



CarboTIP

ZOOLOGISCHE
GÄRTEN **BERLIN**
ZOO | AQUARIUM | TIERPARK

Freie Universität



Berlin

Verwertung von Laub zu Pflanzenkohle

Maik Stoof

29.11.2018

Workshop CarboTIP

Problemstellung



- Große Mengen Laub
- Kosten für Entsorgung
- Substratbedarf
- Energiebedarf
- Klimaschutz



Bild: NASA 2002, bearbeitet

Prüfung der Pyrolysetechnologie auf Eignung zur Problemlösung



Kann Laub zu
Pflanzenkohle
pyrolysiert werden?

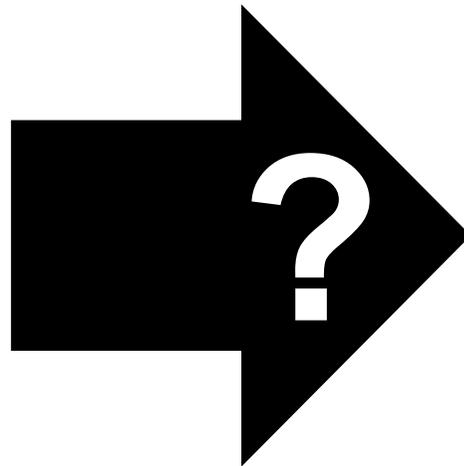


Bild: LBEG Niedersachsen 2014

Optimierung des Laubes als Inputmaterial



Carbo  **TIP**

Aschegehalt senken

- Sammelmethode optimieren
- Reinigen des Laubes

Wassergehalt senken

- Witterung beim Sammeln
- Sammelmethode optimieren
- Trocknen des Laubes

Aufbereitung für Pyrolyseanlage

- Zermahlen
- Pelletieren

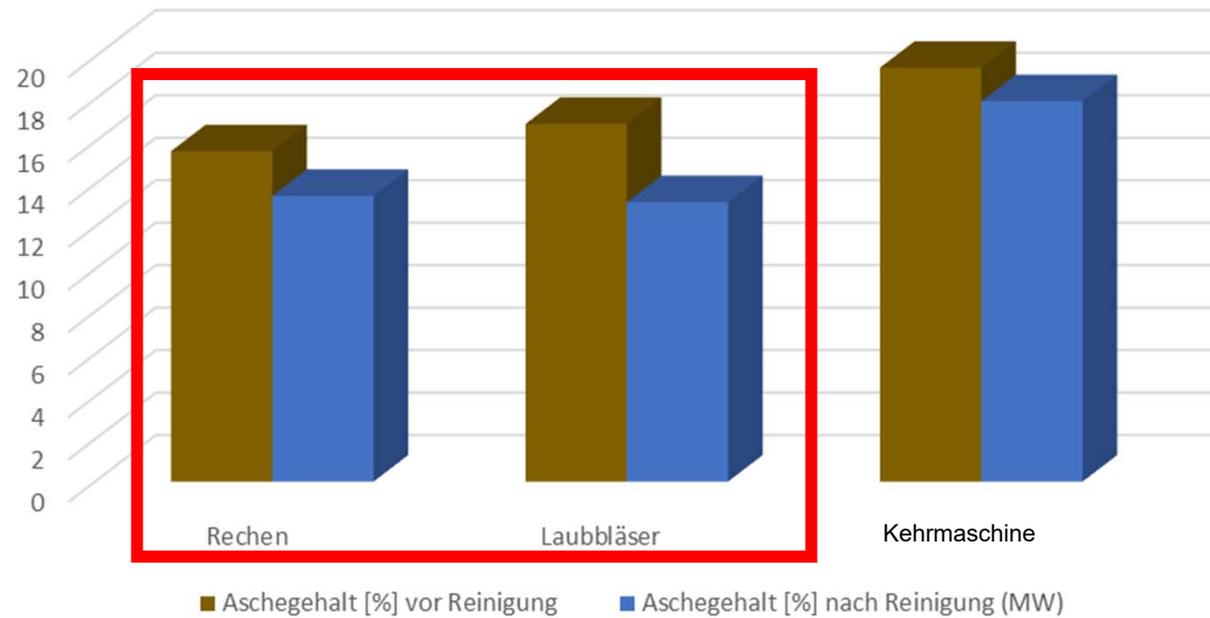
Einfluss der Sammelmethode und des Reinigens auf den Aschegehalt



