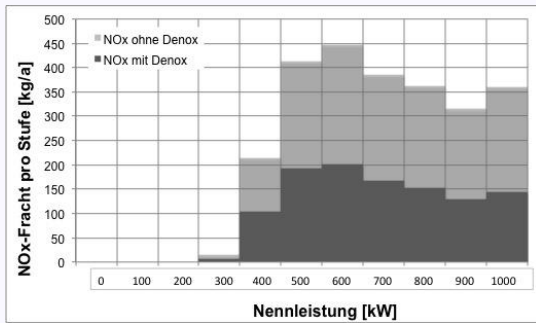


Entstickung bei Holzfeuerungen

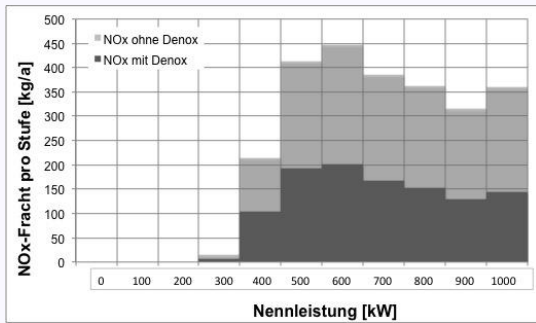
Stand der Technik



Dr. Jürgen Good
Dr. Thomas Nussbaumer
Verenum

Fachtagung Holzverbrennung und Feinstaub

Cercl'Air-Tagung, 9. Nov. 2011



1. Einleitung

2. Recherchen

3. Untersuchung DENOX-Anlagen in CH

4. Schlussfolgerungen

Hintergrund

- Kontrollen bei Holzfeuerungen mit SCR und SNCR in BL zeigten Probleme auf:
 - Teilweise NICHT-Einhalten des NO_x -Grenzwerts von 150 mg/m^3 bei 11 Vol.-% O_2
 - Teilweise grosse Abweichung zwischen Prozessdaten (O_2 , NO) und behördlichen Emissionsmessungen
 - Entstickung bei SCR-Anlage deaktiviert wegen Verstopfung des Katalysators
- Studie: NO_x -Reduktion mit SCR und SNCR bei Holzfeuerungen
 - Lufthygieneamt beider Basel
 - weitere Beteiligte

