



2. Regionalkonferenz "Energiezukunft gestalten. Gemeinsam!"

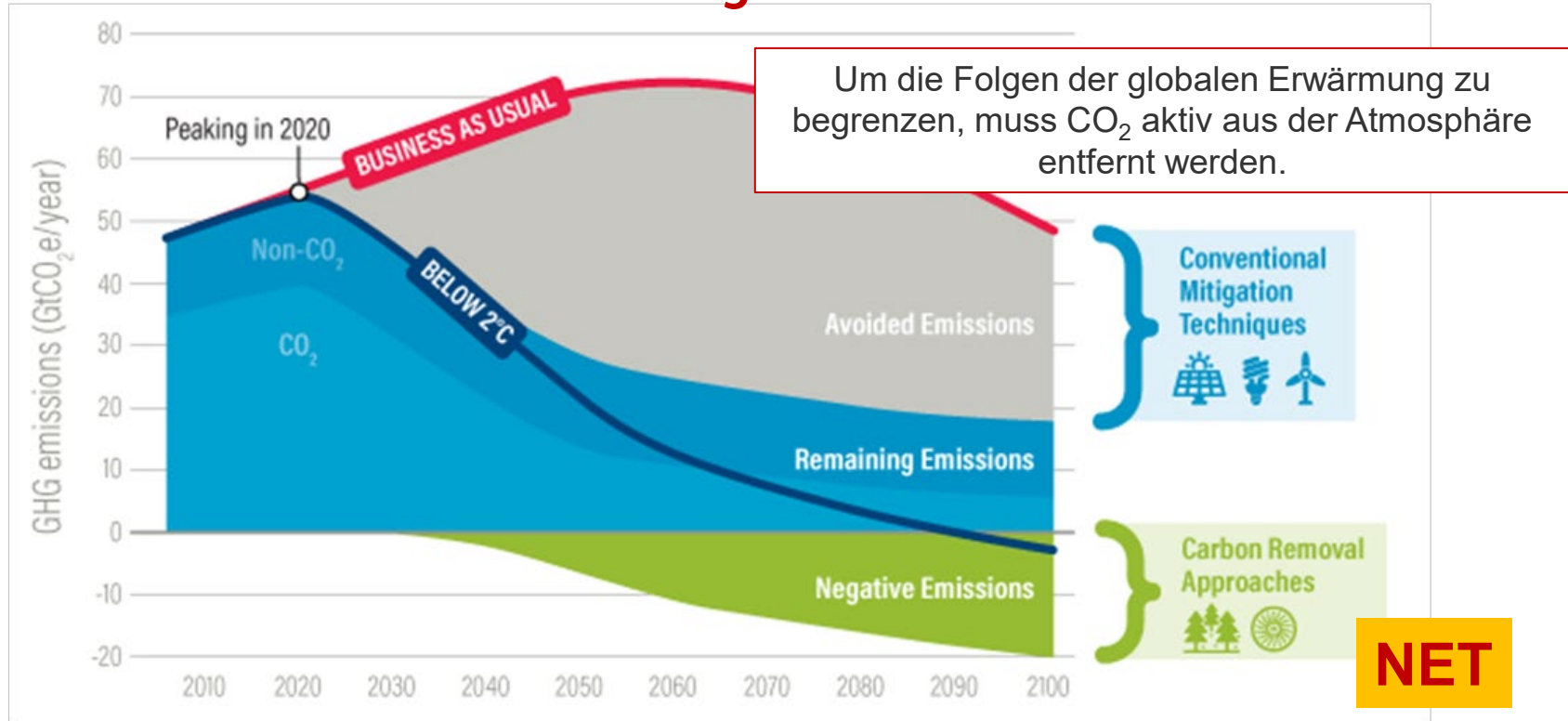
Pyrolyse-Anlagen zur CO₂-neutralen Wärmeversorgung - Grundlagen, Einsatz & Vorteile

Dr. Robert Wagner

28.09.2024, Erlangen



Handlungsbedarf

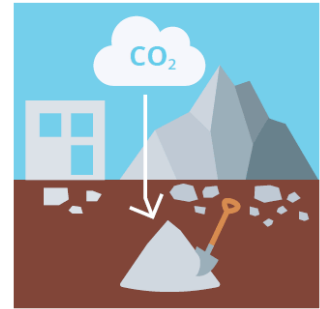
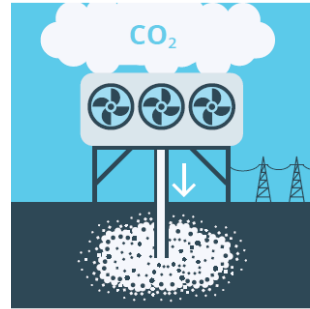
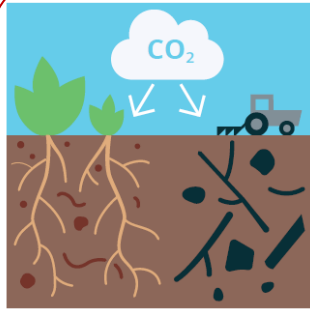
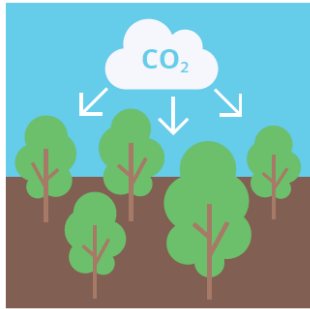


Source: Adapted from a visual in The UNEP Gap Report 2017 (Figure 7.2)



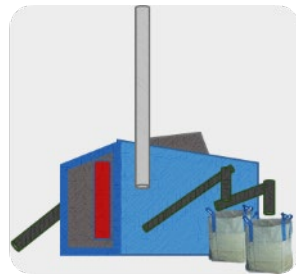
WORLD RESOURCES INSTITUTE

Verschiedene diskutierte Negativemissionstechnologien



Negativemissionstechnologien: (von links nach rechts) Waldmanagement und Holzverwendung, Bodenmanagement und Pflanzenkohle, BECCS, DACCS, beschleunigte Carbonatisierung. (Quelle: TA-SWISS 2023/ <https://transforming-economies.de/co2-einfangen-und-speichern-fuenf-technologien/>)

Pyrolyse-Anlagen
zur Herstellung von
Pflanzenkohle aus
Biomasse



NET - Optionen

Pyrolyse als C-Senken-Technologie und Substitution fossiler Energieträger

0,6 kg CO₂

1,2 kg CO₂

~~0,4 kg CO₂~~

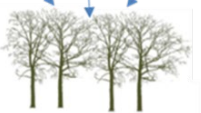
Erdgas

~~0,8 kg CO₂~~

Braunkohle

1,8 kg

CO₂ CO₂ CO₂



Pflanzliche Reststoffe

1 kg Biomasse = 0,5 kg C

Hack-
schnittzel,
Pellets,
Briketts



Verlust Abwärme

10 - 20%

Nutzbare
Wärme-Energie

Pflanzenkohle

40 - 50 % C

Kohlenstoffsenke Boden
(Stabilität Ø 80 % über 100 Jahre)

