

Reihenuntersuchung an Pelletöfen: Wie wirken sich Brennstoffunterschiede aus?

21. Mai 2025, Straubing

Robert Mack

Gliederung

- Informationen zum Projekt FuturePelletSpec 1
- Ergebnisse aus FuturePelletSpec 1 (Highlights) und Schlussfolgerungen
- Informationen zum Projekt FuturePelletSpec 2
- Pelletofenscreening verwendete Feuerungen
- Einfluss der Pelletlänge auf die Emissionen
- Einfluss der Baumart auf die Emissionen
- Empfehlungen für die Praxis

Über das Projekt: FuturePelletSpec1

- **FuturePelletSpec: Neuartige und erweiterte Holzpellet-Charakterisierung und Abbrandmodellierung – Teil 1 (Grundlagenuntersuchungen)**
 - Pellet-Brennstoffcharakterisierung und Verbrennung (diese Präsentation)
 - Entwicklung eines Brennstoffbett-Abbrandmodells für Pelletfeuerungen [1]

- Projekt Partner



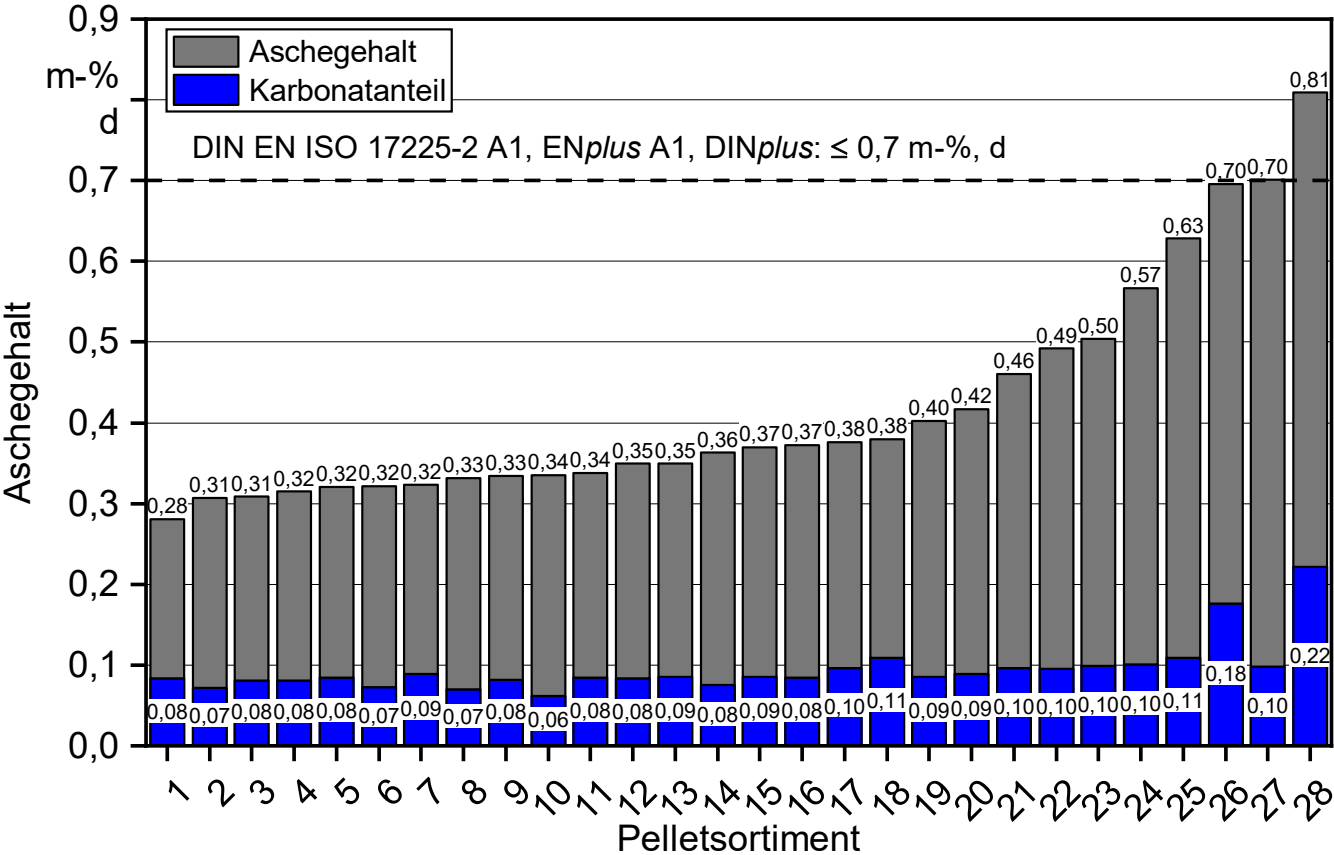
- Dieses Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft unter dem Förderkennzeichen 22020917 gefördert. Die Mittelvergabe erfolgte über die Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe.



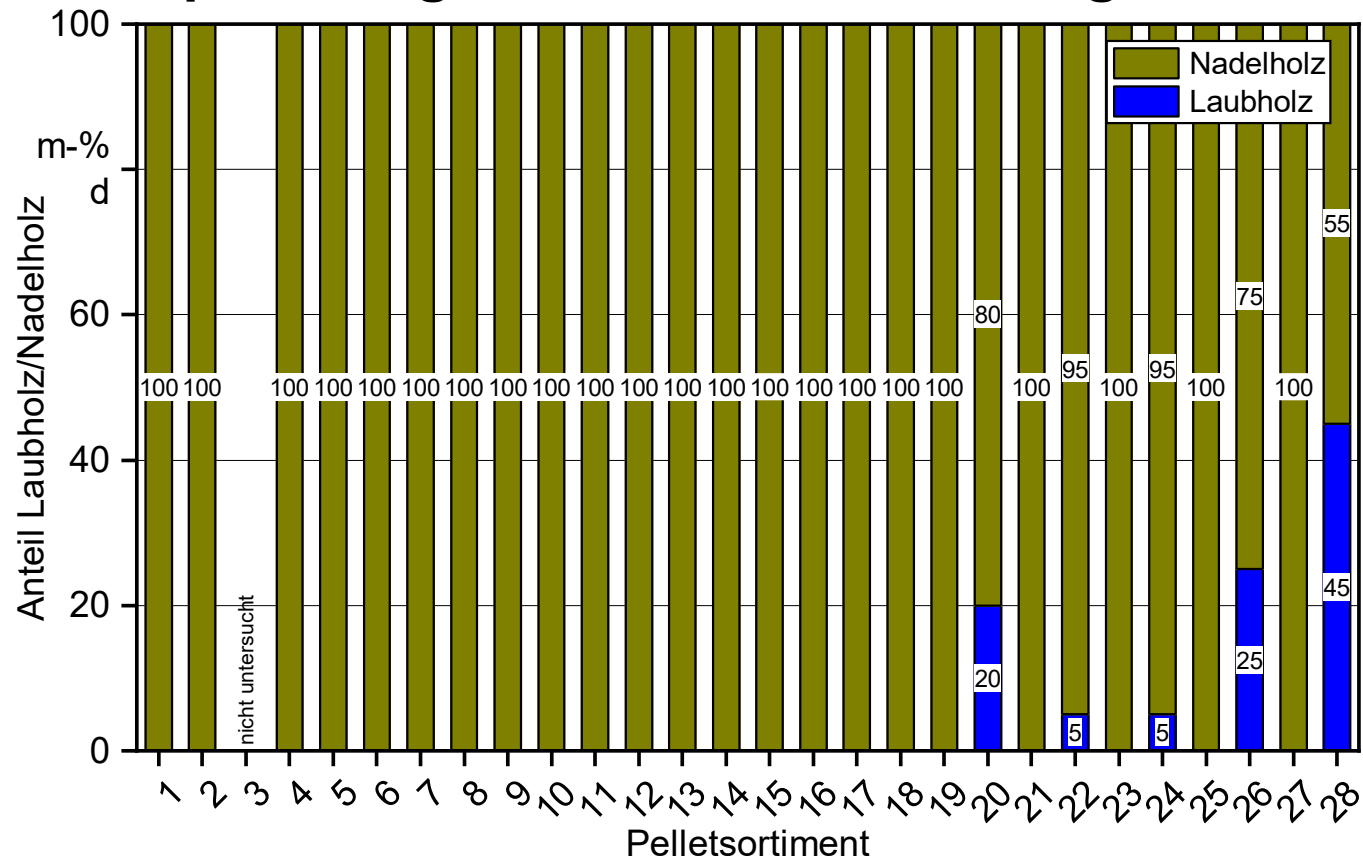
Methodik und Datenerhebung

- Pelletbeschaffung/Produktion
 - 28 als ENplus A1 deklarierte Pelletsortimente
 - Beschaffung direkt über Pelletproduzenten, aus dem Handel (z. B. Baumarkt) und von Privatpersonen (auffällige Sortimente bei der Verbrennung).
 - Pelletierung der Versuchsbrennstoffe am TFZ mit Amandus Kahl 33-390 Flachmatrizen-Pelletpresse
- Brennstoffanalytik
 - Analyse aller in der DIN EN ISO 17225-2 aufgeführten Parameter
 - Zusätzliche Analyse aller Aerosol- und Aschebildner sowie Pellethärte, Partikeldichte, Stärkegehalt, Karbonatgehalt und Laub-/Nadelholzanteil (NIR)
- Feuerungsversuche
 - Stationärer Vollastbetrieb: 1 h Aufheizphase vor Messungen
 - Staubmessungen nach VDI 2066
 - Alle Emissionen bei STB (0°C, 1013 hPa) und bezogen auf 13 % O₂