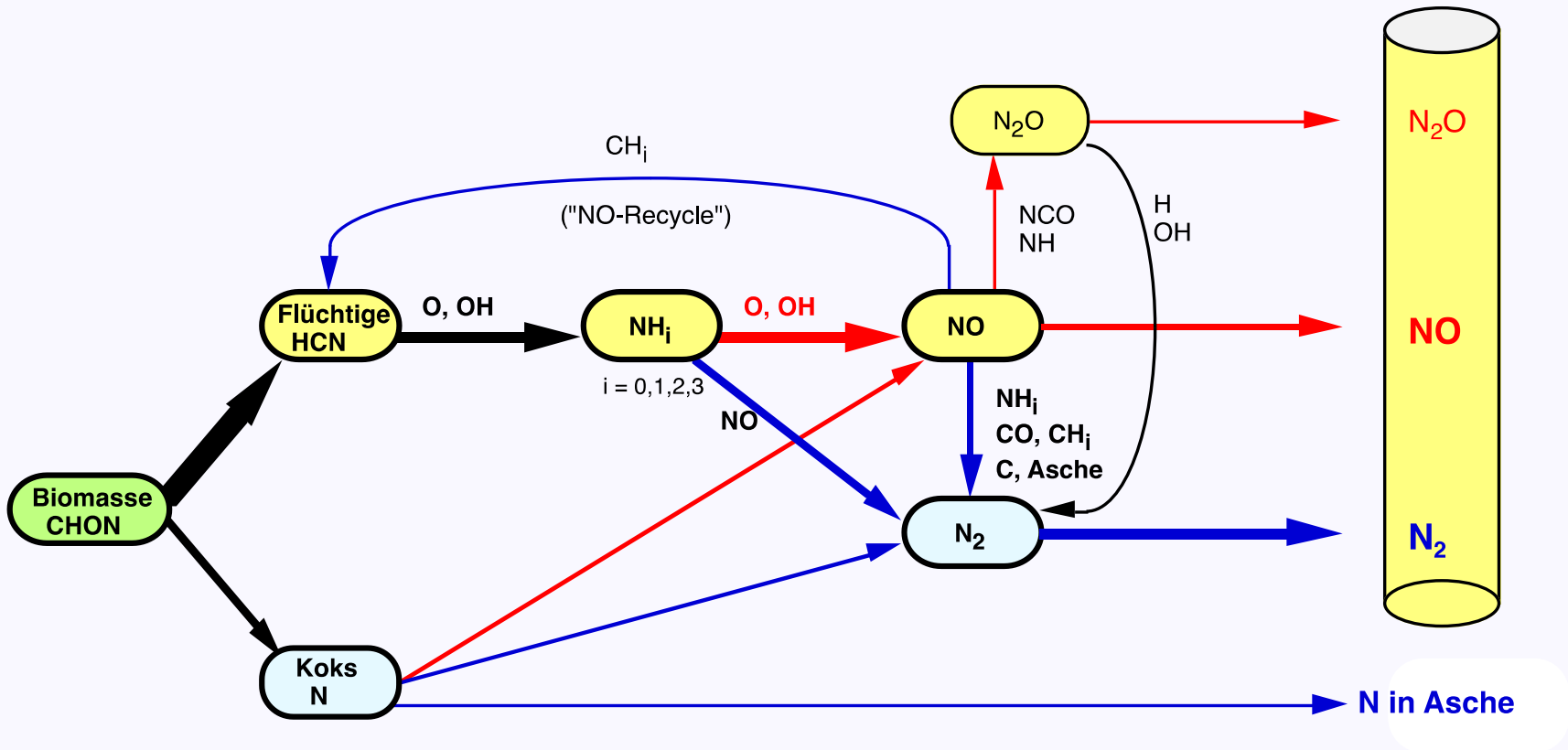
Stickstoff-Konversion – von N zu NO oder zu N₂

Oxidation

Produkte
im Abgas

Zersetzung und Vergasung

Zwischen-
produkte

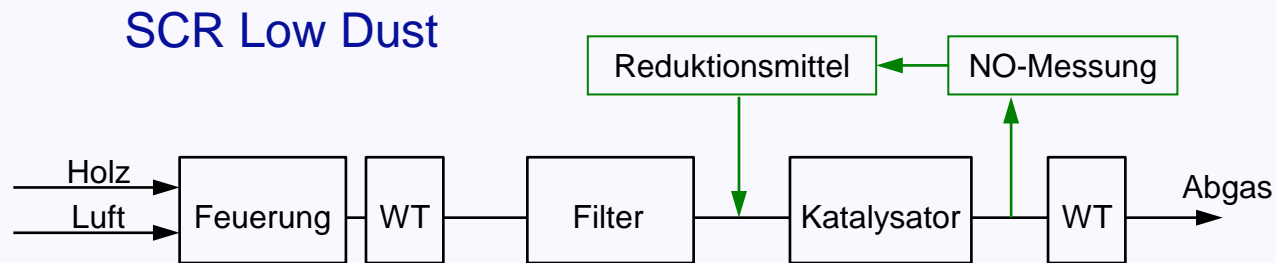


Entstickung – Primärmassnahmen

- Primärmassnahmen: Abgasrezirkulation, Luftstufung mit Reduktionszone – Zone mit O_2 -Mangel – $NH_i \rightarrow N_2$
 - NO_x -Minderung gegen 50% bei naturbelassenem Holz
 - ABER: hohe Temperaturen \rightarrow Verschlackung, Materialprobleme