Carbo  **TIP**



Aschegehalt des Laubes nach Sammelmethode



Eigene Darstellung, Daten aus Rath 2015

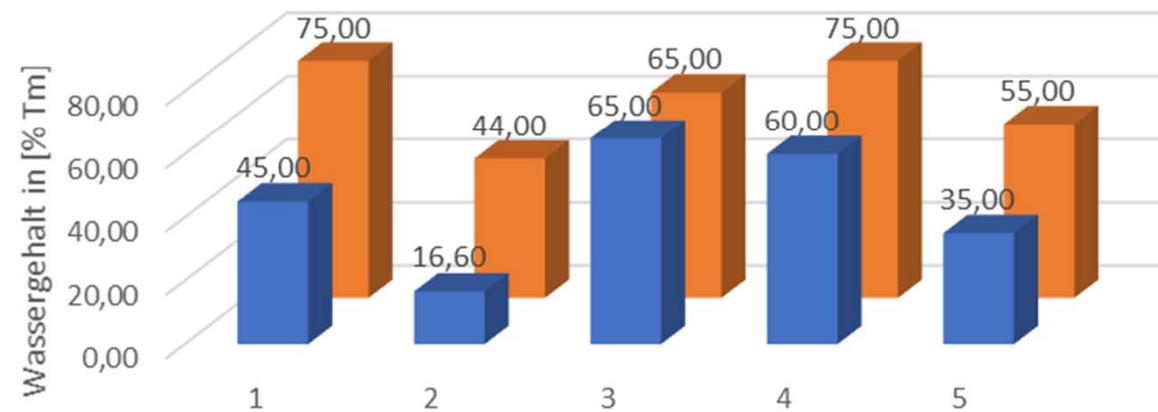
Wassergehalte des Laubes



Carbo  **TIP**

1	ICU 2011
2	KEICHEL et al 2014
3	SANDERS 2016
4	TERTYZE et al 2017
5	VOGT et al 2012

Wassergehalte des Laubes in verschiedenen Quellen



Zermahlen des Laubes & pelletieren



Carbo  **TIP**



Lagerfähigkeit Laubmehl



Carbo  **TIP**



Lagerfähigkeit Pellets



Carbo | **TIP**



Bestimmung der idealen Wassergehalte



- Laub Wassergehalt (WG) von 10 % - 60 %
- Laubmehl WG von 14 % bis 35 %
- Pelletierung beste Ergebnisse um 23 % WG des Laubmehls



Trocknen des Laubes



Carbo  **TIP**

- Erhöht Staubbelastung bei Weiterverarbeitung
- Erfordert ggf. ein Anfeuchten vor Pelletierung
- Benötigt Energie

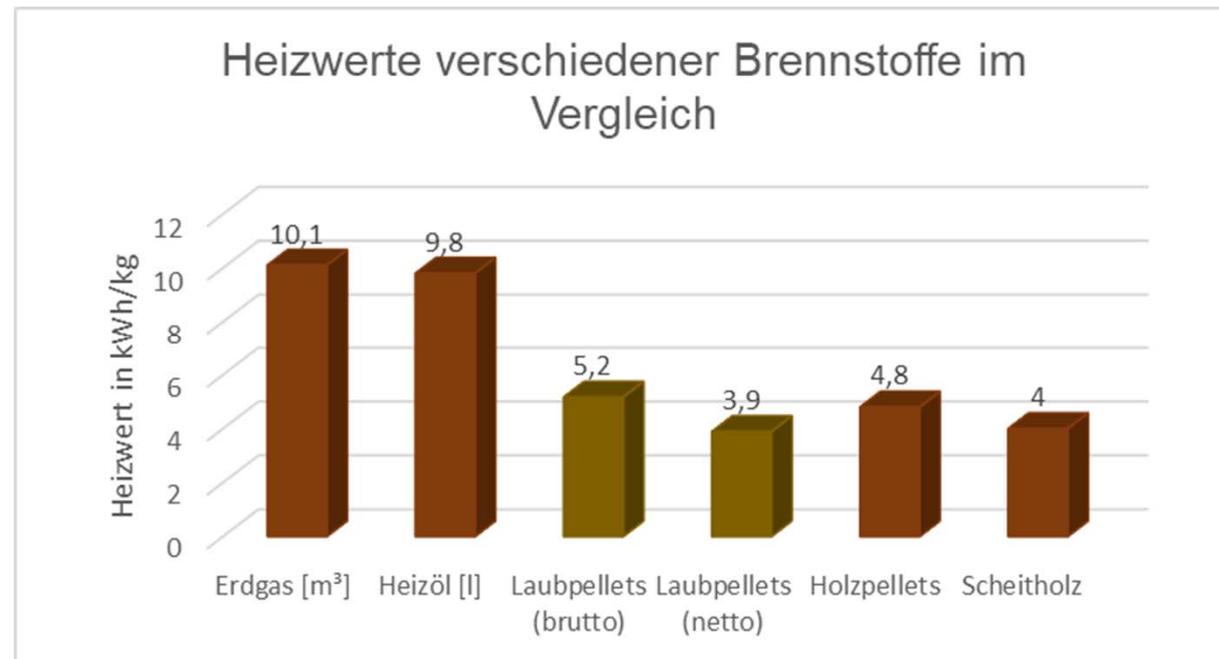
- Erleichtert Reinigung
- Erleichtert Pelletierung
- Erhöht Lagerfähigkeit
 - Vermeidet Schädlinge
 - Vermeidet Schimmel
 - Vermeidet Rotte
- Erhöht Heizwert

