

SNCR Technologie zur Minderung der Stickoxidemissionen von Dampferzeugern und Anlagen zur Reststoff- und Abfallbehandlung auf kleiner 100 mg/m_n^3

**Dipl.-Ing. Reinhard Pachaly, Vertragspartner der ERC GmbH
Schaevenstraße 30
50171 Kerpen**

**Telefon: +49 2237 922712
Telefax: +49 2237 922717**

e-mail:Reinhard_Pachaly@t-online.de

Inhalt:

1. Zusammenfassung
2. Grundlagen der nichtkatalytischen und katalytischen Reduktion von Stickoxiden
 - 2.1 Hauptreaktionen
 - 2.2 Betriebstemperatur und Schlupf
 - 2.3 Mögliche Nebenreaktionen
3. Verfahrensvarianten für hohe Stickoxidreduktionen und große Dampferzeuger
 - 3.1 Aufbau der SNCR- Anlagen
 - 3.2 Voraussetzungen für hohe Entstickungsgrade
 - 3.3 Steuerung/ Regelung der Anlagen
4. Auswirkungen auf Rauchgasreinigungssysteme
 - 4.1 Quasitrockene Rauchgasreinigungssysteme
 - 4.2 Abwasserfreie zweistufige Rauchgasreinigung
 - 4.3 Nasse Rauchgasreinigung mit Abwasserbehandlung
5. Betriebserfahrungen
6. Literatur

1. Zusammenfassung

Kraftwerke wurden mit Anlagen nach dem Verfahren der selektiven katalytischen Reduktion (SCR) bereits in der ersten Hälfte der 80er Jahre nachgerüstet.

Anlagen zur Minderung der Stickoxidemissionen nach dem Verfahren der selektiven nichtkatalytischen Reduktion (SNCR) sind in Europa seit Beginn der 90er Jahre erfolgreich in Betrieb [8].

Aus diesem Grunde sind viele Müllverbrennungsanlagen vor Inkrafttreten der 17. BImSchV mit SCR- Anlagen nachgerüstet worden.

Heute ist auch die SNCR- Technik so weit entwickelt, dass in Kombination mit entsprechender Feuerungsregelung die Stickoxidemissionen von Verbrennungsanlagen auf kleiner 80 mg/m^3 bei einem NH_3 - Gehalt (Schlupf) des Rauchgases am Kesselaustritt von kleiner 10 mg/m^3 reduziert werden können.

Bei diesen NH_3 - Gehalten ist die SNCR- Technik auch für Verbrennungsanlagen geeignet, denen eine nasse Rauchgasreinigung nachgeschaltet ist. Die NH_3 - Konzentrationen im Rauchgas nach Kessel liegen bei 1 bis 3 mg/m^3 [4]. Die Konzentration von Ammoniak im Waschwasser oder im Rückstand (bei abwasserfreien Anlagen) ist so niedrig, dass keine Abtrennung vor der weiteren Behandlung oder Ablagerung erforderlich ist.

Bei Verbrennungsanlagen mit trockener Rauchgasreinigung liegt die NH_3 - Emission bei 5 bis 10 mg/m^3 . Damit ist die SNCR- Technologie der SCR- Technik ebenbürtig.

Bei Entstickungsgraden von 80% (Emissionen von 50 - 80 mg/m^3) liegen die Investitions- und Betriebskosten der SNCR- Anlagen immer noch deutlich unter denen von SCR- Anlagen.

Betriebserfahrungen von ca. 30 SNCR- Anlagen, die Stickoxidemissionen von Rostfeuerungsanlagen auf unter 70 bzw. 80 mg/m^3 bei einer Ammoniakemission von kleiner 10 mg/m^3 mit Hilfe der SNCR- Technik reduzieren, liegen vor.

Z. Zt. werden Anlagen zur Reduktion auf kleiner 200 mg/m_n^3 für mit Stein- oder Braunkohle gefeuerte Dampferzeuger mit einer Dampfleistung von 250 t/h realisiert. Anlagen für wesentlich größere Dampferzeuger und Restemissionen von kleiner 100 mg/m_n^3 zur befinden sich in der Erprobung.

Da diesen Kesselanlagen teilweise nasse Rauchgasreinigungsstufen nachgeschaltet sind oder die E- Filteraschen weiter genutzt werden, ist es erforderlich den NH_3 – Gehalt des Rauchgases nach Kessel sicher unter 10 mg/m^3 zu halten.

2. Grundlagen der nichtkatalytischen Reduktion von Stickoxiden

2.1 Hauptreaktionen

Bei der selektiven nichtkatalytischen Stickoxidminderung (SNCR) reagieren Aminradikale bei Temperaturen zwischen 850 °C und 1080 °C mit Stickstoffmonoxid zu Stickstoff und Wasserdampf:



Die Aminradikale entstehen durch Reaktion von Ammoniakwasser oder Harnstoff. Der Einsatz von Ammonsalzen oder organischen NH- Verbindungen ist auch möglich, wird aber selten praktiziert [7].

2.1.1 Reaktion mit Harnstoff

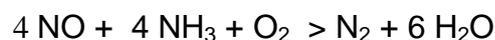
Der Einsatz von Harnstoff für SNCR- Anlagen erfolgt in wässriger Lösung und reagiert nach folgender Bruttoreaktion mit Stickstoffmonoxid [2]:



Harnstoff zersetzt sich oberhalb von 130 °C. Das Lösungswasser muss also verdampfen, bevor die Zersetzung des Harnstoffs einsetzt und die Stickoxidreduktion beginnt.

2.1.2 Reaktion mit Ammoniak

Beim Einsatz von Ammoniak für die nichtkatalytische Reduktion beginnt die Reduktionsreaktion sofort nach Vermischung mit dem Rauchgas nach folgender Gesamtreaktion:



Ammoniak kommt entweder als Gas oder in wässriger Lösung zum Einsatz [1].

Durch diese Eigenschaft kann Ammoniak in großen Dampferzeugern nur begrenzt eingesetzt werden.

2.2 Betriebstemperatur und Schlupf

2.2.1 Reaktionstemperatur und Ammoniakschlupf von SNCR- Anlagen

Die beschriebene Radikalbildung für die nichtkatalytische Stickoxidminderung erfolgt zwischen 800°C und 1100°C, ist aber nur bei Temperaturen oberhalb 880 °C und unterhalb 1080 °C für hohe Entstickungsgrade ausreichend groß. In diesem Bereich ist zwar auch aufgrund der schlechten Selektivität der Radikalbildung ein hoher Überschuss an Reduktionsmittel erforderlich aber der Umsatz von Ammoniak ist nahezu vollständig. Der Ammoniakslupf ist im Anwendungsbereich des Verfahrens nahezu unabhängig von der Stickoxidreduktion und kann bei mittleren Reaktionstemperaturen oberhalb von 940 °C sicher unter 10 mg/m³ gehalten werden.

