

Feuerungsanlage mit Brennstoffstufung zur Stickoxidminderung

20. November 2025, Statuskonferenz Bioenergie in Leipzig

Niklas Gebhard



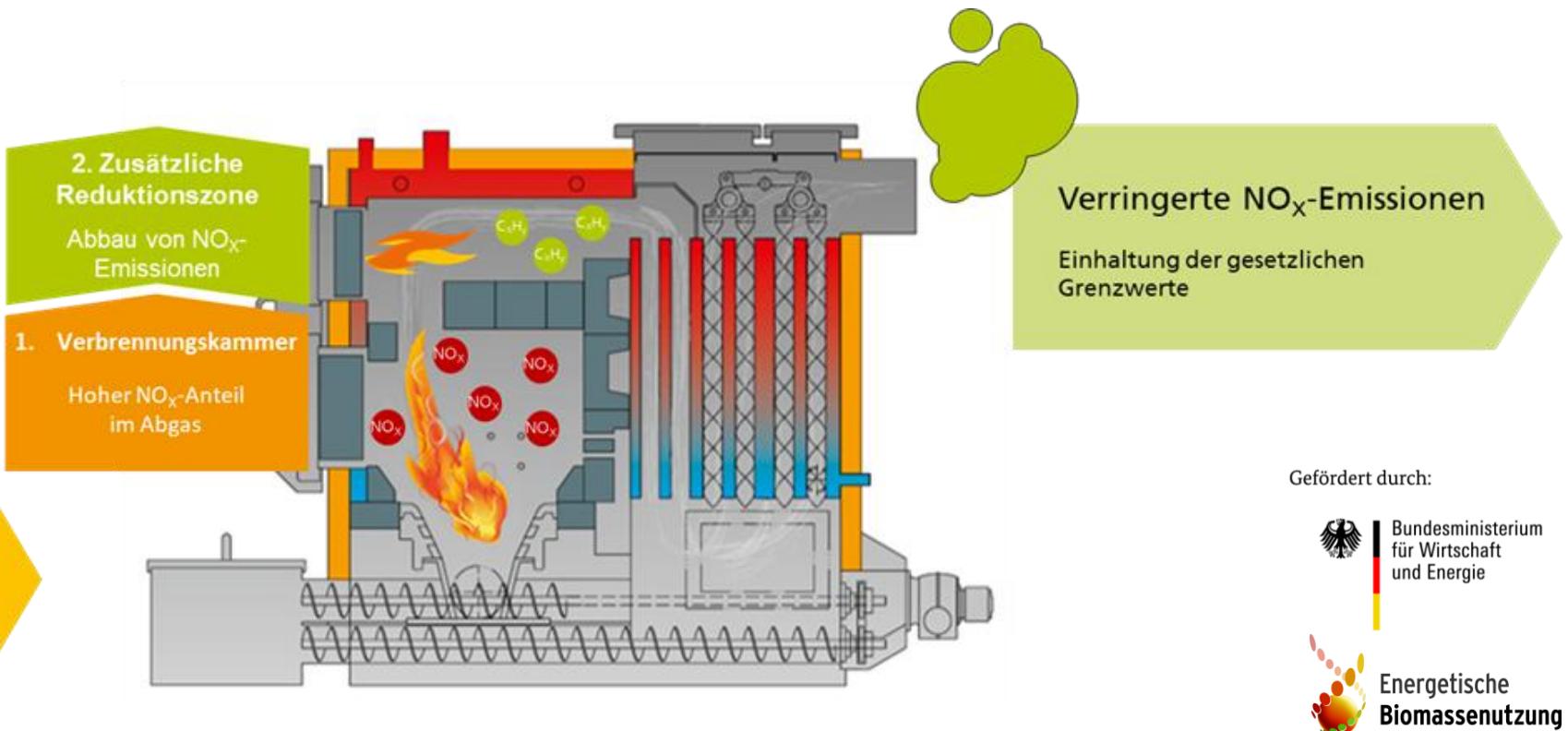
Fraunhofer-Institut für Umwelt-,
Sicherheits- und Energietechnik
UMSICHT

Ausgangssituation

- Aktuell gibt es noch keine marktverfügbare Lösung für die Stickoxidminderung in Feuerungsanlagen im Leistungsbereich 200 kW – 2 MW
- Gesundheitliche Aspekte
- Rechtliche Aspekte: keine Grenzwerte für Stickoxide in 1. BlmSchV
 - Vergleich zur 44. BlmSchV: max. 370 mg/m³_N (bei 6 Vol.-% O₂ für Anlagen < 5 MW)
 - Emissionen ohne Brennstoffstufung: ca. 1.900 mg/m³_N (Brennstoff: Briketts aus Spanplattenreste)
 - Stickoxidreduktion teilweise notwendig, um in Zukunft mögliche Grenzwerte einzuhalten
- **Ziel: Biomasse-Verbrennung so sauber machen, dass sie nicht angreifbar ist!**