0,6 kg CO₂

1,07 kg CO₂

0,13 kg CO₂

Nahwärmenetze

Vermiedung

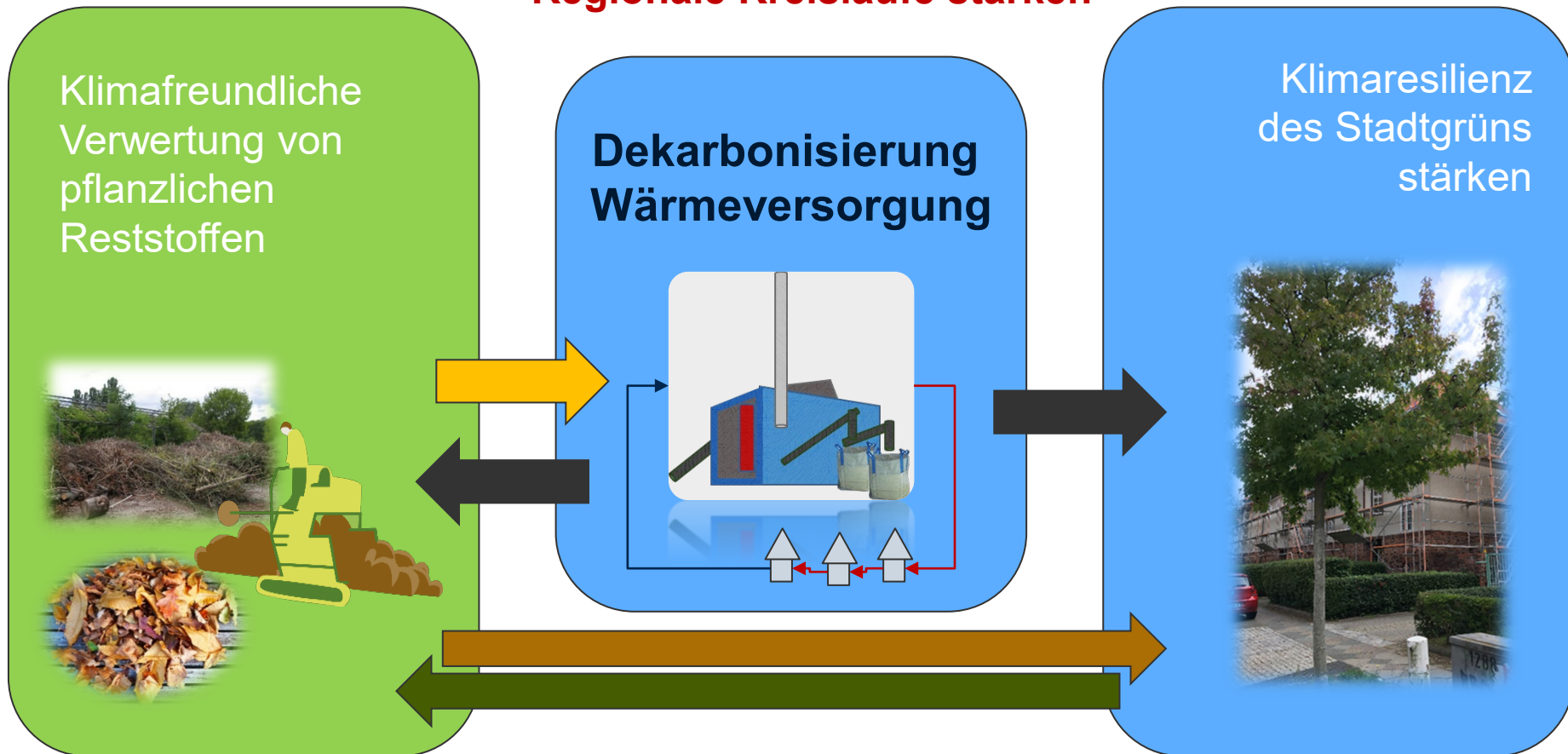
Klimawirkung

NET

Sequestrierung

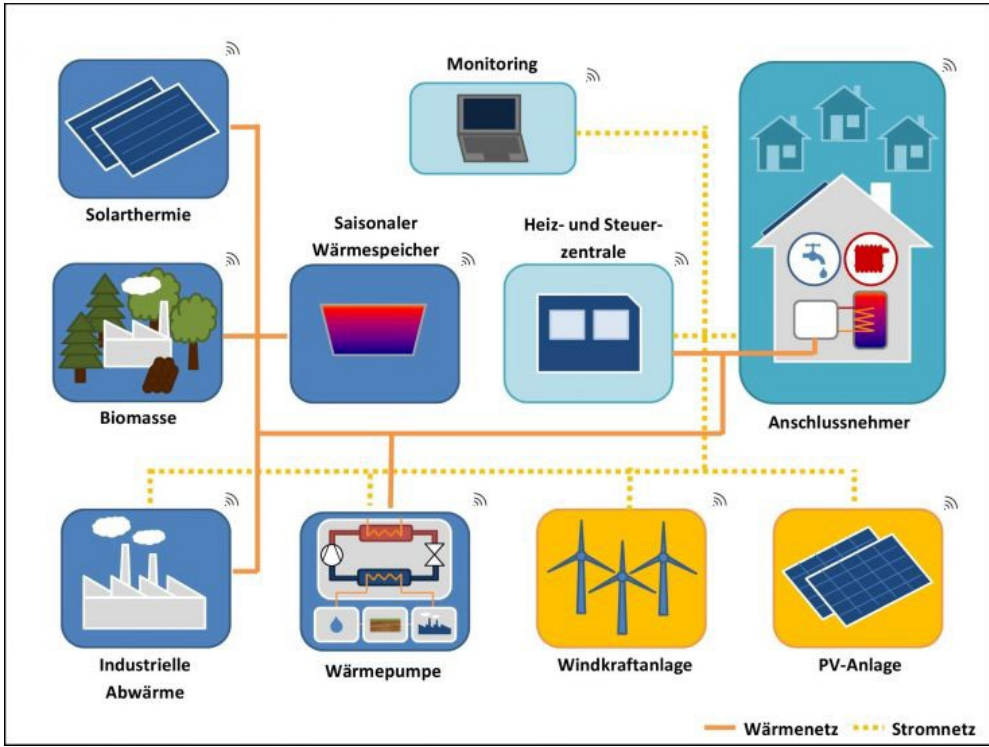
plus Verringerung von THG, plus Humusaufbau

