

ökozentrum

forschen | entwickeln | bilden



CharNet

Fachverband für Pflanzenkohle
und Pyrolyse

Pyrolyse und Pflanzenkohle

Humusaufbau und Düngereffizienz
durch dauerhaften Kohlenstoff

Flaach, 4. September 2019

Martin Schmid
Dipl. Masch.-Ing. HTL/FH

Globale Herausforderungen verbunden via Humusboden.....

- Ernährungssicherheit
- Süßwasser-Versorgung
- Klima
- Energieversorgung

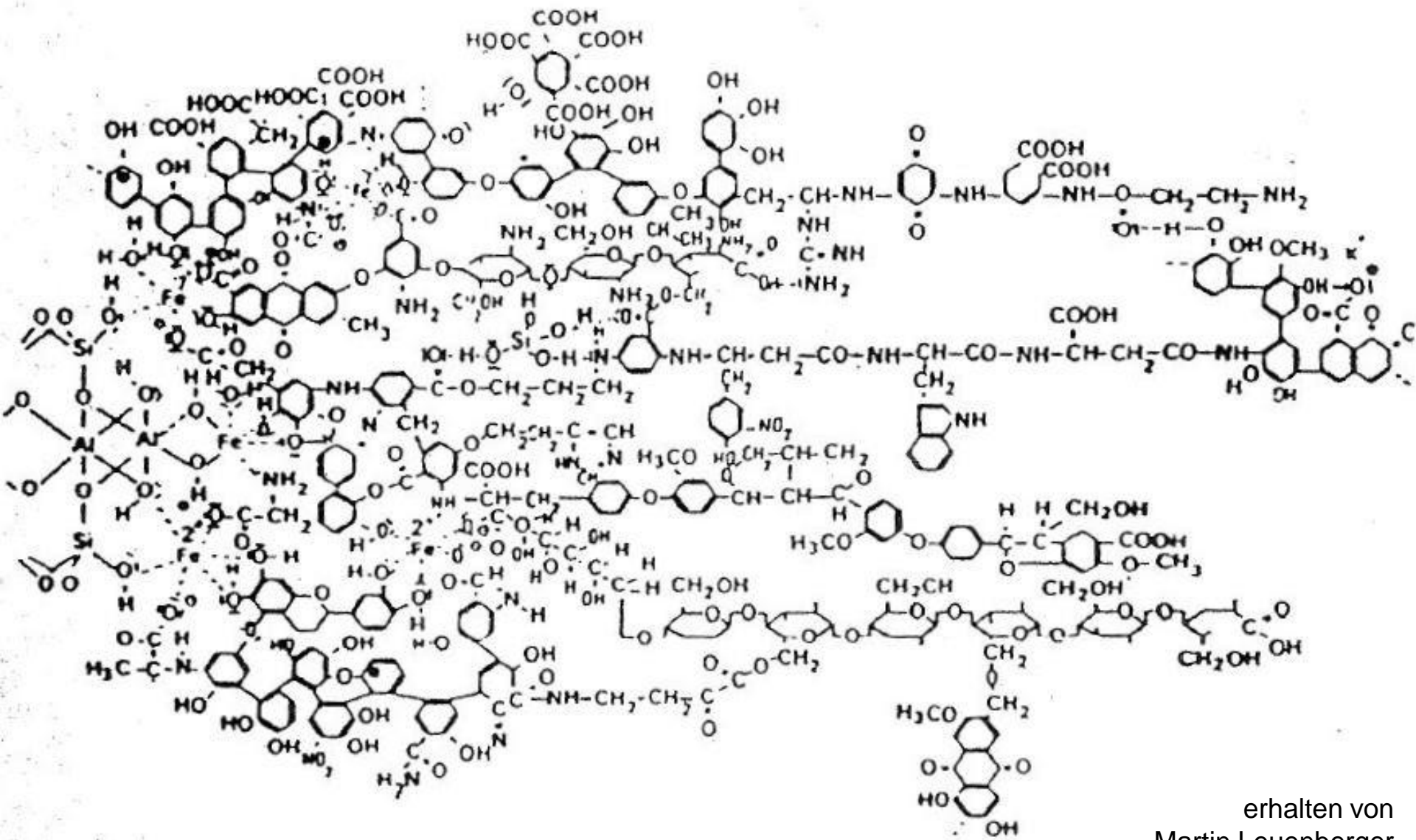


Heutige Landwirtschaftsmethoden verlieren zu oft Kohlenstoff aus dem Boden

- *Im Agronom-ETH Studium werde immer noch gelehrt, dass Boden eine „Nicht-erneuerbare Ressource“ ist – also irgendwann ist „fertig“*
- *Dass das nicht so sein muss, wird regenerative Landwirtschaft genannt und kommt nun stark in Mode – auch weil es „höchste Eisenbahn“ dazu ist.*