Forschungsprojekt FlexNOx

- Laufzeit: 01. Februar 2021 bis 31. Juli 2024
- Projektpartner:



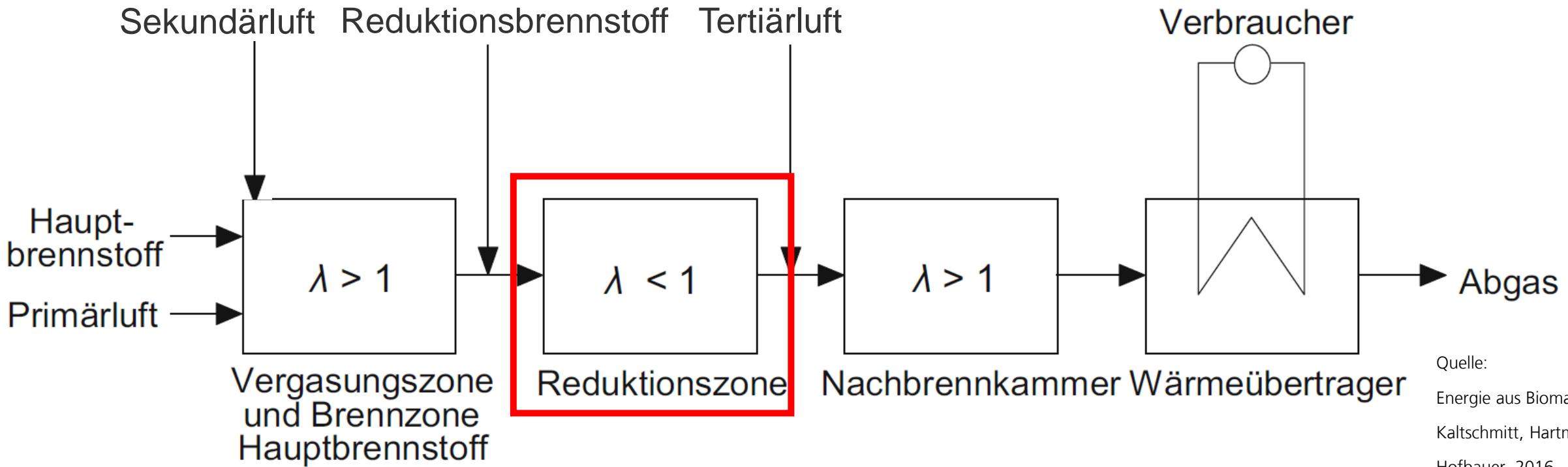
Zielstellung

- Entwicklung und Erprobung einer neuen Anlage mit Brennstoffstufung
- Leistungsbereich: 200 kW bis 2 MW
- Nutzung biogener Rest- und Abfallstoffe
- Reduktion der NO_x-Emissionen:
 - Ursprüngliches Projektziel: Reduktion um mindestens 50 %
 - Adaption: Einhaltung der Grenzwerte der 44. BlmSchV (370 mg/m³_N)
 - Gleichzeitig kein Anstieg übriger Emissionen, wie CO oder CH₄