Entstickung – Sekundärmaßnahmen

- Entstickung mit **SCR** (Selective Catalytic Reduction)



Reduktionsmittel: NH_3 -haltig ; Ammoniak oder Harnstoff ($\text{NH}_2\text{-CO-NH}_2$) in Lösung



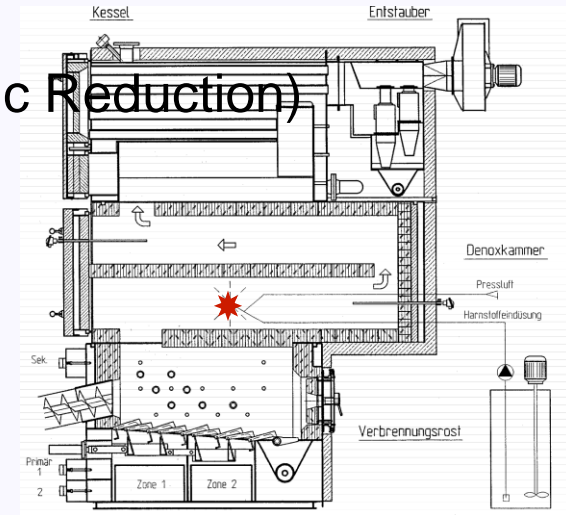
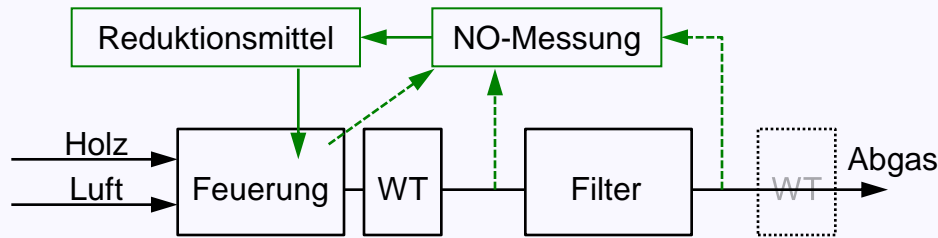
Molverhältnis NH_3/NO ca. 1

NO-Messung und NO-Regelung

Entstickungsgrad über 95 % möglich

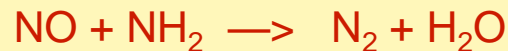
Entstickung – Sekundärmaßnahmen

- Entstickung mit **SNCR** (Selective Non-Catalytic Reduction)



Reduktionsmittel: NH_3 -haltig ; Ammoniak oder Harnstoff ($\text{NH}_2\text{-CO-NH}_2$) in Lösung

Enges Temperaturfenster in Reaktionskammer bei ca. $850^\circ - 950^\circ \text{ C}$