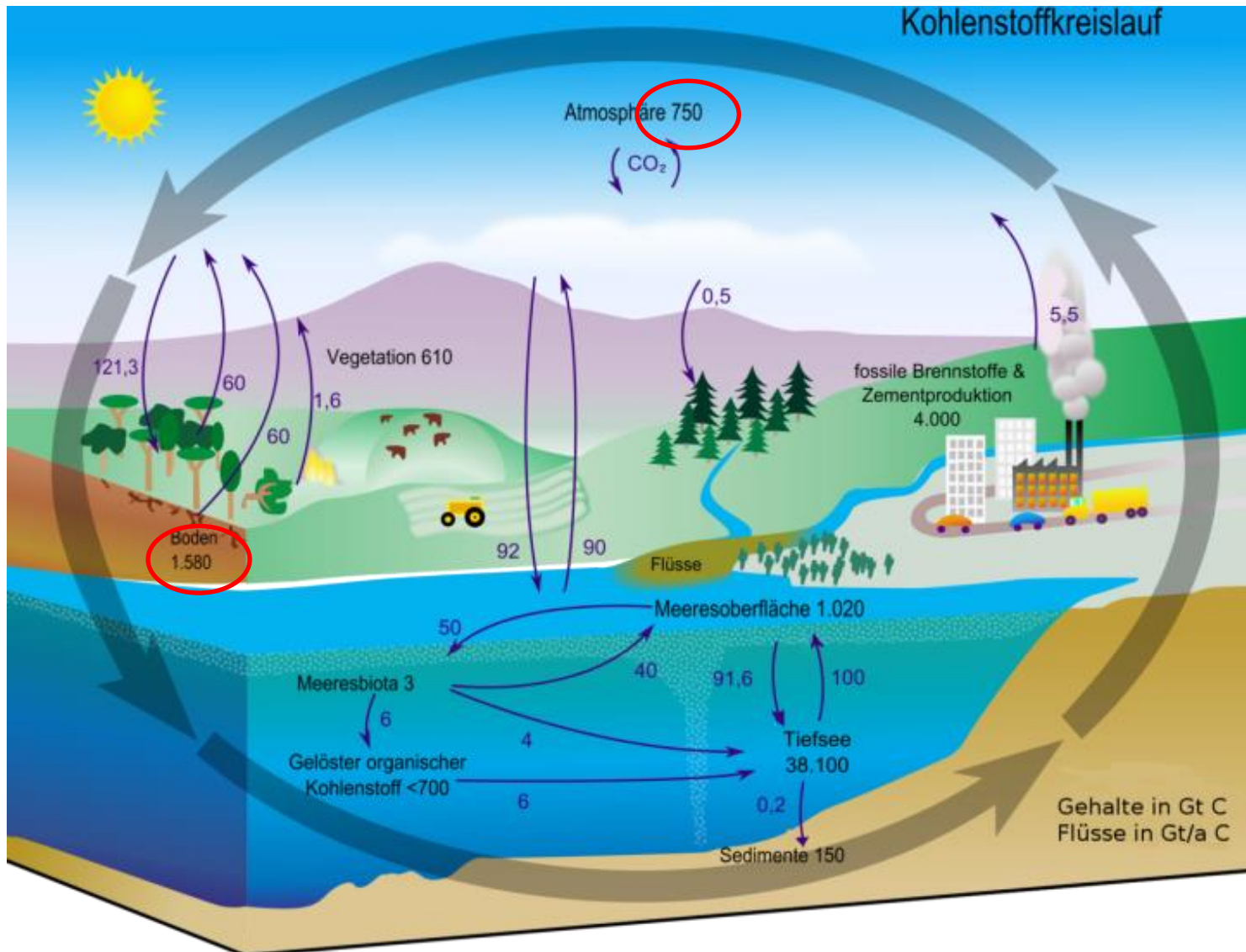


Humus – Huminstoff – Kohlenstoff-Komplexe

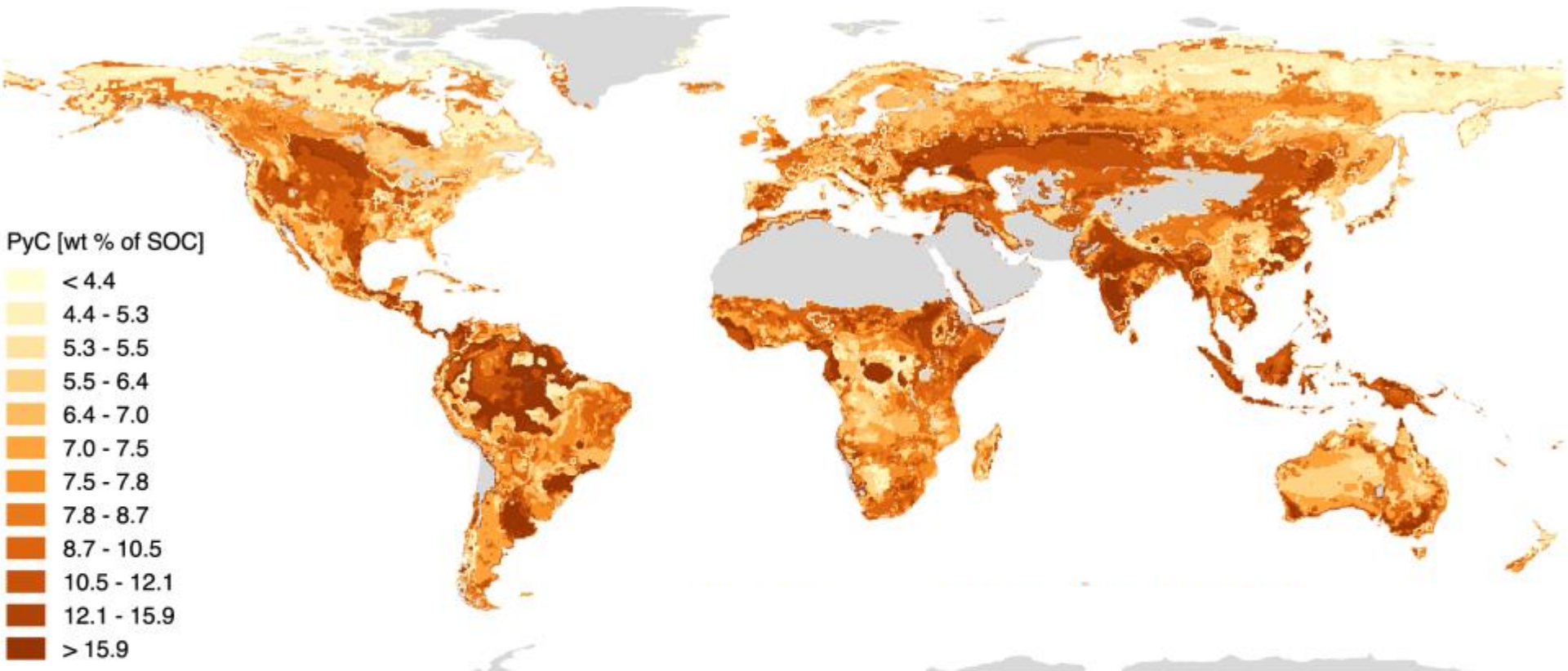


erhalten von
Martin Leuenberger
Leureko

Die Humusböden enthalten mehr als doppelt soviel Kohlenstoff C wie die Atmosphäre



Die häufigste Form von Kohlenstoff im Humusboden ist pyrolytischen Ursprungs – nicht weil es so häufig brennt...



Take home messages:

- Soils are all full of biochar-like material

...weil Pflanzenkohle mindestens 300x länger im Boden bleibt als «kompostierte Biomasse»
→ Die «Terra-Preta» – Geschichte ist kein Hype!



Bildquelle: elfenwald.org

Die seit 500 Jahren ohne Fruchtbarkeitsverlust bewirtschafteten schwarzen Böden, die an wenigen Stellen am Amazonas zu finden sind, enthalten menschengemachte Holzkohle einer früheren Hochkultur von vor 7'000 bis 3'000 Jahren.

Der Mensch kann also Humus-positiv wirtschaften!

→ Pflanzenkohle ist die dauerhafteste Form von Kohlenstoff im Boden, kann Humus aufbauen und liefert bei sauberer Integration in die landwirtschaftlichen Prozesse zahlreiche Vorteile und zusätzliches Einkommen.



Kaskadischer Einsatz



Silage-Führung



Futterzusatz



Einstreu

Gülle-Behandlung



Kompostzuschlag



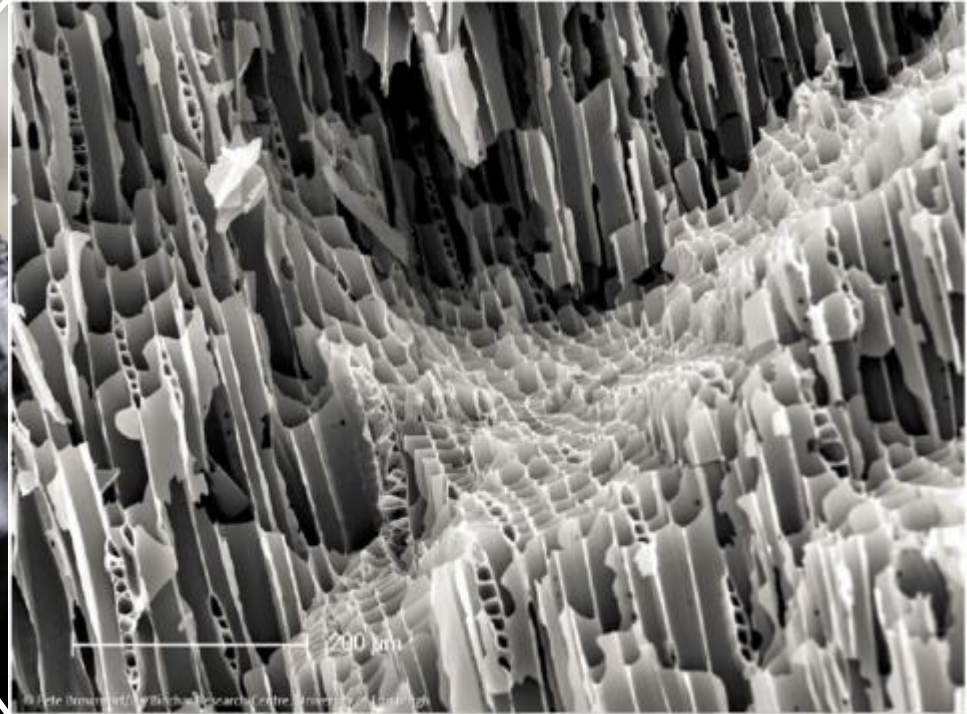
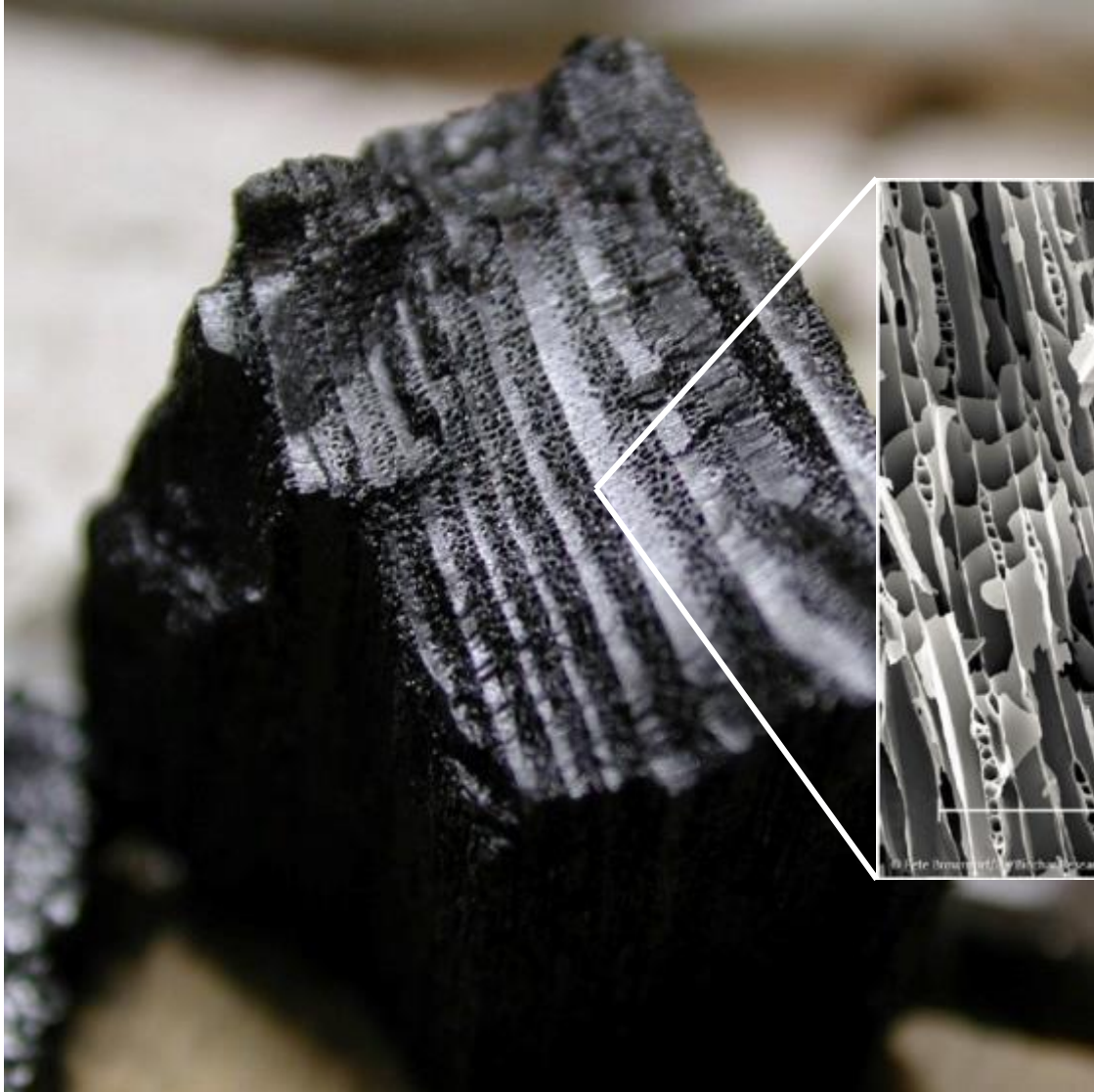
Bodenverbesserung + Düngung