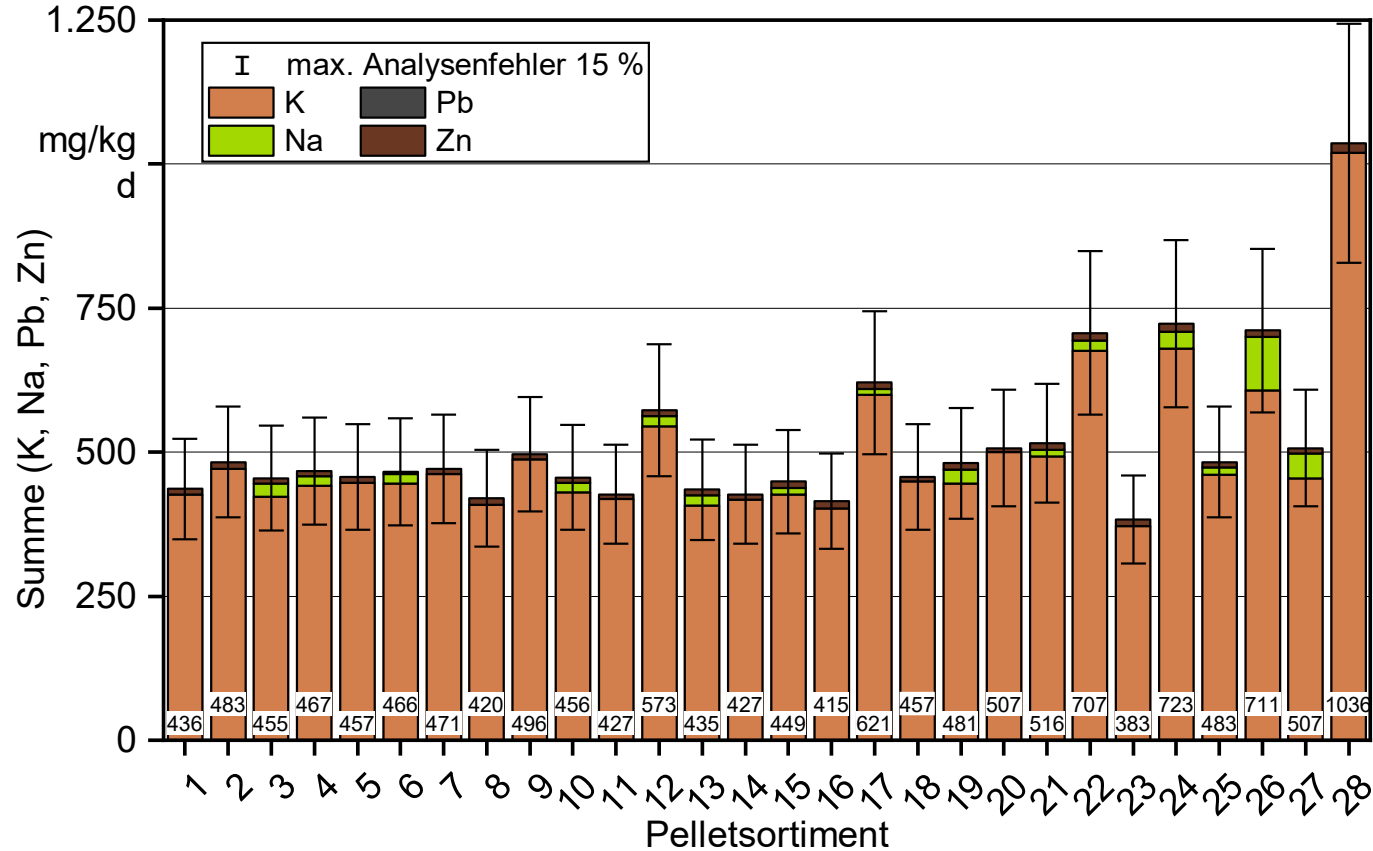
FuturePelletSpec1: Ergebnisse Pelletscreening



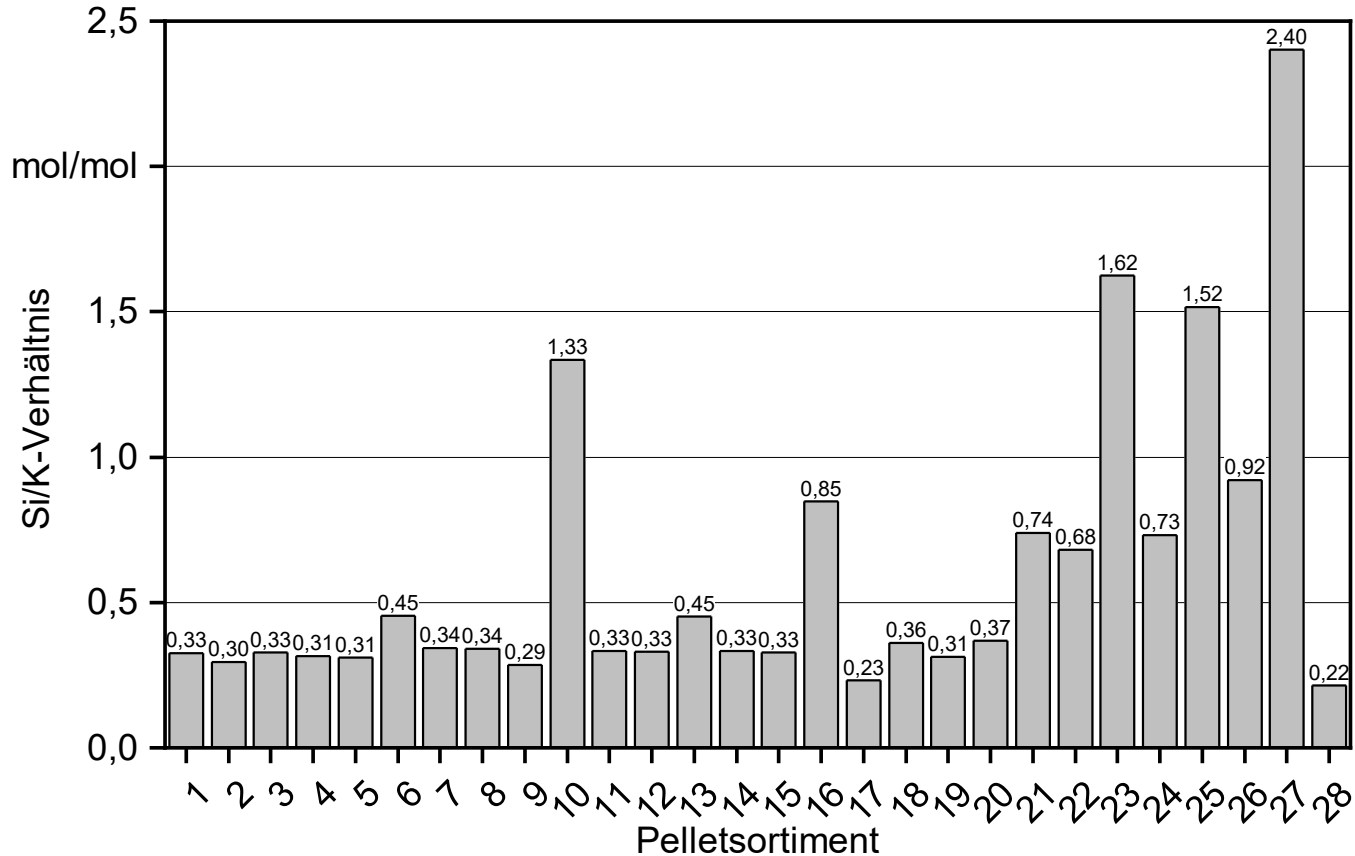
FuturePelletSpec1: Ergebnisse Pelletscreening



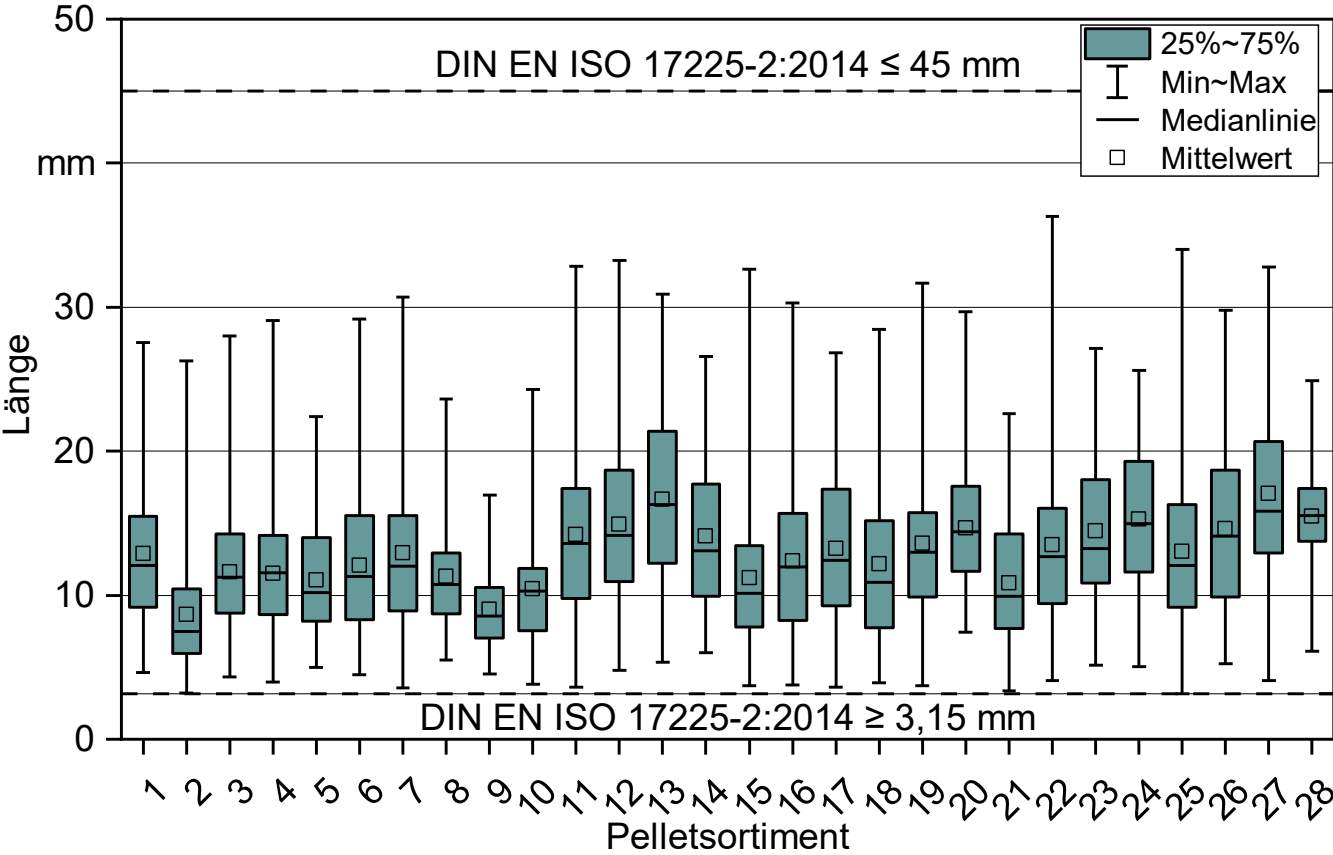
FuturePelletSpec1: Ergebnisse Pelletscreening



