2010
HTC: 230 °C, 5min	75	56,1	5,9	37,9	(,wet torrefaction`)

Hydrothermale Karbonisierung – Reaktionen



Dinjus et al, 2011

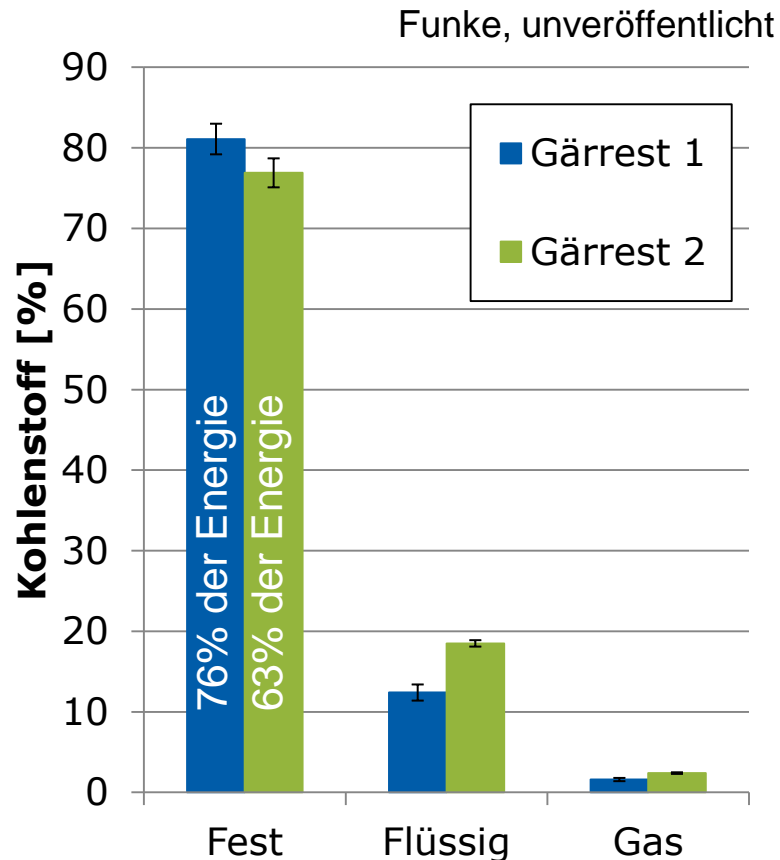
Organik im Prozesswasser

- Org. Säuren
- Furfural; HMF
- Phenole
- ...

Gase

- CO_2
- CH_4 , H_2
- H_2S , N_2O , NH_3
- ...