Pilzfrei trockene Lagerung von Lebensmitteln



Was ist Pflanzenkohle?

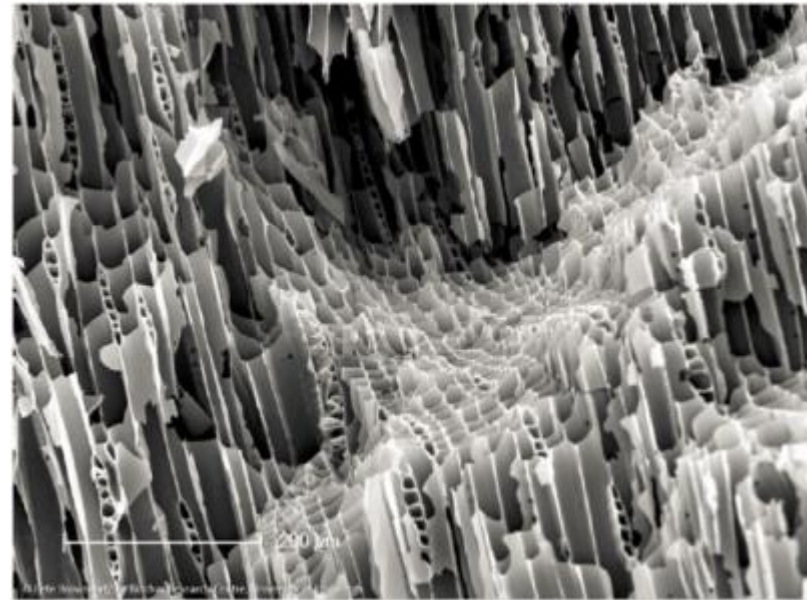


Bildquelle:
Kaskad-E.ch

Bildquelle:
Ithaka-Institute

Was ist Pflanzenkohle? Biochar? Biougol?

- *Aus Biomasse erzeugte Aktivkohle (englisch und französisch: Biochar, russisch: Bio-ugol – aber im deutschsprachigen Raum war „Bio“ ein mehrfach besetzter Ausdruck; Holzkohle ist auch eine Pflanzenkohle-Art)*
- *Sehr porös – 200 bis 1'500 m²/g*
- *Enorme Wasserhaltekapazität (100 bis zu 500% der Eigenmasse)*
- *Geruchlos*
- *Geschmacklos ausser bei hohem Mineralgehalt*
- *Basisch – pH >9.0*
- *So gut wie kristaline Struktur*
- *Elektrisch gut leitend*
- *Sehr hohe KAK (Kationen-Austausch-Kapazität)*
- *katalytisch und reduzierend*
- *Thermisch stabil gegen Oxidation bis ca. 375°C – langlebigste C-Form*
- *Stabiler schwarzer Farbstoff (E153) „Pflanzenkohle“*



Beispiel: Kohle aus Siebüberstand Kompostierung

Projekt: Pflanzenkohleanalytik gemäß EBC-Richtlinie				PPP "gut" 29.9 Nr.1		
Untersuchung nach Biochar according to European Biochar Certificate (Auswahl)				116083046		
Parameter	Einheit	BG	Grenzwert		anf	wf
			GW 1	GW 2		
Bestimmung aus der Originalsubstanz (<= 2mm gebrochenes Material)						
Wasserhaltekapazität	Ma.-%				-	134,2
Schüttdichte	kg/m³				175	-
spezifische Oberfläche BET-Verfahren	m²/g				-	234
Reindichte	g/cm³				-	1,72
Gesamtwasser	Ma.-%	0,1			4,2	-
Aschegehalt 550 °C	Ma.-%	0,1			10,5	10,9
Brennwert (Ho,V)	kJ/kg	200			29016	30293
Heizwert (Hu,p)	kJ/kg	200			28639	30007
Wasserstoff	Ma.-%	0,1			1,28	1,34
Kohlenstoff gesamt (TC)	Ma.-%	0,2	> 50	> 5	80,9	84,5
Stickstoff gesamt	Ma.-%	0,05			1,13	1,18