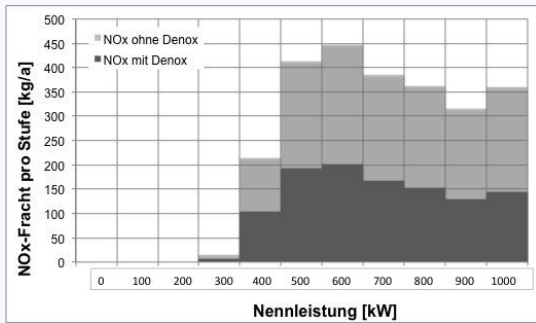


Verweilzeit ca. 0.5 s; Molverhältnis NH_3/NO ca. 2

NO-Messung und NO-Regelung

Entstickungsgrad über 50 – 75 %

Mögliche Nebenprodukte: N_2O (klimarelevant), HCN, HNCO



1. Einleitung



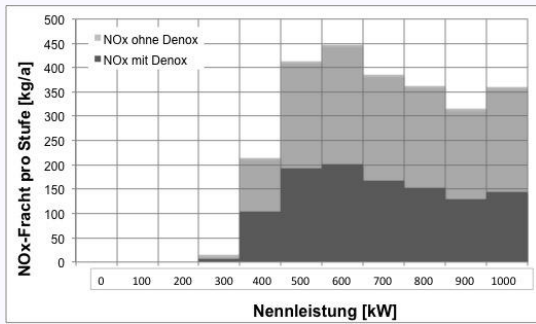
2. Recherchen

3. Untersuchung SCR- und SNCR-Anlage

4. Schlussfolgerungen

Recherchen

- Umfrage bei Anbietern von Entstickungsverfahren
- Besuch Fachmesse Ligna
- Referenzanlagen CH
- European Biomass Conference – Proceedings der letzten 12 Jahre –
Wenig Neues:
 - Deaktivierung des Kat bei SCR
 - Mechanisch --> Ablagerungen und Erosion durch Staub
 - Chemisch --> Katalysatorgifte
- Holzenergie-Symposium, ETH Zürich
 - Holzheizkraftwerke von 30 MW_{zu} bis 80 MW_{zu}
 - Vorschubrost- und Wirbelschichttechnologie mit Primärmassnahmen und SNCR
- Forschungsgemeinschaften in EU – Wenig Neues:
 - Altholz: Vergiftung Kat und Kontamination Asche
 - Stroh--> Alkalimetalle (Kalium, Natrium) als Katalysatorgifte



1. Einleitung

2. Recherchen



3. Untersuchung DENOX-Anlagen in CH

4. Schlussfolgerungen

SCR-Anlage

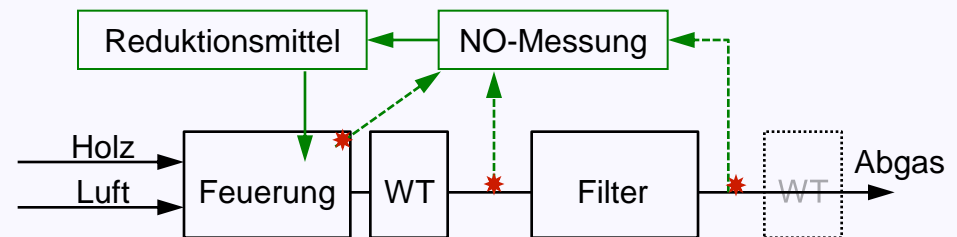
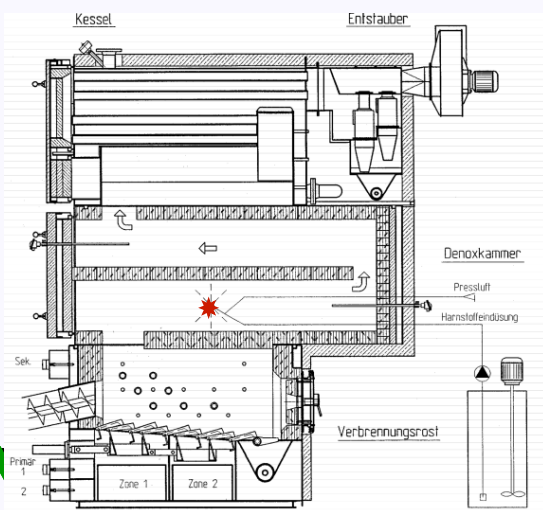
- Rostfeuerung, Nennleistung 4.5 MW mit SCR (Low Dust)
 - Waldholz / Landschaftspflegeholz / Sägerestholz
 - Multizyklon – Elektroabscheider – Kat – Eco – Gebläse – Kamin
 - Hoher Anteil an Bandlast, entspricht ca. 5'700 h/a bei Nennleistung
 - Staubgehalt < 10 mg/m³ (@ 11 Vol.-% O₂)
 - NO_x-Gehalt < 75...100 mg/m³ – Grenzwert 150 mg/m³ (@ 11 Vol.-% O₂)
- Probleme
 - Staubablagerungen im Wabenkatalysator
 - Staubabreinigung im Kat ungenügend
 - Zunehmende Verstopfung bis zum NOT-AUS der Feuerung