Regionale Kreisläufe stärken

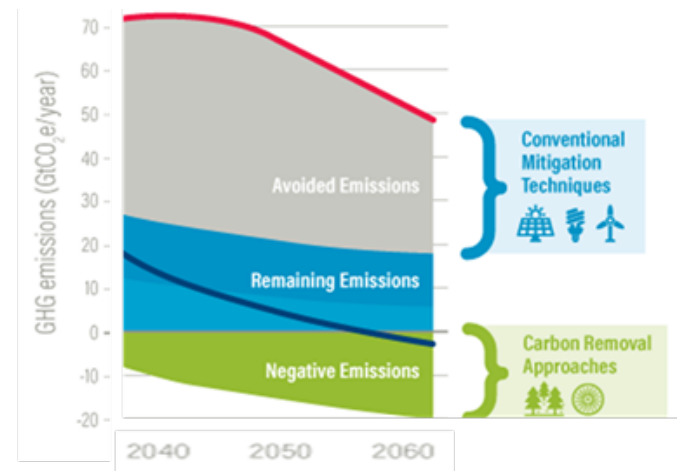


Dekarbonisierung Wärmeversorgung

<https://www.ffe.de/veroeffentlichungen/waermeretze-4-0-erstellung-einer-machbarkeitsstudie-fuer-ein-waermeretzsystem-4-0-in-rosenheim/>

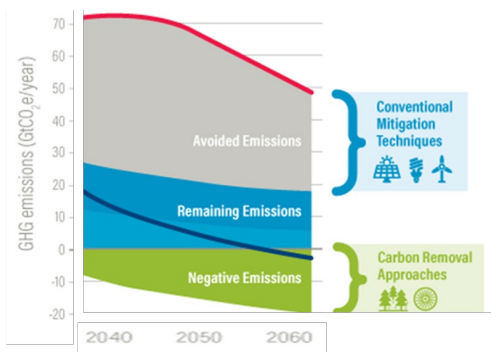


*Was passiert mit den Restemissionen?
Wie kann eine vollständig CO₂-neutrale
Wärmeversorgung realisiert werden?*



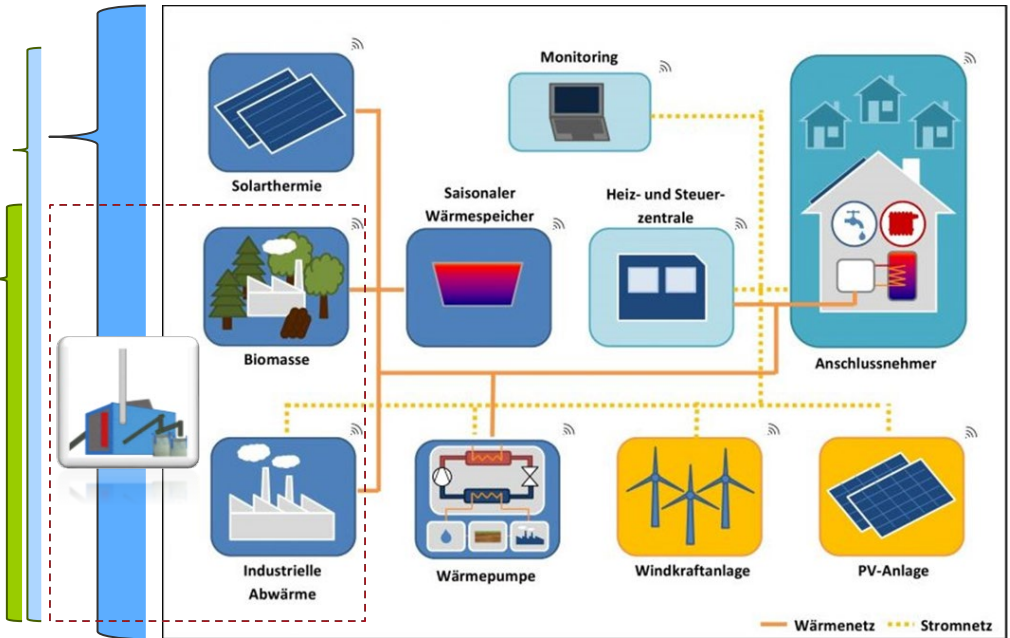
Ziel sind nachhaltige Wärmenetz, die primär Wärme aus erneuerbaren Energien/Quellen und Abwärme nutzen.

CO₂-neutrale Wärmeversorgung



1 kg Biomasse = 0,4 kg CO₂ Vermeidung
0,6 kg CO₂ Senke

*Ausgleich verbleibender Emissionen
 mit Biomasse-Pyrolyse*

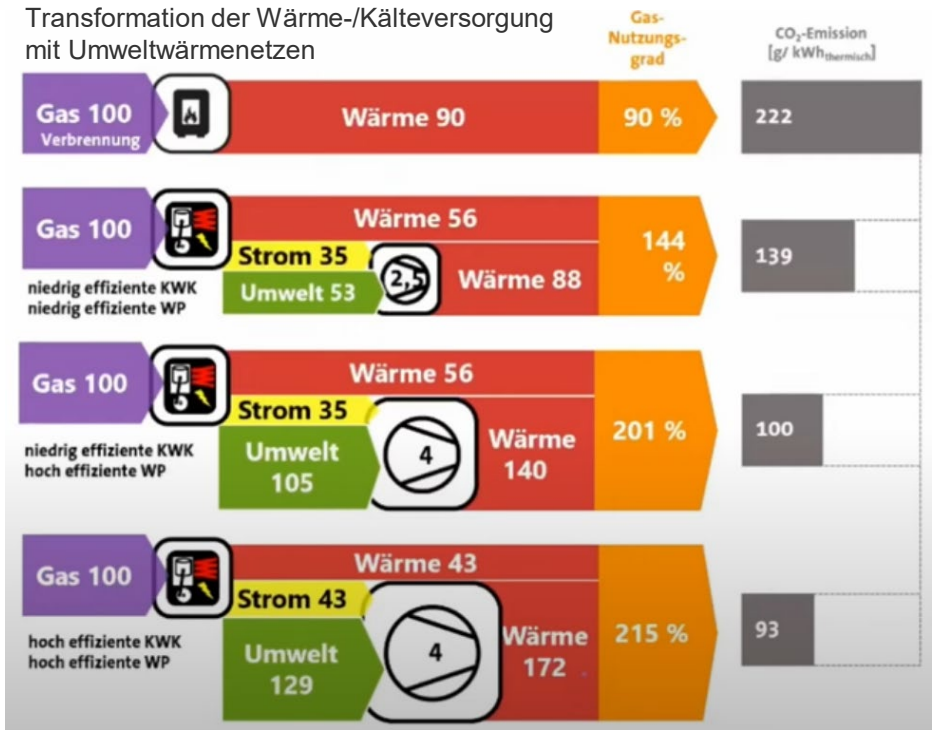


Vollständige Dekarbonisierung der Wärmeversorgung von Wärmenetzen

Aktuell

↓

Zukünftig



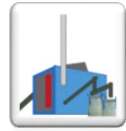
Neutralisierung durch die Karbonisierung von