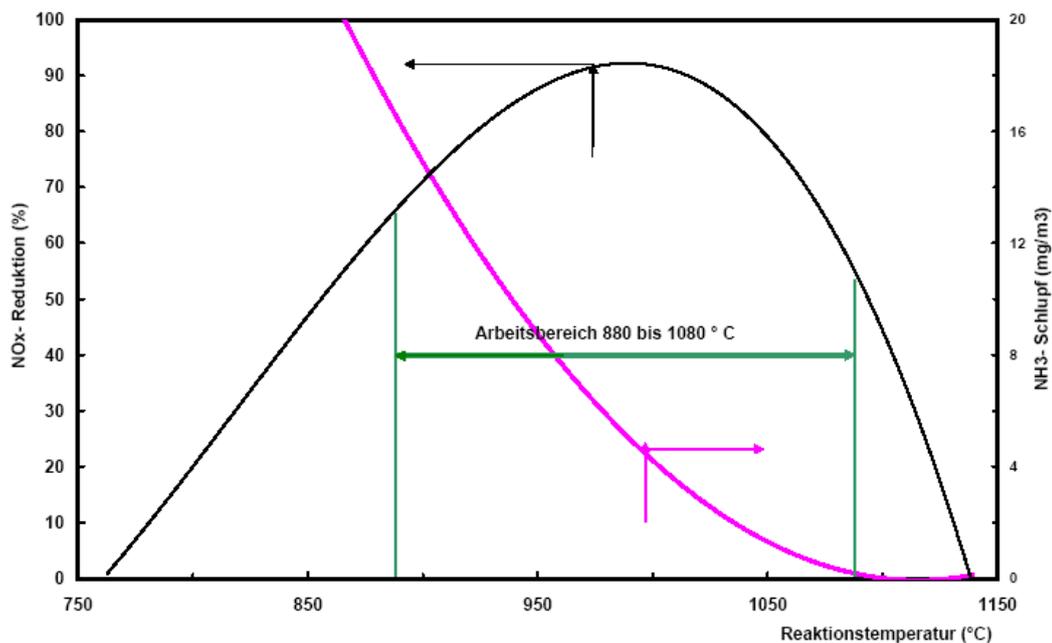


Diagramm 1: NO_x-Reduktion und Ammoniakslupf in Abhängigkeit von der Reaktionstemperatur

In Kombination mit bestimmten Verfahrensstufen zur Abscheidung der sauren Rauchgasbestandteile kann die Ammoniakemission unter 1 mg/m³ gehalten werden. Abwässer dieser Feinabscheider können als Verdünnungswasser zur SNCR- Anlage zurückgeführt werden.

2.3 Mögliche Nebenreaktionen

2.3.1 Bildung von Ammoniumsulfat

Ammoniak bildet, abhängig von der Konzentration der Reaktionspartner, mit Schwefeltrioxid (SO₃) bei Rauchgastemperaturen unterhalb von 350 °C Ammoniumsulfat:



Solange Ammoniak im Überschuss vorliegt, wird nur $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ gebildet. Der SO_3 -Gehalt von Rauchgasen der Müllverbrennung beträgt 1 bis 3 mg/m^3 ; in Braun- oder Steinkohle gefeuerten Dampferzeugern kann wesentlich mehr entstehen.

Im hinteren Teil der Müllkessel bilden sich 1,6 bis 5 mg/m^3 Ammoniumsulfat und der Gehalt des Rauchgases an freiem Ammoniak um 0,4 bis 1,2 mg/m^3 reduziert.

Das Salz lässt sich leicht von den Wärmetauscherflächen des Kessels abreinigen und verbleibt so zum großen Teil in der Kesselasche.

2.3.2 Bildung von Ammoniumhydrogensulfat

Nur wenn Schwefeltrioxid im Überschuss vorliegt, kann sich Ammoniumhydrogensulfat bilden:



Das nachfolgende Diagramm zeigt die Taulinie (Bildungsgrenze) von Ammoniumhydrogensulfat in Abhängigkeit von der Temperatur.

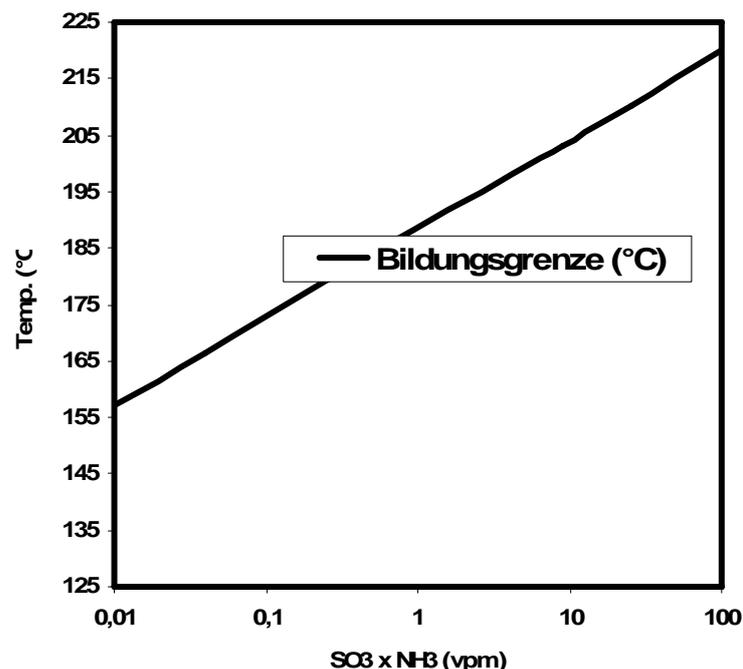


Diagramm 2: Bildungsgrenze von Ammoniumhydrogensulfat

Unterhalb der Taulinie liegt NH_4HSO_4 als klebrige Schmelze vor. Hydrogensulfat bildet sich, wenn das Massenverhältnis von $\text{NH}_3:\text{SO}_3$ kleiner 0,4:1 ist. Bei höherem Ammoniakgehalt würde sich Ammoniumsulfat bilden.

In Müllverbrennungsanlagen liegt der SO_3 -Gehalt meist um 2 mg/m^3 . Die Ammoniakkonzentration müsste unter 0,8 mg/m^3 sein, damit nennenswert $(\text{NH}_4)\text{HSO}_4$ und nicht $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ entsteht. Diese Konzentrationsverhältnisse liegen in Rauchgasen nach SNCR- Anwendung in Müllverbrennungsanlagen

praktisch nie vor, weil nicht in ausreichendem Maße Schwefeltrioxid gebildet wird. Somit entsteht hier kein Ammoniumhydrogensulfat.

Dagegen sind in mit Kohle gefeuerten Dampferzeugern diese Bedingungen oft gegeben. Beim 10-fachen der o. g. SO_3 -Konzentration kann bereits bei einer Ammoniakkonzentration unter 8 mg/m^3 Hydrogensulfat entstehen.