SCR-Anlage

- Abschätzung der Staubfracht
 - Staubfracht bei regulärem Betrieb des Elektroabscheiders 6 mg/m³ bei 4.5 MW --> ca. 67 g/h bzw. 1.6 kg pro Tag
 - Zusammensetzung der Staubablagerungen
 - hoher Anteil an Calcium (35 Gew.-%) und Kalium (16 Gew.-%)
 - Kontamination nicht untersucht
 - Wegen Kalium erforderlich: Staubabscheidung permanent > 99%
- **Fazit --> Zuverlässiger SCR-Betrieb nicht möglich wegen**
 - 1. Verstopfen des Katalysators**
 - 2. potenzielle Kat-Vergiftung durch Kalium**

SNCR-Anlage

- Rostfeuerung, Nennleistung 1.6 MW
 - Waldholz / Landschaftspflegeholz / Rinde
 - Raumwärme und Warmwasser: Hoher Anteil an Schwachlast betrieb
 - NO_x -Gehalt $< 100 \text{ mg/m}^3$ – Grenzwert 150 mg/m^3 (bei 11 Vol.-% O_2)
- Probleme
 - Grosse Schwankungen der Temperatur in der Reaktionskammer
 - Zerstörung der Eindüsvorrichtung durch Überschreiten der zulässigen Temperatur
 - Verstopfung der Probenahme der NO -Messung durch Kondensat und/oder Staubablagerungen



SNCR-Anlage

- Schwankungen
 - Betriebszeit innerhalb Temperaturfenster an einzelnen Tagen nur zwischen 50% – 60%
- > Keine Entstickung ausserhalb Temperaturfenster
- Mögliche Ursachen
 - Ungenügende Leistungsvorgabe vom übergeordneten Leitsystem (Speicherlademanagement, Zu- und Wegschalten bivalenter Ölkessel)
 - Grosse Variationsbreite von Wassergehalt und Stückigkeit des Brennstoffs
 - Ungünstige Einstellung der lokalen Leistungs- und Verbrennungsregelung

SNCR-Anlage

- Verstopfung der NO-Probenahme
 - Kondensatbildung am Probenahmefilter im Abgaskanal bei Schwachlastbetrieb
 - Hoher Staubgehalt im Abgas beim Probenahmefilter (vor Multizyklon)
 - Kondensat in der Abgasleitung zum NO-Sensor
- > Keine Entstickung oder Falschdosierung