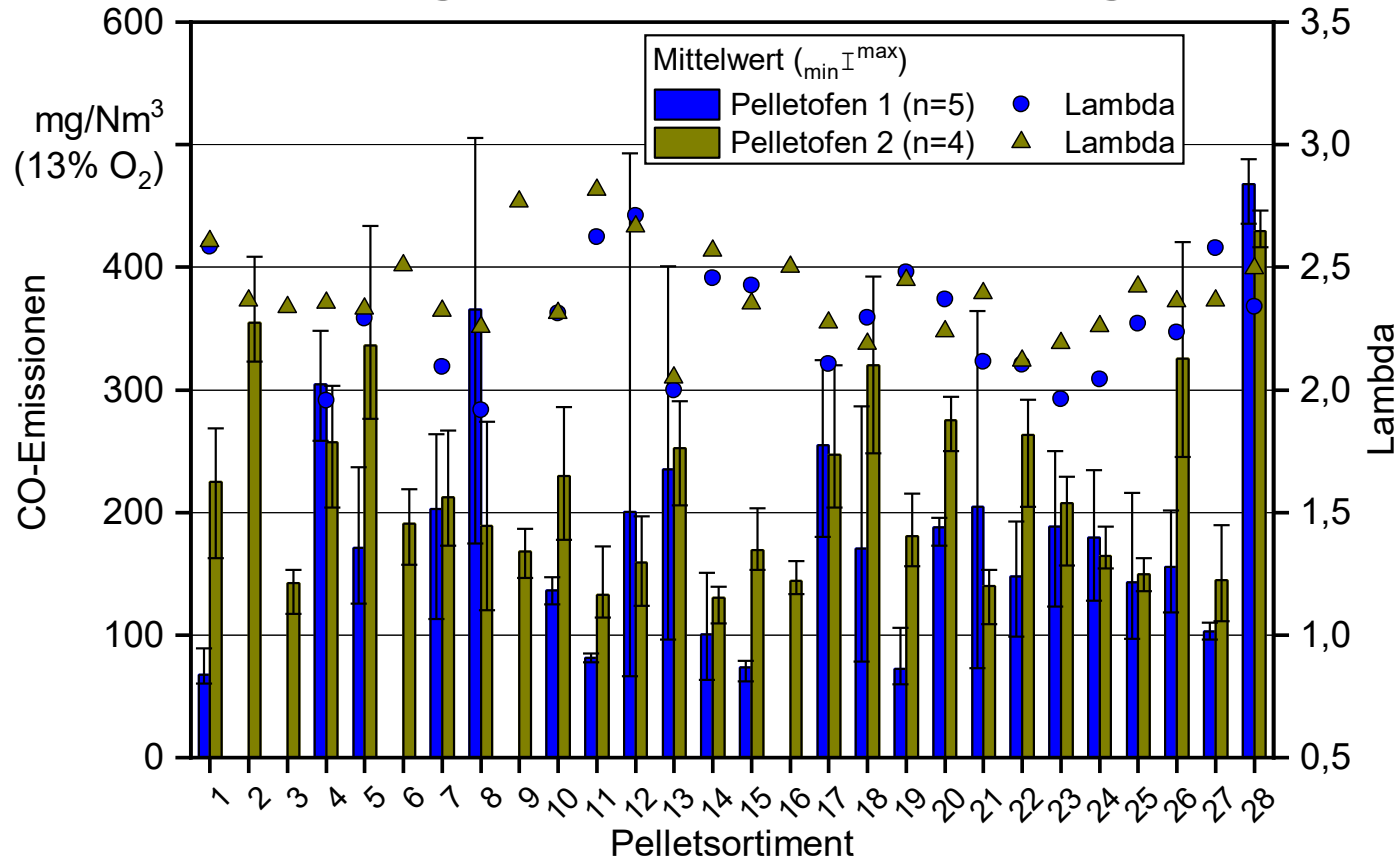
FuturePelletSpec1: Ergebnisse Pelletscreening



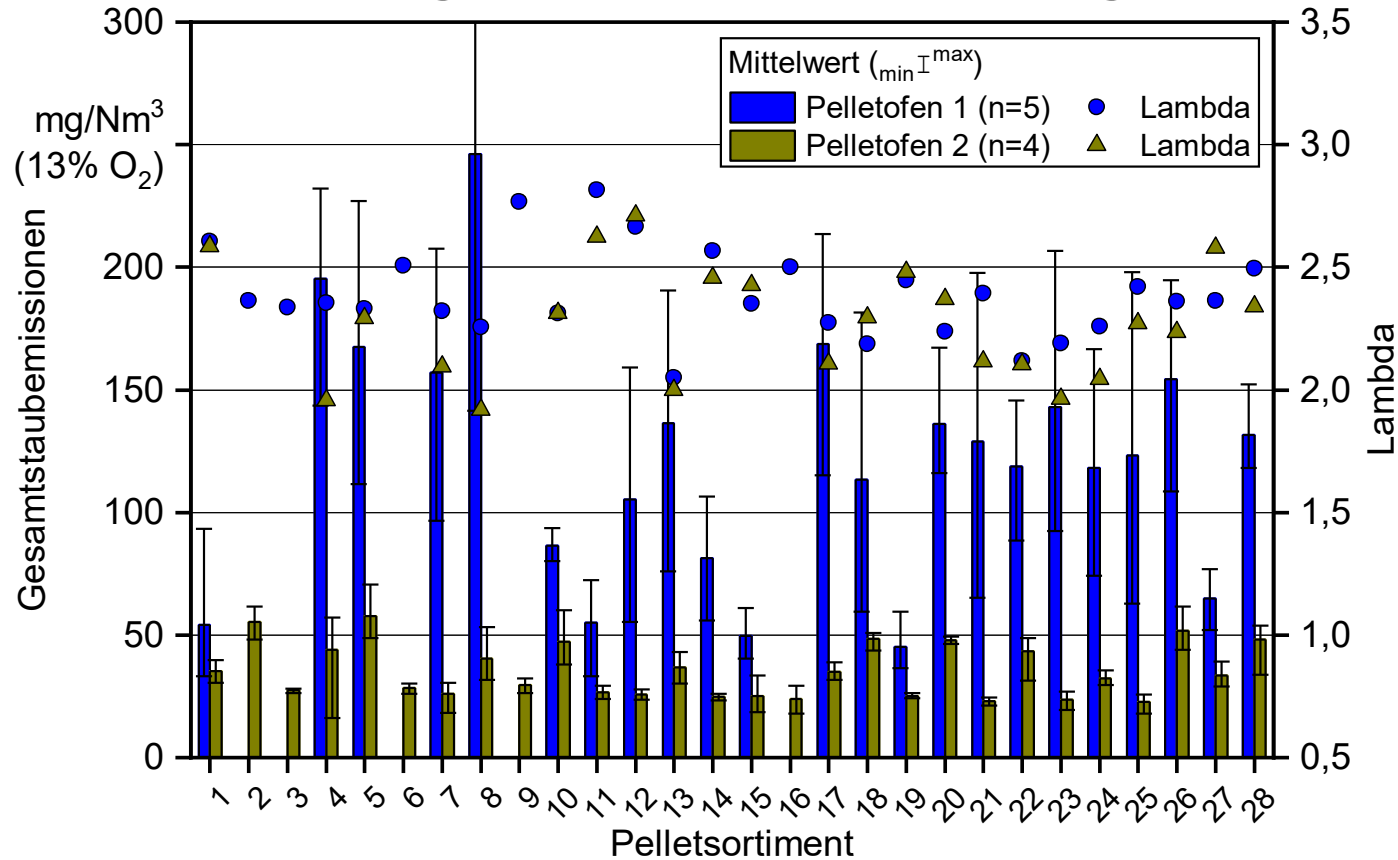
FuturePelletSpec1: Ergebnisse Pelletscreening



FuturePelletSpec1: Ergebnisse Pelletscreening



FuturePelletSpec1: Ergebnisse Pelletscreening



FuturePelletSpec1: Ergebnisse Pelletscreening

Brennstoff- parameter	Staub	IC	OC	EC	Salze / Oxide	CO	Org.-C
Kaliumgehalt ↑	↑	↑	↑	↓	↑	↑	↑
Hartholzanteil ↑	↑	↑	↑	—	↑	↑	↑
Karbonatanteil ↑	↑	—	↑	—	↑	↑	—
Energiedichte ↑	↑	—	—	—	—	—	↑
Si/K-Verhältnis ↑	—	—	—	—	↓	—	—
Partikeldichte ↑	—	—	↓	—	—	—	↓
Mittelwert Länge ↑	—	—	—	↓	—	↓	—
Aschegehalt ↑	—	↑	↑	—	—	—	—
Feinanteil ↑	—	—	—	—	—	↑	—

Schlussfolgerungen: Pellet Qualität FuturePelletSpec1

- Pelletscreening:
 - Eine Überschreitung des Aschegehalts, zwei Sortimente genau bei 0,7 m-%
 - Relativ Hohe Variabilität einiger Brennstoffparameter trotz Vorgaben der Norm: Aerosolbildner, Si/K-Verhältnis, Pelletlänge, Aschegehalt,
 - Hohe Variabilität der Emissionen bei beiden untersuchten Pelletöfen.
 - Pelletkessel weisen nur geringe Variabilität der Emissionen auf → unkritisch (nicht gezeigt)
 - Staubemissionen werden im Wesentlichen vom Kaliumgehalt (auch Hartholzanteil), Karbonatanteil in der Brennstoffasche, Energiedichte (Schüttdichte a.r. × Heizwert a.r.) und Si/K-Verhältnis abhängig.
- Lassen sich die gefundenen Zusammenhänge auf andere Öfen übertragen?
- Welchen Einfluss haben technische Unterschiede (Regelung, Brennraumgeometrie, Art der Brennstoffzufuhr...).