370 g Ast- und Strauchschnitt
100 g PK

230 g Ast- und Strauchschnitt
65 g PK

170 g Ast- und Strauchschnitt
50 g PK

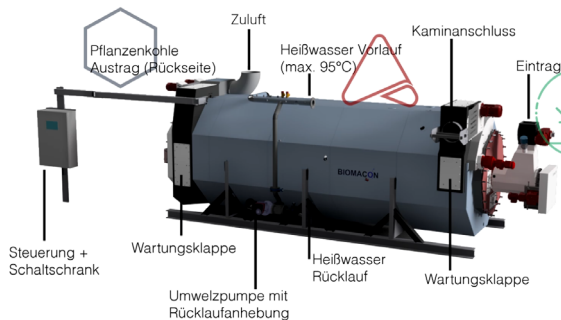
160 g Ast- und Strauchschnitt
45 g PK



(Quelle: Viernickel, e+Zeit Analytics)

➔ Mit Pyrolyseanlagen können Nahwärmenetze mit effizienten KWK, Wärmepumpen und Bestands-BHKW vollständig dekarbonisiert werden!

Pyrolysetechnik



PYREG
CARBON TECHNOLOGY
SOLUTIONS



kWtherm

Überblick zu Anlagen:

[European Biochar Market Report 2022/2023 \(biochar-industry.com\)](https://www.biochar-industry.com)

Biomassen

Reststoffe



Aufbereitung



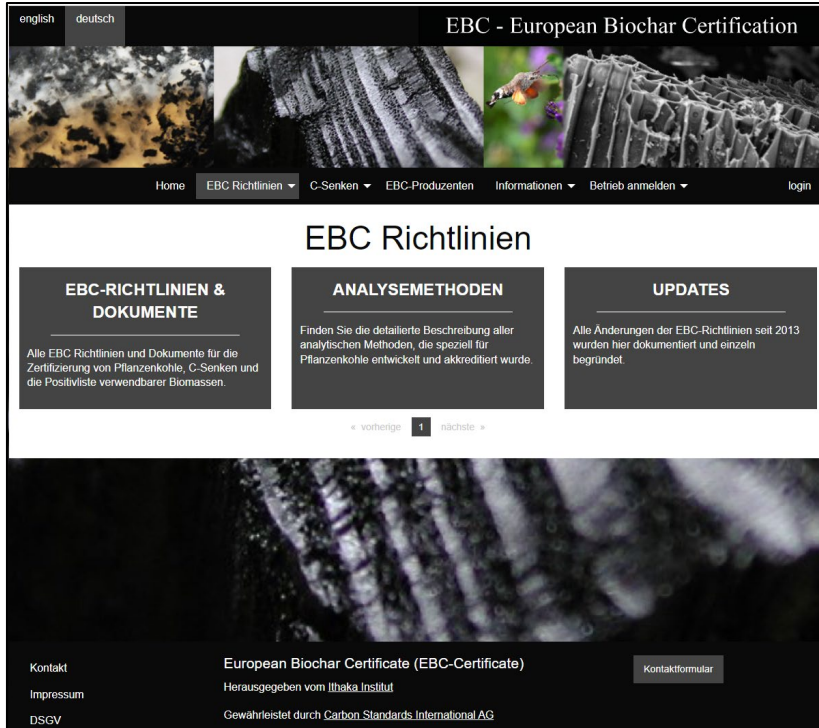
Pflanzenkohle



Qualität



Qualitätssicherung: „Das Europäische Pflanzenkohlezertifikat“ (EBC)



english deutsch EBC - European Biochar Certification

Home EBC Richtlinien C-Senken EBC-Produzenten Informationen Betrieb anmelden login

EBC Richtlinien

- EBC-RICHTLINIEN & DOKUMENTE**
Alle EBC Richtlinien und Dokumente für die Zertifizierung von Pflanzenkohle, C-Senken und die Positivliste verwendbarer Biomassen.
- ANALYSEMETHODEN**
Finden Sie die detaillierte Beschreibung aller analytischen Methoden, die speziell für Pflanzenkohle entwickelt und akkreditiert wurde.
- UPDATES**
Alle Änderungen der EBC-Richtlinien seit 2013 wurden hier dokumentiert und einzeln begründet.

« vorherige 1 nächste »

Kontakt European Biochar Certificate (EBC-Certificate) Kontaktformular
Herausgegeben vom Ithaka Institut
DSGVO Gewährleistet durch Carbon Standards International AG



english deutsch EBC - European Biochar Certification

Home EBC Richtlinien C-Senken EBC-Produzenten Informationen Betrieb anmelden login

EBC-RICHTLINIEN & DOKUMENTE

Alle EBC Richtlinien und Dokumente für die Zertifizierung von Pflanzenkohle, C-Senken und die Positivliste verwendbarer Biomassen.

Die Richtlinien

- [Richtlinien des Europäischen Pflanzenkohle-Zertifikates \(EBC\) - Version 10.2 \(vom 08. Dezember 2022\)](#)
- [Alle Änderungen von Version 10.1 auf 10.2 im Track Changes Modus \(vom 08. Dezember 2022\)](#)
- [Richtlinien des Europäischen Pflanzenkohle-Zertifikates \(EBC\) - Version 10.1 \(vom 10. Januar 2022\)](#)

C-Senken

- [C-Senken Potential von Pflanzenkohle \(Version 2.1 vom 25.1.2021\)](#)

Global Artisan C-Sink

- [Richtlinien für Kohlenstoff-Senke von Artisan Pflanzenkohle Produktion - Version 1.0](#)

Positivliste verwendbarer Biomassen

- [Positivliste](#)

Quelle:

[EBC-Richtlinien & Dokumente \(european-biochar.org\)](https://european-biochar.org/)

