

# **Klimawirksamkeit der Wärmegewinnung aus Holz im Vergleich mit anderen Energieträgern**

**Fachkongress Holzenergie  
26. September 2023, Würzburg**

**Robert Mack**

# Übersicht

- Motivation
- Methodik
- Eingangsdaten
  - Verwendete GWP100 Werte
  - Emissionen der Vorketten
- Ergebnisse der THG – Bilanz
- Schlussfolgerungen

# Motivation – Spannungsfeld Heizen mit Holz



BR 24



Scientists for Future  
**Wissenszentrum**



## Brennholz Problematik

Die Preise für Holz beim Heizen. Die Auswirkungen der Holzverbrennung auf die Waldbestände.



Heizen mit Holz ist CO<sub>2</sub>-neutral  
CO<sub>2</sub>: pro Energieeinheit

Fundament ▾ Themen ▾ Materialien ▾ Audio / Video Infodesk ▾ Scientists for Future ▾

Home » Heizen mit Holz

## Heizen mit Holz

Juli 2022

**knapp, teuer und unerwartet klimaschädlich**



lian Stratschulte

gasbilanz 1

z 160

13

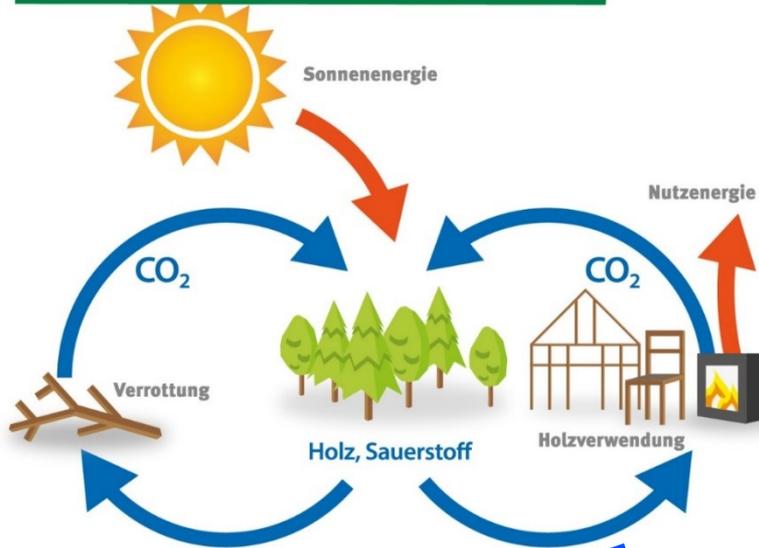
160

# Motivation - Heizen mit Holz klimaneutral?

ideales System

reales System

KLIMASCHÜTZER ENERGIEHOLZ  
KOHLENSTOFF-KREISLAUF VON HOLZ\*



\* Der Kohlenstoff-Kreislauf der Wälder ist geschlossen. Holzprodukte dienen als langfristige CO<sub>2</sub>-Senke, Heizen mit Holz setzt gespeicherte Sonnenenergie frei.