Selbst nach REA können die Voraussetzungen für die Hydrogensulfatbildung noch gegeben sein [4].

2.3.3 Bildung von Ammoniumchlorid

Bei entsprechend hoher Konzentrationen der Reaktionspartner kann sich in der nachgeschalteten Rauchgasreinigungsanlage Ammoniumchlorid bilden, das zu erhöhter Ammoniumkonzentration im Rauchgasreinigungsrückstand führt:



Ammoniumchlorid ist ein Salz, das sich aus der Gasphase bildet. Die Partikel sind sehr fein und entsprechend schwer abzuscheiden.

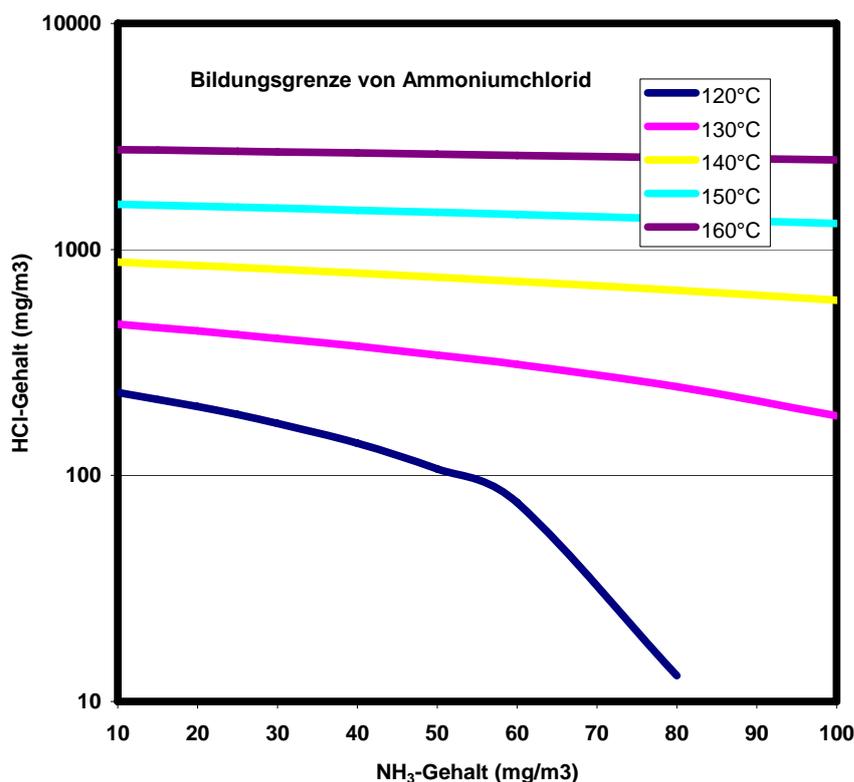


Diagramm 3: Bildungsgrenze von Ammoniumchlorid

Bei einem HCl- Gehalt von z. B. über 880 mg/m^3 und einem NH_3 -Gehalt von 10 mg/m^3 beginnt bei einer Rauchgastemperatur von $140 \text{ }^\circ\text{C}$ die

Ammoniumchloridbildung, wenn kein anderer Reaktionspartner (z.B. Kalzium) mit größerer Affinität zur Verfügung steht.

Der Rauchgasreinigungsrückstand kann über die beschriebene Reaktion durch den Schlupf mit Ammoniak belastet werden.

Bei sehr hohem Schlupf und Abkühlung des Rauchgases ist auch die Bildung von Ammoniumchlorid nach Rauchgasreinigung möglich.

3. Verfahrensvarianten für hohe Stickoxidreduktionen und große Dampferzeuger

3.1 Aufbau der SNCR- Anlagen

Eine Anlage nach dem SNCR- Verfahren mit Ammoniak oder harnstoffhaltigen Reduktionsmitteln besteht im Wesentlichen aus dem Lager mit Befüllereinrichtung für das Reduktionsmittel, der Misch- und Verteilereinrichtung, und dem Eindüssystem.

Entstickungsgrade von über 80 % können erreicht werden, wenn die Eigenschaften des Reduktionsmittels bei der Anlagenkonzeption und Auslegung berücksichtigt werden.

Wird Ammoniak als wässrige Lösung im Rauchgas verteilt, entweicht NH_3 jedoch auch schon während die Tropfen durch das Rauchgas aufgeheizt werden, so dass bei einer Tropfentemperatur von ca. 60 °C Ammoniak schon vollständig verdampft ist.

Diese Eigenschaft ist bei der Auslegung von Verdüsungssystemen für Rostfeuerungen zu berücksichtigen. In Verbrennungsanlagen für Hausmüll oder Ersatzbrennstoff sind Wurfweiten von ca. 6 Metern ausreichend. Da das 2-Phasengemisch die Düse mit einer Geschwindigkeit von ca. 50 m/s verlässt, ist der größere Teil der Tropfen nach der Strahlausbreitung noch so kalt, dass ein ausreichender Verteilungsgrad erreicht wird. In Rostfeuerungen mit Feuerraumquerschnitten von über 4 m² kommen Wandlanzen, die in Schutzrohren montiert und mit 2-Stoffdüsen bestückt sind, zum Einsatz.

Meist wird als Verdüsungsmittel Druckluft eingesetzt.

Im Vergleich zum harnstoffhaltigen Reduktionsmittel ist aus genannten Gründen für Ammoniak oft etwa die doppelte Anzahl von Eindüspunkten erforderlich, weil aufgrund der eingeschränkten Verteilungsmöglichkeiten zwei in einigen Fällen auch drei Verdüsungsebenen erforderlich sind.

Zur Verteilung des Reduktionsmittels in Feuerräumen großer Dampferzeuger können Wurfweiten von 12 Metern oder mehr erforderlich sein. Über diese Strecke werden die Tropfen so weit aufgeheizt, dass Ammoniak schon aus den Tropfen entwichen ist, bevor die Tropfenverteilung abgeschlossen ist. Aus diesem Grunde kann Ammoniakwasser nur bis zu Wurfweiten von 6 bis 7 Metern eingesetzt werden. Über größeren Wurfweiten können nur noch harnstoffhaltige Reduktionsmittel verteilt werden.

Das Verdüsungssystem muss geeignet sein, dass Reduktionsmittel so über den Feuerraumquerschnitt zu verteilen, dass überall ausreichend Reduktionsmittel für die Reduktion zur Verfügung steht. Lokale Überdosierung führt zu einem erhöhten Verbrauch.

Bei Verdüsungssystemen für große Feuerräume mit mehreren parallelen Rostbahnen oder mehreren Brennern mit Luftstufung werden die Lanzen in Gruppen verschaltet, so dass Temperatur- und/ oder Mengenschieflagen bei der Regelung der Reduktionsmittelmengen berücksichtigt werden können (s. g. Lanzengruppenregelung).