Kohlenstoffverteilung nach der HTC

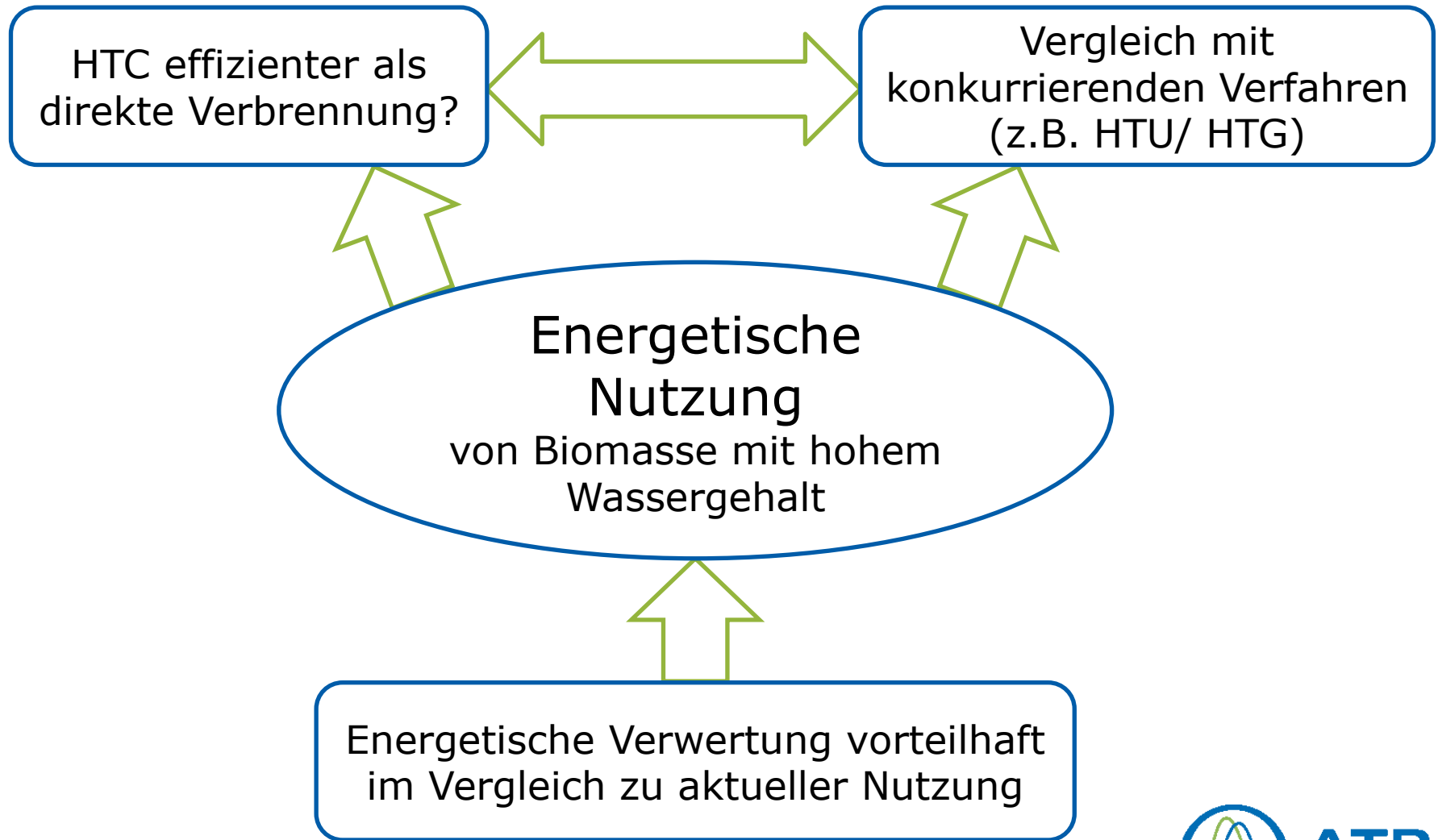


- Flüssige Produktfraktion ist signifikant
 - Kohlenstoffanteil
 - Energiemenge

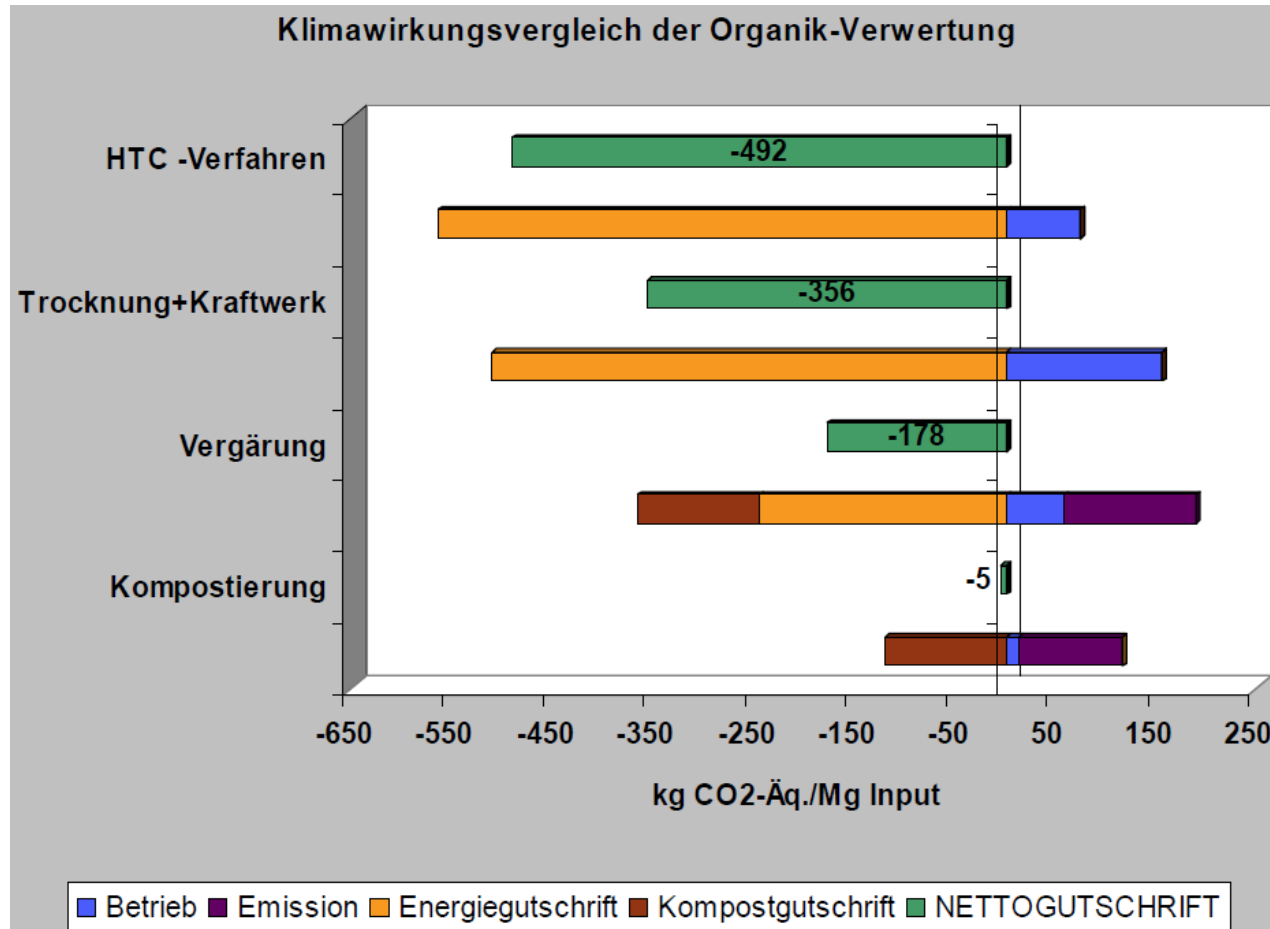
Erster Schluss – Biomasse

- Besonders geeignet für Biomasse mit hohem Wasseranteil
 - Was ist ‚hoch‘?!
- Besser für Biomasse mit hohem Celluloseanteil