Heizwerte von Presslingen & Energiebedarf Aufbereitung



		Wert	Einheit
Pellets	Strom	0,3	kWh/Kg
	Erdgas	1	kWh/Kg
	Gesamt	1,3	kWh/Kg
Taler	Strom	0,28	kWh/Kg
	Erdgas	1	kWh/Kg
	Gesamt	1,28	kWh/Kg

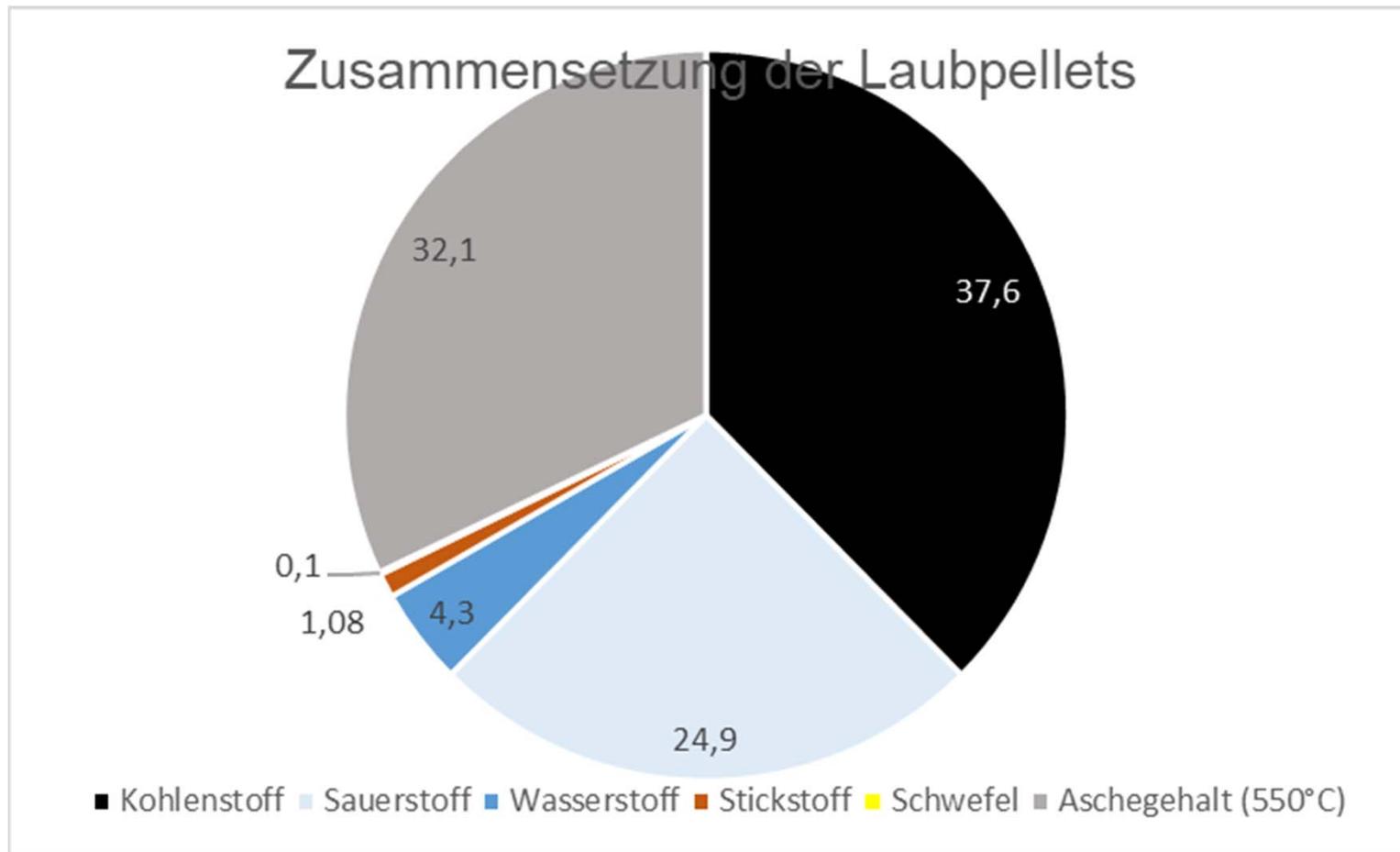
Sanders 2016 S.18