Über das Projekt

- **Neuartige und erweiterte Holzpellet-Charakterisierung und Abbrandmodellierung-Teil 2: Anwendung in der Praxis**
- Teilvorhaben 1: Brennstoffcharakteristik und Abbrandmodellierung
- Teilvorhaben 2: Realisierung der Ofenentwicklung

- Projekt Partner



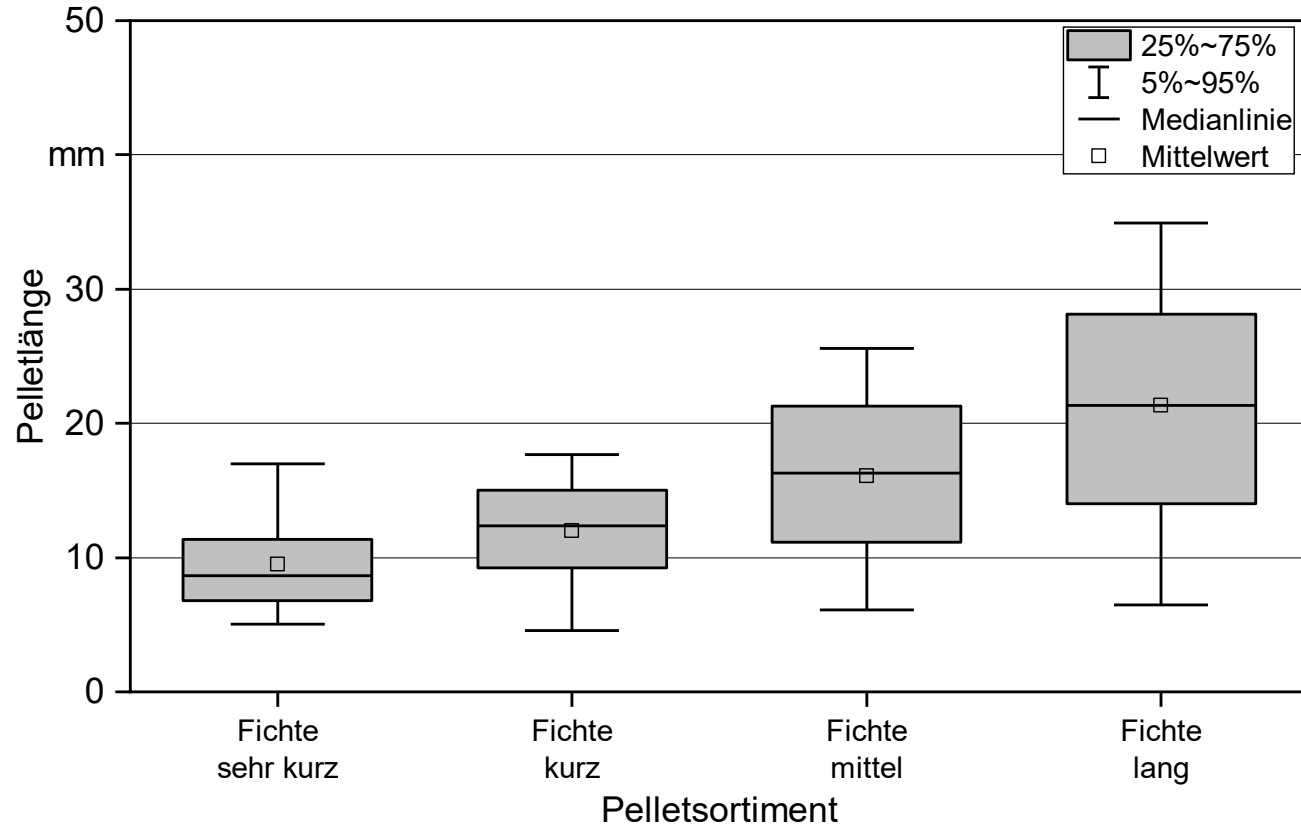
- Dieses Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft unter den Förderkennzeichen 2221 NR016A und 2221 NR016B gefördert. Die Mittelvergabe erfolgte über die Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe.



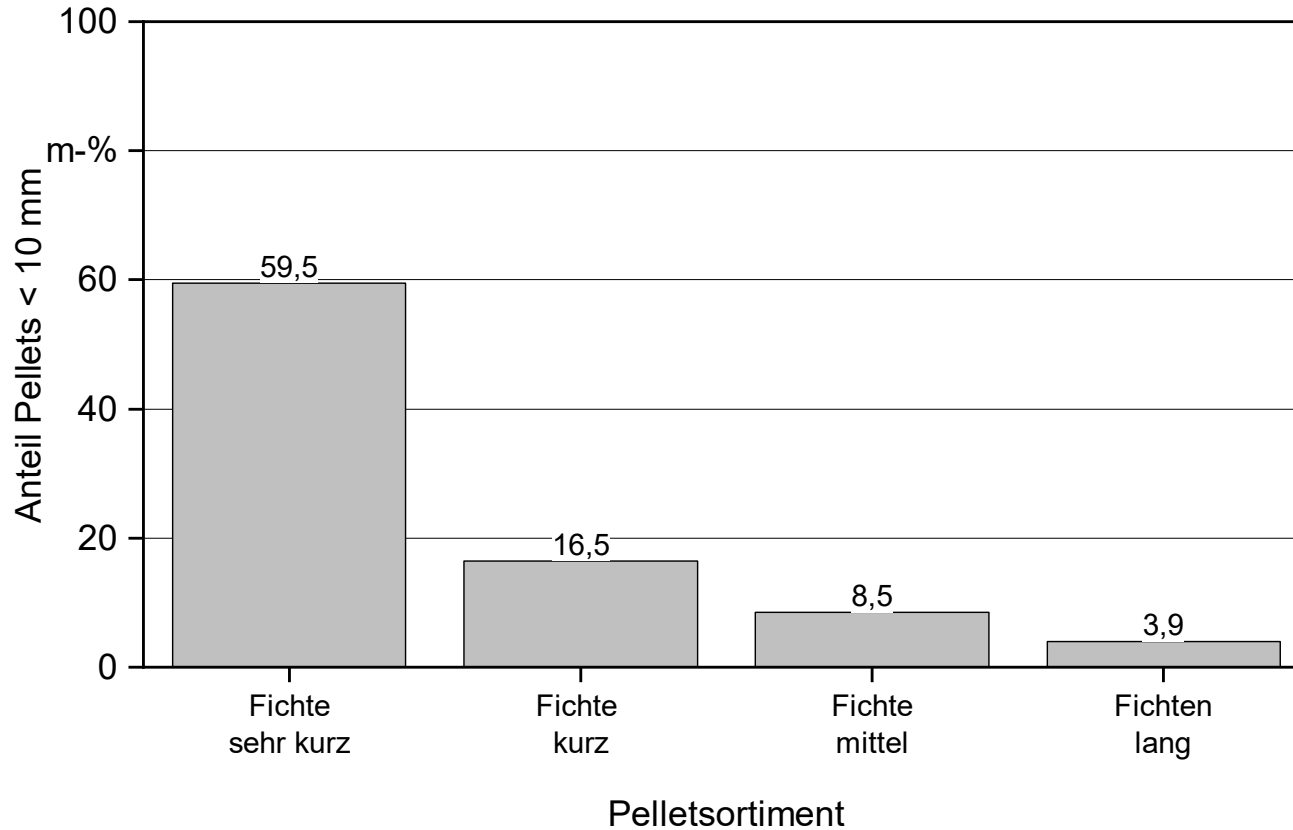
Verwendete Feuerungen

Feuerung	Ofen 1	Ofen 2	Ofen 3	Ofen 4
Nennwärmeleistung in kW	6	8	6	8
Feuerungsprinzip	Abwurf, starrer Rost	Unterschub	Abwurf, starrer Rost	Abwurf, Kipprost
Besonderheiten	Automatische Brennstoffanpassung	Raumluftabhängig	Baumarktgerät, sehr billig, ca. 800 € Neupreis	Extreme Luftstufung, hohes Glutbett