Die Steuerung/ Regelung der Anlage ist für die Leistung des Verfahrens und für die Betriebskosten von entscheidender Bedeutung.

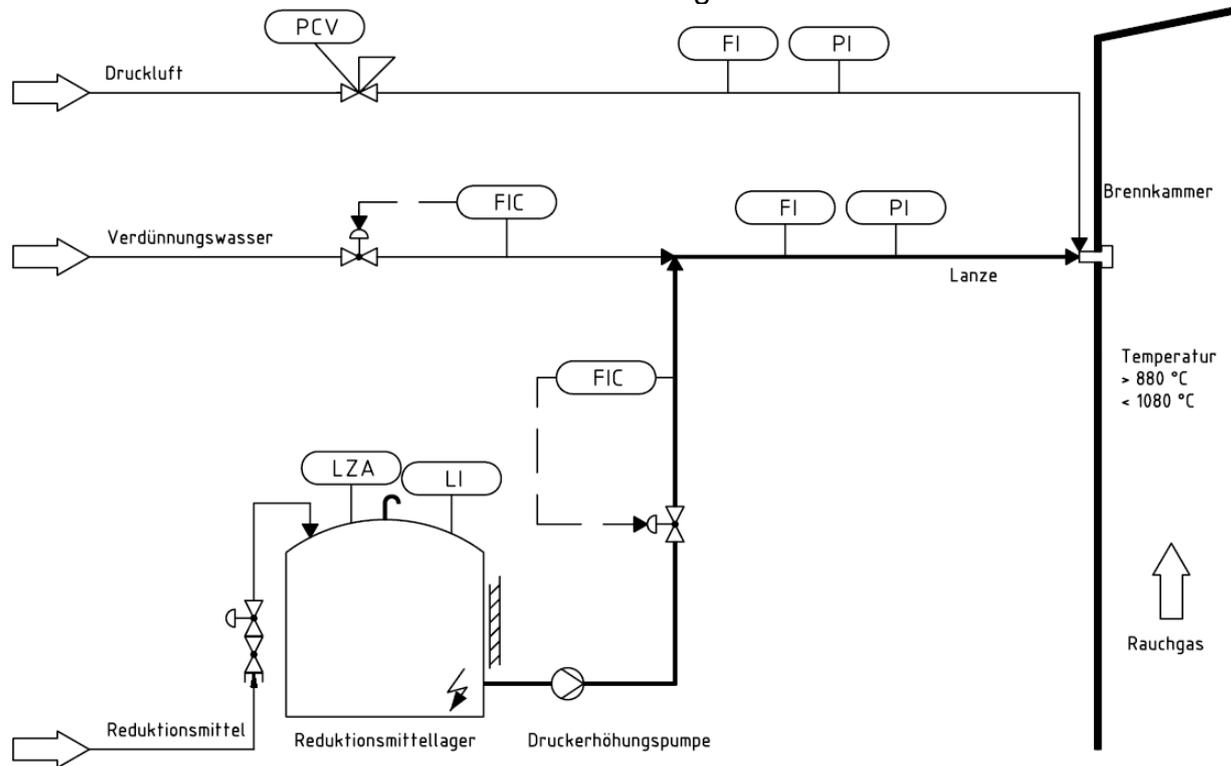


Bild 1: Prozessfließbild einer SNCR-Anlage mit Lager

Meßsysteme, die Temperaturänderungen im Feuerraum einer Rostfeuerung für Hausmüll oder Ersatzbrennstoff schnell erfassen, sind, insbesondere bei Ammoniakwasseranlagen, zur Minimierung des Ammoniakschlupfes erforderlich [5].

In Kohle gefeuerten Dampferzeugern dienen diese Meßsysteme zur Steuerung der Mühlenlast, so dass Temperaturschieflagen durch unterschiedliche Brennstoffmengen vermieden werden. Für die SNCR können diese Systeme zur Optimierung der Reduktionsmittelverteilung über den Feuerraumquerschnitt genutzt werden, denn durch die Stufung der Verbrennungsluft entstehen kalte Strahlen, in die möglich kein Reduktionsmittel eingebracht werden sollte.

3.2 Voraussetzungen für hohe Entstickungsgrade

Die Analyse von 15 Verbrennungsanlagen für Haus- und Gewerbeabfall und Ersatzbrennstoff und Versuche haben ergeben, dass Stickoxidreduktion von über 80 bis 85 % bei einem Ammoniakschlupf nach Kessel von kleiner 10 mg/m_n^3 sicher mittels SNCR erreicht werden können, wenn die Feuerungen folgende Bedingungen erfüllen:

- Die Abweichung der Rauchgastemperaturen vom Mittelwert des Feuerraumquerschnitts beträgt an allen Punkten maximal 50 K.

- Die Standardabweichung der produzierten Dampfmenge vom eingestellten Sollwert beträgt maximal 5 %.
- Die Änderungsgeschwindigkeit der Dampfproduktion (z.B. durch Änderung der Abbrandeigenschaften des Brennstoffs) beträgt maximal 1 % pro Minute.
- Die Stickoxidkonzentration vor SNCR beträgt maximal 550 mg/m_n^3 im Tagesmittel bzw. maximal $2 \times$ pro Tag 650 mg/m_n^3 im Halbstundenmittel.

Im Prinzip gelten diese Voraussetzungen auch für Dampferzeuger mit Staubbrennern. Allerdings ist der Ammoniakchlupf meist auf 5 mg/m_n^3 zu begrenzen, weil es bei höheren Konzentration zur Bildung von Ammoniumhydrogensulfat im Elektrofilter und im Luftvorwärmer und/oder zur Belastung des Rauchgasreinigungsrückstandes kommen kann.