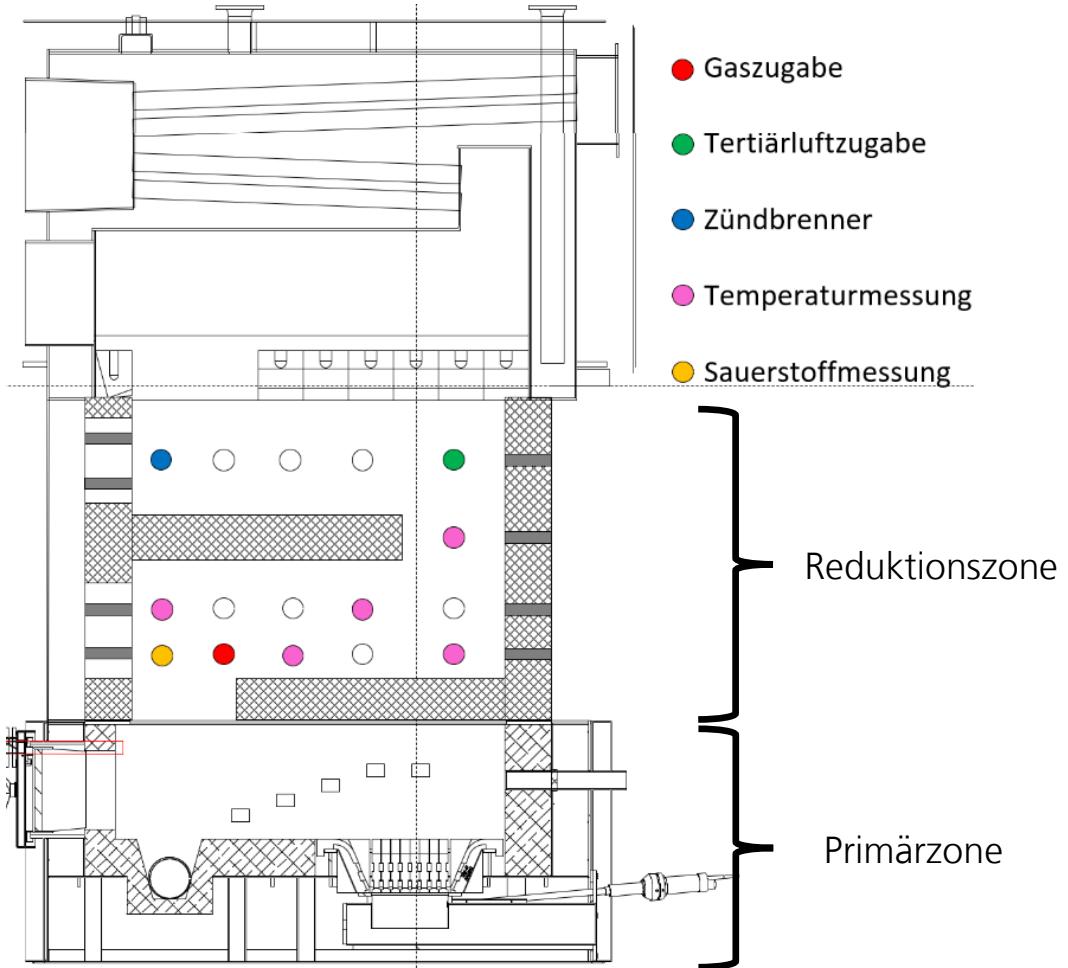
Prinzip der Brennstoffstufung und RFR-Wert

Theoretische Grundlagen



Wichtige Bewertungsgröße: $RFR = \frac{m_2 \cdot H_{i2}}{m_1 \cdot H_{i1} + m_2 \cdot H_{i2}}$ → Anteil des Reduktionsbrennstoffes an Gesamtwärmeleistung