Charakterisierung der Laubpellets



Carbo  **TIP**

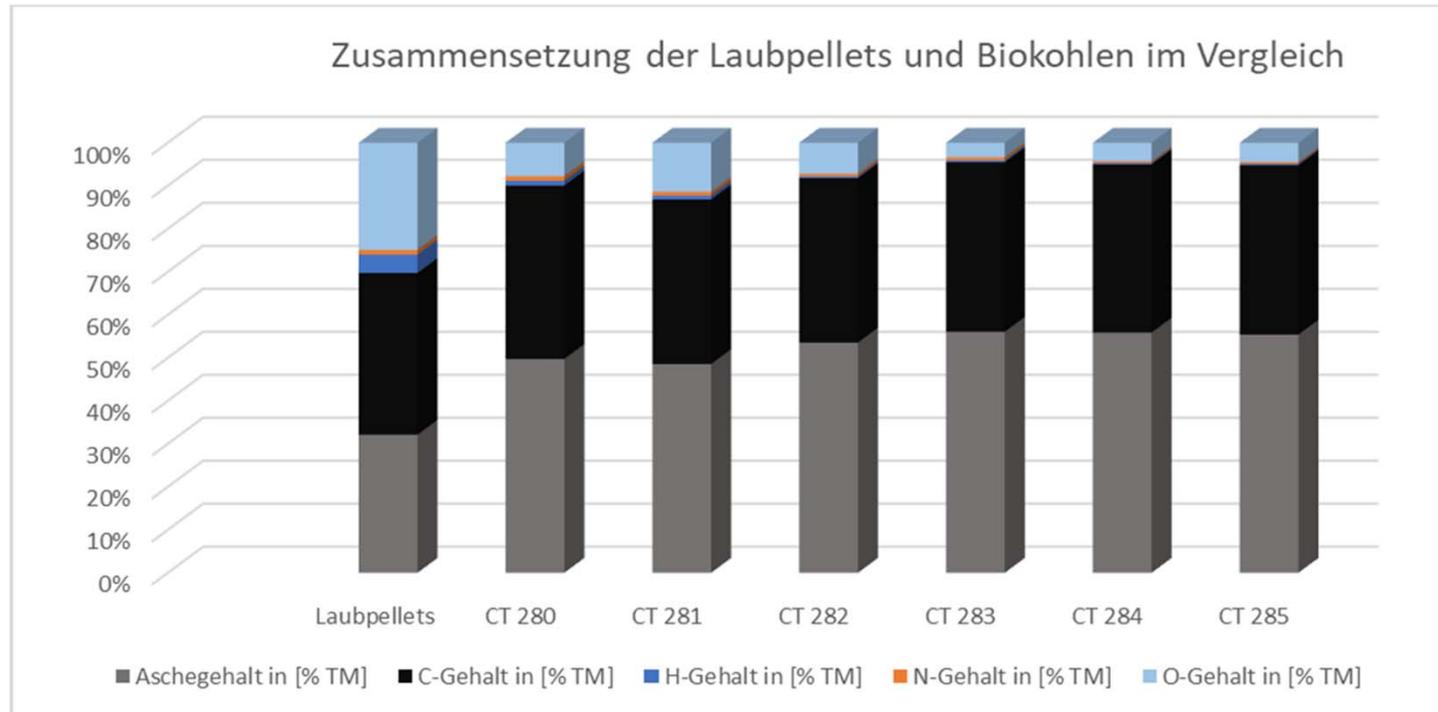


Charakterisierung der Pflanzenkohlen



Carbo  **TIP**

CT 280	CT 281
550 °C	550 °C
40 min	60 min
CT 282	CT 283
750 °C	750 °C
40 min	60 min
CT 284	CT 285
950 °C	950 °C
40 min	60 min