•Fazit

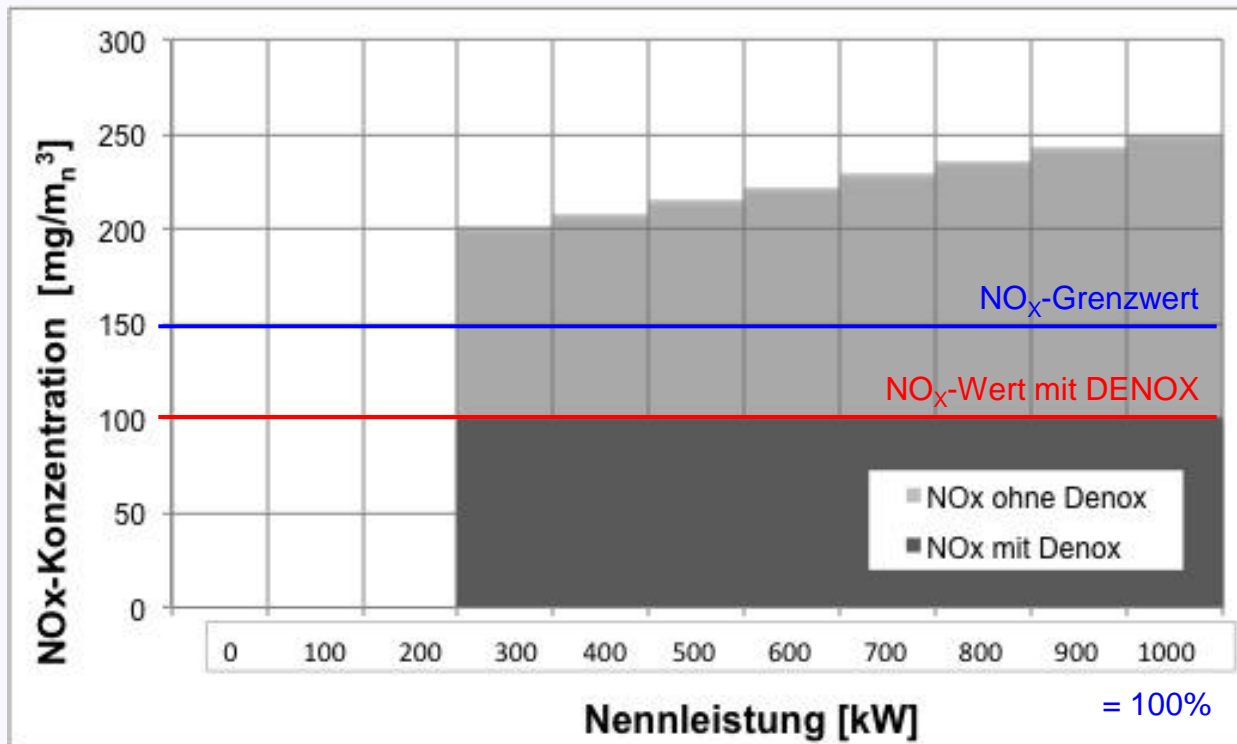
- NO-Probenahme ungenügend
 - Standzeit Eindüsung bisher ungenügend
 - Betriebszeit innerhalb Temperaturfenster gering
- > Geringe Verfügbarkeit der Entstickung
- > Zuverlässigkeit der NO-Messung als Emissionskontrolle ungenügend

NO_x-Jahresfracht statt Konzentration

Basis:

-NO_x-Reingaswert = 100 mg/m³ (bei NO_x-Grenzwert von 150 mg/m³)