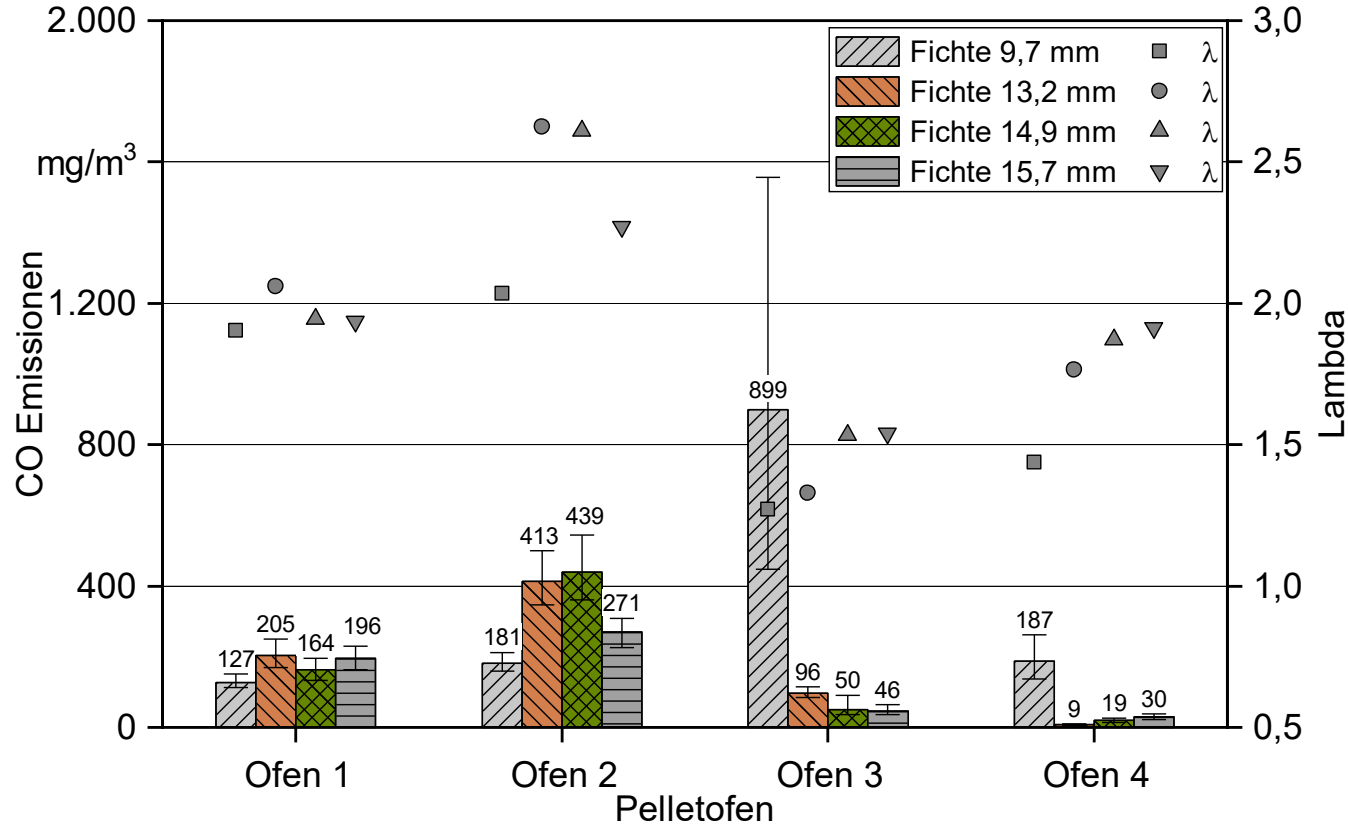
Brennstoffparameter Pelletlänge



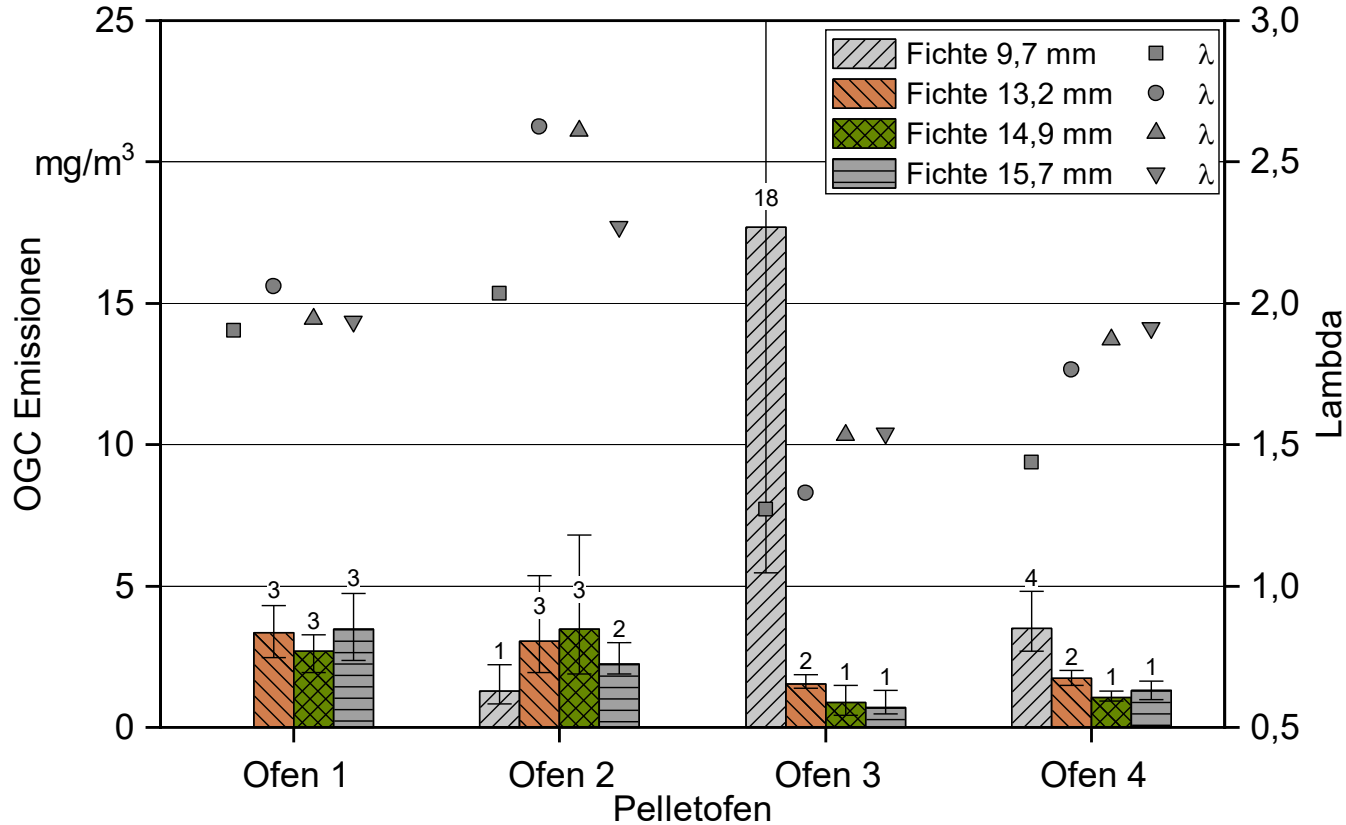
Brennstoffparameter Anteil Pellets < 10 mm



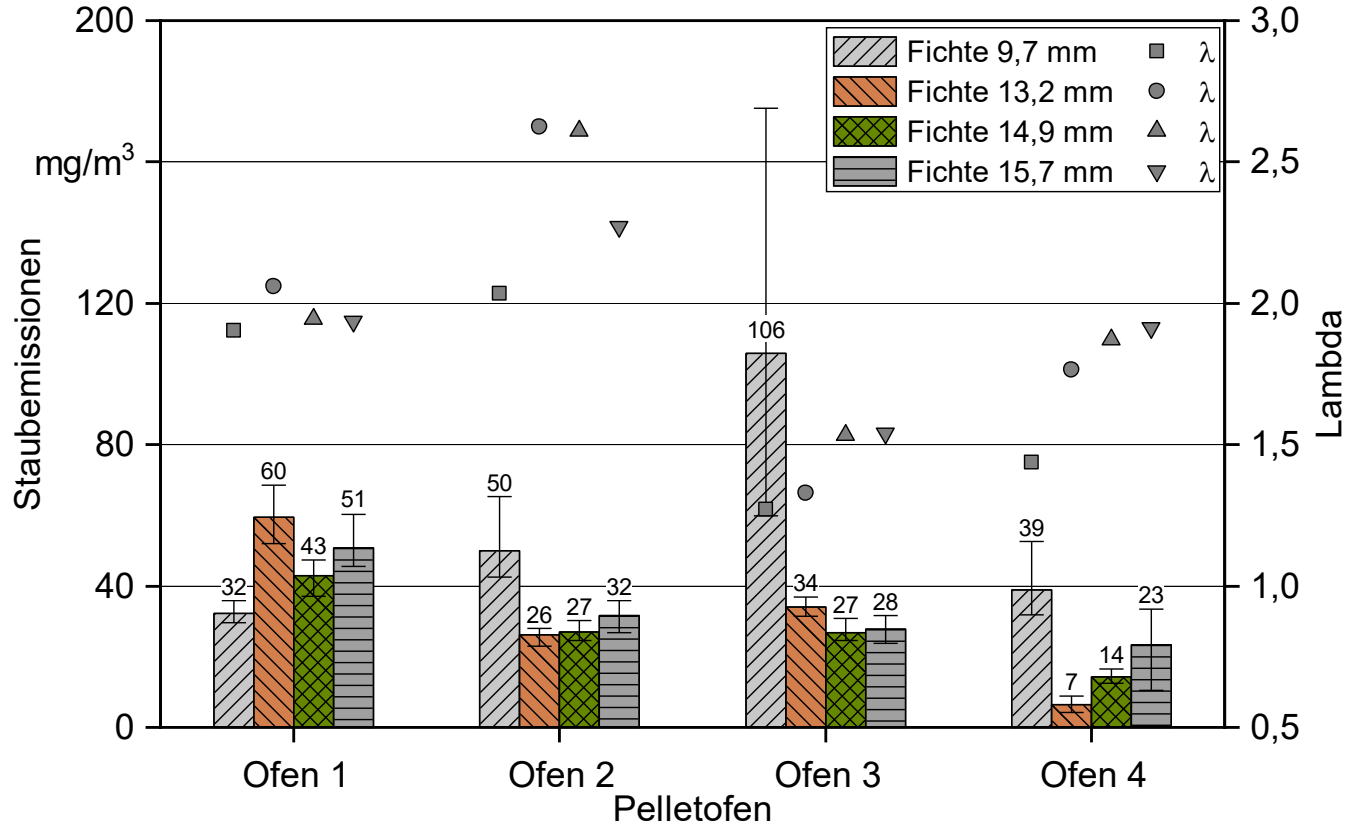
Ergebnisse Pelletlänge CO Emissionen



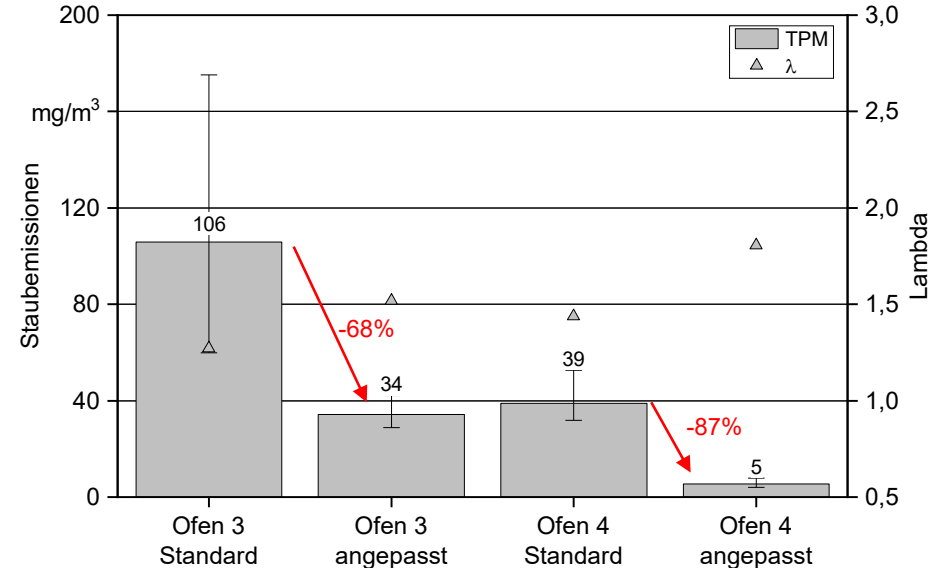
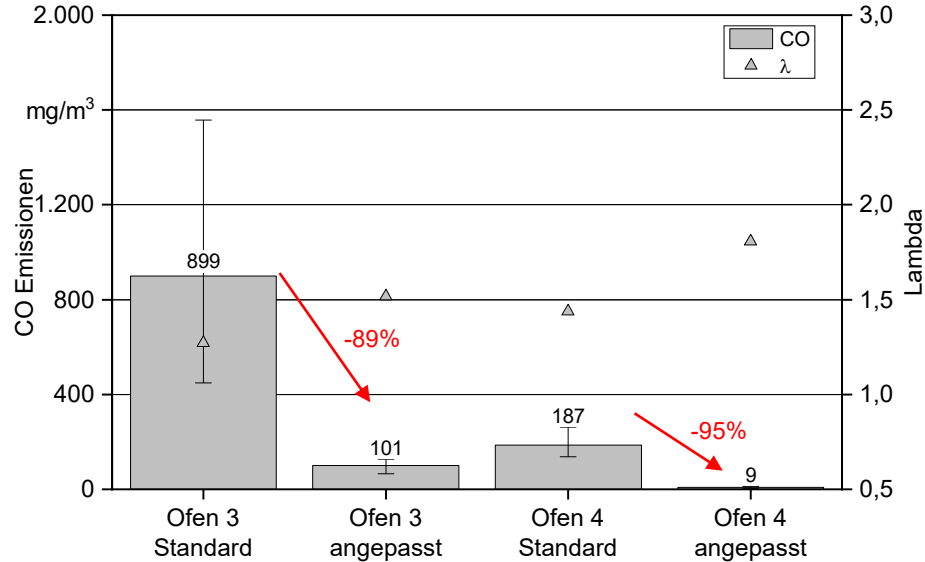
Ergebnisse Pelletlänge OGC Emissionen