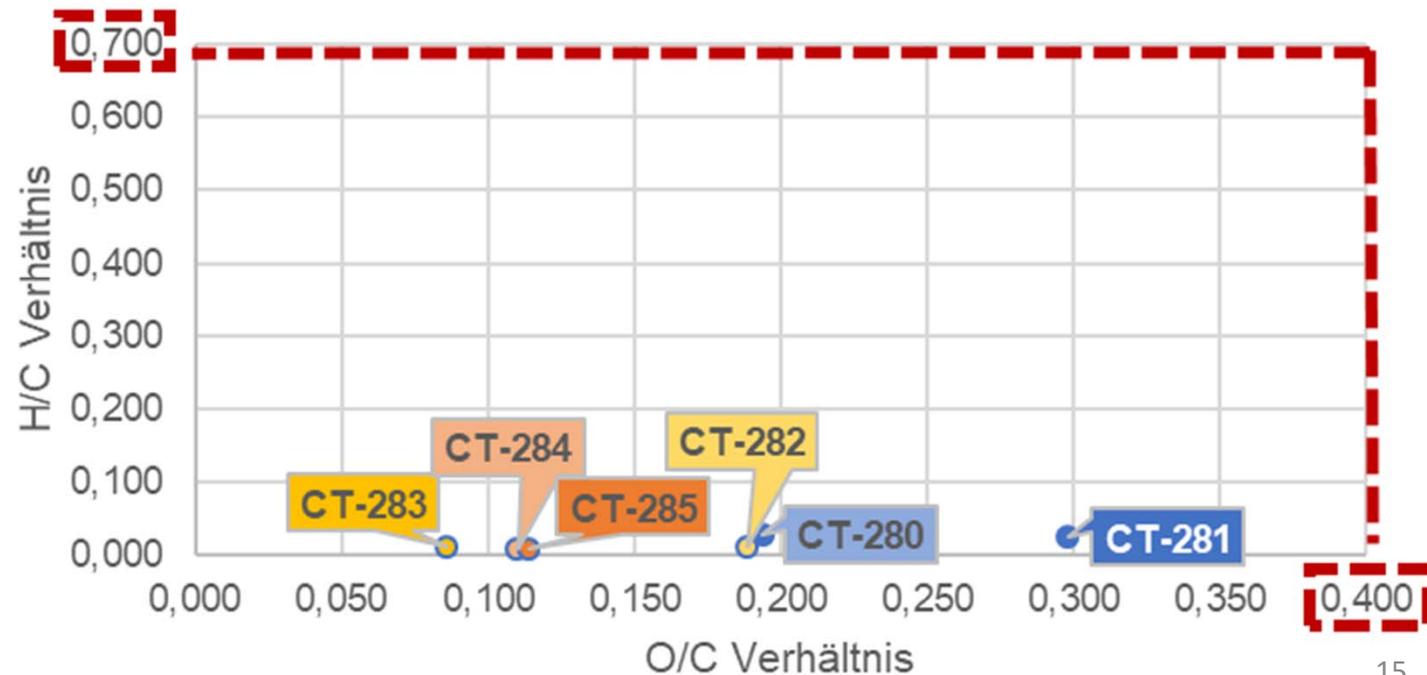
Charakterisierung der Pflanzenkohlen



Carbo | **TIP**

Van Krevelen Diagramm der Pflanzenkohlen in den Grenzen der EBC

CT 280	CT 281
550 °C	550 °C
40 min	60 min
CT 282	CT 283
750 °C	750 °C
40 min	60 min
CT 284	CT 285
950 °C	950 °C
40 min	60 min