*Düngermineralien + N
pro Tonne Kohle:*

Calcium: 17 kg CaO

Kalium: 19 kg K₂O

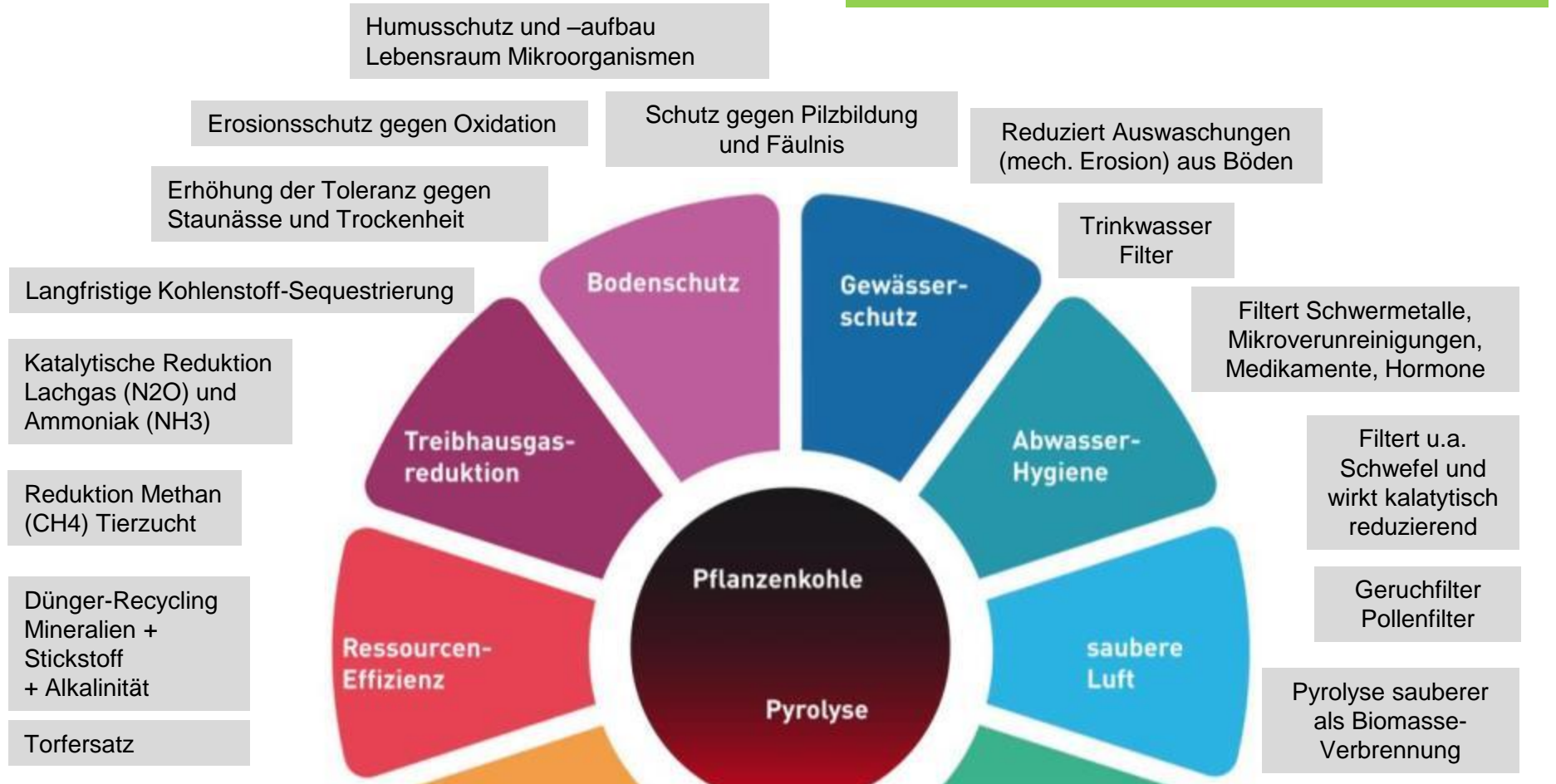
Phosphor: 8 kg P₂O₅

Stickstoff: 11 kg N

Bestimmung aus dem Borataufschluss der Asche 550°C nach DIN 5172R-JE02)						
Eisen berechnet als Fe ₂ O ₃	Ma.-%	0,1			-	2,1
Calcium berechnet als CaO	Ma.-%	0,1			-	17,3
Kalium berechnet als K ₂ O	Ma.-%	0,1			-	18,9
Magnesium berechnet als MgO	Ma.-%	0,1			-	5,1
Natrium berechnet als Na ₂ O	Ma.-%	0,1			-	1,3
Phosphor als P ₂ O ₅ ber.	Ma.-%	0,1			-	7,5
Schwefel berechnet als SO ₃	Ma.-%	0,1			-	1,6
Silicium berechnet als SiO ₂	Ma.-%	0,1			-	24,5

Was kann Pflanzenkohle?

Pflanzenkohle muss zertifiziert sein (EBC)
- Schwermetalle, PCB, PAK, etc.



CharNet

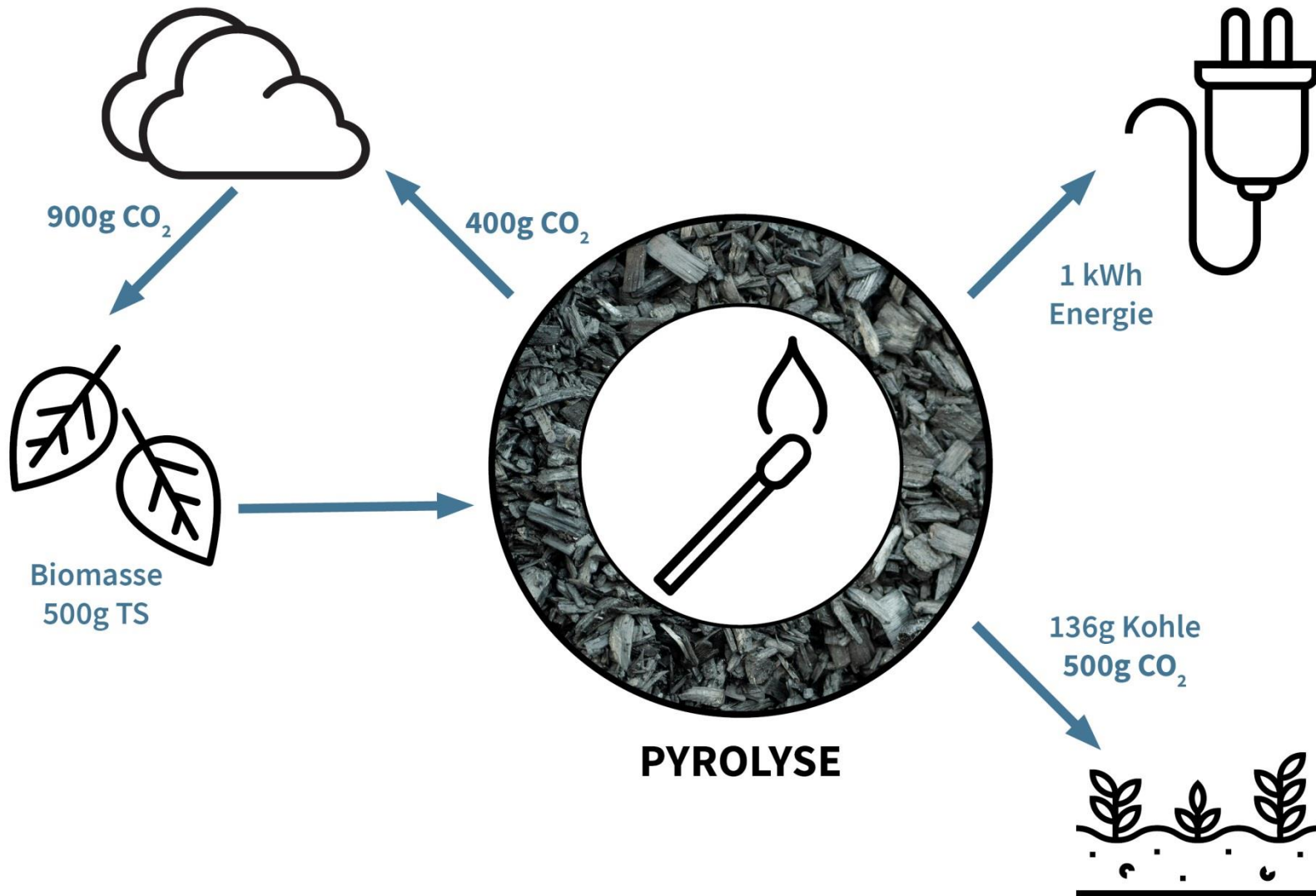
Fachverband für Pflanzenkohle
und Pyrolyse