 - Lignin wird weniger stark verändert
- Verhalten der Mineralien unklar
 - Aufkonzentrierung in Kohle \leftrightarrow Lösung in Prozesswasser

Verwertungskette – Grundvoraussetzungen



Nutzung von Mähgut und Laub



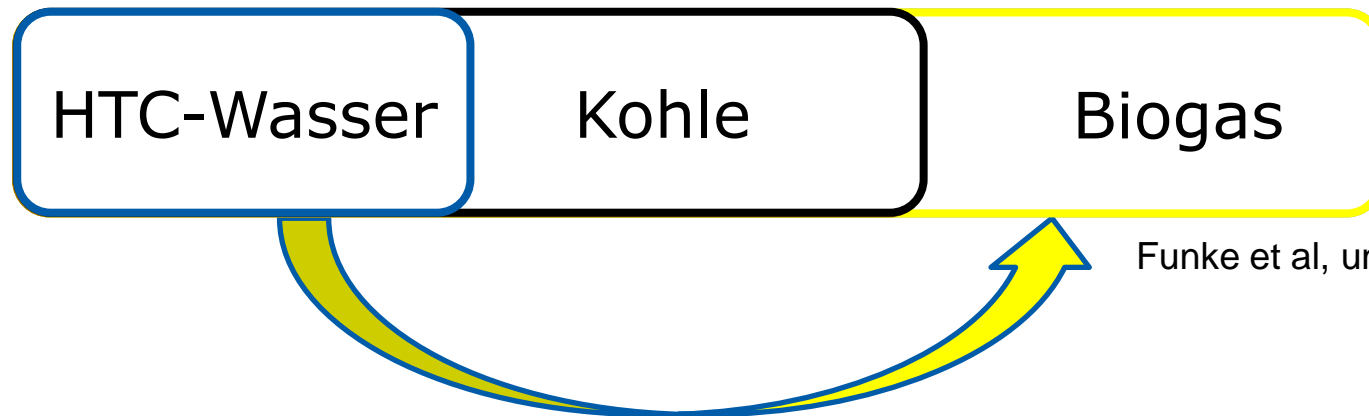
Wiegel und Riesbeck, 2011

● HTC-Kohle ersetzt Braunkohlestaub!