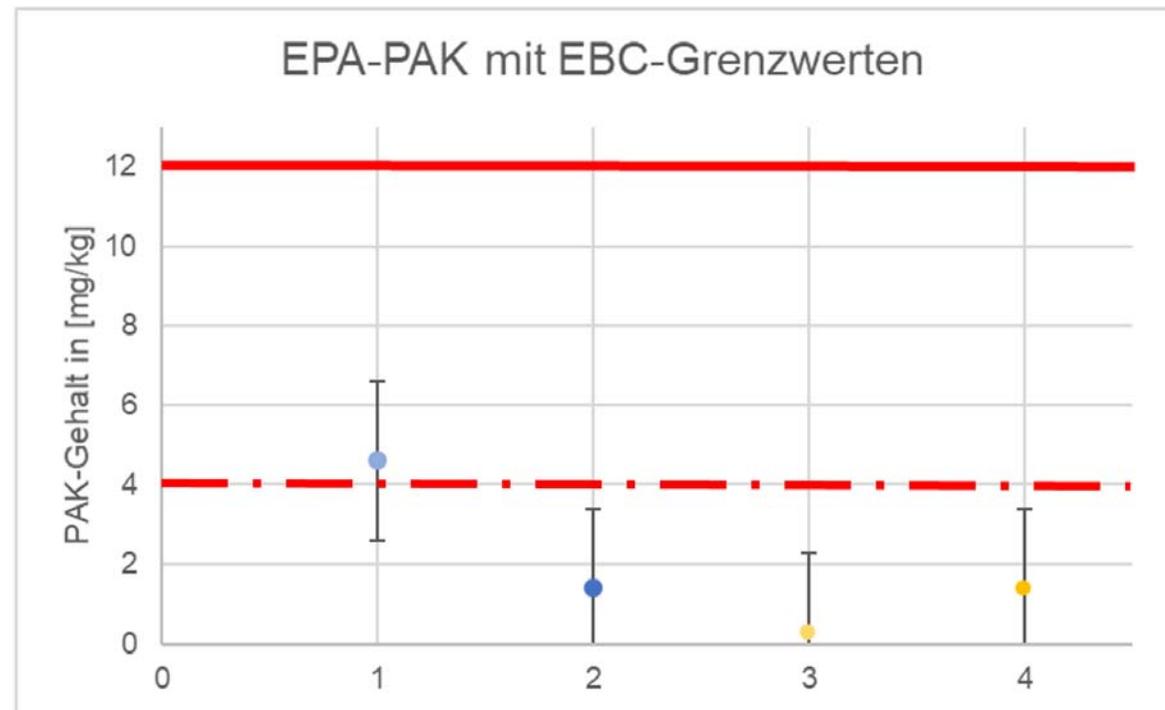


Charakterisierung der Pflanzenkohlen



Carbo  **TIP**

CT 280	CT 281
550 °C	550 °C
40 min	60 min
CT 282	CT 283
750 °C	750 °C
40 min	60 min



Charakterisierung der Pflanzenkohlen



	As	B	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Laubpellets [mg/kg]	2	56	0,3	27	15	12	19	179
MW Pflkohlen [mg/kg]	2,83	90,89	0,00	22,78	86,72	24,89	24,67	183,11
Grenzwert BBodschV	25	k.a.	10	200	1300	70	200	k.a.
Grenzwert DüMV	20	100	1	300	500	40	100	1000
EBC basic	13	k.a.	2	90	100	50	150	400
EBC premium	13	k.a.	1	80	100	30	120	400

Probelauf bei PYREG