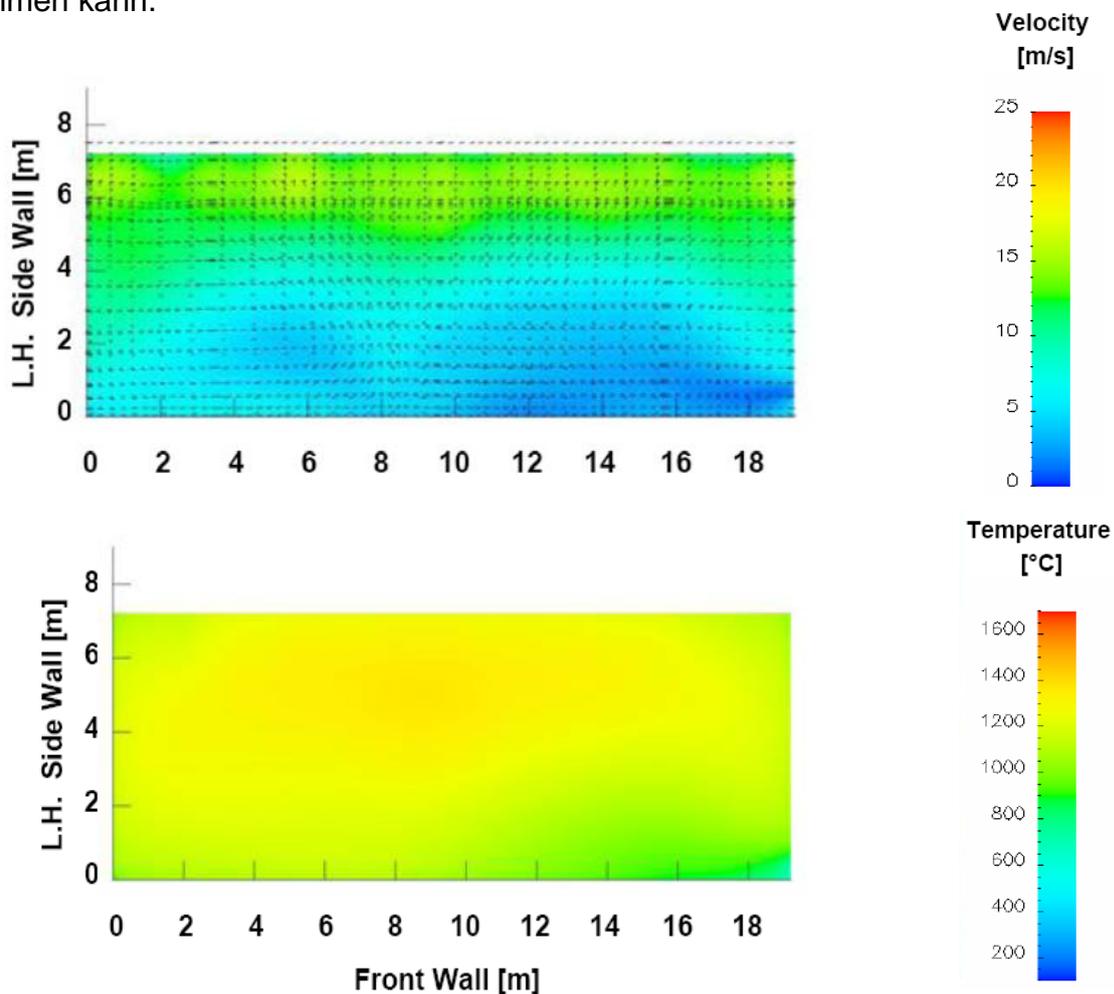


Bild 2: Temperatur und Geschwindigkeitsverteilung am Ende des Feuerraums eines 670 Tonnen Kessels

Die Grafiken in Bild 2 zeigen deutlich die Temperatur- und Geschwindigkeitsunterschiede am Ende des Feuerraums eines großen

Dampferzeugers in einem Lastpunkt. Geschwindigkeitsverteilung und Temperatur ändern sich mit der Last. Die Verdüsungslanzen sind wenige Meter über dem dargestellten Querschnitt angeordnet.

Bei der Regelung der Reduktionsmittelverteilung sind die Temperatur- und Geschwindigkeitsunterschiede zu berücksichtigen. Nur durch die Anpassung der Verdüsung können optimale Reduktionsmittelverbräuche und minimale Schlupfwerte erreicht werden.

Zur Minimierung des Ammoniakschlupfes muss die Umschaltung der Verdüsungsebene bei Temperaturänderungen schnell erfolgen. Thermolemente sind aufgrund ihrer Trägheit dazu in Hausmüll- oder EBS-Verbrennungsanlagen nur beschränkt geeignet. Besser und für die Lanzengruppen- und/ oder Lanzeneinzelregelung ist die akustische Temperaturmessung mit entsprechender Auswertung der Signale.

3.3 Steuerung/ Regelung der Anlage

Aufgrund der hohen Kosten für Reduktionsmittel ist eine Steuerung und Regelung für die Anlage erforderlich, die für genaue Einhaltung des

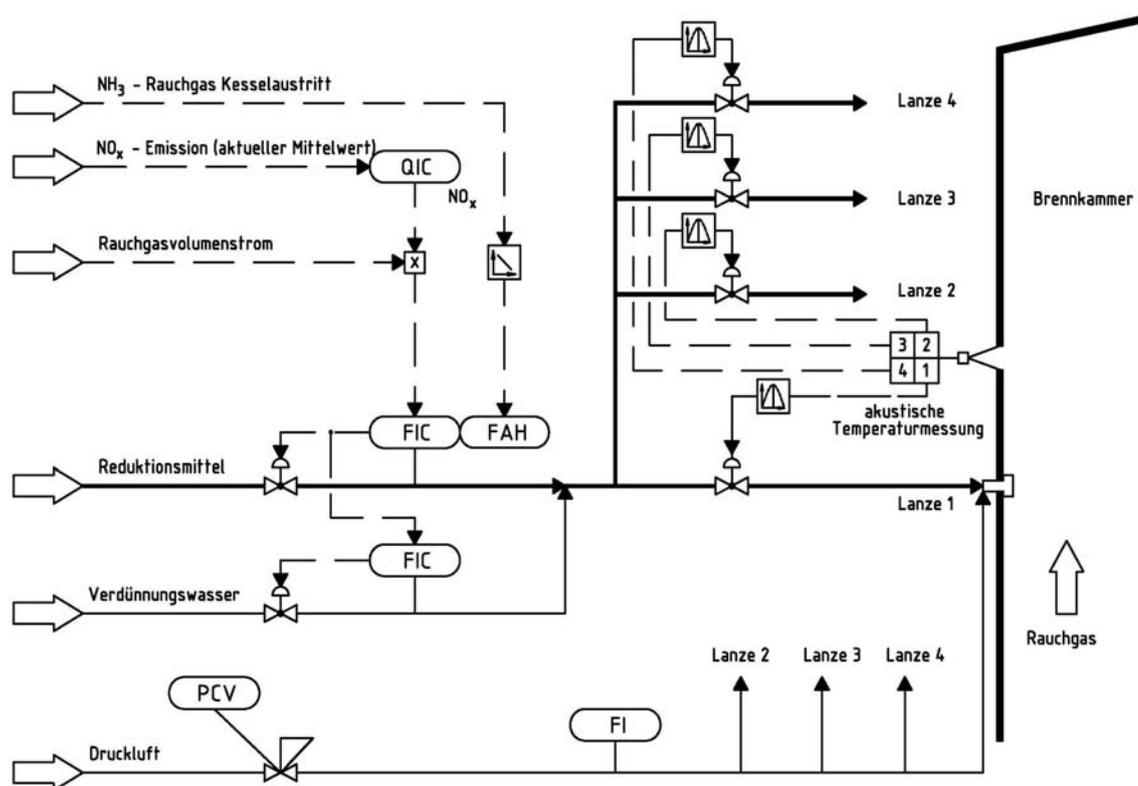


Bild 2: Regelschema einer SNCR- Anlage mit Lanzeneinzelregelung und akustischer Temperaturmessung

eingestellten Emissionswertes bei minimalem Verbrauch und Ammoniakslupf sorgt.