Biomassepotential

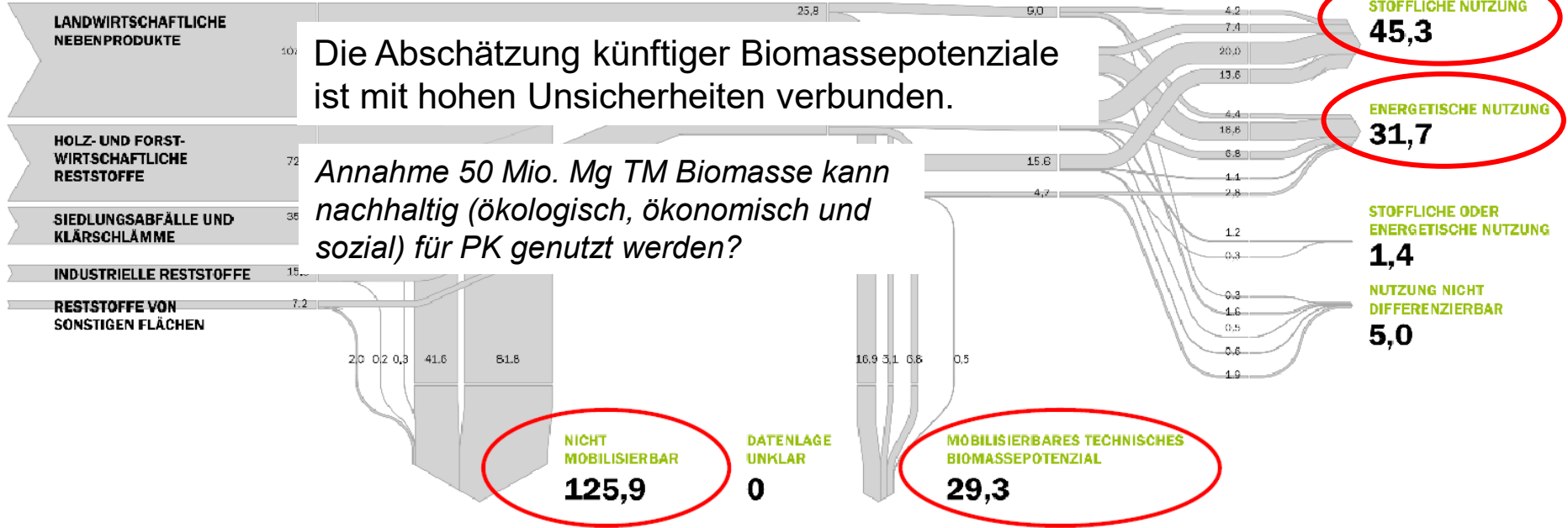
BIOGENE RESTSTOFFE IN DEUTSCHLAND MITTELWERTE

Jahr 2015
Einheit Mio. t TM
Einzelbiomassen 77

THEORETISCHES
BIOMASSEPOTENZIAL
238,6

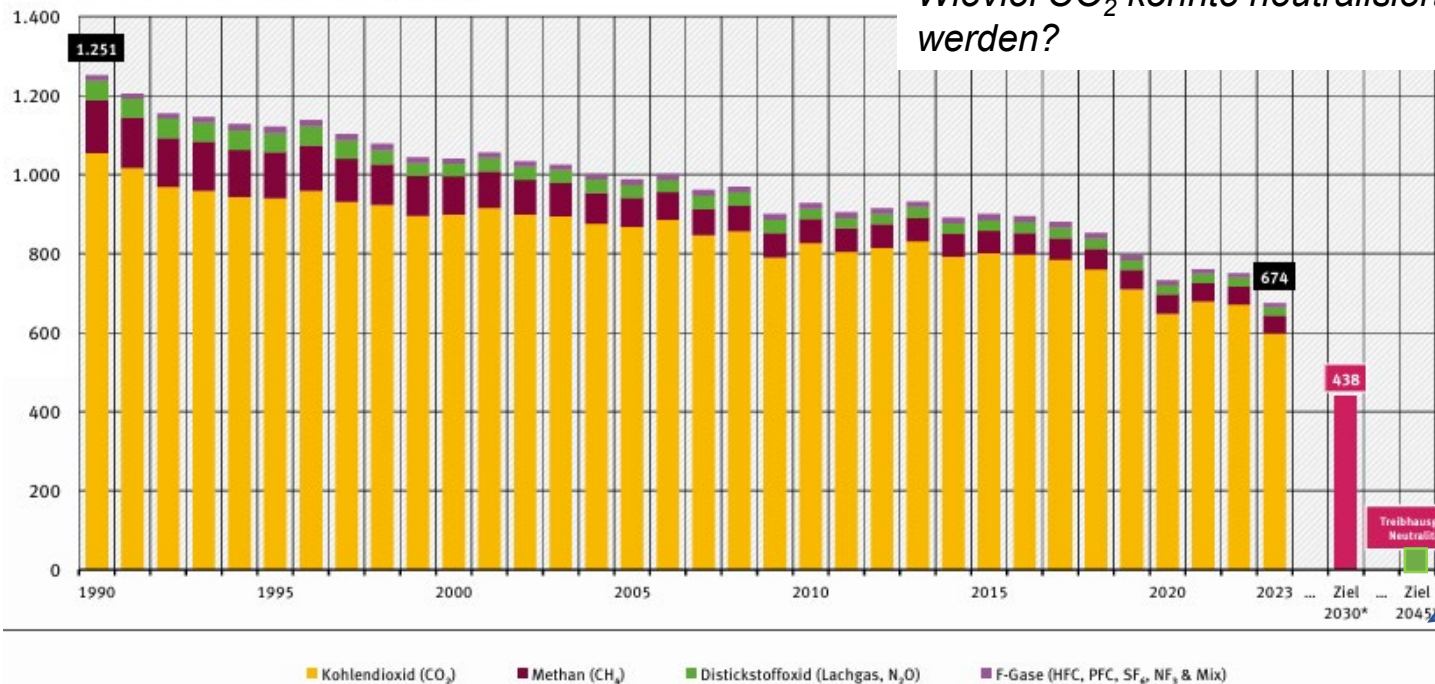
TECHNISCHES
BIOMASSEPOTENZIAL
112,7

GENUTZTES TECHNISCHES
BIOMASSEPOTENZIAL
83,4



Biomassepotential

Millionen Tonnen Kohlendioxid-Äquivalente



50 Mill. Tonnen
Biomasse



40 Mill. Tonnen
Input

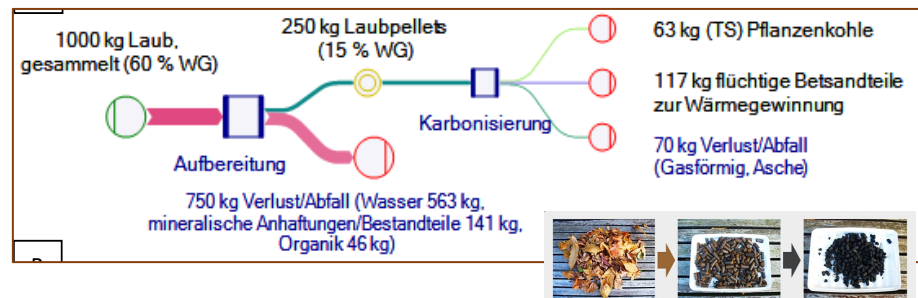
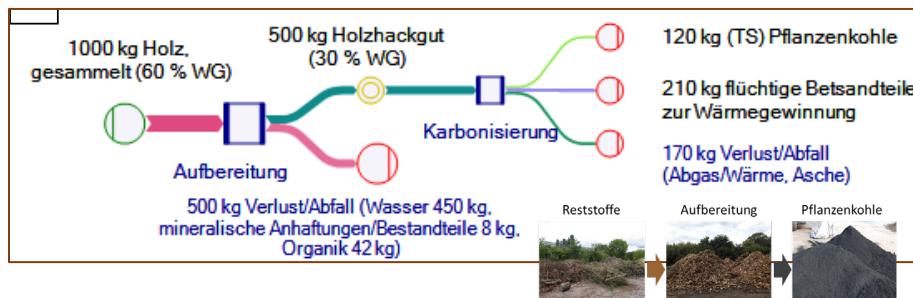