Ausgewählte Abgasmesswerte aus vergleichbaren Inputsubstraten

Messwerte aus Abgasuntersuchungen verschiedener Anlagen aus 2017 -2018 (Mittelwert)

Stoff	O2	CO		NOx		SO2		HCL		HF		Staub		
Maßeinheit	Vol.%	mg/m ³	g/h	mg/m ³	g/h	mg/m ³	g/h	mg/m ³	g/h	mg/m ³	g/h	mg/m ³	g/h	
Messwert	∅	8,7	9,1	2,7	148,2	43,9	37,7	11,2	0,4	0,1	< 0,06	< 0,018	13,5	3,9

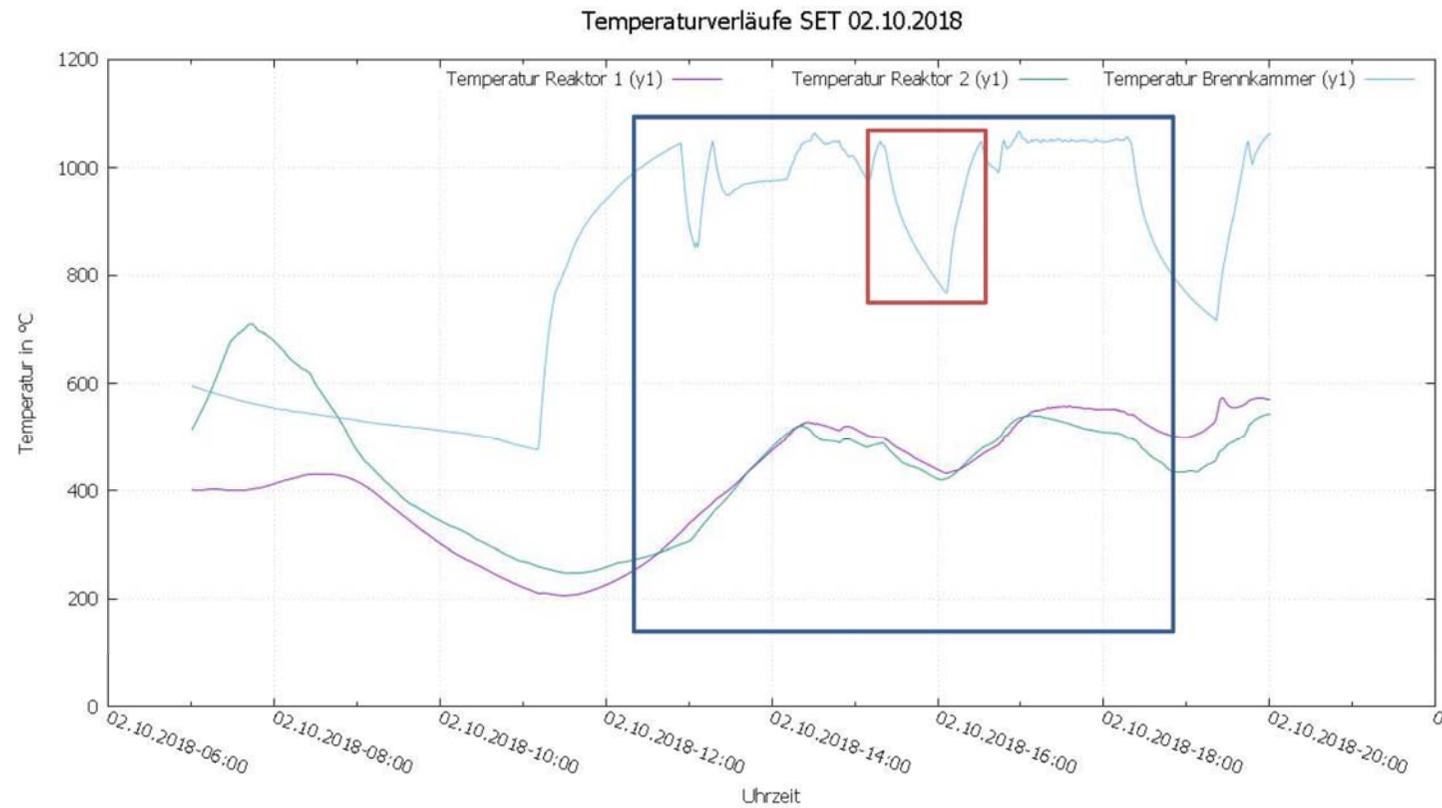
Stoff	C-ges		Hg		Benzol		Cd+Tl		Sb, As,Pb, Cr, Co, Cu, NPCDD/F		B(a)P				
Maßeinheit	mg/m ³	g/h	mg/m ³	g/h	mg/m ³	g/h	mg/m ³	g/h	mg/m ³	g/h	ng/m ³	mg/h	ng/m ³	mg/h	
Messwert	∅	< 5	< 1,5	< 0,001	0	< 0,02	< 0,006	0,004	0,001	0,2	0,06	0,001	0	0	< 0,000

