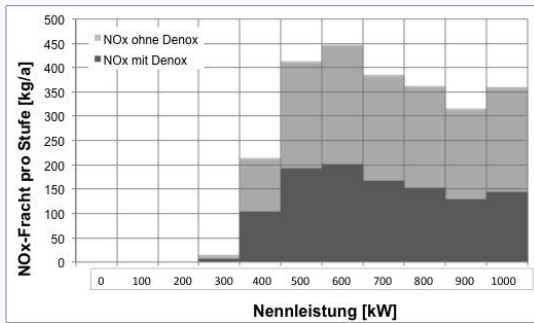


Réduction des émissions d'oxydes d'azote pour chauffages au bois

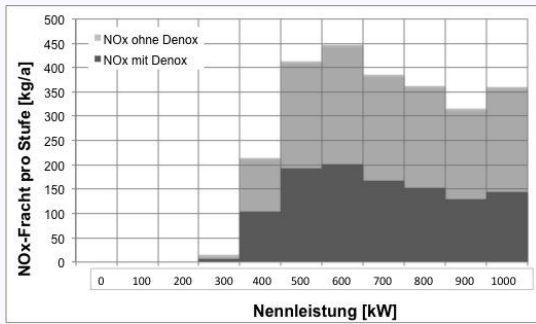
Etat de l'art technique



Dr. Jürgen Good
Dr. Thomas Nussbaumer
Verenum

Fachtagung Holzverbrennung und Feinstaub

Cercl'Air-Tagung, 9. Nov. 2011



1. Introduction

2. Recherches

3. Investigations sur DENOX en Suisse

4. Conclusions

Contexte

- Contrôles de chaudières au bois avec SCR et SNCR (BL) démontrent des problèmes :
 - NON-conformité partielle aux valeurs limites d'émissions de l'Opair $\text{NO}_x \leq 150 \text{ mg/m}^3$ à 11 Vol.-% O_2
 - Déviation importante entre sensors (O_2 , NO) et mesures d'émissions homologuées
 - Réduction des émissions d'oxydes d'azote (procédé SCR) désactivé par raison d'obstruction complète du catalyseur
- Etude ci-présente: Réduction des émissions d'oxydes d'azote pour chauffages au bois. Mandaté par:
 - Lufthygieneamt beider Basel
 - autres participants

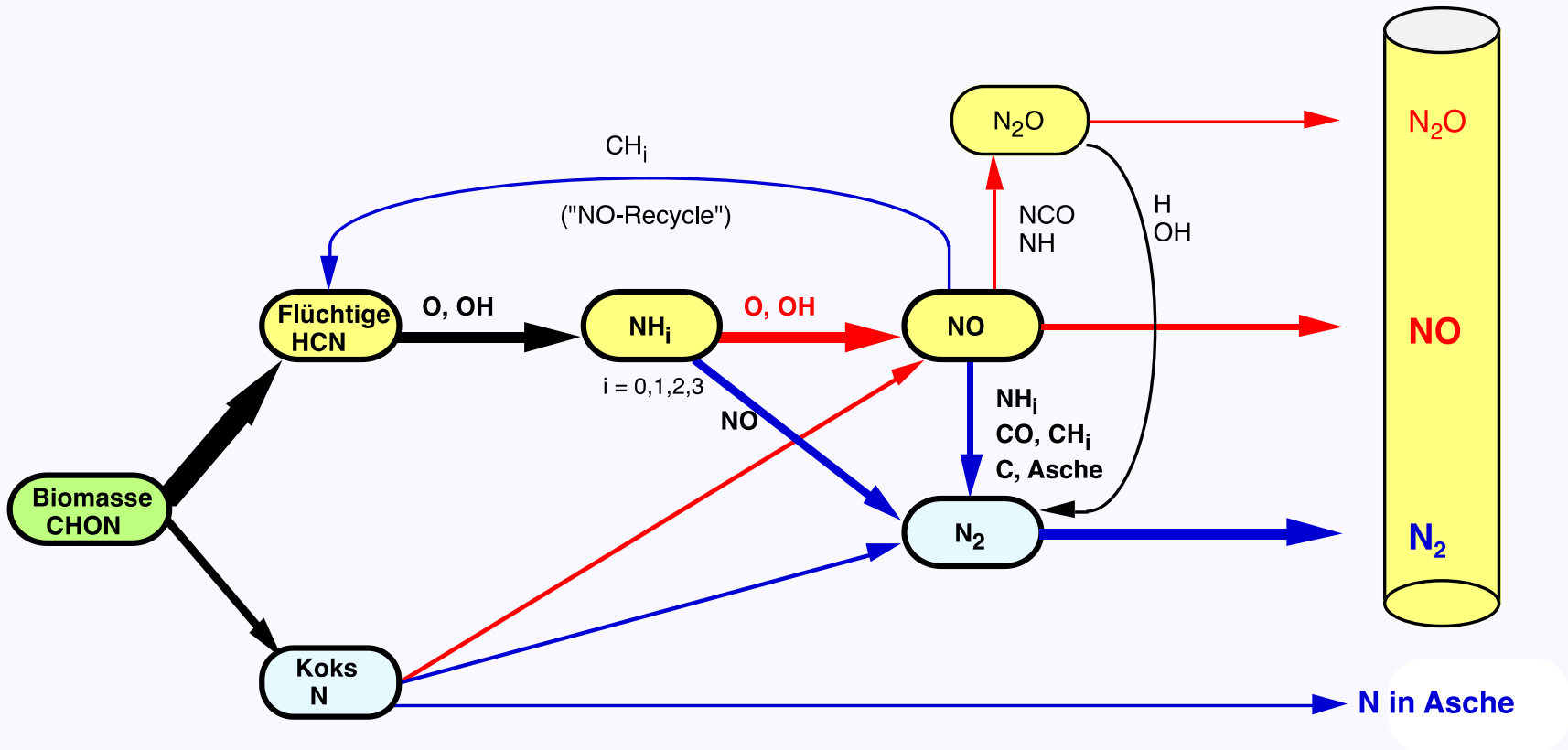
Stickstoff-Konversion – von N zu NO oder zu N₂