© FNR 2021

Ernte, Transport,  
Aufbereitung

**Gesundheitsschädliche  
Effekte**

**CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O,  
Partikel (EC, OC,  
Mineralien,  
Schadstoffe z.B.  
PAK)**

**CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O aus  
fossilen Energien**

**Klimaeffekt**

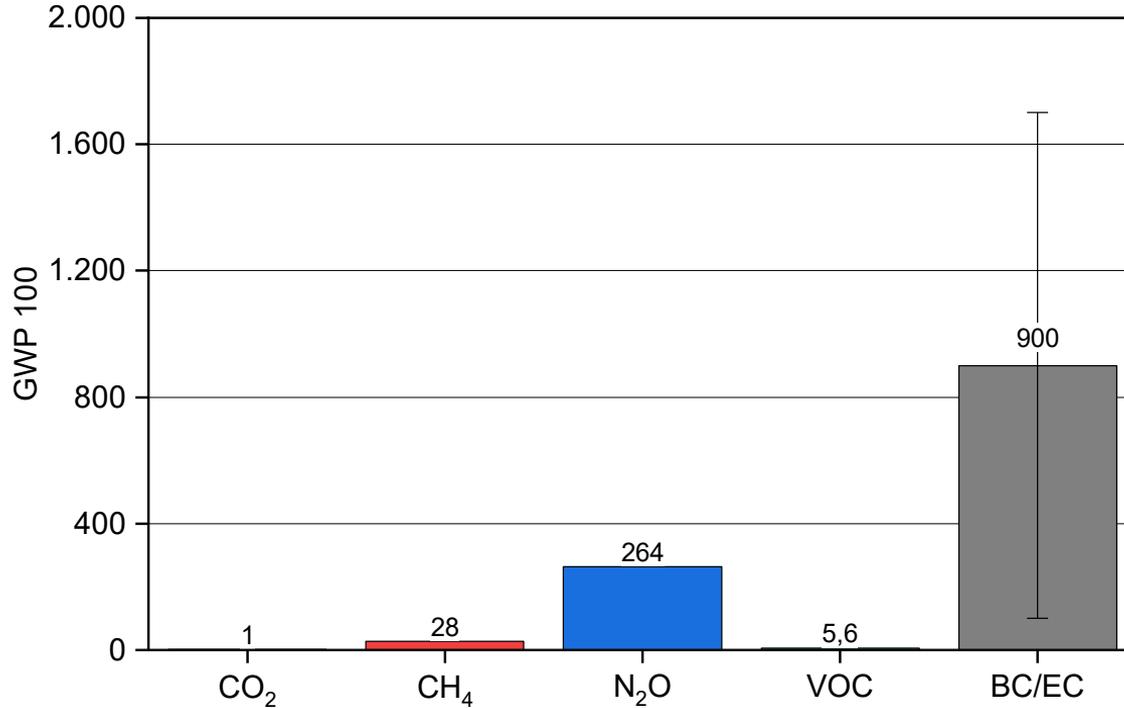
# Motivation - Fragestellung

- Wie hoch ist der Klimaeffekt der direkten Emissionen aus Biomasse Kleinfeuerungsanlagen?
- Wie viel klimaschädliche Gase entstehen durch die Bereitstellung von Holzbrennstoffen?
- Welche Rolle spielen die Staubemissionen?
- Wie stehen Biomasse Kleinfeuerungsanlagen im aktuellen Vergleich mit alternativen Heiztechnologien da?

# Methodik

- Reale Messdaten des TFZ:
  - 6 Scheitholz kaminöfen, ein Pelletofen, ein Pelletkessel ein Hackgutkessel
- Bei Scheitholz ERF Messung nach realitätsnahem Prüfverfahren (beReal) - Anheizvorgang berücksichtigt.
- Bestimmung Black Carbon:
  - Teils anhand eigener Bestimmungen des elementaren Kohlenstoffs (EC, thermooptische Bestimmung (LECO RC 612)).
  - Teils geschätzt unter Zuhilfenahme von Literaturdaten.
- Berechnung der CO<sub>2</sub> Äquivalente:
  - nur direkte Emissionen an VOC, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O und Black Carbon
  - keine direkten CO<sub>2</sub> Emissionen (als CO<sub>2</sub> oder CO) → geschlossener Kohlenstoffkreislauf
  - Emissionen der Vorkette, die bei Ernte, Transport und Aufbereitung (Hacken, Pelletieren) durch den Einsatz fossiler Energie.

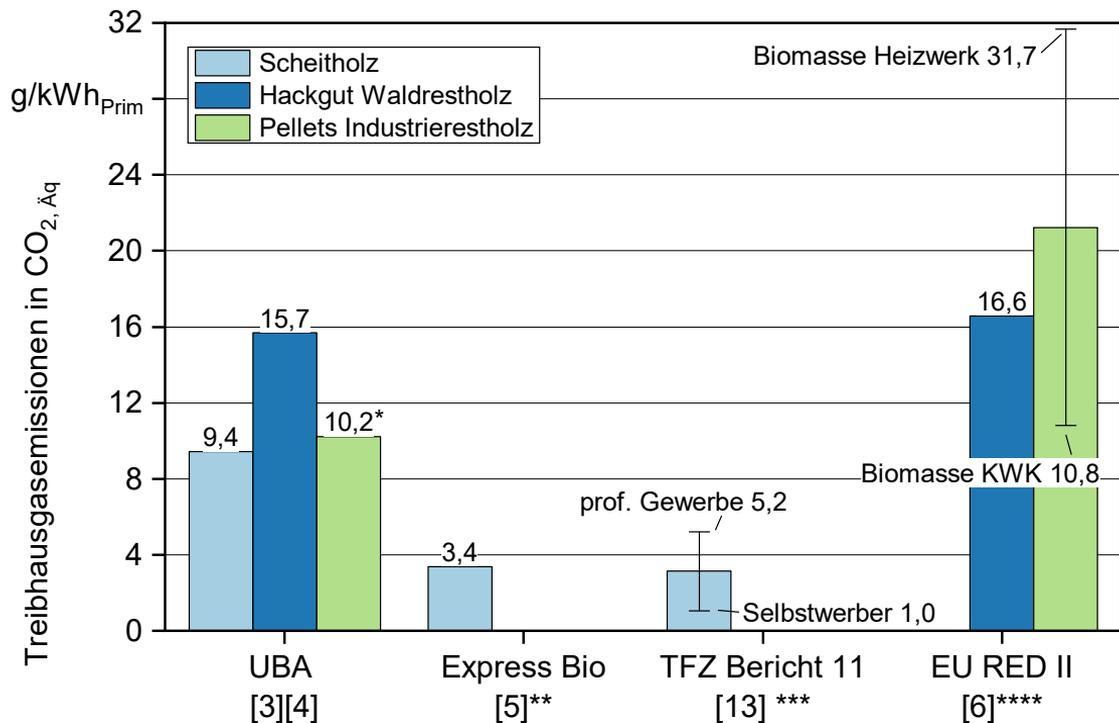
# GWP 100: IPCC 2013 WG1AR5 [1]