Pflanzenkohle – aber erst das halbe Spiel

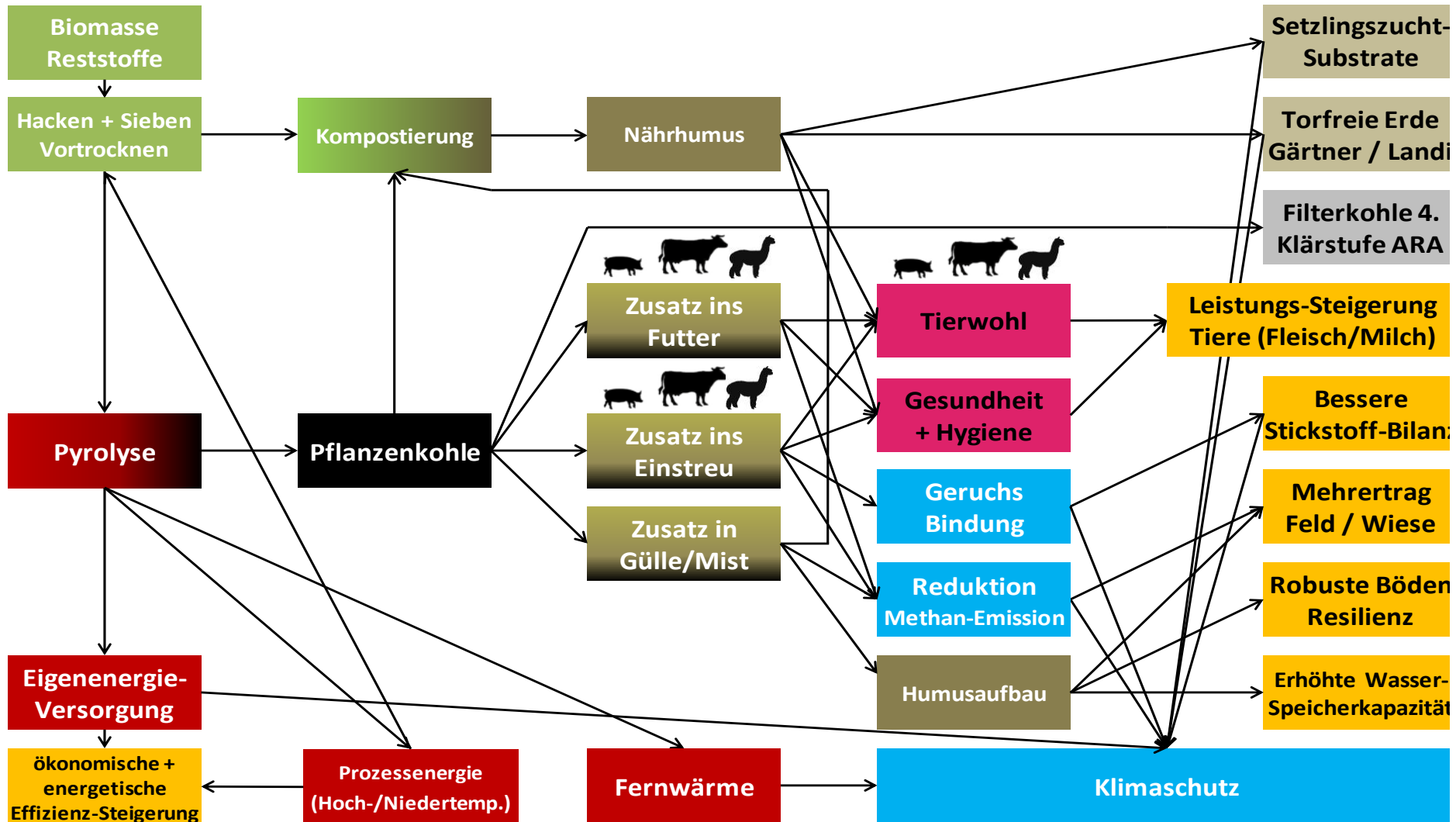


ihre Herstellung heisst Pyrolyse und bringt Energie

Pyrolyseprozess = „Klimapositive Energie“ (-500g CO₂/kWh)



Integration in die Prozesse – 12 verbesserte oder zusätzliche Produkte



weitere Anwendungen



Wasser-/Abwasserfilterung
2000 CHF/t



Lebensmittelfarbstoff
E153 bis 20'000 CHF/t



Kosmetik,
Körperpflege
bis 40'000
CHF/t



Deodoration
in Kleidern
und Luftfiltern



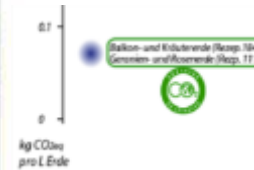
Haustier- und
Menschengesundheit
bis 200'000 CHF/t



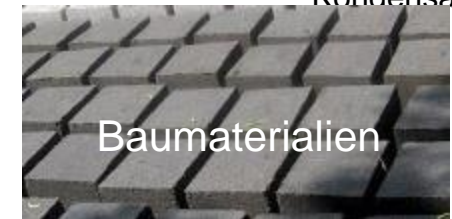
Grillkohle-Briketts ab
850 CHF/t



Torffreie
Gartenerde



Energiespeicherung
Super-
Kondensatoren



Baumaterialien

Die Pflanzenkohle muss sauber sein → EBC



Umwelt

Prüfbericht zu Auftrag 11620663

Nr. 1020209003 Seite 3 von 3

Projekt: Pflanzenkohleanalytik gemäß EBC-Richtlinie

Untersuchung nach Pflanzenkohle gemäß European Biochar Certificate
(Auswahl)

Parameter	Einheit	BG	Grenzwerte		Labornummer Methode	Probenbezeichnung	
			GW 1	GW 2		PPPC1 Cashew	
						anl	wf
Naphthalin (Toluol Extr.)	mg/kg	0,1			analog DIN EN 15527 (FR-JE02)	-	< 0,1
Acenaphthylen (Toluol Extr.)	mg/kg	0,1			analog DIN EN 15527 (FR-JE02)	-	< 0,1
Acenaphthen (Toluol Extr.)	mg/kg	0,1			analog DIN EN 15527 (FR-JE02)	-	< 0,1
Fluoren (Toluol Extr.)	mg/kg	0,1			analog DIN EN 15527 (FR-JE02)	-	< 0,1
Phenanthren (Toluol Extr.)	mg/kg	0,1			analog DIN EN 15527 (FR-JE02)	-	< 0,1
Anthracen (Toluol Extr.)	mg/kg	0,1			analog DIN EN 15527 (FR-JE02)	-	< 0,1
Fluoranthen (Toluol Extr.)	mg/kg	0,1			analog DIN EN 15527 (FR-JE02)	-	< 0,1
Pyren (Toluol Extr.)	mg/kg	0,1			analog DIN EN 15527 (FR-JE02)	-	< 0,1
Benzo(a)anthracen (Toluol Extr.)	mg/kg	0,1			analog DIN EN 15527 (FR-JE02)	-	< 0,1
Chrysen (Toluol Extr.)	mg/kg	0,1			analog DIN EN 15527 (FR-JE02)	-	< 0,1
Benzo(b)fluoranthen (Toluol Extr.)	mg/kg	0,1			analog DIN EN 15527 (FR-JE02)	-	< 0,1
Benzo(k)fluoranthen (Toluol Extr.)	mg/kg	0,1			analog DIN EN 15527 (FR-JE02)	-	< 0,1
Benzo(a)pyren (Toluol Extr.)	mg/kg	0,1			analog DIN EN 15527 (FR-JE02)	-	< 0,1
Indeno(1,2,3-cd)pyren (Toluol Extr.)	mg/kg	0,1			analog DIN EN 15527 (FR-JE02)	-	< 0,1
Dibenz(a,h)anthracen (Toluol Extr.)	mg/kg	0,1			analog DIN EN 15527 (FR-JE02)	-	< 0,1
Benzo(g,h,i)perylene (Toluol Extr.)	mg/kg	0,1			analog DIN EN 15527 (FR-JE02)	-	< 0,1
Summe PAK (EPA) (Toluol Extr.)	mg/kg		< 12	< 4	berechnet (FR-JE02)	-	(n. b. *)

Anmerkung:

(n. b. *): nicht berechenbar, da zur Summenbestimmung nur Werte > BG verwendet werden

Aber auch die Abgase müssen sauber sein – und sind sauber mit dem PPP-Prozess

<u>Topic</u>	<u>Measured</u>	<u>LRV 74 (agri)</u>	<u>LRV 71 (waste)</u>
Particulate matter (pm)	<5mg/m ³ _n (13%O ₂)	20mg/m ³ _n (13% O ₂)	10mg/m ³ _n (11% O ₂)
Carbon monoxide (CO)	<15	500	50
Nitrogen oxides (NOx as NO ₂)	2*	250**	80
Combustion power (allowed)	80 kW	(>70 kW)	(>350 kW)

- (*) depending on fuel – 2 with propane, not systematically measured with other fuels. The FLOX burner does hardly produce any thermal NOx – the NOx generated are depending on the input material nitrogen content – however nitrogen mostly remains in the biochar with pyrolysis
- (**) at a NOx mass flow >2'500 g/h – below no limitation.

Grösse und Funktion an jeweilige Bedürfnisse und Produktion angepasst



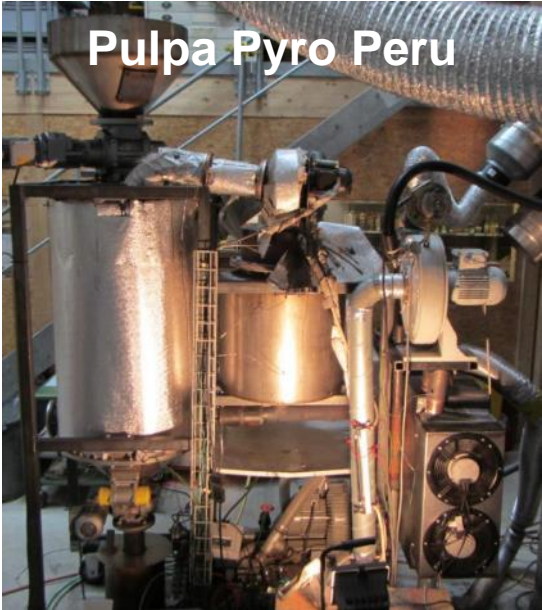
Pyro Cook

< 8 kg/h batch
 < 30% w.c.

^ 1.3 kg/h batch
 < 20% w.c.

>
 40 kg/h
 Continuous
 < 50% w.c.

150 kg/h
 Continuous
 < 50% w.c.