-NO_x-Rohgasgehalt ist abhängig von Laststufe



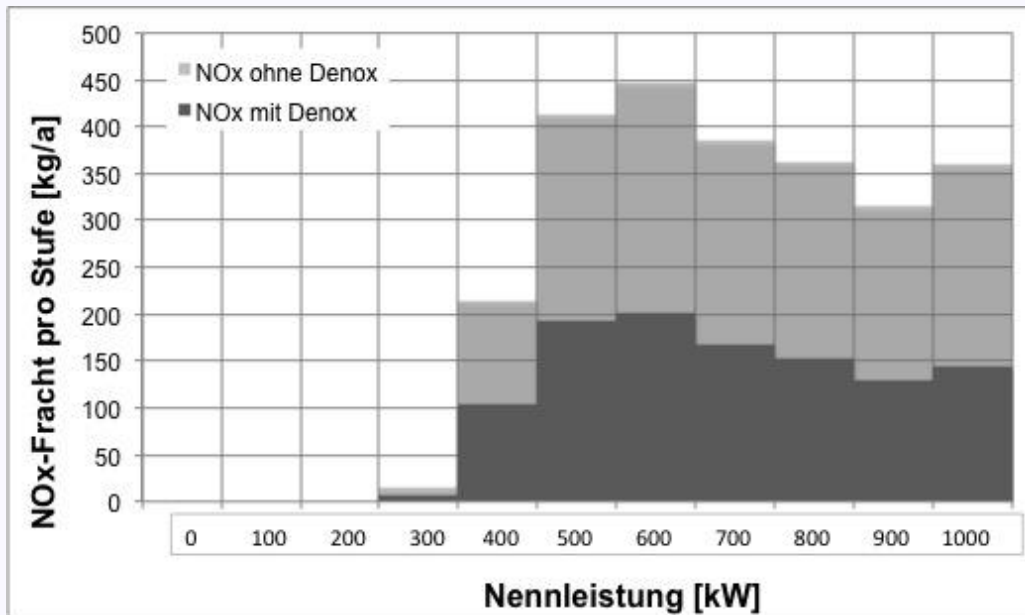
NO_x-Jahresfracht statt Konzentration

Viel Bandlast

SNCR verfügbar ab 30%

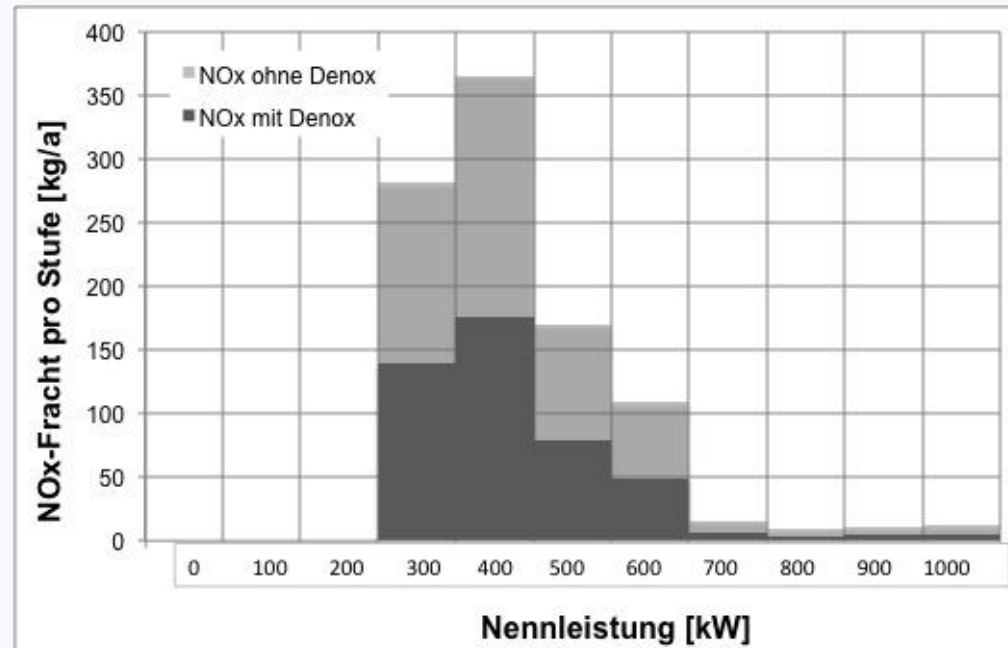
Im Temp-Fenster 100%

NO_x-Minderung 56%



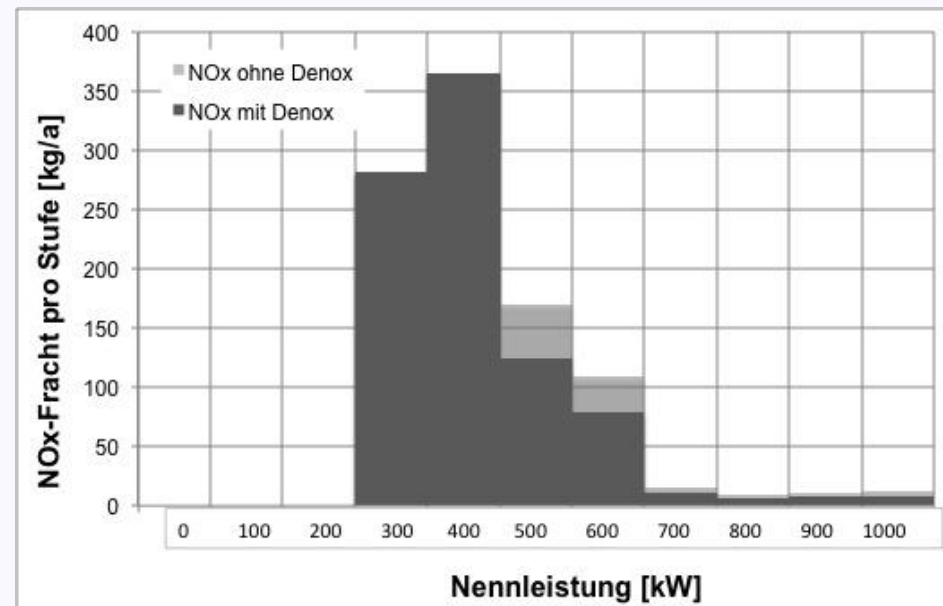
NO_x-Jahresfracht statt Konzentration

	Viel Bandlast	Viel Schwachlast
SNCR verfügbar	ab 30%	ab 30%
Im Temp-Fenster	100%	100%
NO _x -Minderung	56%	52%



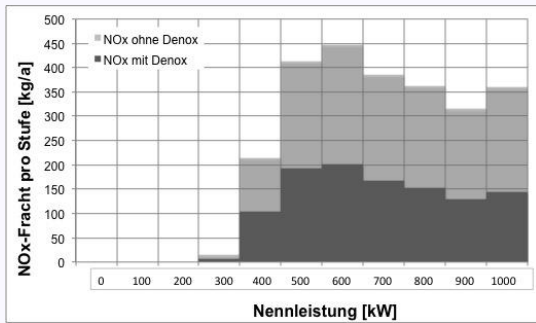
NO_x-Jahresfracht statt Konzentration

	Viel Bandlast	Viel Schwachlast	Viel Schwachlast
SNCR verfügbar	ab 30%	ab 30%	ab 50%
Im Temp-Fenster	100%	100%	50%
NO _x -Minderung	56%	52%	9%



Lachgas N₂O

- Beurteilung von Lachgas N₂O als Nebenprodukt
 - 300 facher Klimaerwärmungseffekt (GWP) wie CO₂ (IPCC 2010)
 - Vergleich der Jahresfrachten von N₂O und CO₂
- > Jahresfracht an N₂O hat ein GWP-Aequivalent von knapp 5% der CO₂-Fracht



1. Einleitung

2. Recherchen

3. Untersuchung SCR- und SNCR-Anlage



4. Schlussfolgerungen

Schlussfolgerungen

- SNCR und SCR bei mittleren (20 bis 50 MW_{zu}) und grossen Anlagen