Der Ammoniakslupf kann durch Limitierung des maximal möglichen Reduktionsmitteleinsatzes in Abhängigkeit der Ammoniakkonzentration im Rauchgas und unter Einbeziehung der mittels akustischer Messung ermittelten Rauchgastemperatur erfolgen.

Auf diese Weise erhält man aktuelle Temperaturverteilungen über den Feuerraumquerschnitt, die in Abständen von 30 Sekunden aktualisiert werden, so dass eine Lanzeneinzelregelung oder eine Lanzengruppenregelung möglich wird.

Die Reduktionsmittelmenge in den einzelnen Sektionen kann der Rauchgasgeschwindigkeitsverteilung angepasst werden.

Die Leistung der SNCR- Anlage wird erheblich unterstützt, wenn die Temperaturverteilung zur Regelung der Feuerlage und der Feuerungsleistung in Rostfeuerungsanlagen genutzt wird.

4. Auswirkungen auf Rauchgasreinigungssysteme

Der Verbleib des NH_3 -Schlupfes der SNCR- Anlage in der nach geschalteten Rauchgasreinigung ist verfahrensabhängig.

Ab pH-Wert < 6,5 wird Ammoniak in Nasswäschern zu ca. 80 % abgeschieden. In quasi trockenen Rauchgasreinigungsanlagen ist die Ammoniakabscheidung abhängig von der Rauchgastemperatur und der Konzentration der möglichen Reaktionspartner.

4.1 Quasitrockene Rauchgasreinigungssysteme

Rückstand aus der quasitrockenen Rauchgasreinigung enthält bereits ohne SNCR- Betrieb, abhängig von den Verbrennungsbedingungen, 100 bis 300 mg/kg Ammonium. Die Erhöhung des NH_3 -Gehaltes der Rückstände ist im Prinzip abhängig vom NH_3 -Schlupf und von der Betriebstemperatur der Rauchgasreinigungsanlage.

Ammoniakkonzentrationen in trockenen Rauchgasreinigungsrückständen aus quasi trockenen Rauchgasreinigungen von über 300 mg/kg erfordern sowohl aus Arbeitsschutz- als auch Emmisionsschutzgründen aufwendige Absauganlagen oder sogar eine zusätzliche Verfahrensstufe zum Entfernen des Ammoniaks aus den Rückständen, wenn diese mit Wasser vermischt oder offen gelagert werden.

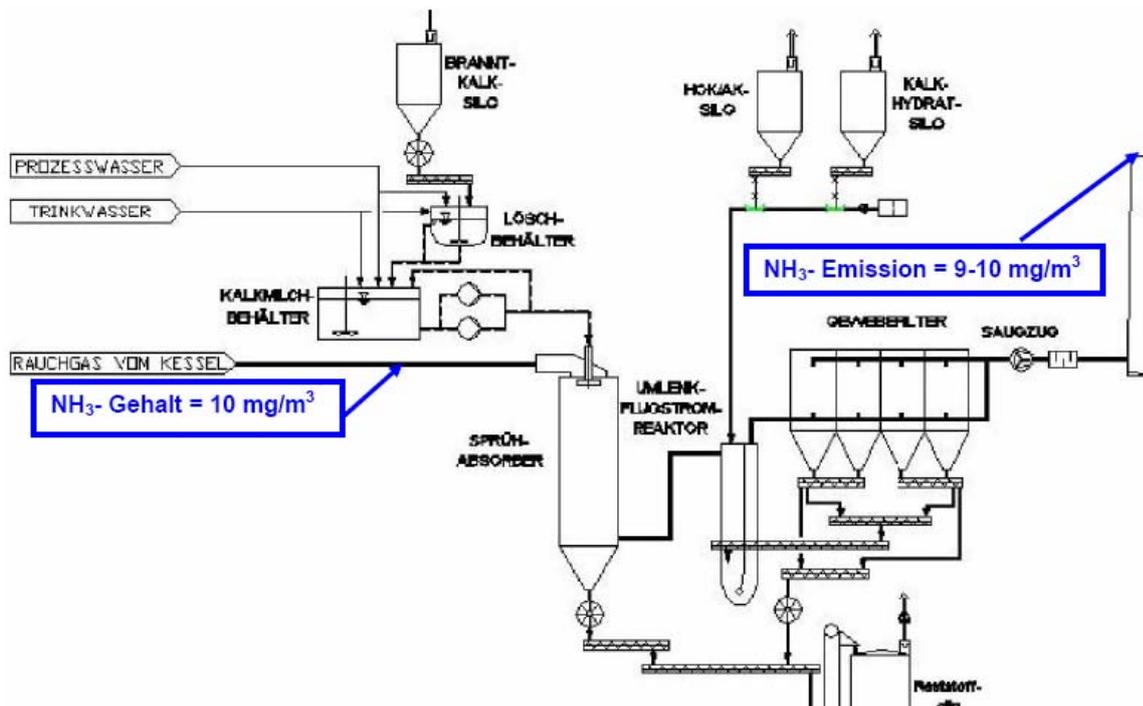


Bild 5: quasitrockene Rauchgasreinigung

4.2 Abwasserfreie zweistufige Rauchgasreinigung

Der trockene Rauchgasreinigungsrückstand aus diesen Anlagen enthält 90 % des Ammoniak schlupfes.

Die Nasswaschstufe reduziert den Ammoniakgehalt des Rauchgases auf 1 bis 2 mg/m^3 . Bei einer Rückstandsmenge von 7 bis 8 kg pro 1000 m^3 erhöht sich der Ammoniumgehalt des Rückstands also pro Milligramm Schlupf um 125-140 mg .