## Bemerkungen:

- VOC für EU und Nordafrika (IPCC WG1AR5, Table 8.A.5)
- BC / EC: Werte des IPCC liegen zwischen 100 und 1700. Es wurde hier der globale Mittelwert von Bond et. al. 2013 verwendet [1][2].
- Es wird davon ausgegangen, dass Black Carbon (BC) und elementarer Kohlenstoff (EC) gleichzusetzen sind (siehe Folie 10)
- Bei den Emissionsbilanzen erneuerbarer Energieträger 2020 des UBA [3] werden GWP 100 Werte des IPCC AR4 (2007) herangezogen und lediglich CO<sub>2</sub> (1) CH<sub>4</sub> (25) und N<sub>2</sub>O (298) als THG berücksichtigt.

# Emissionen der Vorketten



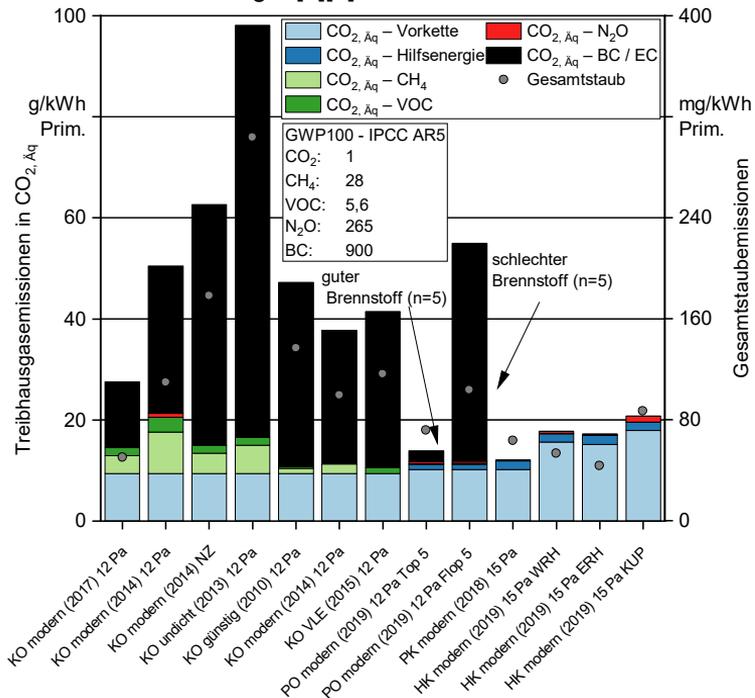
## Bemerkungen:

- \* Annahmen UBA Pellets: Transportweg 500 km, Energiebereitstellung über Biomasse KWK
- \*\* Angegeben als 10,88 kg CO<sub>2</sub> Äq / Erntefestmeter und umgerechnet über Faktor 716 kg/Fm und Heizwert des verwendeten Scheitholz.
- \*\*\* Berechnet über gemessene Energieverbräuche und aktuelle Emissionsfaktoren für Strom und Diesel nach [3]
- \*\*\*\* Transportweg 1 bis 500 km, umgerechnet von g/MJ in g/kWh (Pellets mit Biomasse getrocknet/Biomasse KWK)