Karbonisierung von Gärrest

- Sinnvoll wenn Rekalzitranz des Substrats hoch

- Gärrest enthält signifikante Energiemenge
- Z.B. Stroh, Stallmist, Grünschnitt...



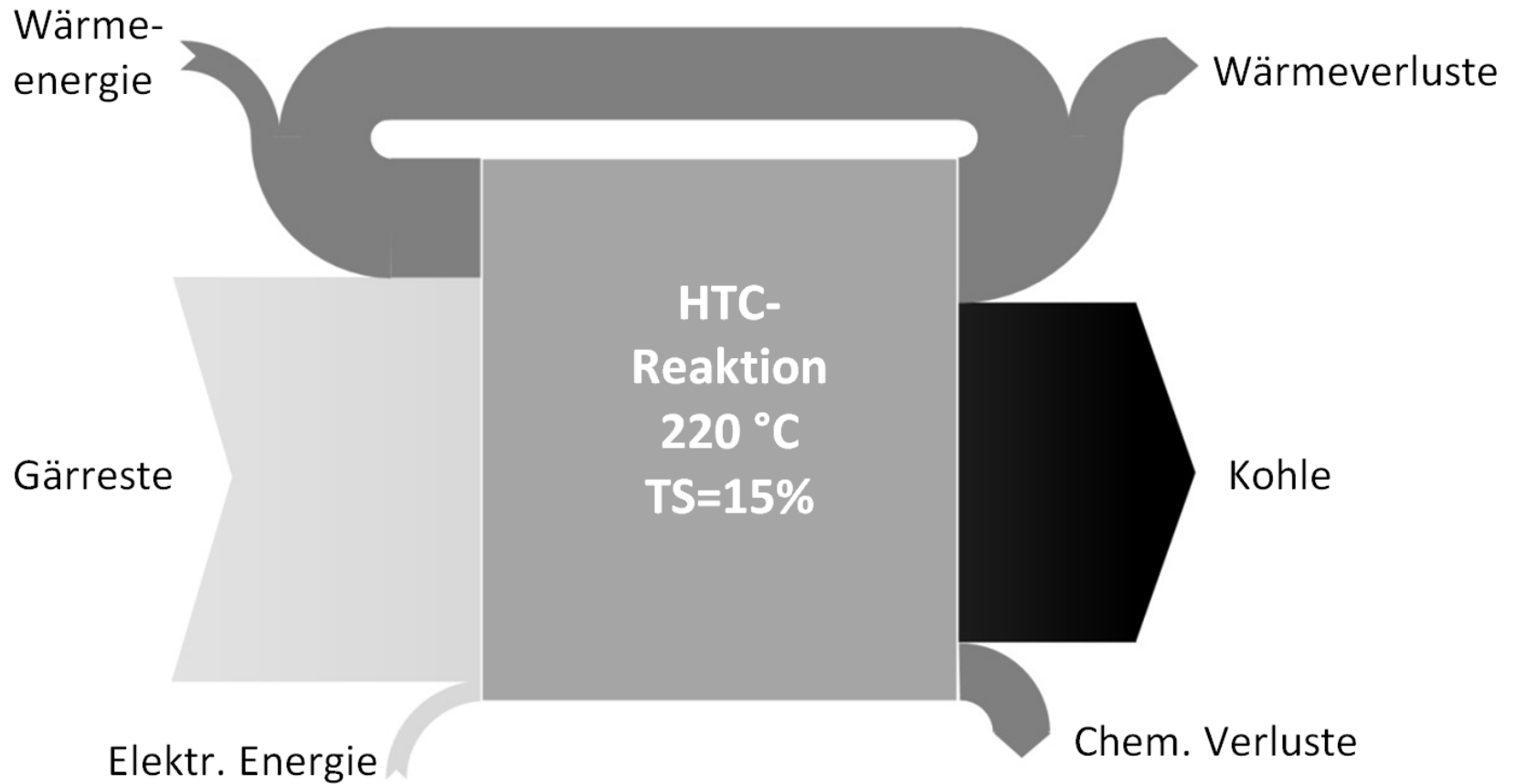
Funke et al, unveröffentlicht

Verwertungskette – Grundvoraussetzungen

HTC effizienter als
direkte Verbrennung?

Energetische
Nutzung
von Biomasse mit hohem
Wassergehalt

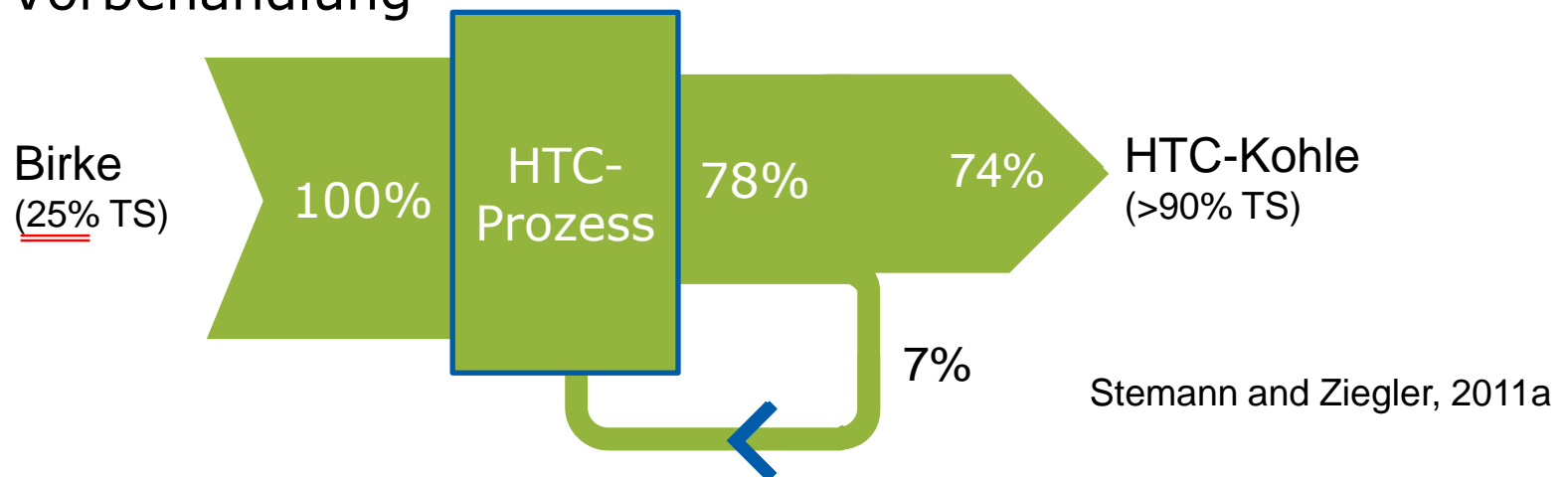
Energieströme HTC



Modellrechnungen (1)

- Untereres Limit für Wassergehalt in diesem Modell bei ca 30%

- Darunter lohnt sich mechanische Entwässerung als Vorbehandlung



- Variierung des TS zwischen 8-20% im Reaktor
 - Unterschied von knapp 6% Pkt. Gesamteffizienz (Erlach und Tsatsaronis, 2010)

Modellrechnungen (2)

Referenz	Ausbeute Kohle [% _{energie}]	Hilfsenergie [% _{kohle}]	Effizienz, gesamt [%]
Erlach et al. 2011	90	10 ^a +1 ^b	82
Stemann und Ziegler, 2011a	78	3 ^a +0,2 ^b	76 ^c
Wittmann, 2010	96	4 ^b	89 ^c
Revatec, 2011 (VTC)	85	6 ^a +4 ^b	81
Buttmann, 2011	k.A.	19 ^a +4 ^b	k.A.