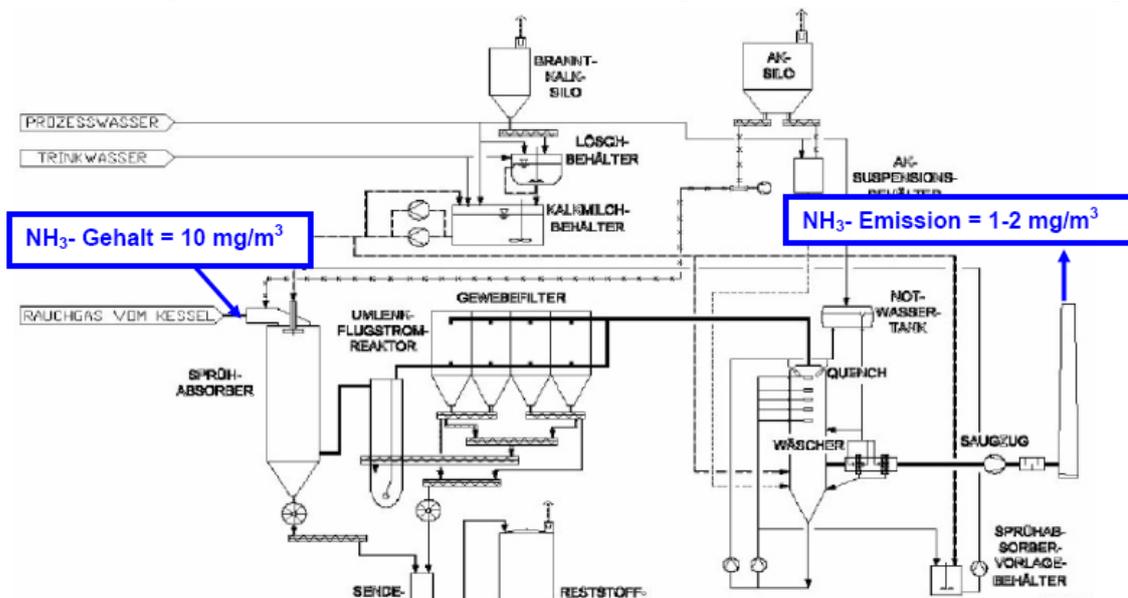


Bild 6: Abwasserfreie 2-stufige Rauchgasreinigungsanlage

Aufgrund der geringeren Alkalität der Rückstände aus nassen Rauchgasreinigungsanlagen ist unter den genannten Gesichtspunkten ein NH_3 -

Gehalt in diesen Fällen von 400-500 mg/kg zulässig, bevor MAK-Werte in Gegenwart von befeuchteten Rückständen an den Arbeitsplätzen überschritten werden.

4.3 Nasse Rauchgasreinigung mit Abwasserbehandlung

In nassen Rauchgasreinigungsanlagen wird der Ammoniakgehalt des Rauchgases ebenfalls um ca. 90 % reduziert, so dass die Ammoniakemission mit diesen Anlagen bei 1 bis 2 mg/ m³ liegt. Das der ph- Wert der Abwässer auf größer 7 eingestellt wird, führen Schlupfwerte von über 10 mg/ m³ zu nicht tolerierbarer Geruchsbelästigung in der Umgebung der Abwasserbehälter. Absaugvorrichtungen zur Begrenzung der Ammoniakemissionen im Bereich der Abwasserbehandlung sind erforderlich. Eine Stripperanlage zur Reinigung der Abwässer aus einer nassen Rauchgasreinigung kann bei hohen Ammoniakgehalten im Waschwasser erforderlich werden.

5. Betriebserfahrungen mit SNCR-Anlagen

Seit 1990 sind in Europa ca. 400 Kessel mit SNCR- Anlagen aus- bzw. nachgerüstet worden. Darunter sind Kadaververbrennungsanlagen mit einer Feuerungsleistung von 900 KW und Rostfeuerungen für Hausmüll mit einer Leistung von über 100 MW. EBS- Anlagen mit über 120 MW Leistung sind in der Planung.

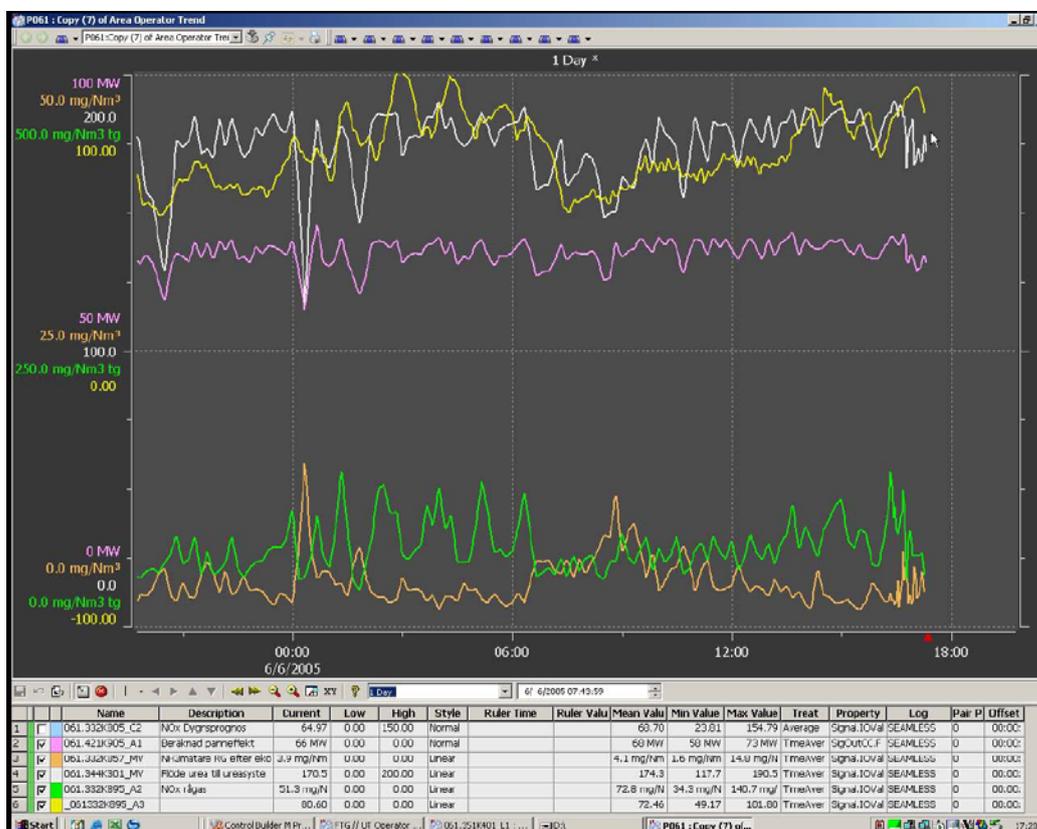


Diagramm 4: Betriebswerte der Anlage aus dem Jahre 2005

Die hier beschriebene Anlage zur Verbrennung von Haus- und Gewerbemüll ist seit Juni 2005 in Betrieb:

Kesseldaten: 70 MW

Reduktionsmittel: Harnstofflösung

SNCR : 1 Verdüsungsebene mit 6 Lanzen

Regelung: Lanzeneinzelregelung über Zonentemperaturen, ermittelt über akustischer Temperaturmesspfade, Schlupfbegrenzung durch Begrenzung der Reduktionsmittelmenge

Die Messung des Ammoniakschlupfes erfolgt nach Kessel mit einem Lasermessgerät, die Messung des NO_x- Restwertes mit einem optischen Messgerät nach Rauchgasreinigung.

Da sich mit sinkendem Tropfendurchmesser auch die Eindringtiefe reduziert, kann diese Lanzensteuerung nur in engen Grenzen angewendet werden. Lokale Temperaturdifferenzen von ca. 40 °C können aber sehr gut ausgeglichen werden und haben deshalb keinen Einfluss auf den Entstickungsgrad oder den Schlupf.