Quelle: PYREG 2018

Probelauf bei PYREG



Carbo | **TIP**



Quelle: PYREG 2018

Probelauf bei PYREG



Carbo | **TIP**

Frischmasse						
<i>Big Bag Nr.</i>	<i>Input-Material</i>	<i>Gewicht FM (kg)</i>	<i>Verwiege-datum</i>	<i>TS Gehalt (Schnelltest)</i>		<i>Gewicht TM (kg)</i>
1	Laubpellets	434,5	02.10.2018	88,5%		384,5
		<u>434,5</u>		<u>0,885</u>		<u>384,5</u>

Kohle						
<i>Big Bag Nr.</i>	<i>Input-Material</i>	<i>Verarbeitungs-zeitraum</i>	<i>Verwiegedatum</i>	<i>Gewicht (kg)</i>	<i>TS Gehalt</i>	<i>Gewicht TM (kg)</i>
1	Laubpellets	12:30-15:30	02.10.2018	40	81,70%	32,68
2	Laubpellets	16:00-18:00	02.10.2018	117	81,65%	95,5305
				<u>157</u>		<u>128,2105</u>

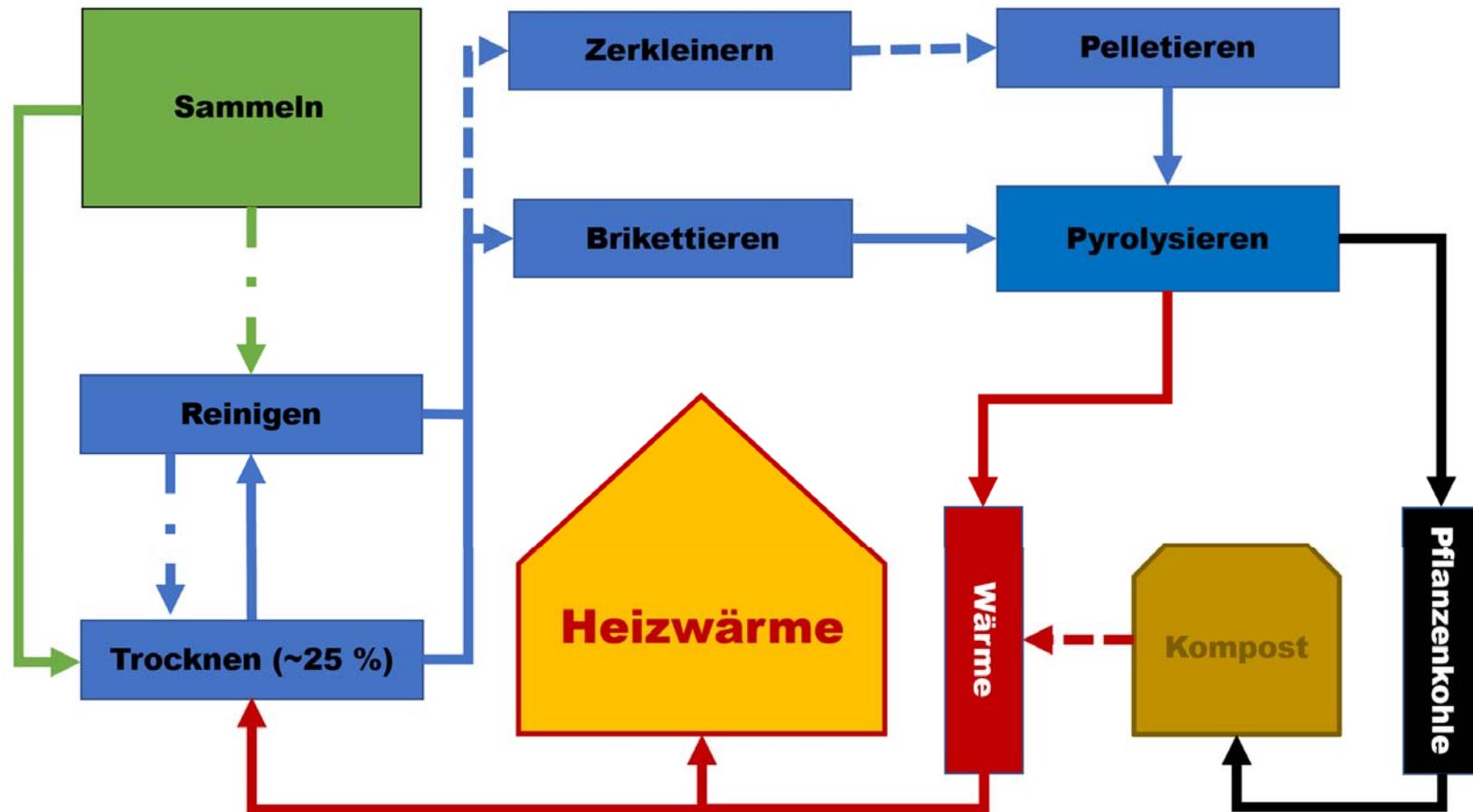
Quelle: PYREG 2018

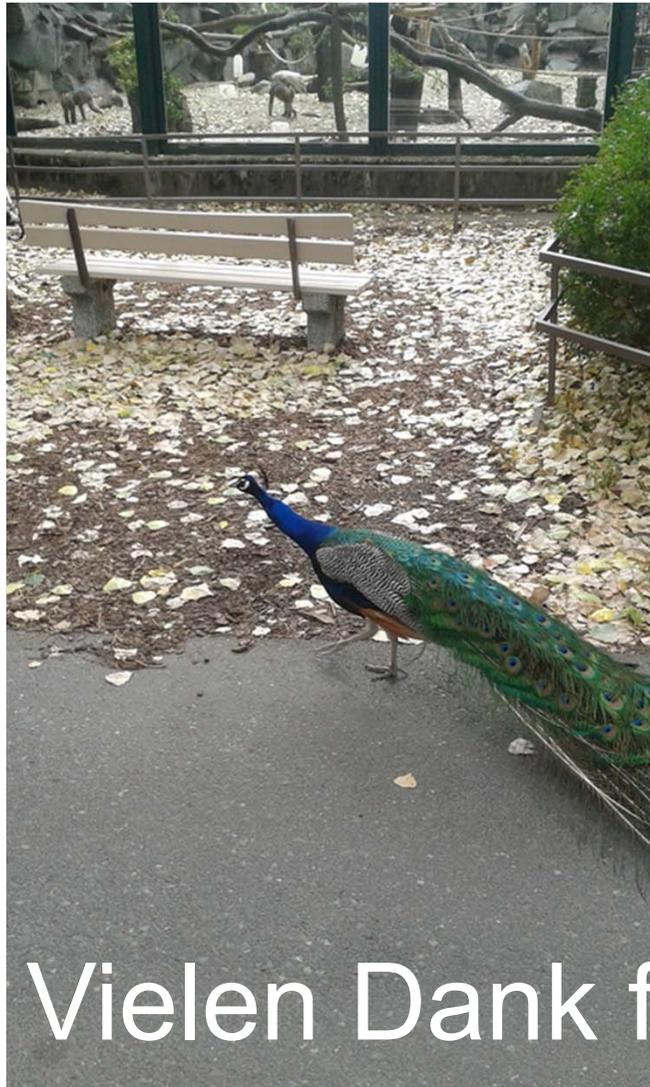
Konversionsrate	<u><u>33%</u></u>
-----------------	-------------------

Verfahrensempfehlung zur Laubverwertung



Carbo  **TIP**





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Bild: Pyreg 2018