 - In der Regel hohe Anlagen-Auslastung und effiziente Entstaubung
 - Etablierter Stand der Technik
 - Hohe Verfügbarkeit der Entstickung
- SCR bei kleinen Anlagen (1 bis 10 MW_{zu})
 - Ablagerungen im Kat
 - Kalium als potenzielles Katalysatorgift
 - Nicht zuverlässiger Stand der Technik
- SNCR bei kleinen Anlagen (1 bis 10 Mw_{zu})
 - Eingeschränkte Verfügbarkeit der Entstickung im Praxisbetrieb
 - Nicht zuverlässiger Stand der Technik

Verfügbarkeit SNCR steigern

- Holzfeuerung: Lange Laufzeiten, wenig EIN/AUS, Bandlast
 - > Dimensionierung Kessel und Speicher nach QM Holzheizwerke
 - > Leistungsmanagement nach QM Holzheizwerke
 - > Regelparameter optimieren
- NO-Probenahme unempfindlicher gegen Kondensat und Staub
- Brennstoff: Variabilität eingrenzen
- NO-Regelung
 - Steuerung statt Regelung?
 - Grenzwert NO_x bei 150 mg/m^3 – Entstickung wenn möglich bis 100 mg/m^3 ausschöpfen – Kompensieren der eingeschränkten Verfügbarkeit

Kontakt

Verenum
Dr. Jürgen Good
Langmauerstrasse 109
CH-8006 Zürich

juergen.good@verenum.ch
Tel.: +41 44 377 70 72
Fax: +41 44 377 70 77