Oxidation

Produkte
im Abgas

Zersetzung und Vergasung

Zwischen-
produkte

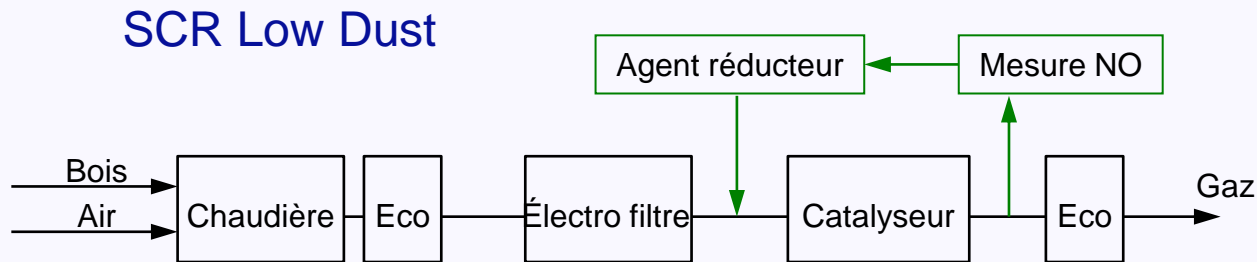


DENOX– Mesures primaires

- Mesures primaires: Recyclage de gaz, étagement de l'air avec chambre de réduction – zone avec manque d'oxygène
 $\text{NH}_i \rightarrow \text{N}_2$
 - NO_x -Minderung environ 50% pour bois à l'état naturel
 - MAIS: températures élevées --> fusion des cendres, problèmes de matériaux

DENOX– Mesures secondaires

- DENOX par **SCR** (Selective Catalytic Reduction)



Agent réducteur: NH_3 ; Ammoniak oder Uréa ($\text{NH}_2\text{-CO-NH}_2$) aquatique