Diagramm 4 zeigt die momentane NO_x- Konzentration (grün), den NH₃-Schlupf(ocker), die Kessellast (pink) und den Harnstoffverbrauch (weiß). Der Betreiber legt in diesem Fall keinen Wert auf minimalen Reduktionsmittelverbrauch, sondern ist nur an minimaler Stickoxidemission bei niedrigem Ammoniakschlupf interessiert.

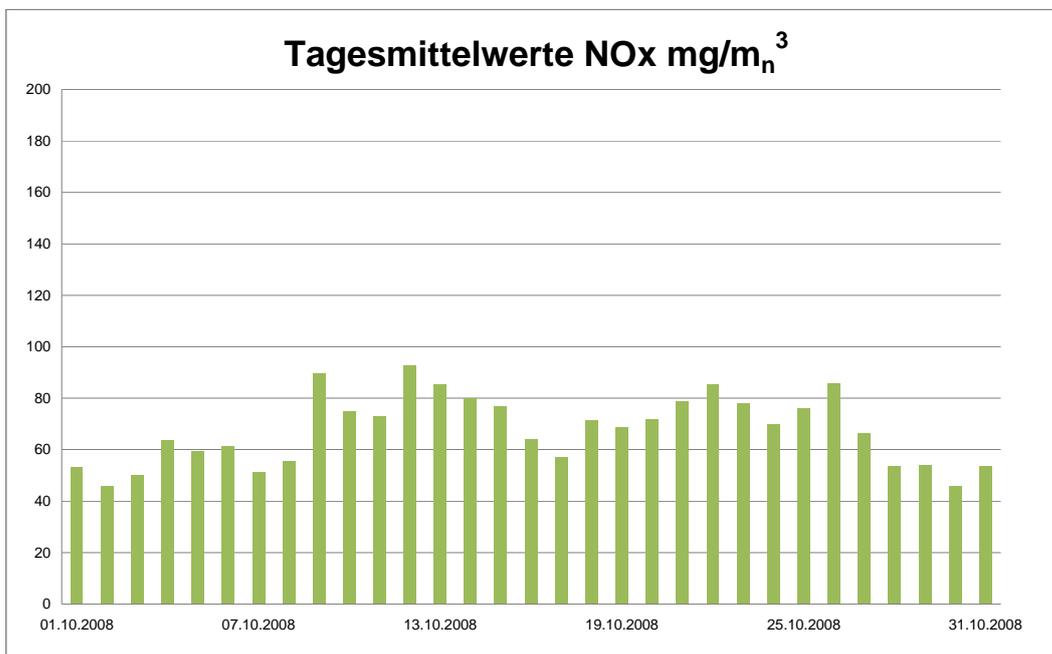


Diagramm 5: Stickoxidemissionen (TMW) im Oktober 2008

Die Verdüsungslanzen sind so am Feuerraum angeordnet, dass die Reaktionszone durch Änderung der Tropfengröße so verschoben werden kann, dass hohe Entstickungsgrade bei minimalem Ammoniakschlupf erzielt werden können. Bei entsprechend gleichmäßigen Rauchgastemperaturen über den Feuerraumquerschnitt können auch noch geringere NO_x- Restwerte bei

niedrigem Schlupf erzielt werden [4]. Über den gezeigten Zeitraum hat die Abweichung der Rauchgastemperatur über den Feuerraumquerschnitt +/- 60°C betragen.

Im Diagramm 5 sind die Tagesmittelwerte aus Oktober 2008 dargestellt. Der mittlere Ammoniak Schlupf lag in diesem Zeitraum unter 3 mg/ m_n³. Die größte Brennkammer einer Verbrennungsanlage für Haus- und Gewerbemüll, die mit einer SNCR ausgerüstet wurde, ist 6,0 x 13,2 m groß.

Das Beispiel zeigt, dass die SNCR-Technik heute einen Entwicklungsstand erreicht hat, der den strengsten Grenzwertstandards genügt.

Es konnte gezeigt werden, dass die SCR- Technik (Low-Dust Schaltung) im Vergleich zur SNCR für eine Hausmüllverbrennungsanlage bestehend aus 4 Linien mit einer jährlichen Verbrennungsleistung von 530.000 Tonnen um 2,2 Mio. € höhere Betriebskosten hat [4].

6. Literatur

- [1] Lyon, R.K. US- Patent Nr. 3,900.554 and Dean, A. et al US- Patent 4,624.840 Exxon Thermal De NO_x- Process using gaseous ammonia
- [2] Arand J. K. et al, US- Patent 4,208.386 and 4,325.925
- [3] Dr. M. Müller, R. Pachaly „Brennstoffadditive für flüssige und feste Brennstoffe“, VDI Seminar 43-12-02, 9./10. Okt 1995, München
- [4] I. Schellenberger, R. Pachaly, Betriebserfahrungen mit Entstickungsanlagen Nach dem SCR- und SNCR- Verfahren, Symposium waste to energy, 7./8. Dezember 2005, Bremen
- [5] Firmenschrift Bonnenberg & Drescher GmbH, Bedeutung der Temperaturinformation für Feuerungsleistungsregelung, Schief lagenregelung und Roststeuerung, Januar 2007
- [6] Bagladi, I. Denox- Anlage für die Entstickung der Rauchgase der Kehr richtverbrennungsanlage Josefstraße, Zürich, Müll und Abfall, August 1994
- [7] von der Heide, B., Pachaly, R., Nichtkatalytische NO_x-Reduktion bei Feuerungs-, Großfeuerungs- und Abfallverbrennungsanlagen nach dem NO_xOUT- Verfahren, VDI Seminar BW 43-59-02, 20./21. September 1990
- [8] Martin, J.J.E., Zahlten, M. Nikolaus, T. und Rampp, R., Versuchsergebnisse zur Rauchgasentstickung an einer Müllverbrennungsanlage, Abfallwirtschafts-Journal, Band 1, Nr. 1, Seite 101-110, 1989
- [9] Hofmann, J.E., Luftglass, B.K., Sun, W. h. ,Ferraru, F.A., Porter, T.J. and Pachaly, R., NO_x- Control for Municipal Waste Combustors, Air and Waste Management Association, Pitts burg, PA, June 25-28, 1990
- [10] Pachaly, R., Hofmann, J.E., Sun, W.H., The NO_xOUT Process fort he Control of NO_x- Emissions from Waste Combustors, Air and Waste Management Association, Vancouver, BC, Canada, June 16-21, 1991
- [11] Matthias Kersting, Beispielhafte Kostenrechnung für den Einsatz einer katalytischen und nichtkatalytischen Entstickungsanlage für eine Abfallverbrennungsanlage mit einer Kapazität von 200.000 t/a, In: K.J. Thome-Kozmiensky, Michael Beckmann, Energie aus Abfall, Band 4
- [12] von Harpe, Thure, Pachaly, Reinhard Hofmann, John, E., EU- Patent Nr. Process for the in-line hydrol0542792B1,Hydrolysis of urea