Pulpa Pyro Peru



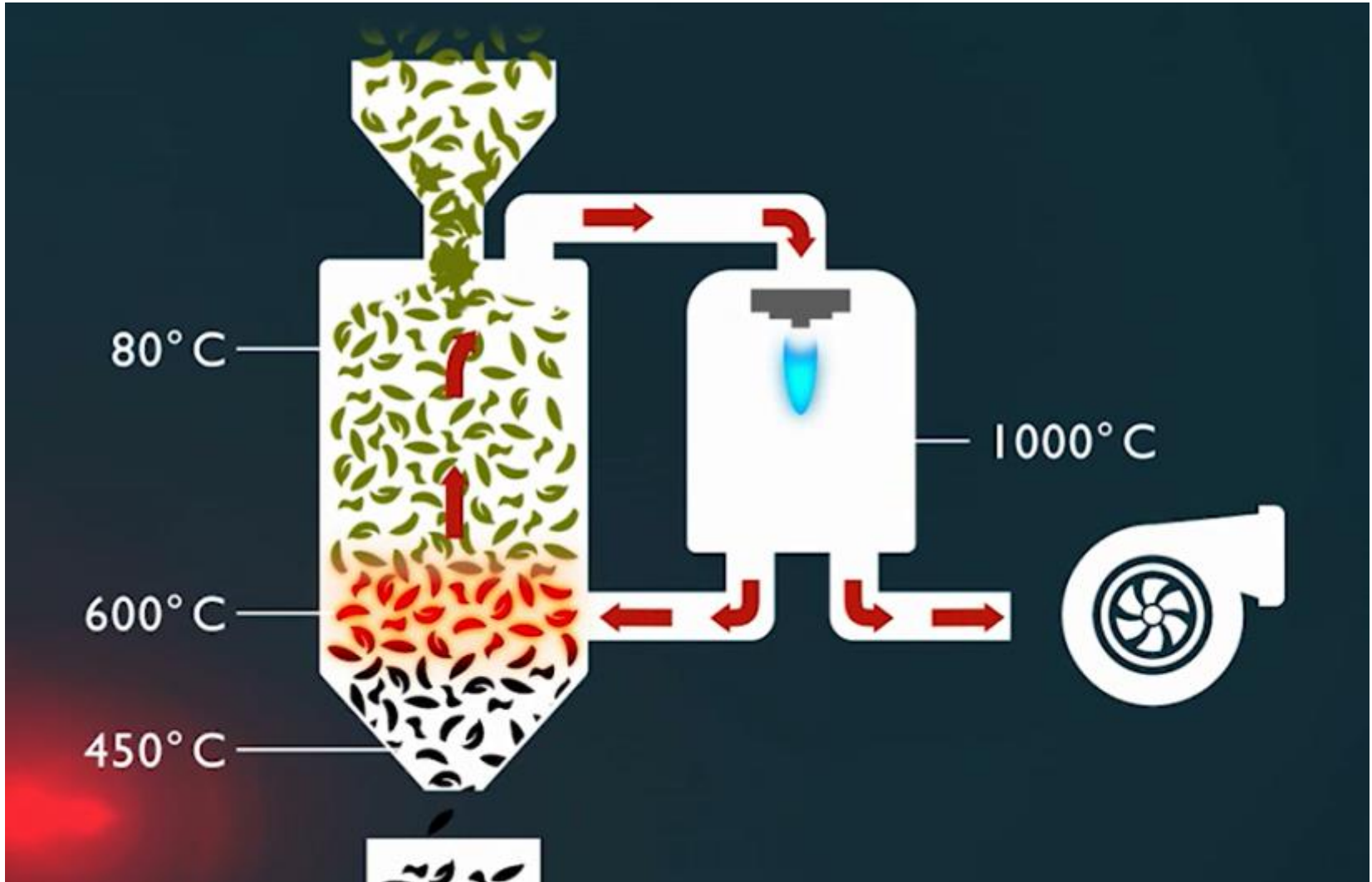
Double Barrel Method



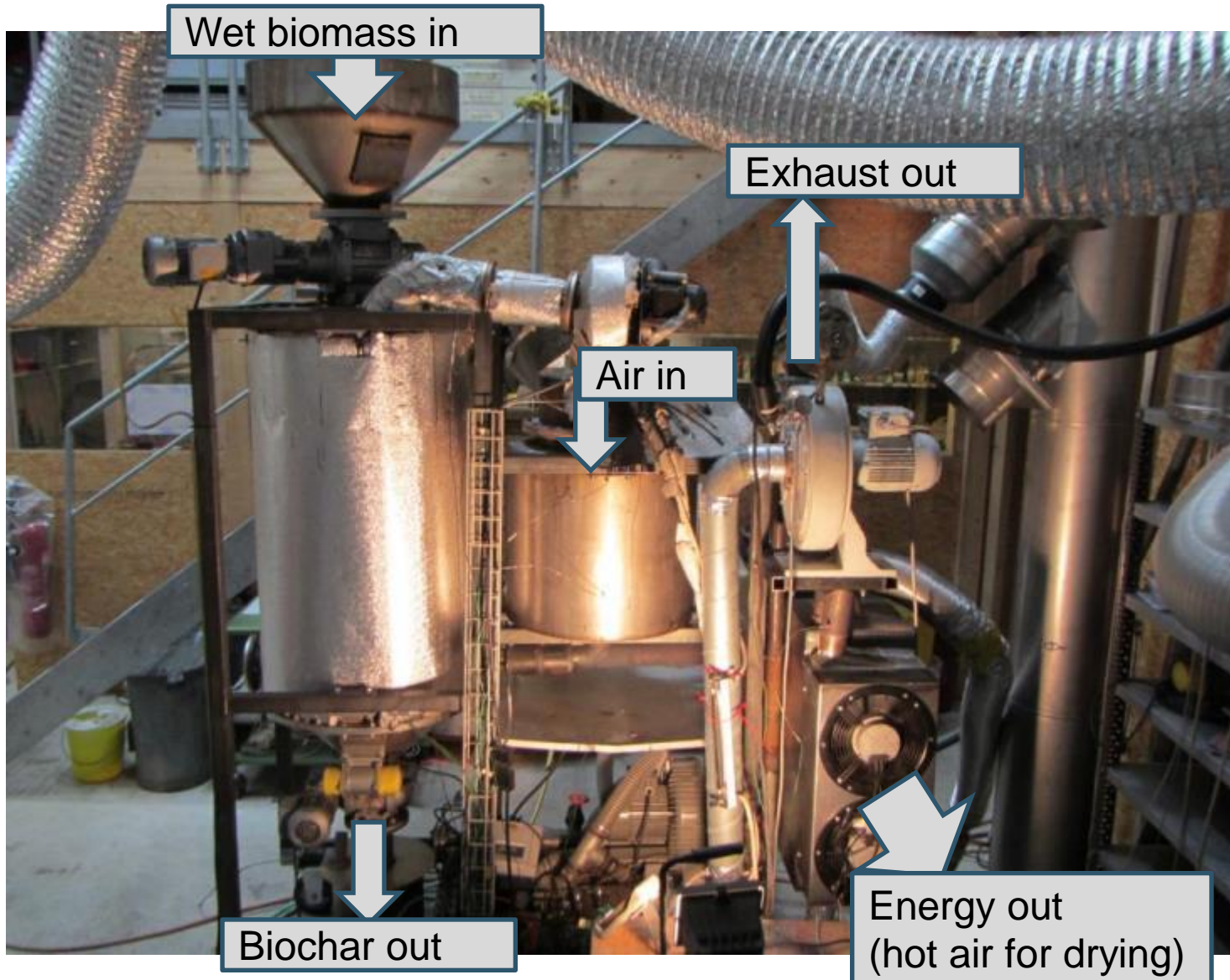
PYREG P500

Ein neuer robuster, sauberer, gut steuerbarer und tropentauglicher Prozess wurde am Ökozentrum entwickelt

Der PPP-Prozess vereinfacht dargestellt



Versuchsanlage am Ökozentrum für 40 kg/h Biomasse – Modell für die Kaffeeindustrie 2014



Heutige Versuchsanlage mit Mikroturbine



- *Verschiedene Ein- und Austragssysteme*
- *Verschiedene Gasführungen*
- *60 Messgrößen*
- *Bis 70 kW Wärme*
- *Bis zu 10 kg/h Pflanzenkohle*
- *Kleinste Mikroturbine kühlt 12 kW aus Brennkammer*

3.8 kW Kompressorleistung; 2.2 bar @ 250'000 min⁻¹; @ 18g/s



Herstellungsverfahren von Pflanzenkohle und Vergaserkoks

Holzvergaser erzeugen keine Pflanzenkohle!

z.B. Pyreg



Pyrolyse
Extern beheizter Reaktor
„kein Sauerstoff“
T = 550 bis 650°C
Kohleertrag 23 bis 31% TS
Alle Biomassen



PPP-Verfahren
mit „sauerstofffreiem“
Abgas beheizt
T = 550 bis 850°C
frei wählbar
Kohleertrag 23 bis 31% TS
Aktivkohle ab 8%
Alle Biomassen



SynCraft-Verfahren
Mehrstufige Vergasung mit Luft
T > 850°C
Kohleertrag 3 bis 10% TS
sauberes Holz
trocken, rindenarm



Holzvergaser-BHKW
Hochtemperaturvergasung
mit Luft oder Wasserdampf
T > 1'100°C
Kohleertrag < 3% TS
gleichstückiges trockenes,
rindenfreies Holz