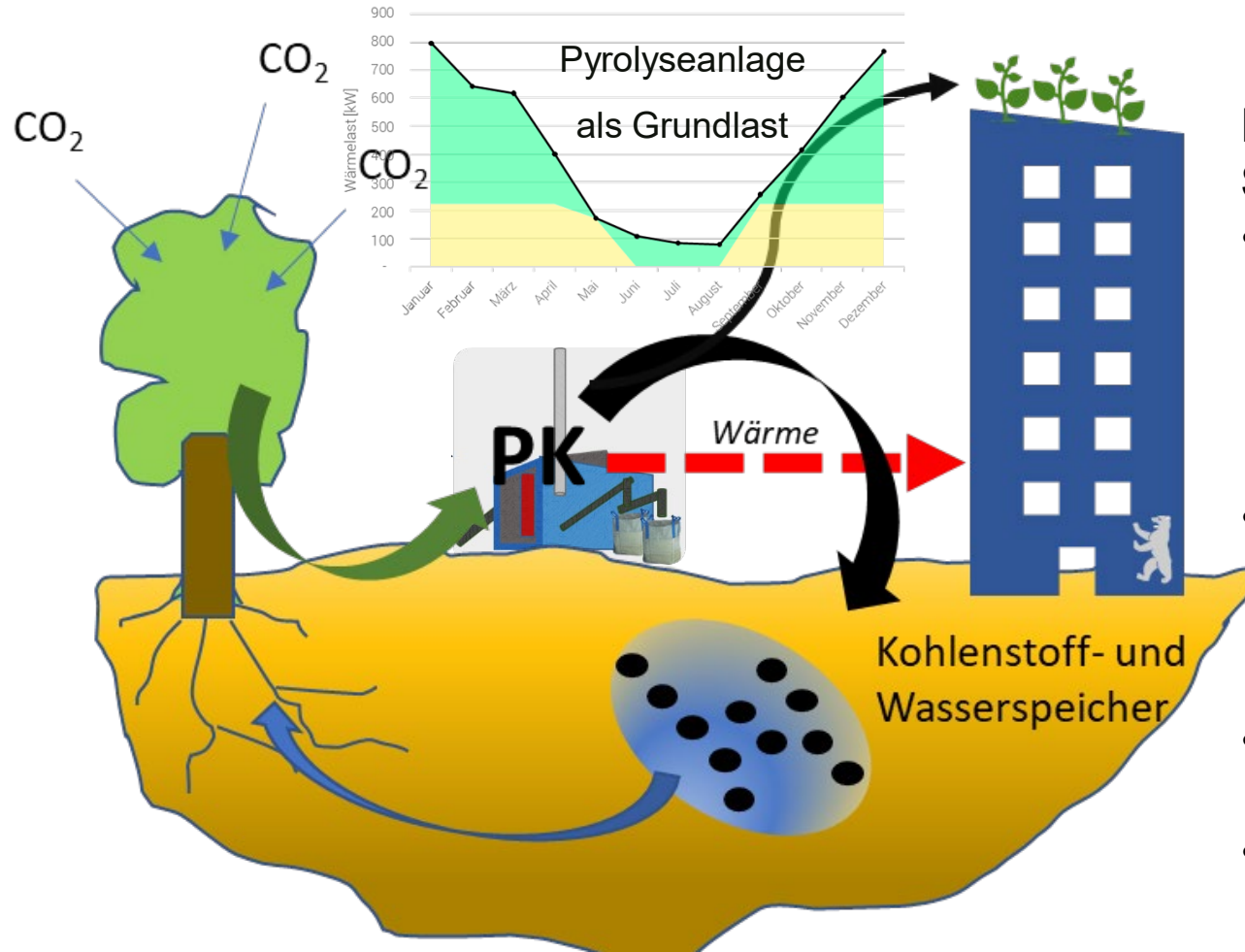
35 Mill. Tonnen
CO_{2eq}

Konkurrenz zu chemischer Industrie – Biomasse zur Produktion organischer Chemikalien !

CO₂-Bilanz der Karbonisierung von Holz und Laubabfällen (Potentialbetrachtung Berlin)

Biomasse	Menge Karbonisierung	Auf- bereite- ter Input	C- Senken- Potential	Substitutions- potential Erdgas	Gut- schrift CO _{2eq}	Last- schrift CO _{2eq}	Klimaent- lastung CO _{2eq}
	<i>Mg pro Jahr</i>						
Weihnachtsbäume	398	199	71,8	63,1	135	7,86	127
Organikabfall							
Laubsack	3.306	827	399	379	777	160	617
Baum- und Strauchschnitt	14.553	7.276	2.701	2.308	5.009	287	4.722
Laub/Straßenlaub	29.464	7.366	3.552	3.375	6.927	1.429	5.498
Summe	47.721	15.668	6.723	6.126	12.848	1.885	10.963





Kriterien für sinnvolle Standorte:

- Wärmeabnahme realistisch (Nahwärmenetz, Substitution fossiler Energieträger)
- Biomasse in ausreichender Menge vorhanden bzw. verfügbar
- Platz für Anlage und Lagerung vorhanden
- C-Senke vorhanden