^aErdgas/ Wärme

^bStrom

^cWirkungsgrad zur Stromerzeugung berücksichtigt

Effekte der Entwässerung/ Verdichtung

● Energetische Verdichtung

- Investitionseinsparung durch zentrale Anlagen höher als Transportkosten der Biomasse (Wirth et al, 2010)
- THG-Emissionen?!

● Mechanische Entwässerbarkeit steigt

- Effizientere Trocknung möglich (Ramke et al, 2010; Stemann und Ziegler, 2011b)

● Effizienzsteigerung fallabhängig

- HTC-CHP von Holz mit TS 50% kann effizienter sein als direkte Verbrennung (Erlach und Tsatsaronis, 2010)
- HTC-Vergasung kein Effekt (Erlach et al, 2011)

Fazit

- Wassergehalt im Reaktor für Energiehaushalt signifikant
 - Obere Grenze für Wassergehalt der Biomasse vorhanden!
- Entwässerung der Biomasse wichtiger Effekt für Effizienzsteigerung
- Effizienzsteigerung der Verwertungskette ist fallabhängig



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Und an:
Maria Koon
Michael Schulze

Axel Funke
Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V.
afunke@atb-potsdam.de
+49 (0)331/5699-922

Referenzen

- Berge, N.; K. Ro, J. Mao, J. Flora, M. Chappell und S. Bae (2011): Hydrothermal Carbonization of Municipal Waste Streams; *Environ Sci Technol*, 45, 5696-5703
- Dinjus, E.; A. Kruse und N. Tröger (2011): Hydrothermale Karbonisierung: 1. Einfluss des Lignins in Lignocellulosen; *Chemie Ingenieur Technik*, 83, 1734-1741
- Erlach, B.; B. Hader und G. Tsatsaronis (2011): Combined hydrothermal carbonization and gasification of biomass with CCS; *Proceedings of ECOS July 4-7 2011, Novi Sad, Serbia*
- Funke, A.; F. Ziegler (2010): Hydrothermal carbonization of biomass: A summary and discussion of chemical mechanisms for process engineering; *Biofuels, Bioprod Bioref*, 4, 160-177
- Mumme, J.; L. Eckervogt, J. Pielert, M. Diakité, F. Rupp und J. Kern (2011): Hydrothermal carbonization of anaerobically digested maize silage; *Biores Technol*, 102, 9255-9260
- Ramke, H.-G.; D. Blöhse, H.-J. Lehmann, M. Antonietti und J. Fettig (2010): Machbarkeitsstudie zur Energiegewinnung aus organischen Siedlungsabfällen durch Hydrothermale Carbonisierung; *Deutsche Bundesstiftung Umwelt*
- Revatec GmbH (2011): Vorstellung Revatec Verfahren; *fnr-Informationsveranstaltung im Rahmen der Grünen Woche 2011, Berlin*
- Stemann, J.; F. Ziegler (2011a): Assessment of the energetic efficiency of a continuously operating plant for hydrothermal carbonisation of biomass
Proceedings of World Renewable Energy Congress, 8 -13 May 2011, Linköping, Sweden
- Stemann, J.; F. Ziegler (2011b): Hydrothermal Carbonisation (HTC): Recycling of Process Water;
Proceedings of the 19th European Biomass Conference and Exhibition, 6-10 June 2011, Berlin, Germany
- Wiegel, M.; F. Riesbeck (2011): Hochwertige und klimaschonende Verwertung von Mähgut und Laub im Land Berlin; *Studie der ICU Ingenieurconsulting Umwelt und Bau*
- Wittmann, T. (2010): Veredelung von Biomasse zu SunCoal im CarboREN-Verfahren; *Erdöl Erdgas Kohle*, 126, 215-218
- Yan, W.; J. T. Hastings, T. C. Acharjee, C. J. Coronella und V. R. Vasquez (2010): Mass and energy balance of wet torrefaction of lignocellulosic biomass; *Energy Fuels*, 24, 4738-4742

Hydrothermale Karbonisierung – Einordnung