CharNet

Fachverband für Pflanzenkohle
und Pyrolyse

Fachverband CharNet unter der Leitung des Ökozentrums – gegründet November 2015 – jetzt 154 Mitglieder



CharNet

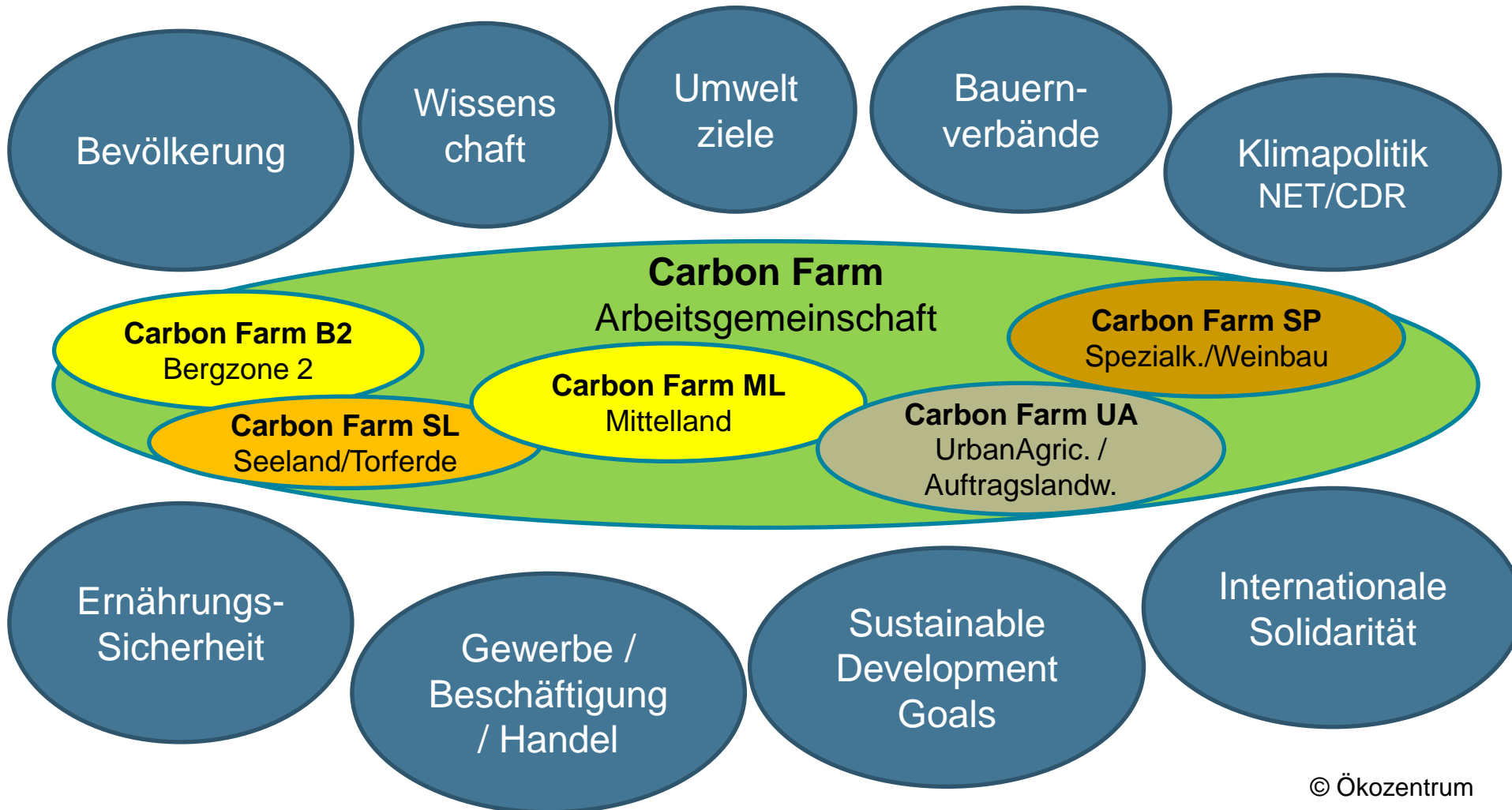
Fachverband für Pflanzenkohle
und Pyrolyse

Präsentation an der Weltausstellung in Astana, Kasachstan, UNITAR-Konferenz: „Renewable Energy + Quality of Life“



Carbon Farm[©]

Make-Tanks für die Landwirtschaft 2050+
Stakeholder-Dialog zum Anfassen!



Mit den Delegationen aus Vietnam und Peru gingen wir auch zu den Pionieren im Kanton Zug



Um zu riechen, dass Gülle nicht mehr stinkt



Und dass sich mit Kohle Kohle machen lässt.



Technologie-Roll-Out in Vietnam und Kambodscha – es folgen Peru und Brasilien und viele weitere...



Pilotprojekt Pyro Power Plant CPP800



GERBER
BIO GREENS AG

GÖMPAG

50 kWe Strom
300 kW Heizwasser
45 kW Abluft-Wärme
43 kg/h C in Pflanzenkohle

unterstützt durch



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Federal Office of Energy SFOE

Cleantech

STADTWERK
W I N T E R T H U R

Bio-Gemüseanbau mit 3.2 ha Gewächshäusern + eigenem Kompostierwerk + Grünschnittsammlung von 8 Gemeinden