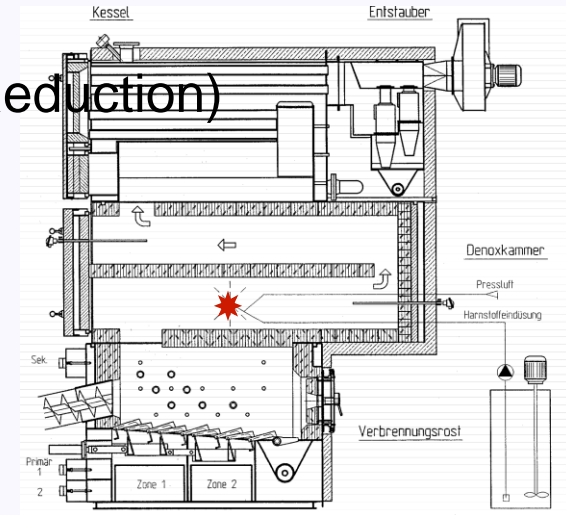
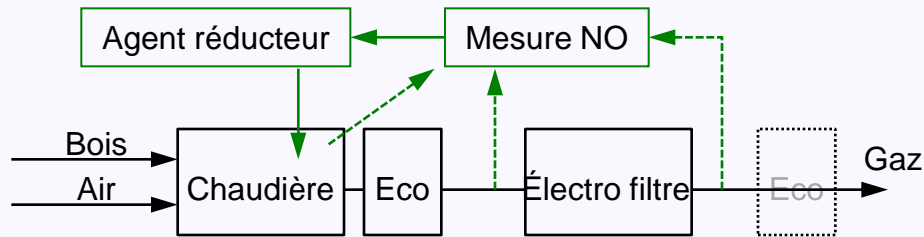
Rapport molaire NH_3/NO env. 1

Mesure NO et réglage NO

Réduction de $\text{NO}_x > 95\%$ possible

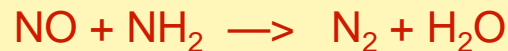
DENOX– Mesures secondaires

- DENOX par **SNCR** (Selective Non-Catalytic Reduction)



Agent réducteur: NH_3 -haltig ; Ammoniak oder Uréa($\text{NH}_2\text{-CO-NH}_2$) aquatique

Gamme de température étroite dans la chambre de réduction à env. $850^\circ - 950^\circ \text{ C}$

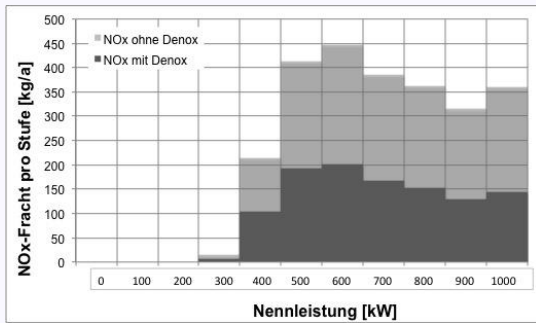


Temps de séjour env. 0.5 s; rapport molaire NH_3/NO env. 2

Mesure NO et réglage NO

Réduction de $\text{NO}_x > 50 - 75 \%$

Produits secondaires possibles : N_2O (effet de serre), HCN , HNCO



1. Introduction



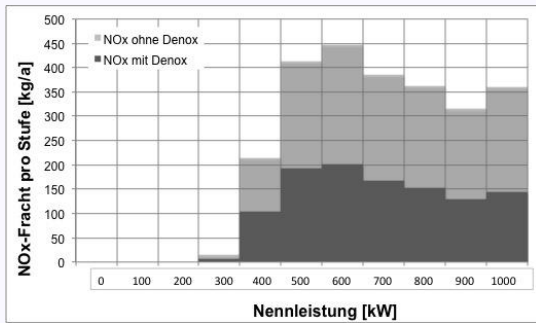
2. Recherches

3. Investigations sur DENOX en Suisse

4. Conclusions

Recherchen

- Sondage chez fournisseur de procédé DENOX
- Visite Salon Ligna
- Installations en CH
- European Biomass Conference – Proceedings de 1999 à 2011 – peu de neuf:
 - Désactivation du Cat
 - Mécaniquement --> déposition et érosion par poussières
 - Chimiquement --> empoisonnement du Cat
- Holzenergie-Symposium, ETH Zürich
 - Centrales thermiques de 30 MW_{zu} à 80 MW_{zu}
 - Technologies foyer à grille et foyer à lit fluidifié avec mesures primaires et SNCR en plus
- Institutions de recherches EU – peu de neuf:
 - Bois de récupération: empoisonnement du Cat et contamination des cendres
 - Paille --> métaux alcalins (Kalium, Natrium) empoisonnent le Cat