Ergebnisse Pelletlänge Staubemissionen



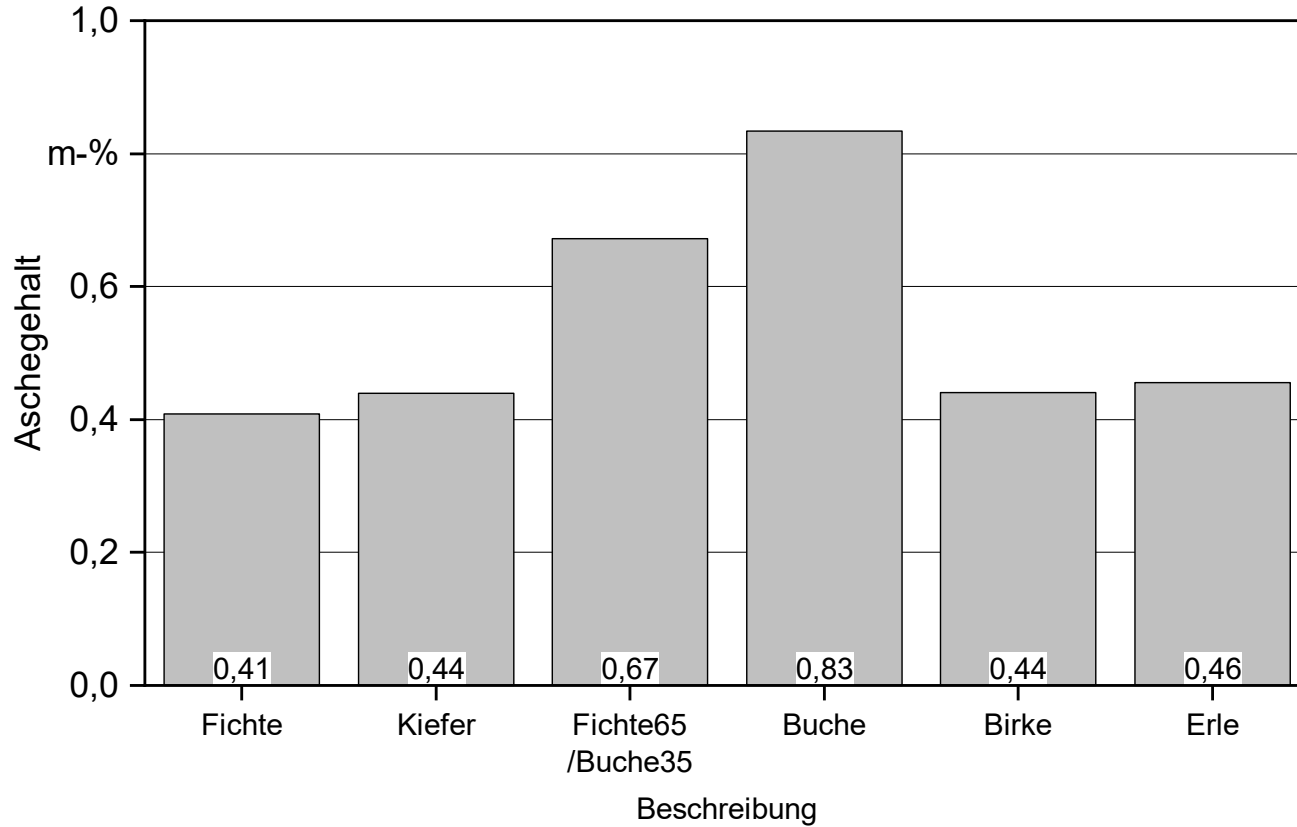
Ergebnisse Pelletlänge Anpassung Brennstoffzufuhr



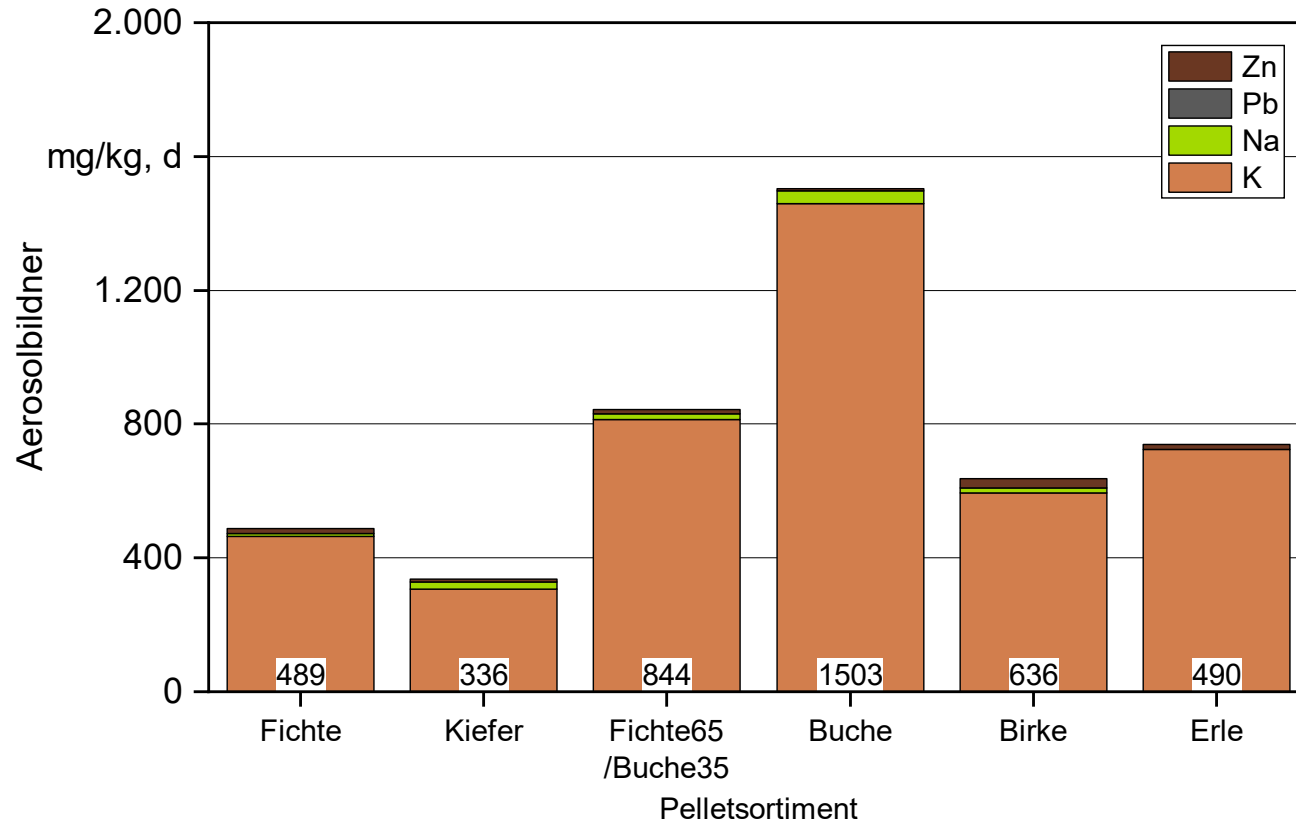
Einstellung des Brennstoffmassenstroms ausschlaggebend um bei wechselnder Pelletlängenverteilung niedrige Emissionen zu gewährleisten!