# Ergebnisse – Holzfeuerungen TFZ (Vorketten)

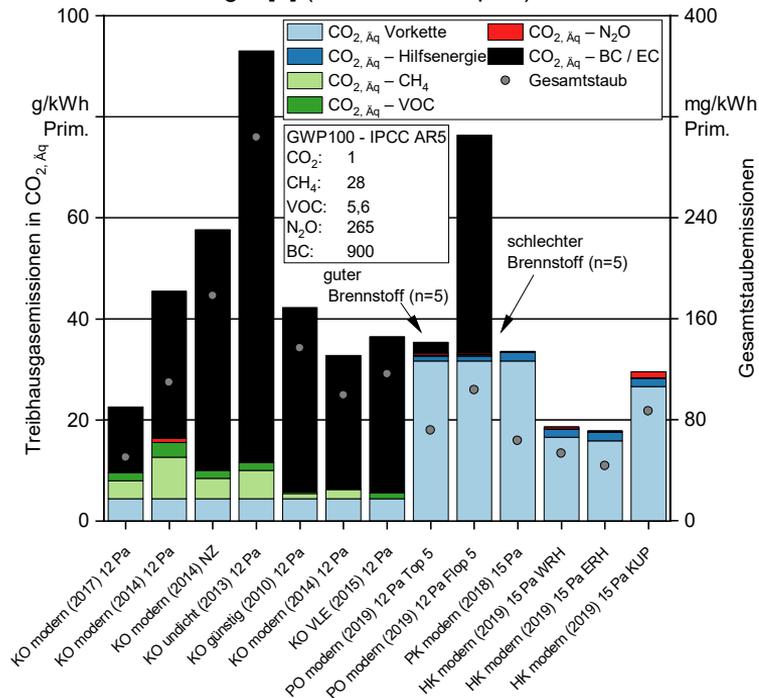
## Variante A

THG Vorketten UBA:  
Scheitholz [3]  
Pellets [3] (Biomasse KWK)  
Hackgut [3][4]



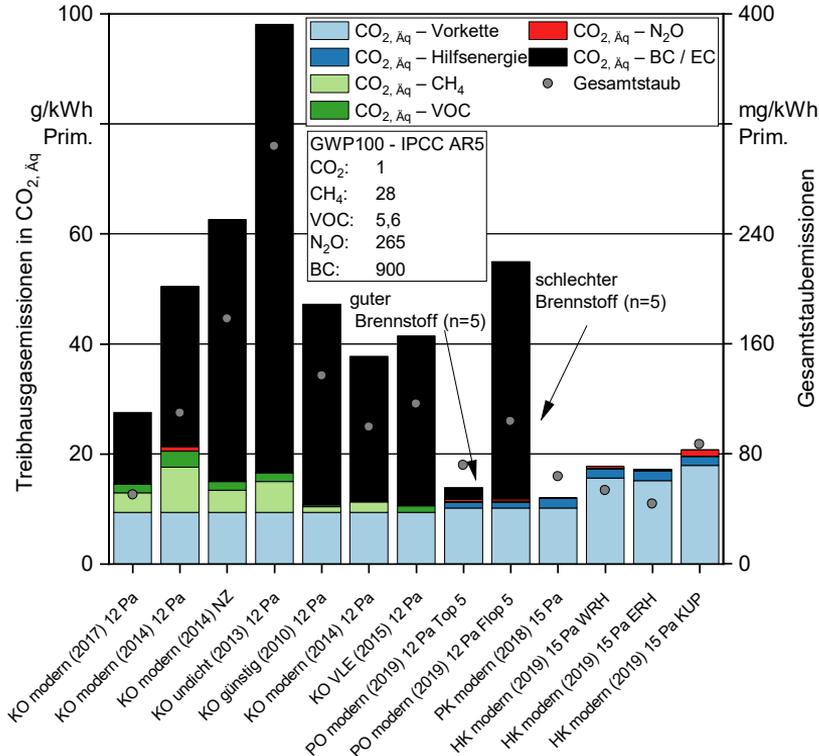
## Variante B

THG Vorketten alternativ:  
Scheitholz [5] (Buche)  
Pellets [6] (Biomasse Heizwerk)  
Hackgut [6] (500 km Transport)

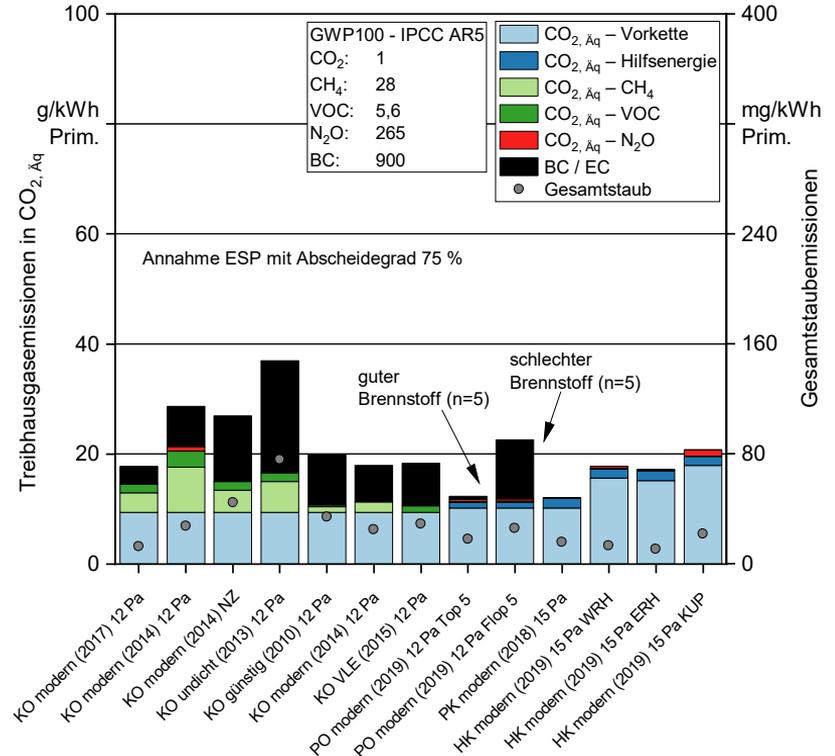


# Ergebnisse – Holzfeuerungen TFZ (Abschätzung Abscheider)

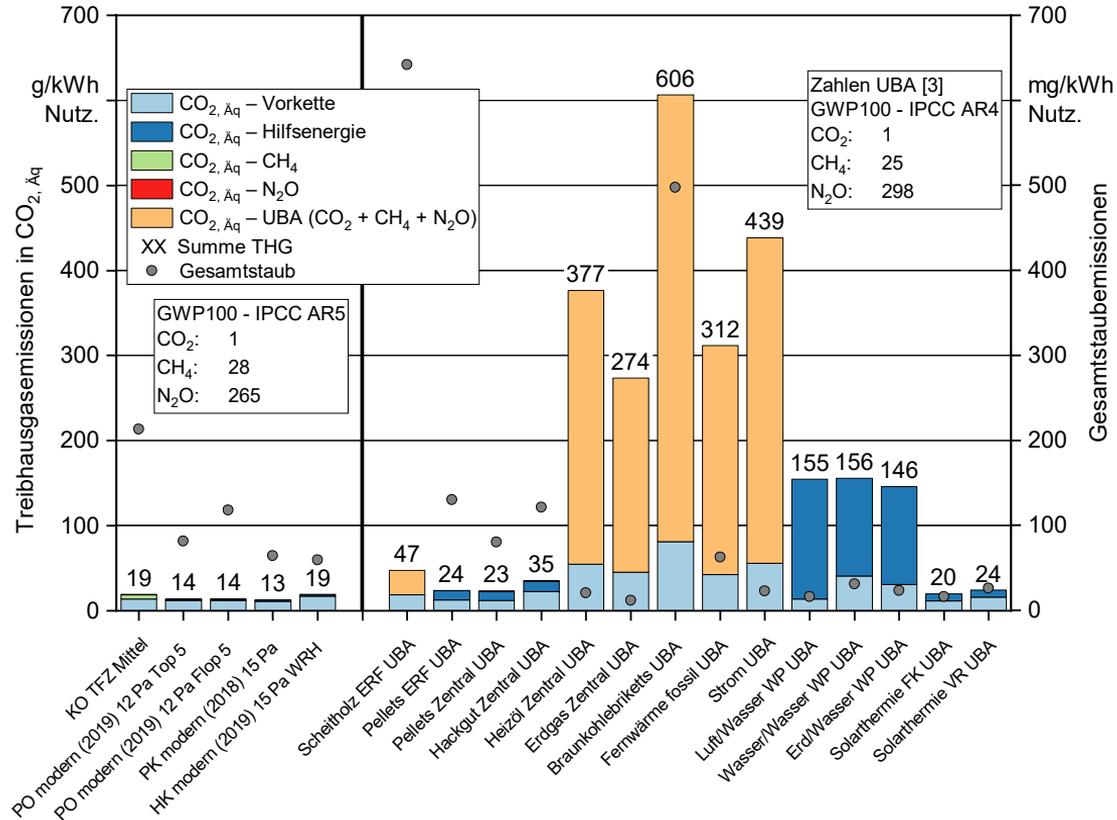
Ohne Abscheider



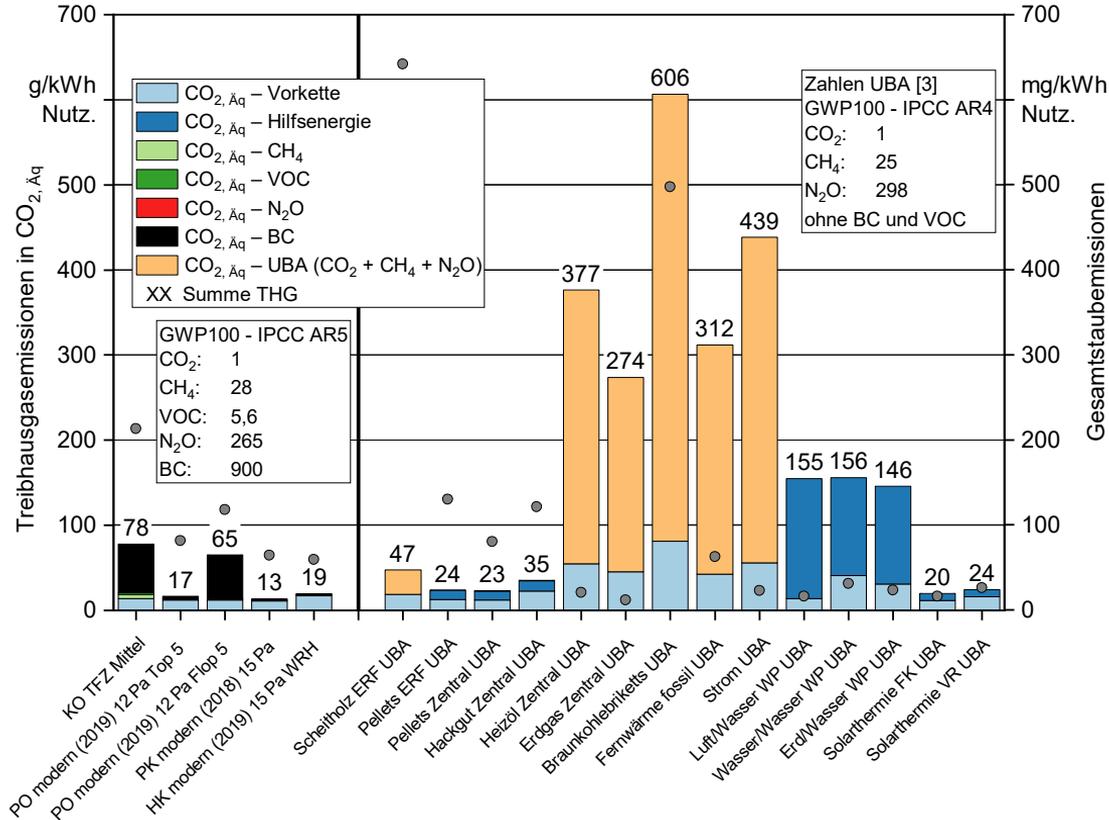
Mit Abscheider bei Kaminöfen und Pelletöfen (Abscheidegrad 75 % [7])