1. Introduction

2. Recherches



3. Investigations sur DENOX en Suisse

4. Conclusions

Installation SCR

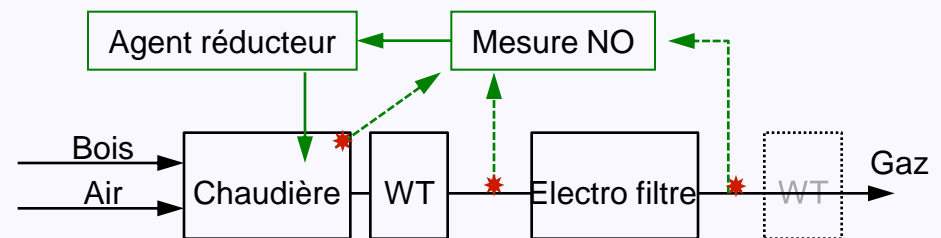
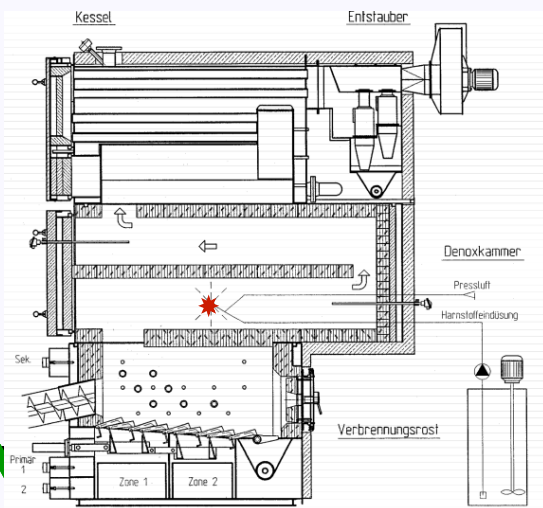
- Foyer à grille, puissance nominale 4.5 MW, SCR (Low Dust)
 - Plaquettes de la forêt / issu de l'entretien paysager / de scieries
 - Multicyclone – Electro-filtre – Cat – Eco – Ventililo – Cheminée
 - Taux élevé de fonctionnement en ruban, correspondant à env. 5'700 h/a à puissance nominale
 - Teneur en poussières < 10 mg/m³ (@ 11 Vol.-% O₂)
 - Teneur en NO_x < 75...100 mg/m³ – valeur limite 150 mg/m³ (@ 11 Vol.-% O₂)
- Problèmes
 - Déposition de poussières dans le Cat (structure à gaufre)
 - Dépoussiérage dans le Cat est insuffisant
 - Taux d'obstruction de plus en plus élevé jusqu'à l'arrêt d'urgence de la chaudière

Installation SCR

- Estimation débit massique des poussières
 - Débit massique des poussières en fonctionnement normale du électro-filtre 6 mg/m³ à 4.5 MW --> env. 67 g/h resp. 1.6 kg par jour
 - Composition de la déposition de poussières
 - Teneur élevée en Calcium (35 Gew.-%) et en Potassium (16 Gew.-%)
 - Pas d'enquêtes sur la désactivation du Cat
 - Potassium exige: Dépoussièrage permanente > 99%
- Bilan --> Procédé SCR non fiable
 1. Obstruction du Cat
 2. Empoisonnement du Cat fort probable par Potassium

Installation SNCR

- Foyer à grille, puissance nominale 1.6 MW
 - Plaquettes de la forêt / issu de l'entretien paysager / ecorces
 - Chauffage et eau chaude: Taux élevé de fonctionnem. en puissance faible
 - Teneur en $\text{NO}_x < 100 \text{ mg/m}^3$ – valeur limite 150 mg/m^3 (à 11 Vol.-% O_2)
- Problèmes
 - Fluctuations de température importantes dans la chambre de réduction
 - Destructions de l'injecteur de l'agent réducteur par températures trop élevées
 - Bouchement du prélèvement de gaz (filtre) pour le capteur NO par condensation de gaz et/ou par déposition de poussières



Installation SNCR

- Fluctuations
 - Température exigée pour le procédé SNCR dans la chambre de réduction atteint que pendant 50%–60% du temps journalière
 - > Pas de DENOX en dehors de la gamme de température exigée
- Raisons fortement probales
 - Gestion de puissance insuffisante du système MCR maître (gestion de l'accumulateur, enclenchement et déclenchement de la chaudière bivalente)
 - Variabilité énorme du combustible (teneur en eau, dimensions)
 - Paramètres de réglage de combustion insuffisants