Standorte für PK-Herstellung – Beispiel VetMed-FU Berlin

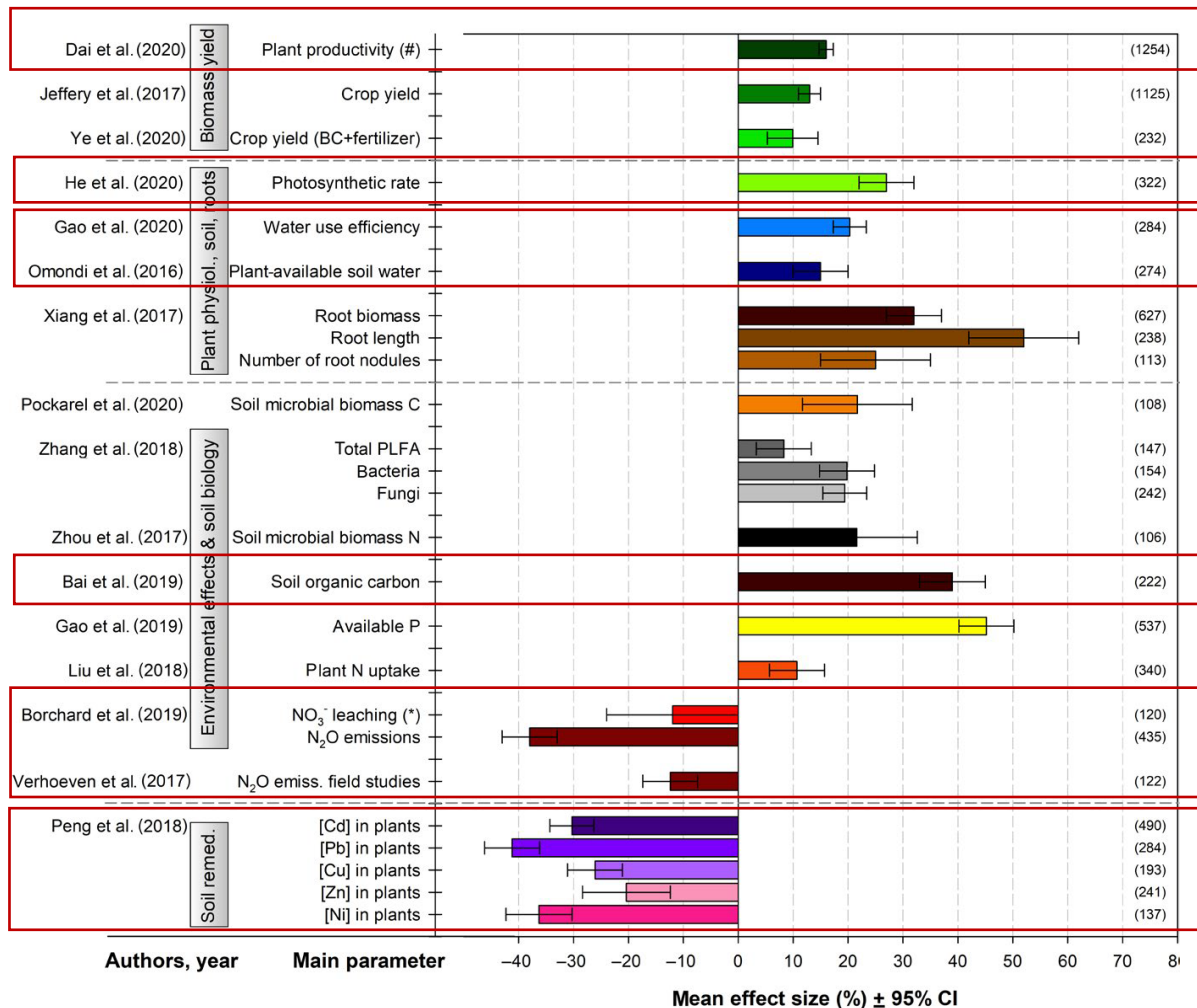


CO ₂ eq-Bilanz Düppel	Prozess	Ist-Zustand	
		CO ₂ eq [Mg]	
Entsorgung Festmist	EF Lagerung	64,2	20,3
	EF Transport	17,1	3,6
	EF Weiterverwertung (Kompostierung, Dünger)	190,9	48,5
Entsorgung pfl. Reststoffe	EP Transport	0,1	0,1
	EP Weiterverwertung (Kompostierung)	7,7	3,0
Energieverbrauch Pflanzenkohleherstellung	EV Wärme (Gas, mV)	2325,0	1290,0
	PK C-Sequestrierung	0,0	-936,0
	PK Energieverbrauch*	0,0	0,0
	BI Trocknung/Hackschnitzelerzeugung etc.	0,0	287,0
	BI Transport **	0,0	0,1
Summe		2605,0	716,6
CO ₂ Einsparung	Mg CO ₂ eq	Vor	2605,0
		Nach	716,6
Saldo	Mg CO ₂ eq		-1888,4

1. PA – Modul mit bis 250 kW_{therm.} und bis zu 8.000 Betriebsstunden pro Jahr (kontinuierlichen Anfall von Einstreu und Wärmegrundlast)
2. PA – Modul mit bis 250 kW_{therm.} bis zu 5.000 h/a (Holzhack-schnitzeln Bezirk)



Effekte von Pflanzenkohle



+ Biomassezuwachs

+ Wasserspeicherung

+ C-Speicherung

- Emissionen

- Schwermetallaufnahme

Abbildung: Ausgewählte Parameter, die in 26 Metaanalysen untersucht wurden (Schmidt et al., 2021)

Anwendung

Klimainduzierte Herausforderungen

Häufigere und intensivere Trockenperioden

- Austrocknung des Bodens
- Grundwasserabsenkung
- Versiegen von Quellen
- Wassermangel in Grünanlage

Zunahme konvektiver Ereignisse mit Starkregen

- Urbane Sturzfluten und Überschwemmungen
- Schäden an Infrastruktur und Gebäuden
- Gefährdung von Mensch und Tier
- Erosion
- Schadstoffeinträge in Gewässer