# Ergebnisse – Vergleich mit Zahlen UBA [3] – ohne BC/EC



# Ergebnisse – Vergleich mit Zahlen UBA [3] – mit BC/EC



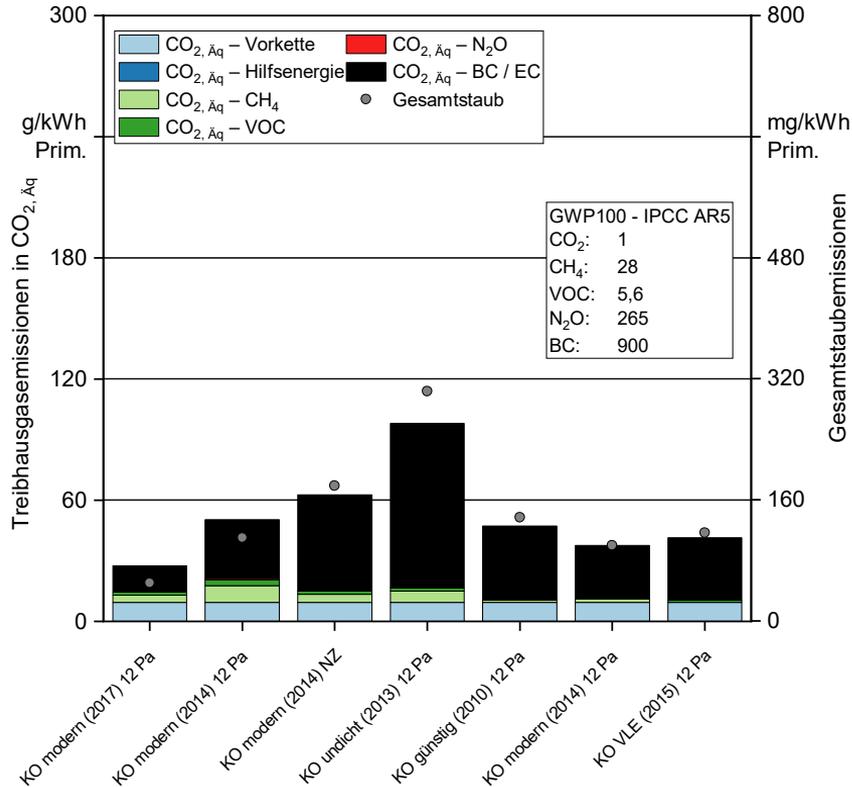
# Fehlbedienungen

## Szenariorechnung: **Benutzungsverhalten über 1 Jahr [12]**

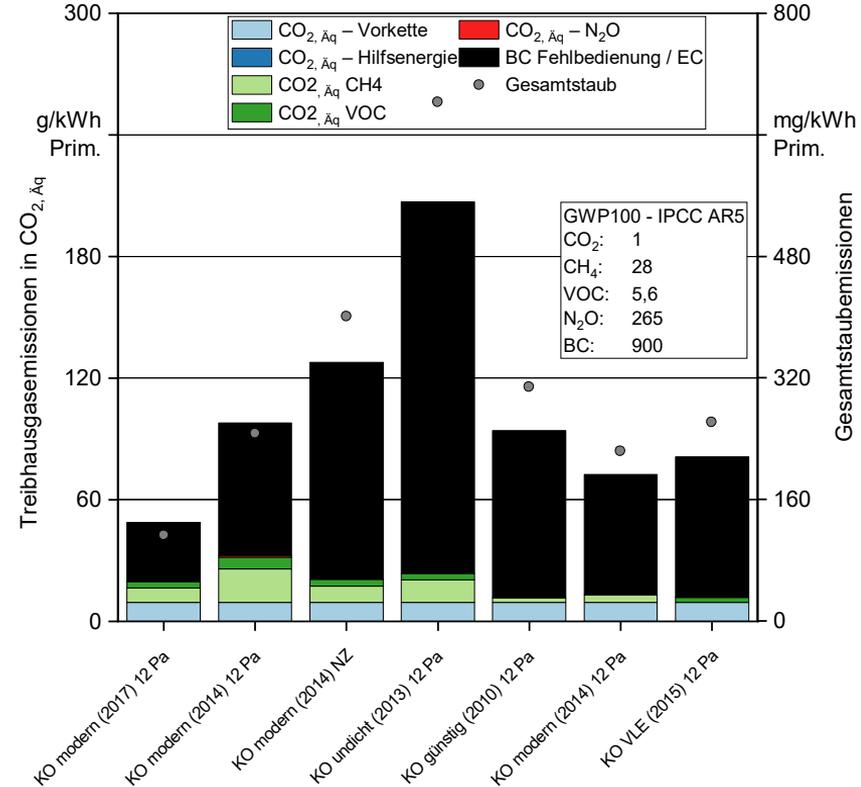
Anzahl Wochen Heizsaison	25	
Anzahl Abbrände je Heiztag	5	
Anzahl Heiztage/Woche	3	
<i>Anzahl Heiztage/Saison</i>	<b>75</b>	
Anzahl Abbrände insgesamt je Woche	15	
<i>Anzahl Abbrände insgesamt je Saison</i>	<b>375</b>	
Häufigkeit Heizfehler A (Abbrände)	50	(2 Abbrände/Woche falsche Luftstellung)
Häufigkeit Heizfehler B (Abbrände)	75	(einmal pro Heiztag spät nachgelegt)
Häufigkeit Heizfehler C (Abbrände)	37,5	(10 % des Brennstoffs zu nass)
Häufigkeit Heizfehler D (Abbrände)	25	(ein Abbrand/Woche überladen)
Häufigkeit Heizfehler E (Abbrände)	5,8	(einmal pro Monat falsch anzünden)
allg. Betriebsverbesserung d. Steuerung	375	(d. h. bei allen Abbränden)
→ <b>Gemittelter Faktor Fehlbedienung Staub (EC, OC und Mineralien) = 2,25</b>		
→ <b>Kohlenwasserstoffe (Org.-C und CH<sub>4</sub>) = 2</b>		