= ideale Schliessung aller Stoff- und Energieströme

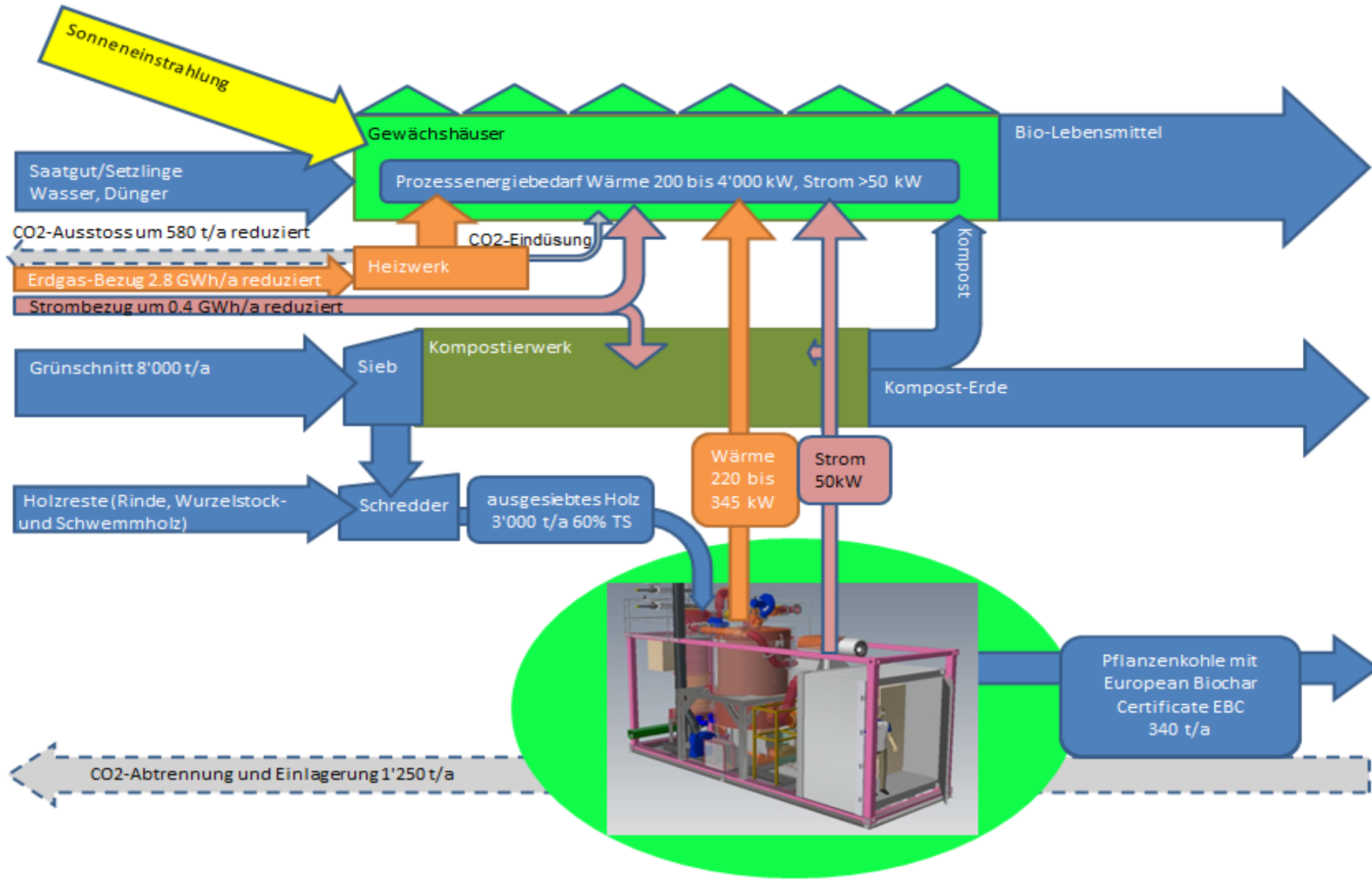
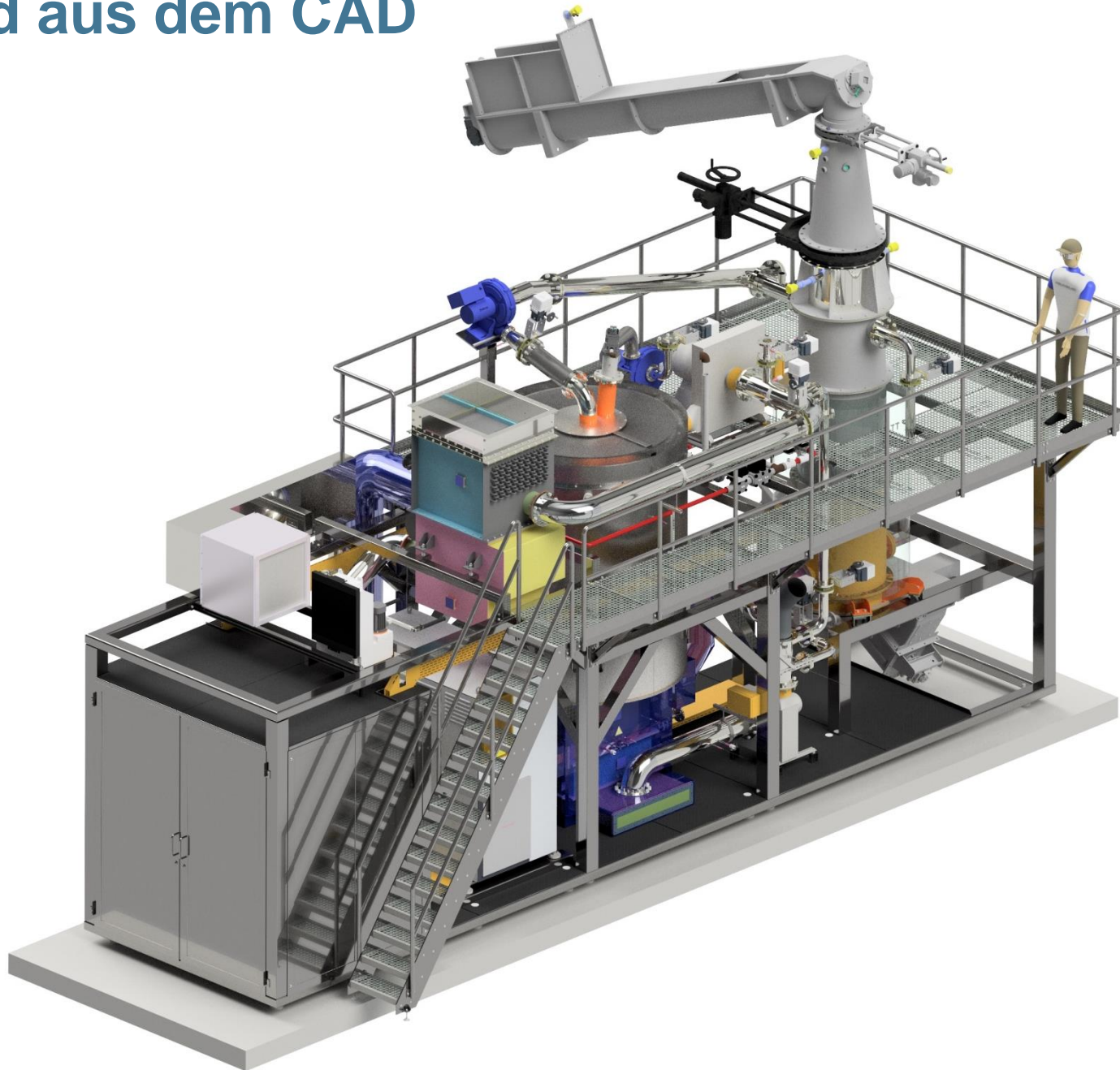


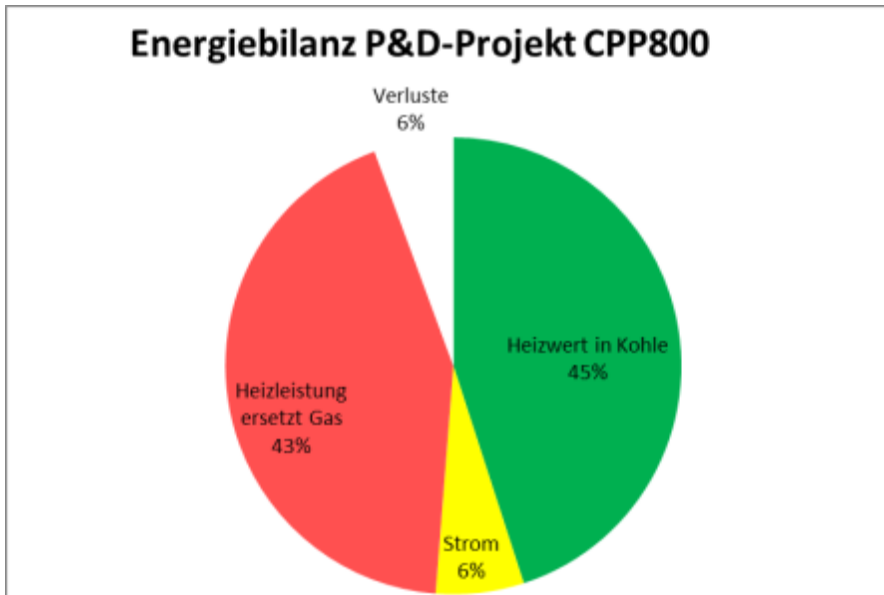
Bild aus dem CAD



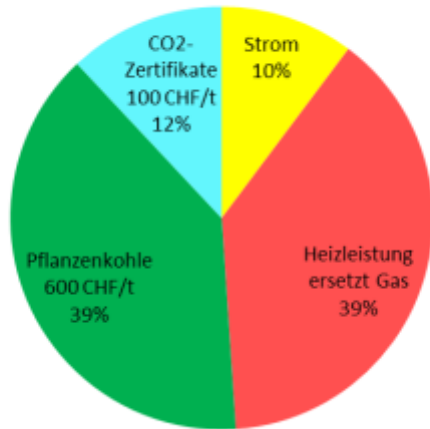
Und sie läuft – erfolgreiche Heissinbetriebnahme



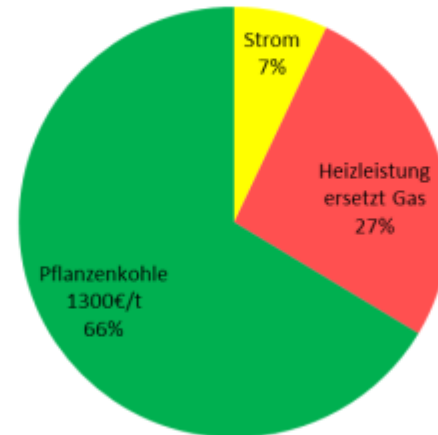
Ökonomische Grössenordnungen – versus Energie



Ökonomie P-Kohle niedrig



Ökonomie P-Kohle Futtermittel



Zusammenfassung

- Holzenergie kann nicht nur klimaneutral, sondern klimapositiv sein. Die für das 1.5-Grad-Ziel (COP21 Paris) notwendigen “Carbon Negative Tracks” werden so möglich
- Durch die Pyrolyse verbessert sich die Wirtschaftlichkeit der Holzenergie-Systeme deutlich
 - zusätzlich erzeugten Wertstoff Pflanzenkohle und den möglichen
 - Einsatz von Reststoffen mit niedrigem oder negativem Marktwert (=Entsorgunggebühr)
- Heutige Lösungen können Substrate mit bis zu 40% Wassergehalt verarbeiten
- Die Heissluftturbine ist für kleinere Leistungen (<300 kWe) die vermutlich einzige ökonomisch und technisch effiziente Lösung für Strom aus Holz.
- **Die Humusboden- und Kohlenstoffwende schaffen wir!**

Lasst uns richtig Kohle machen!



Und
richtig
Wurzeln
schlagen!



ökozentrum

forschen | entwickeln | bilden

**Herzlichen Dank für Euer Engagement
und
Eure Aufmerksamkeit
und
gut Brand!**

www.oekozentrum.ch

www.CharNet.ch