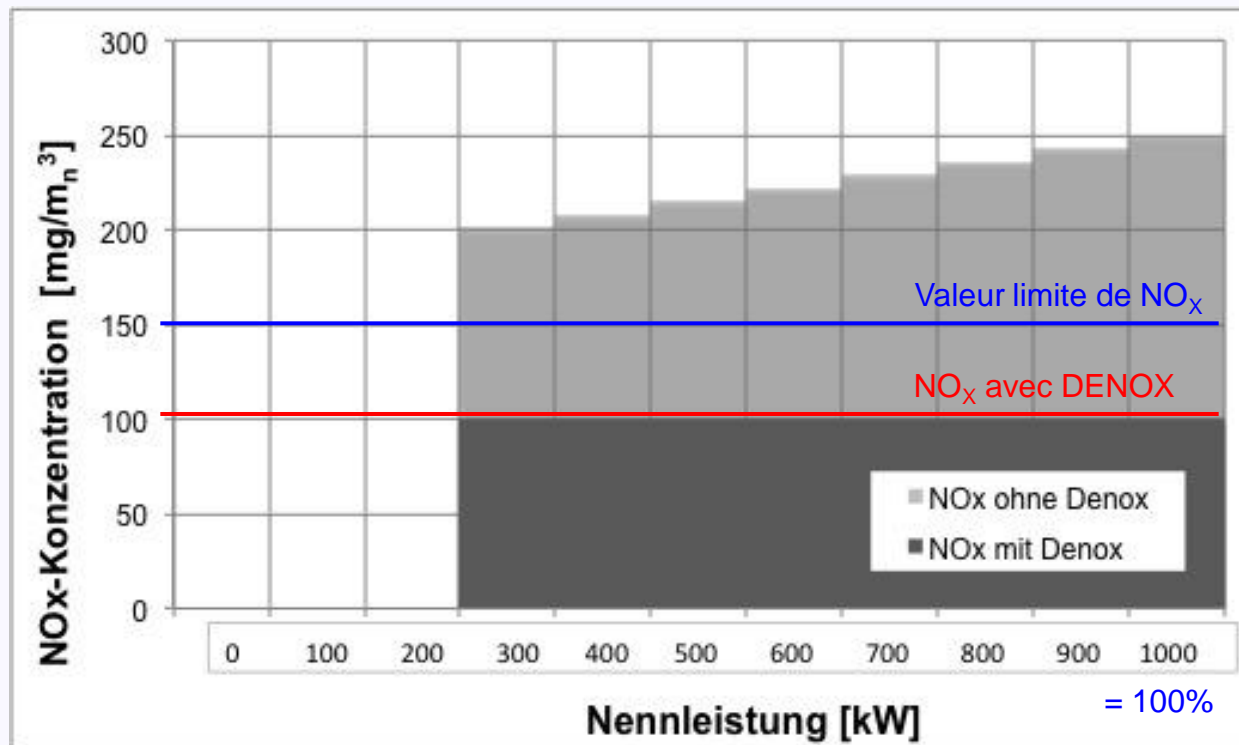
Installation SNCR

- Bouchement du prélèvement pour capteur NO
 - Condensation de gaz au filtre de prélèvement en régime de puissance faible
 - Teneur en poussières élevées à l'endroit du filtre de prélèvement (en amont du multicyclone)
 - Condensation de gaz dans la conduite de gaz qui mène au capteur NO
- > Pas de DENOX ou même dosage incorrecte de l'agent réducteur
- Bilan
 - Prélèvement insuffisant pour la mesure de NO
 - Durée de vie du système d'injection insuffisant
 - Disponibilité faible dans la gamme de température exigée
- > Disponibilité faible du système de DENOX
- > Fiabilité du système de prélèvement de NO insuffisant pour les besoins du contrôle des émissions

NO_x – Emission totale annuelle vs. Teneur en NO_x

Basis:

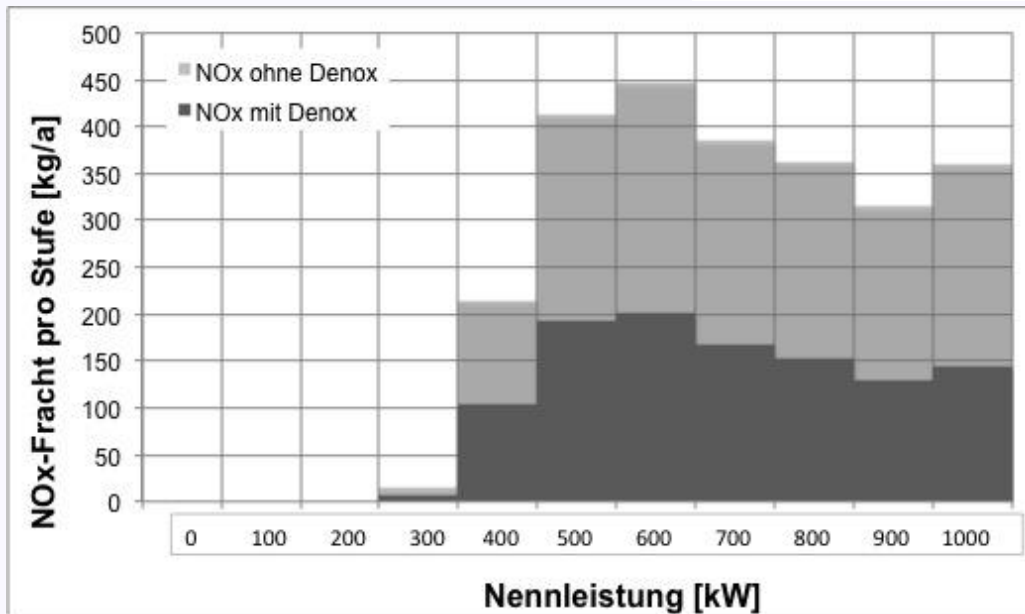
- NO_x avec DENOX = 100 mg/m³ (valeur limite de NO_x à 150 mg/m³)
- NO_x sans DENOX dépend légèrement de la puissance