# Ergebnisse – Holzfeuerungen TFZ (Fehlbedienung)

## Ohne Fehlbedienung



## Mit Fehlbedienungen



# Schlussfolgerungen Einzelraumfeuerungen (ERF)

- Heizen mit Holz weist (Stand heute) auch unter Berücksichtigung der Black Carbon Emission, niedrige THG Emissionen im Vergleich zu anderen Heizsystemen (z.B. WP mit aktuellem Strommix) auf.
- BC bzw. EC kann bei ERF einen erheblichen Anteil (bis 80 %) der klimawirksamen Emissionen darstellen. Die Unsicherheit bei den GWP 100 ist allerdings extrem hoch (100 - 1700).
- Staubabscheider oder primärseitige Optimierung neuer Feuerungen können Staub- und EC bzw. BC Emissionen senken bis eliminieren. Dies dient sowohl dem Klima- als auch dem Gesundheitsschutz.
- Bedienungsfehler bei Scheitholz ERF erhöhen die THG-Emissionen deutlich. Diese lassen sich durch automatische Verbrennungslufteinrichtungen auf ein Minimum reduzieren.
- Die BC- bzw. EC-Emissionen bei Pellet ERF sind stark brennstoffabhängig, trotz Verwendung von ENplus A1 Pellets.

# Schlussfolgerungen Zentralheizkessel

- Moderne mit Pellets oder Hackgut betriebene Zentralheizkessel weisen nahezu keine BC / EC Emissionen mehr auf und schneiden damit bei der THG Bilanz unter Berücksichtigung des aktuellen Strommix am besten ab.
  - In Gebäuden mit hohem Wärmebedarf (z.B. unsanierter Altbau), hohen Vorlauftemperaturen ( $> 55^{\circ}\text{C}$ ) ist der Einsatz einer Biomassefeuerung sinnvoll.
  - Unter Berücksichtigung des geplanten Ausbaus des erneuerbaren Anteils am Strommix ist die Wärmepumpe im Neubau und bei Bestandsgebäuden mit niedrigem Wärmebedarf mit Flächenheizung der Holzheizung vorzuziehen oder evtl. auf eine Kombination zu setzen.



# Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

**Robert Mack**

Abteilung Biogene Festbrennstoffe  
Technologie- und Förderzentrum  
im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe(TFZ)

Schulgasse 18

94315 Straubing

Tel.: +49 9421 300-154

Fax: +49 9421 300-211

[robert.mack@tfz.bayern.de](mailto:robert.mack@tfz.bayern.de)

[www.tfz.bayern.de](http://www.tfz.bayern.de)

# Quellen

1. IPCC 2013: WG1 AR5 <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
2. Bond, et al., 2013: Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment. J. Geophys. Res. Atmos., 118, doi:10.1002/jgrd.50171,5380-5552.
3. Umweltbundesamt 2021: Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger, Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2020, <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/emissionsbilanz-erneuerbarer-energietraeger>
4. Umweltbundesamt 2016: Aktualisierung der Eingangsdaten und Emissionsbilanzen wesentlicher biogener Energienutzungspfade (BioEm), [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte\\_09\\_2016\\_aktualisierung\\_der\\_eingangsdaten\\_und\\_emissionsbilanzen\\_wesentlicher\\_biogener\\_energienutzungspfade\\_1.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_09_2016_aktualisierung_der_eingangsdaten_und_emissionsbilanzen_wesentlicher_biogener_energienutzungspfade_1.pdf)
5. Dressler D. et al., 2016: ExpResBio: Ergebnisse, Analyse und Bewertung ausgewählter ökologischer und ökonomischer Wirkungen von Produktsystemen aus land und forstwirtschaftlichen Rohstoffen <https://www.tfz.bayern.de/nachhaltigkeit/140218/index.php>
6. RICHTLINIE (EU) 2018/2001 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32018L2001>
7. Blauer Engel - Kaminöfen für Holz 2020; Version 4
8. Umweltbundesamt 2020: Black Carbon Emissionen – Teilbericht <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/black-carbon-emissionen>

# Quellen

9. Tissari et al., 2019: Fine Particle Emissions from Sauna Stoves: Effects of Combustion Appliance and Fuel, and Implications for the Finnish Emission Inventory; Atmosphere, 10, doi:10.3390/atmos10120775
10. Kirchsteiger et al. 2021: Real-life emissions from residential wood combustion in Austria: From TSP emissions to PAH emission profiles, diagnostic ratios and toxic risk assessment, Atmospheric Pollution Research 12, <https://doi.org/10.1016/j.apr.2021.101127>
11. Kidbom et al. 2017: Emission factors for SLCP emissions from residential wood combustion in the Nordic countries; TemaNord 2017:570
12. Hans Hartmann 2021: Schadstoffminderungspotenzial durch automatische Ofensteuerungen (Szenariorechnungen), Vortrag Fachgespräch „Arbeitskreis Holzfeuerungen“ Straubing, 9. Juni 2021
13. Berichte aus dem TFZ Nr. 11, 2006: Rationelle Scheitholzbereitstellungsverfahren