→ **automatische Anpassung sollte Standard sein!**

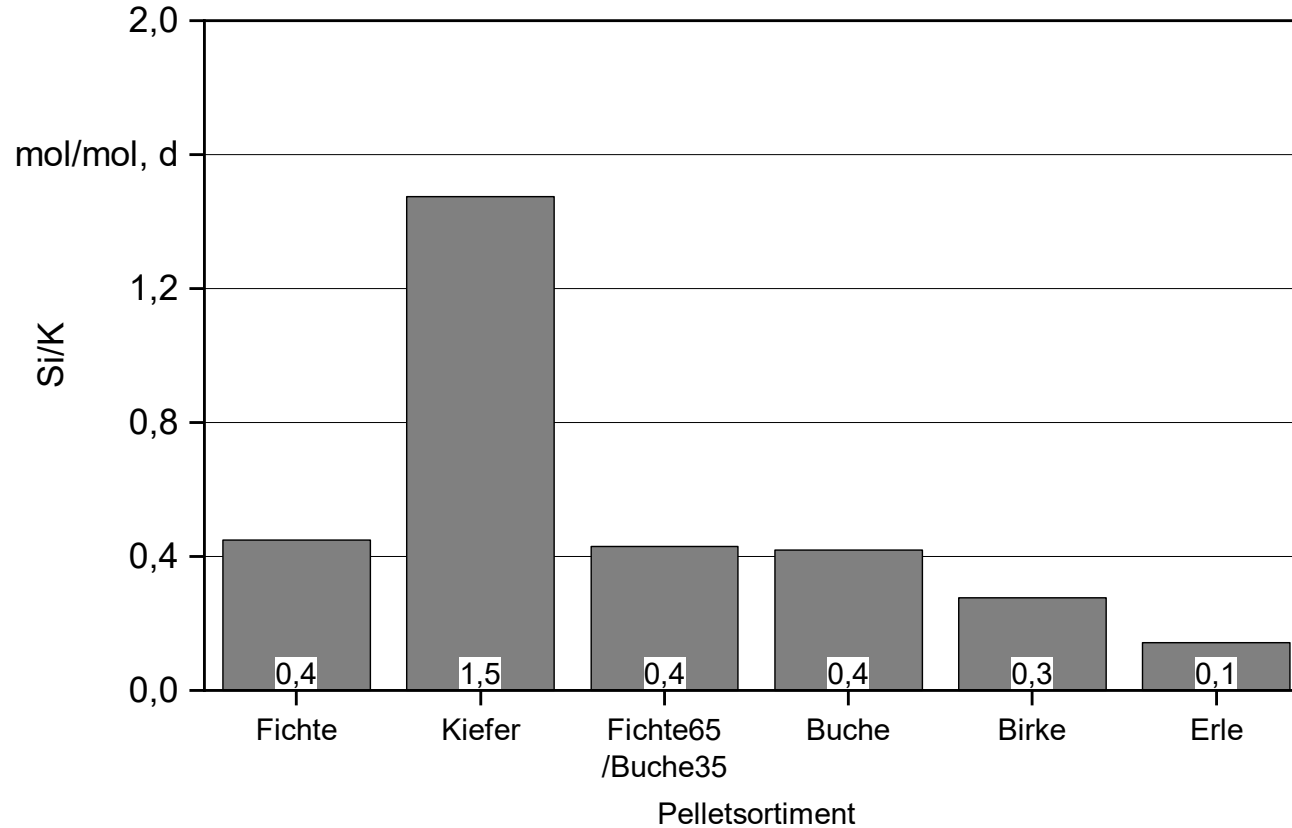
Variation Holzarten: Aschegehalt



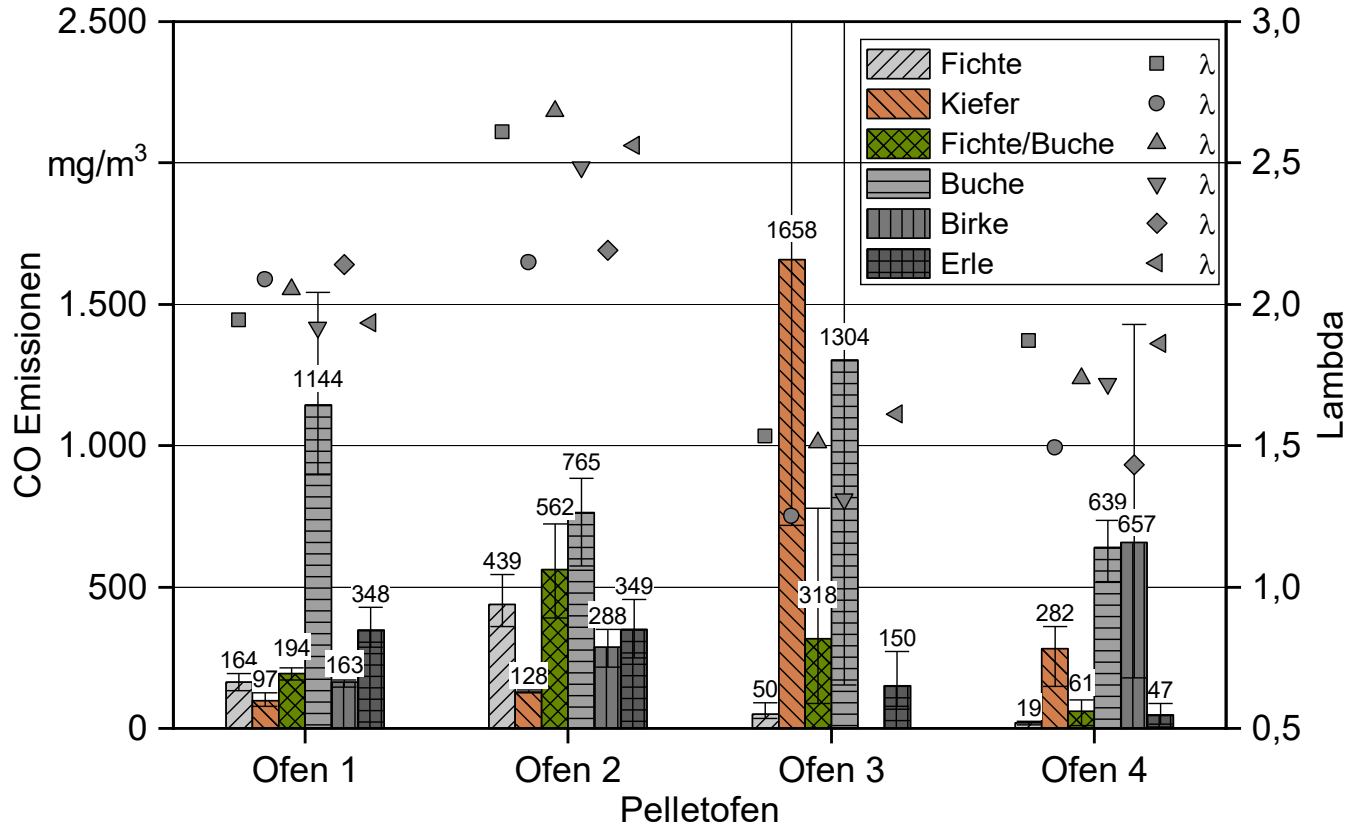
Variation Holzarten: Aerosolbildner



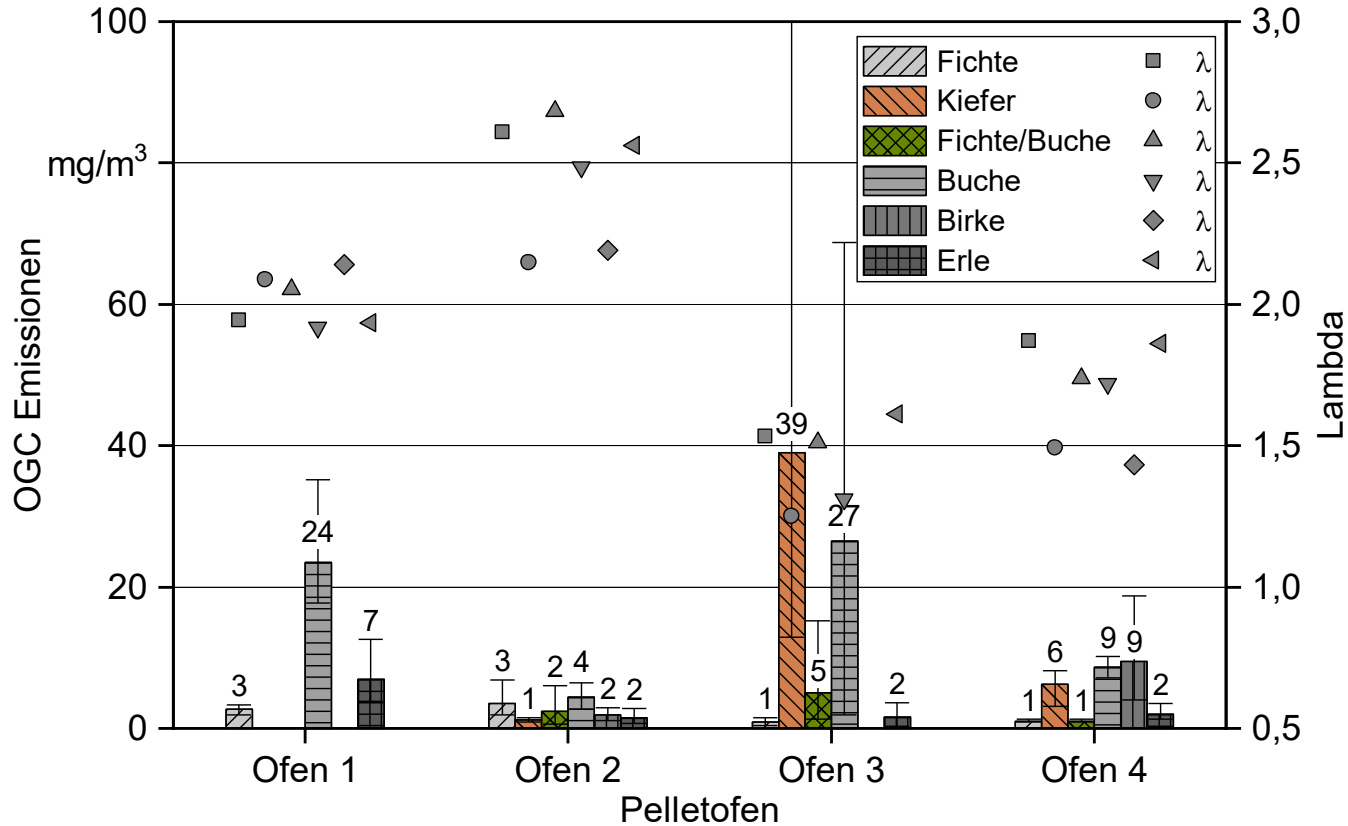
Variation Holzarten: Si/K-Verhältnisse



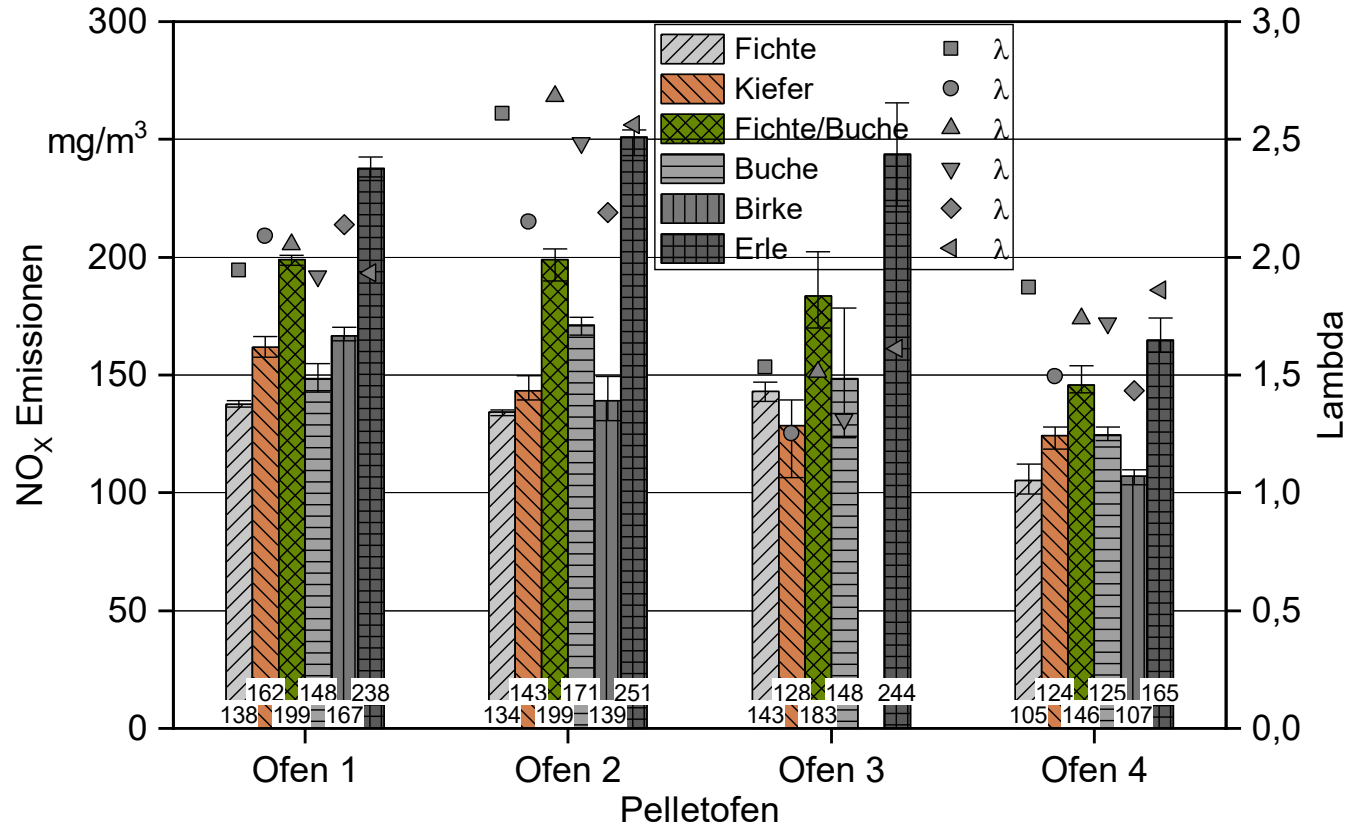
Ergebnisse Holzart: CO Emissionen



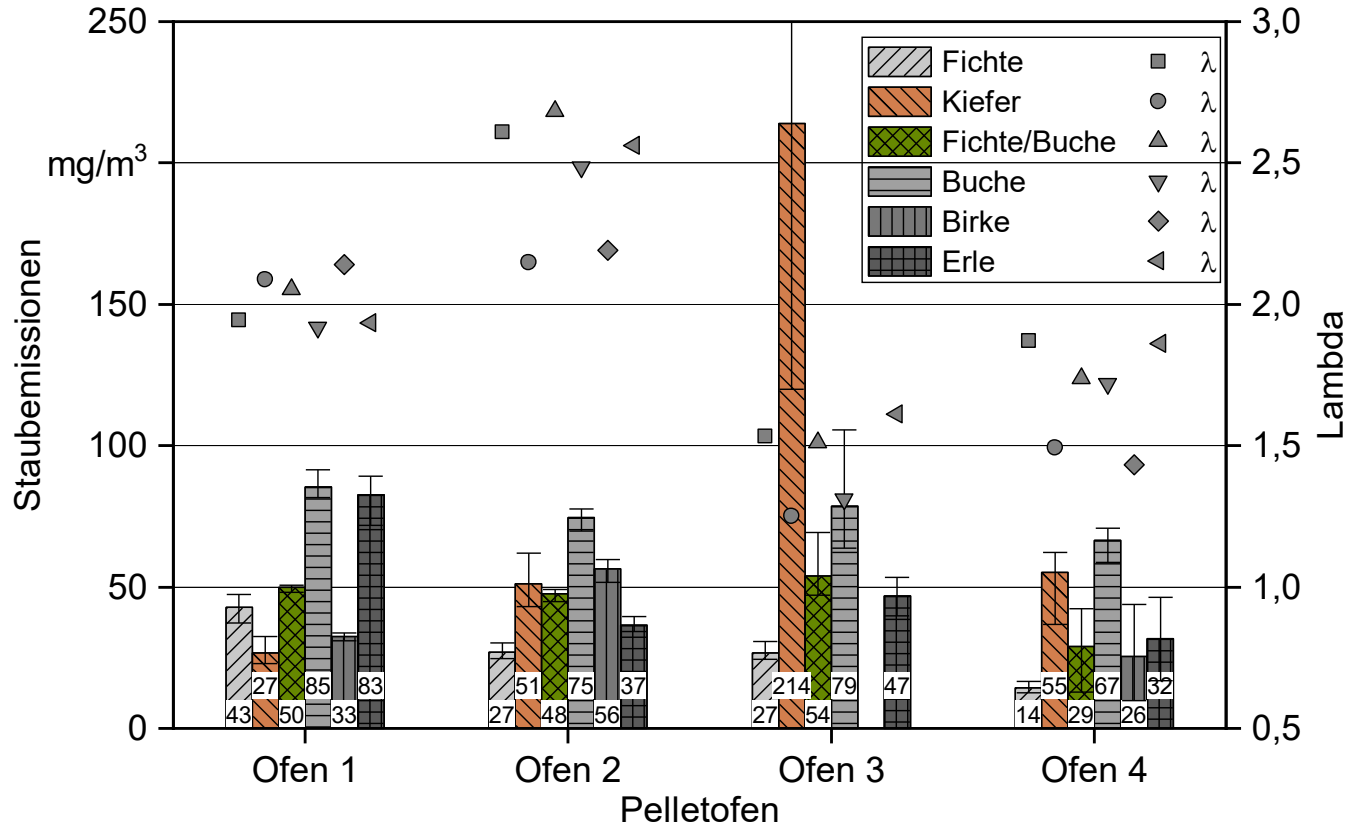
Ergebnisse Holzart: OGC Emissionen



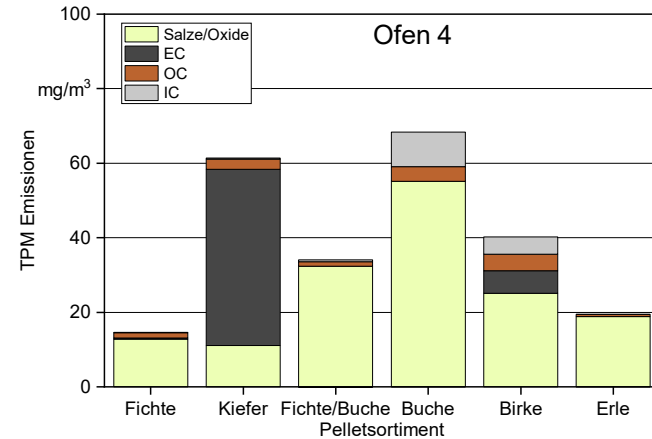
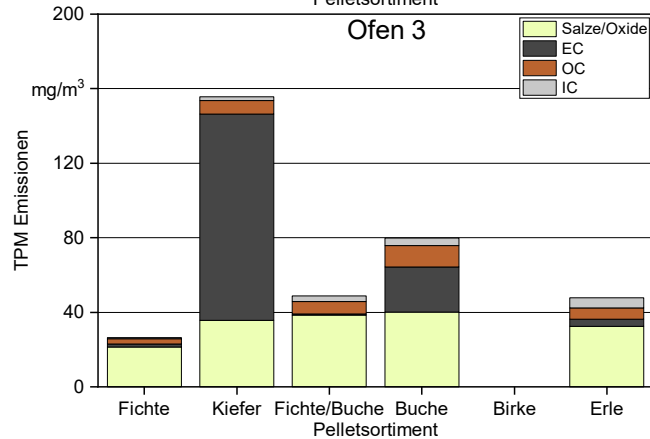
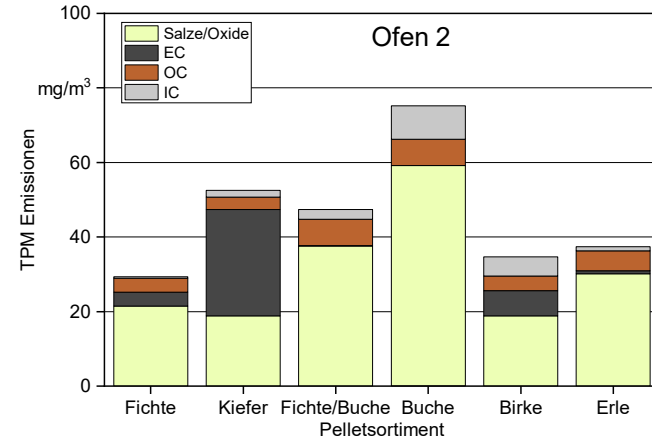
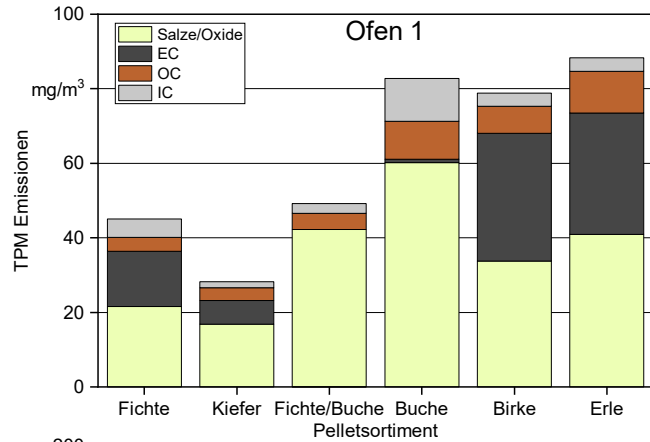
Ergebnisse Holzart: NO_x Emissionen



Ergebnisse Holzart: Staubemissionen



Ergebnisse Holzarten: Staubemissionen



Schlussfolgerungen

- Die Pelletlängenverteilung hat einen großen Einfluss auf den Brennstoffmassenstrom → Verhältnis von Verbrennungsluft zu Brennstoff
- → Automatische Anpassung des Brennstoffmassenstroms senkt die Emissionen in der Praxis deutlich!
- Laubholzpellets weisen häufig aufgrund der höheren Kaliumgehalte wesentlich höhere Staubemissionen in Pelletöfen auf.
- Auch der Siliziumgehalt hat einen maßgeblichen Einfluss auf die Staubemissionen.
- → Eine Absenkung des Aschegehaltsgrenzwerts auf $< 0,5 \text{ m-\%}$ für ERF würde viele problematische Brennstoffe ausschließen

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
www.tfz.bayern.de