NO_x – Emission totale annuelle vs. Teneur en NO_x

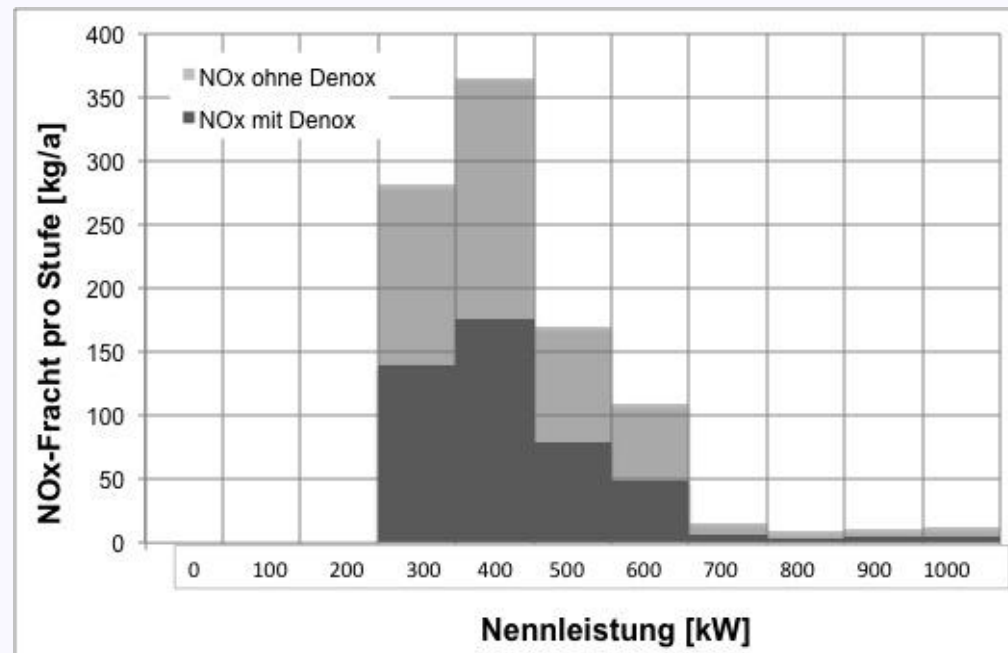
fonctionnement
en ruban

SNCR disponible	dès 30%
Dans la gamme de température	100%
Réduction de NO _x	56%



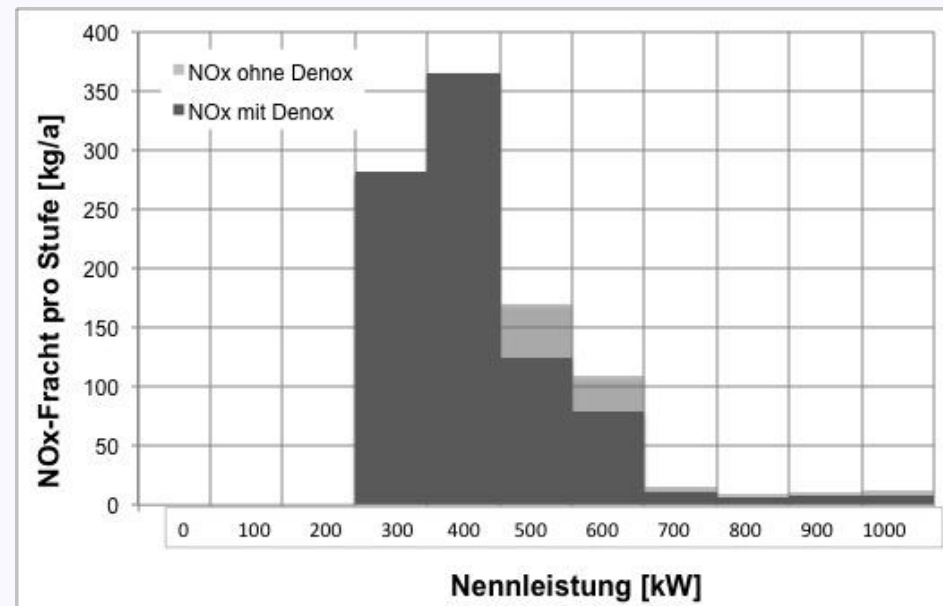
NO_x – Emission totale annuelle vs. Teneur en NO_x

	fonctionnement en ruban	régime élevé en puissance faible
SNCR disponible	dès 30%	dès 30%
Dans la gamme de température	100%	100%
Réduction de NO _x	56%	52%



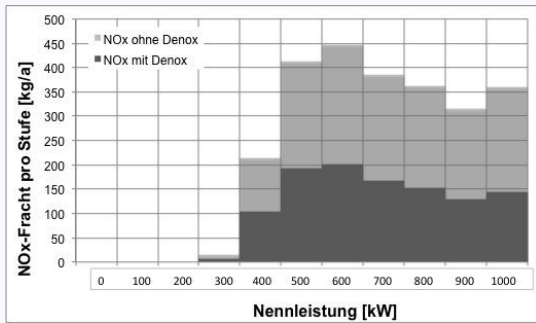
NO_x – Emission totale annuelle vs. Teneur en NO_x

	fonctionnement en ruban	régime élevé en puissance faible	régime élevé en puissance faible
SNCR disponible	dès 30%	dès 30%	dès 50%
Dans la gamme de température	100%	100%	50%
Réduction de NO _x	56%	52%	9%



Protoxyde d'azote N₂O

- Evaluation de protoxyde d'azote N₂O (produit secondaire)
 - Potentiel d'effet de serre (GWP) de N₂O est 300-fois plus élevé que pour CO₂ (IPCC 2010)
 - Comparaison des émissions totales annuelles de N₂O und CO₂
- > Emission totale annuelle de N₂O est équivalent sur le plan d'effet de serre à env. 5% des émissions totales annuelles de CO₂



1. Introduction

2. Recherches

3. Investigations sur DENOX en Suisse



4. Conclusions

Conclusions

- SNCR et SCR pour des installations à bois moyennes (20 à 50 MW_{zu}) et grandes
 - Taux d'utilisation très élevé et dépoussiérage très efficace
 - Etat de l'art technique établie et fiable
 - Disponibilité élevée du procédé DENOX
- SCR pour des installations à bois petites (1 bis 10 MW_{zu})
 - Déposition de poussières dans le Cat
 - Potassium empoisonne fort probablement le Cat
 - Etat de l'art technique non-fiable
- SNCR pour des installations à bois petites (1 bis 10 Mw_{zu})
 - Disponibilité faible du procédé SNCR en régime réel
 - Etat de l'art technique non-fiable

Augmenter la disponibilité SNCR

- Chaudière au bois: durée longue de fonctionnement, peu de EIN/AUS, fonctionnement en ruban préférable
 - > Dimensionnement de chaudière et de l'accumulateur selon QM
 - > Gestion de puissance selon QM Chauffages au bois
 - > Optimisation des paramètres de réglage
- Prélèvement de NO beaucoup moins sensible à la condensation et aux poussières
- Bois: variabilité limitée
- Réglage de NO
 - Commander au lieu de régler?
 - Valeur limit NO_x à 150 mg/m^3 – Exploiter le potentiel DENOX si possible jusqu'à 100 mg/m^3 – Compenser ainsi la disponibilité limitée du DENOX

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