Maßnahmen mit Pflanzenkohle

„grün-blaue“ Stadtgestaltung: Mehr grün, mehr Wasser mit Pflanzenkohle

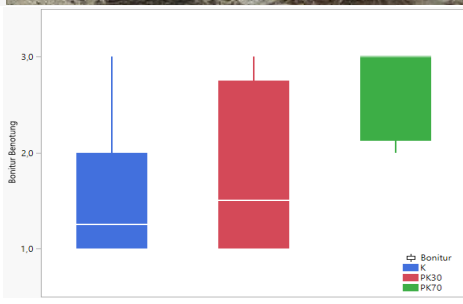
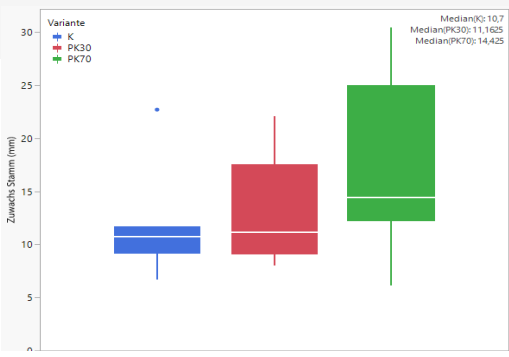
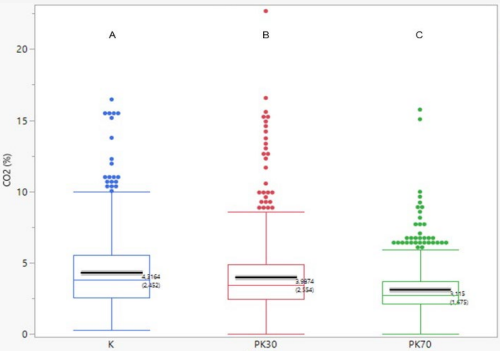
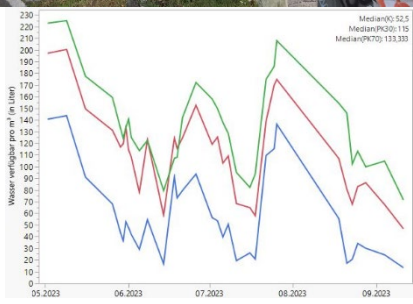
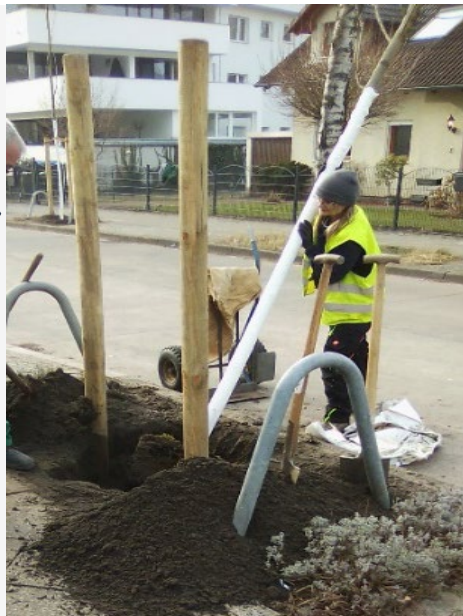
Neuanlage von Grünflächen nach Baumaßnahmen mit PK und PK-Kompost,
Dachsubstrate mit PK,
Entsiegelungen und Bodenverbesserung mit PK,
Baumsubstrate mit PK für mehr Wasserspeicherung und Luftaustausch,
Dezentraler Regenwasserrückhalt durch Retentionsmulden, Tiefbeete und Versickerungssenken mit PK als Wasserspeicher und Schadstoffsenken bzw. Filter/Adsorptionsmaterial

Weiterer Benefit von PK:

- + Kohlenstoffspeicherung
- + Senkung THG (in Kompostierung und im Boden)
- + dezentrale Wärmebereitstellung (Substitution fossiler Energie)
- + klimafreundliche dezentrale Wertschöpfung von organischen Abfällen

Anwendung

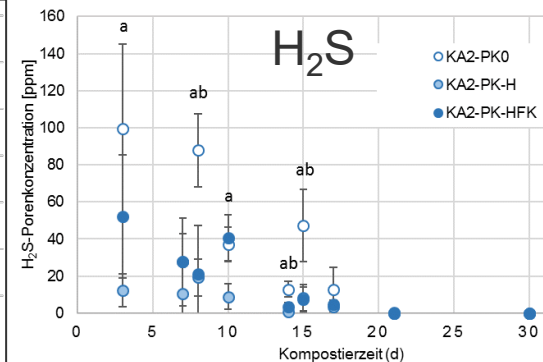
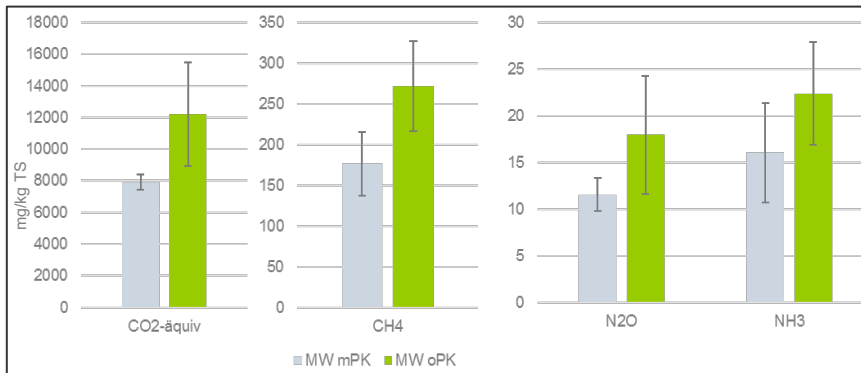
Straßenbaumpflanzungen



Anwendung Kompostierung

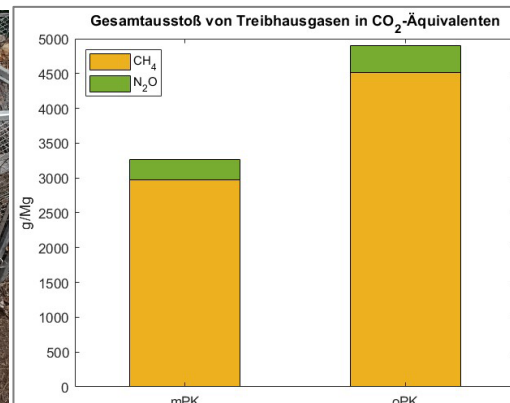


Offene Kleinmietenkompostierung



Garten-/Eigenkompostierung

10 % PK in der Kompostierung könnte in Berlin > 10.000 Tonnen CO_{2eq} vermeiden.



Parameter	PK0	PK5	PK10
pH	7,19	7,61	7,79
Rohdichte g/L FS	804	788	689
Salzgehalt g/L FS	3,00	2,03	1,63
OS %	22,1	26,2	29,7
C %	12,6	19,2	23,1
N %	0,82	0,82	0,80
P mg/kg	1.585	1.841	1.647
K mg/kg	6.279	6.774	6.277
Nmin mg/L FS	820	635	310
P mg/L FS	226	276	221
K mg/L FS	1428	1440	1488

PK reduziert THG und andere relevante Gase (H₂S) in der Kompostierung um 20 – 40 %

Zusammenfassung

1. NET wie Pyrolyse von Biomasse notwendig für vollständige Dekarbonisierung der Wärmeversorgung.
2. Es steht ausreichend regionale Biomasse zur Verfügung (Laub, Ast- und Strauchschnitt, Wiesenmahd, Siebüberläufe Kompostierung).
3. PK Anlagen sind in verschiedenen Größenklassen verfügbar.
4. Standorte für PK-Anlagen sind am wirtschaftlichsten wo Biomasse anfällt und eine Wärmesenke vorhanden ist.
5. Anwendungsmöglichkeiten sind ebenfalls ausreichend vorhanden (Kompostierung, Baumsubstrate, Grünflächen).

"Energiezukunft gestalten. **Gemeinsam!**"

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Kontakt: robert.wagner@anychar.de