Aufbau der Feuerungsanlage



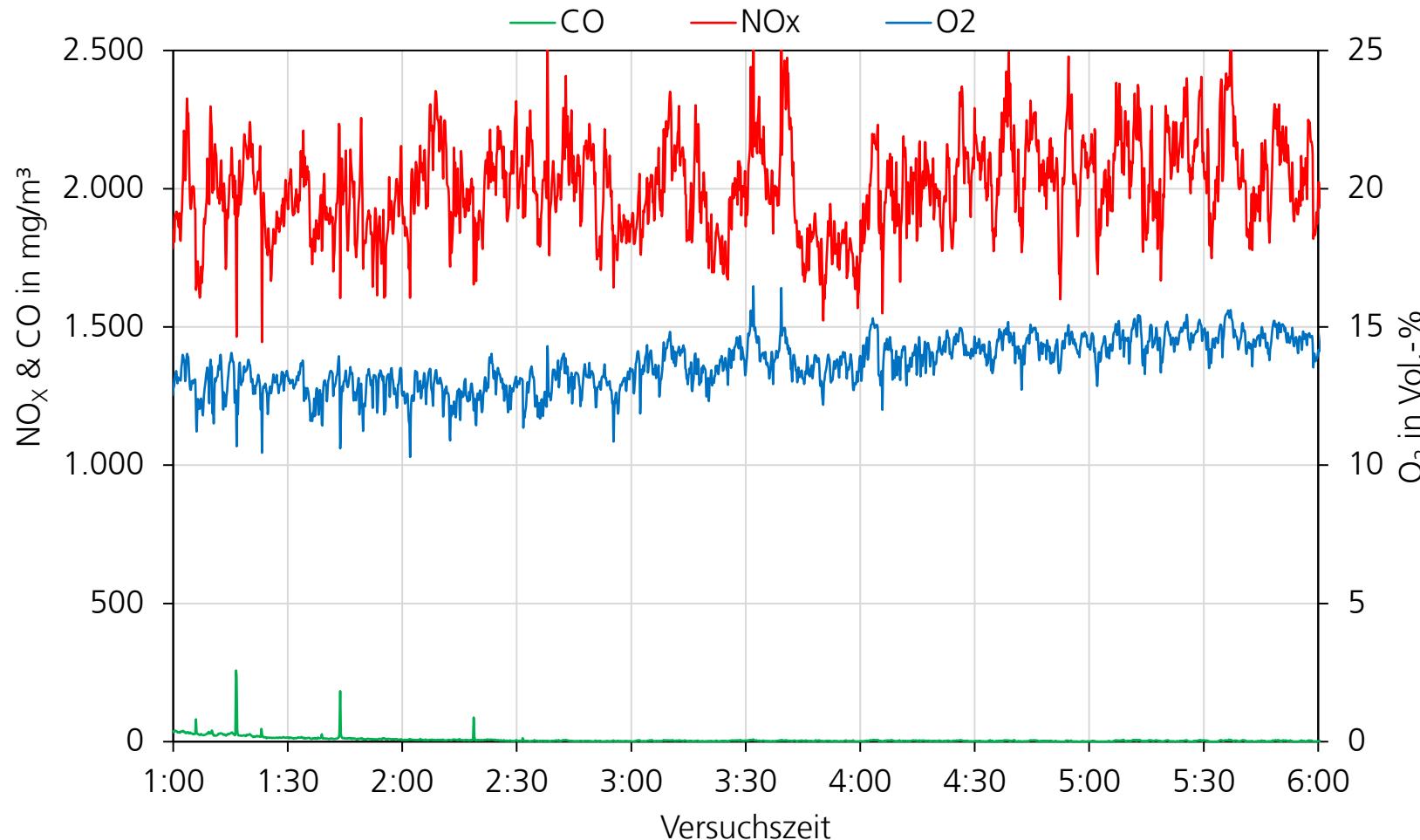
Vorgehen in der Versuchsphase

- Tagesversuche → max. 10 Stunden Versuchszeit
- Primärbrennstoff: Holzbriketts aus der Möbel Industrie (N-Anteil: ca. 4,6 %), Reduktionsbrennstoff: Erdgas
- Versuche in Voll- und Teillast
- Deaktivierung der automatischen Luft- und Brennstoff-Regelung
- Variation von Sekundärluft- und der Rezirkulationsluftzugabe
- Anpassungen von RFR und Tertiärluft
- Im Laufe des Versuches: Reduzierung der Primärbrennstoffleistung, um Temperatur gering zu halten



Versuchsergebnisse ohne Brennstoffstufung

Emissionen auf 6 Vol.-% Sauerstoff bezogen



Anmerkungen:

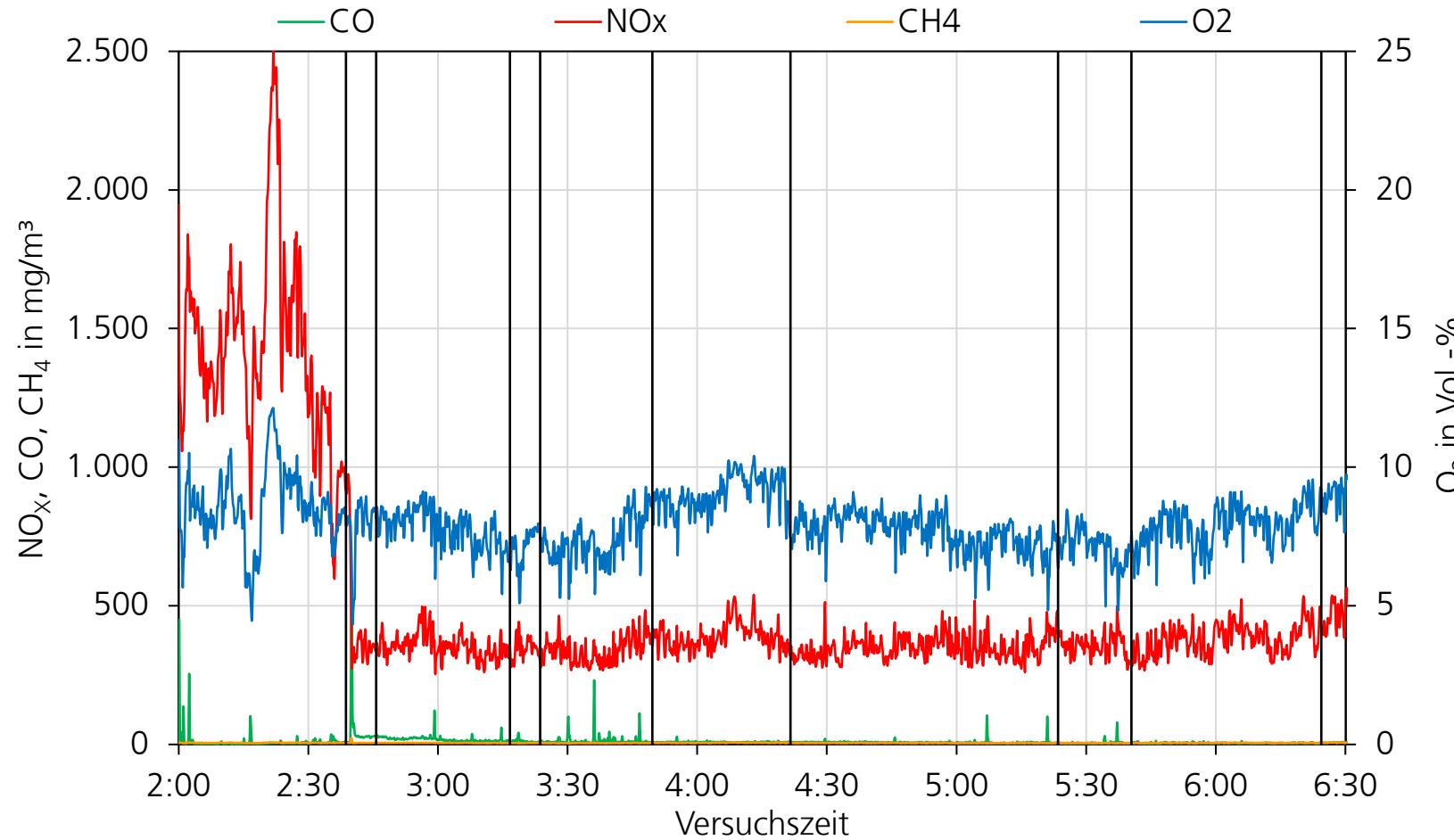
- Normale Regelung der Anlage
- Folgende Ergebnisse über Zeitraum des Diagramms
- NO_x und CO auf 6 Vol.-% O₂ bezogen

Versuchsergebnisse

- NO_x: 1.955 mg/m³_N
- O₂: 13,7 Vol.-%
- CO: 6,3 mg/m³_N

Versuchsergebnisse mit Brennstoffstufung

Emissionen auf 6 Vol.-% Sauerstoff bezogen



Anmerkungen:

- Schwarze Linien: Anpassungen
- Ab 02:39 Brennstoffstufung
- Folgende Ergebnisse für Zeitraum 02:46 bis 06:25

Versuchsergebnisse:

- RFR: 23,5 – 28,6 %
- NO_x: 361 mg/m³_N
- O₂: 7,8 Vol.-%
- CO: 9,3 mg/m³_N
- CH₄: 4,8 mg/m³_N
- Brennraumtemperatur: ca. 1.000 °C
- λ im Brennraum: ca. 1,1

Zusammenfassung

- Prinzip der Brennstoffstufung: Nach Brennkammer Zugabe eines Reduktionsbrennstoffes

- Projektziele:

- Reduktion der Stickoxid-Emissionen um über 50 % ✓
- Zuverlässige Einhaltung der Grenzwerte der 44. BImSchV im Voll- und Teillastbetrieb ✓
- optimierte Luftstufung möglich durch mehr Verweilzeit ✓
- Entwicklung einer neuen Anlage mit Reduktionszone ✓
- Reduktionsmodul als mögliche Nachrüstkomponente konzipiert ✓

Ausblick

Noch ausstehende Herausforderungen:

- Erdgas ist als Reduktionsbrennstoff keine langfristige Option
- Auch für andere Primärbrennstoffe werden NO_x-Reduktionsmaßnahmen notwendig
- Bis jetzt nur Tagesversuche auf bestimmten Lastpunkten

Ziel FlexNOx-Demo:

- Untersuchung weiterer Reduktionsbrennstoffe (Holzstaub & TCR)
- Untersuchung weiterer Primärbrennstoffe
- Langzeit/Feldversuche bei Endress

→ Folgeprojekt FlexNOx-Demo

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt:

Niklas Gebhard

09661 8155-622

niklas.gebhard@umsicht.fraunhofer.de

www.umsicht-suro.fraunhofer.de

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages