

Ein Vergleich der Möglichkeiten von SCR und SNCR

Thomas Reynolds, Philip Reynolds und Reinhard Pachaly

1.	Reduzierung von Stickoxiden	668
1.1.	Das SNCR-Verfahren	669
1.2.	Leistungsgrenzen und Optimierungsmöglichkeiten der SNCR	671
1.3.	Das SCR-Verfahren.....	672
1.4.	Leistungsgrenzen der SCR.....	673
1.5.	Kombiverfahren	676
2.	Leistungsabgrenzung	677
3.	Kostenvergleich.....	677
4.	Die R 1-Formel	678
5.	Fazit	679
6.	Quellen	680

Stickoxide, NO und NO₂, in der Summe als NO_x bezeichnet, entstehen primär bei Verbrennungen bei hohen Temperaturen. Die Reaktanden sind Sauerstoff und Stickstoff aus Verbrennungsluft und Brennstoff. Durch gesetzliche Verordnungen, wie der Bundes-Immissionsschutzverordnung (BImSchV) sind Betreiber von Feuerungsanlagen verpflichtet, NO_x-Emissionsgrenzwerte einzuhalten.

Vor dem Hintergrund der Novellierung der 17. BImSchV vom 27. Januar 2009 werden zuverlässige Stickoxid-Reduktionsverfahren immer wichtiger. In der Praxis haben sich zwei Verfahren bewährt: Die selektive katalytische Reduktion (SCR) und die selektive nichtkatalytische Reduktion (SNCR).

In der für Abfallverbrennungsanlagen bisher gültigen Verordnung ist der Emissionsgrenzwert für Stickoxide auf 200 mg/m³ festgelegt. Dieser Grenzwert wird durch die Novellierung auf 100 mg/m³ für neuerrichtete oder wesentlich geänderte Anlagen mit Feuerungen > 50 MW thermischer Leistung herabgesenkt. Zusätzlich wird ein maximaler NH₃-Schlupf < 10 mg/m³ angestrebt. Etwas salopp wird hierbei von der 100/10-Forderung gesprochen [3].

In den letzten Jahrzehnten wurden mit SNCR- und SCR-Anlagen viele Erfahrungen gesammelt. Dabei haben sich beide Verfahren als zuverlässiges Mittel zur Reduktion der Stickoxidemissionen von Feuerungsanlagen bewährt. Es gibt

jedoch keine einheitliche Patentlösung für die sehr verschiedenen Anforderungen. Abhängig von den Randbedingungen wie z.B. dem Ausgangswert der NO_x -Emissionen, Kesselbauart, Kesselgröße oder der Brennstoffqualität gibt es nicht nur in technischer Hinsicht für jedes Verfahren limitierende Faktoren. Zusätzlich spielt auch der Kostenfaktor bei der Entscheidung, welches Verfahren gewählt werden soll, eine wichtige Rolle. Die Verfahrensentwicklung der SNCR-Technologien wurde in den neunziger Jahren so erfolgreich weitergeführt, dass heute SCR-Anlagen stillgelegt und durch kostengünstigere SNCR-Anlagen ersetzt werden können. In den vergangenen 10 Jahren sind 90 % der neu errichteten Verbrennungsanlagen für Haus- und Gewerbemüll, Ersatzbrennstoff und Altholz in Europa mit SNCR-Anlagen zur Stickoxidemissionsminderung errichtet worden, weil die Anlagen nach diesem Verfahren die wirtschaftlichste Lösung darstellten.

Bei Abfallverbrennungsanlagen wurde der Katalysator von SCR-Anlagen zumeist hinter der Entschwefelung positioniert. Diese Variante wird Tail-End genannt und minimiert die Kosten für die Wartung, da der Katalysator so vor Verunreinigungen geschützt ist. Diese SCR-Variante benötigt allerdings eine Wiederaufheizung der Abgase. Durch die Weiterentwicklung der Feuerungsanlagen und der Abgasreinigungsanlagen zur Abscheidung der sauren Schadgase sind neue kostengünstigere SCR-Verfahrensvarianten ohne Wiederaufheizung und Wirkungsgradverlust möglich. SCR-Anlagen mit Wiederaufheizung verursachen immer die höheren Gesamtkosten im Vergleich zur SNCR oder Kombiverfahren und erfüllen die Mindestanforderungen für die thermische Verwertung von Abfällen gemäß EU-Richtlinie 2008/98/EG aufgrund des hohen Energieverbrauchs für die Wiederaufheizung oft nicht.

Die geforderte Energieeffizienz für Anlagen zur thermischen Verwertung von Abfällen und die erweiterten Grenzwerte für Stickoxide nach 100/10 erfordern eine neue technische und wirtschaftliche Betrachtung/Bewertung der Verfahren und deren Kombination.

1. Reduzierung von Stickoxiden

Bei der Stickoxidreduktion muss zunächst unterschieden werden zwischen Primär- und Sekundärmaßnahmen. Primärmaßnahmen zur NO_x -Reduktion setzen unmittelbar bei der Entstehung dieser an; d.h. bei der Verbrennung.

So wird durch den Einsatz von Low- NO_x -Brennern, wie in Bild 1 dargestellt, die Entstehung von Stickoxiden im Verbrennungsprozess auf ein absolutes Minimum begrenzt. Durch eine intelligente Stufung der Verbrennungsluft wird im Verbrennungsprozess ganz gezielt ein Überschuss an Sauerstoff den Bereichen mit hohen Temperaturen (und somit hoher NO_x -Bildungsfreudigkeit) vorenthalten.

Mit einem solchen Low- NO_x -Brenner werden Schadstoffemissionen von unter $100 \text{ mg/m}_n^3 \text{ NO}_x$ und $50 \text{ mg/m}_n^3 \text{ CO}$ beim Einsatz von extra leichtem Heizöl/Erdgas [5] erreicht.

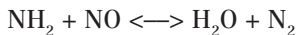


Bild 1: Low-NO_x-Brenner

Als sekundäre Maßnahmen bezeichnet man Reduktionsvorgänge, die dem Verbrennungsprozess nachgelagert sind. Die in der Einleitung erwähnten Reduktionsverfahren SCR und SNCR gehören zu den Sekundärmaßnahmen. Beiden ist gemein, dass NO_x im Abgas über ein Reduktionsmittel reduziert wird. Dieses Reduktionsmittel ist in den meisten Fällen bei der SCR Ammoniak (NH₃) und bei der SNCR ebenfalls Ammoniak oder Harnstoff ((NH₂)₂CO) als Radikalspender (NH₂). Dabei auftretende Nebenreaktionen sollen hier nicht extra erwähnt werden. Diesbezüglich sei auf Reynolds [4] verwiesen.

1.1. Das SNCR-Verfahren

Beim SNCR-Verfahren wird in einem bestimmten Temperaturfenster (850 °C bis 1.050 °C) das Reduktionsmittel in das zu entstickende Abgas eingedüst. Dabei reagieren Amminradikale, die sich aus dem Ammoniak/Harnstoff in Reaktion mit OH-Radikalen bilden, mit dem NO_x zu Wasser und Stickstoff. Die einzelnen Reaktionsschritte sind in der Fachliteratur bereits ausreichend erläutert worden. Vereinfacht wird die Reaktion hier deshalb wie folgt dargestellt:



Um ein Kilogramm Stickoxid abzuscheiden wird etwa 1 kg Ammoniak benötigt. Es werden mit dem SNCR-Verfahren Reduktionsraten von 50 % bis 60 % erreicht. Bild 2 zeigt die typische Ausführung einer SNCR-Anlage, mit der die geltenden Grenzwerte von 200 mg/m_n³ sicher eingehalten werden. Die Vorteile einer solchen Anlage gegenüber einer SCR liegen in der Möglichkeit Harnstoff zu nutzen, was die Bevorratung des Reduktionsmittels in Vergleich zu Ammoniak wesentlich vereinfacht. Darüber hinaus sind die Investitionskosten vergleichsweise gering. Das SNCR-Verfahren mit Harnstoff sollte bei Temperaturen unter 880 °C nur eingesetzt werden, wenn die erforderliche NO_x-Reduktion bei maximal 40 % liegt, um Lachgas- und Kohlenmonoxidbildung gering zu halten.

Die Reduktions- und Ammoniakschlupfrate ist stark von der Temperatur abhängig. Das Diagramm in Bild 3 zeigt mit der schwarzen Kurve die NO_x-Reduktion und mit der roten Kurve den Ammoniak-Schlupf.

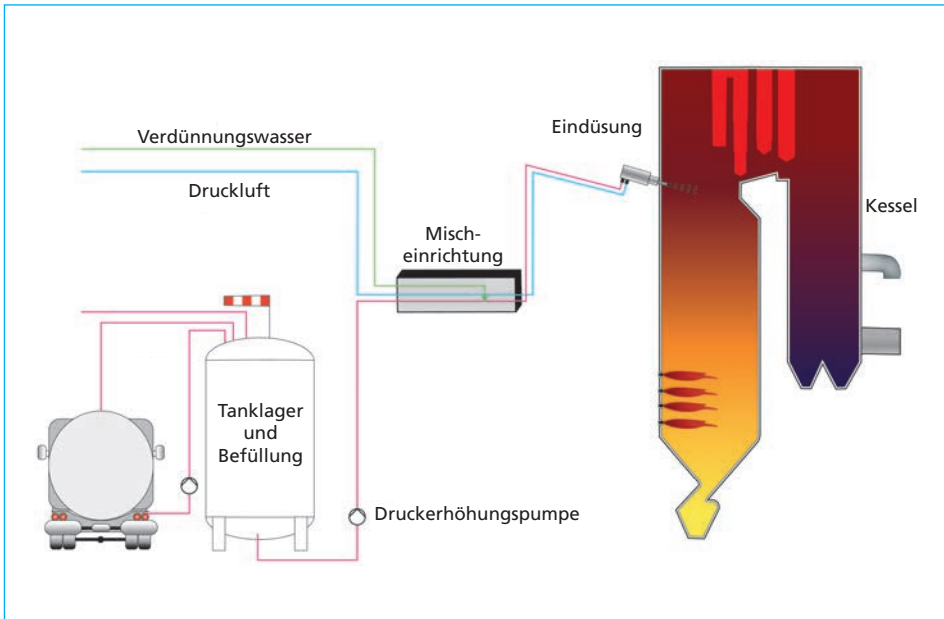


Bild 2: Klassische SNCR-Anlage

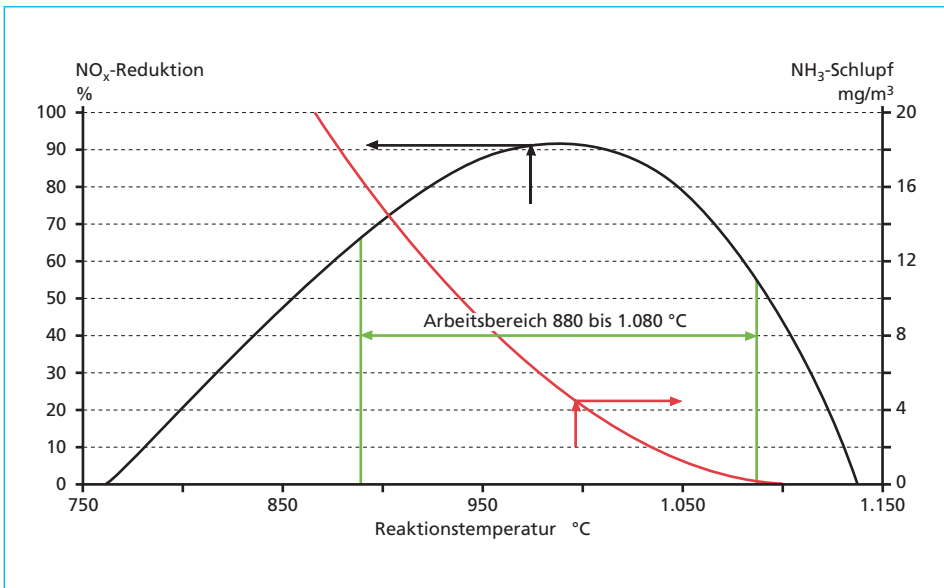


Bild 3: NO_x-Reduktion und NH₃-Schlupf über die Temperatur

Bild 4 zeigt ein Misch- und Messmodul, wie es in modernen SNCR-Anlagen zum Erfassen und Regeln von Stoffströmen verwendet wird.



Bild 4:

Misch- und Messmodul

1.2. Leistungsgrenzen und Optimierungsmöglichkeiten der SNCR

Die Leistungsfähigkeit einer SNCR-Anlage hängt von mehreren Faktoren ab:

- Das Reduktionsmittel muss in den Bereich des Abgastraktes mit dem richtigen Temperaturfenster eingedüst werden. Bei Kesseln mit schwankender Temperaturverteilung kann dieses Fenster bei statischer Eindüsung verfehlt werden. Eine moderne Feuerraumüberwachung hilft die aktuelle Temperaturverteilung im Kessel zu erkennen. In Verbindung mit variabler Eindüsung kann das Reduktionsmittel gezielt in diese Bereiche des Kessels eingebracht werden, in denen günstige Temperaturen für die Umsetzung des NO_x herrschen. Hierdurch wird der Reduktionsgrad erhöht und Schlupf vermieden.
- Die Abdeckung des Kesselquerschnittes mit Reduktionsmittel muss durch die maximale Wurfweite der Düsen gewährleistet sein. Bei großen Kesseln mit z.B. quadratischer Grundfläche reichte diese nicht aus, um das Reduktionsmittel bis in die Mitte des Querschnitts einzubringen. Durch neue, weiterreichende Düsen ist es heute möglich, auch größere Kessel mit dem SNCR-Verfahren zu entstickern. Die Verwendung von Harnstoff statt Ammoniak erhöht die Wurfweite zusätzlich. SNCR-Anlagen an Kesseln mit bis 700 t/h Dampf und Feuerraumabmaßen von 9 m x 19 m werden zurzeit in Betrieb genommen. Für dieses Jahr sind Versuche mit Kessel über 1.000 t/h Dampf in Planung.
- Für die Reduktion muss eine bestimmte Zeitspanne zur Verfügung stehen. Ist diese zu gering, kann der volle NO_x -Reduktionsgrad nicht erreicht werden. Es kommt so zu erhöhten NO_x -Emissionen und zu NH_3 -Emissionen. Durch die Wahl des Betriebsmittels lässt sich der Problematik entgegengehen. Das Reduktionsmittel steht der Reaktion bei der Verwendung von Ammoniak schneller zur Verfügung als bei der Verwendung von Harnstoff. Hierdurch lässt sich das Verfahren hinsichtlich der Verweilzeiten optimieren.
- Liegt ein zu hoher NO_x -Ausgangswert im Rohgas vor, reicht der Umsetzungsgrad der SNCR-Anlage nicht aus, um die geforderten Reingaswerte zu erzielen.

Durch moderne Verfahren konnten die Leistungsgrenzen erheblich erweitert werden. Abscheidegrade von 85 % sind möglich. Bild 5 zeigt den Aufbau einer modernen SNCR mit variabler Eindüseebene und Feuerraumüberwachung. Mit einer solchen Anlage lässt sich die 100/10 Forderung, wie bereits bewiesen wurde [3], sicher einhalten.

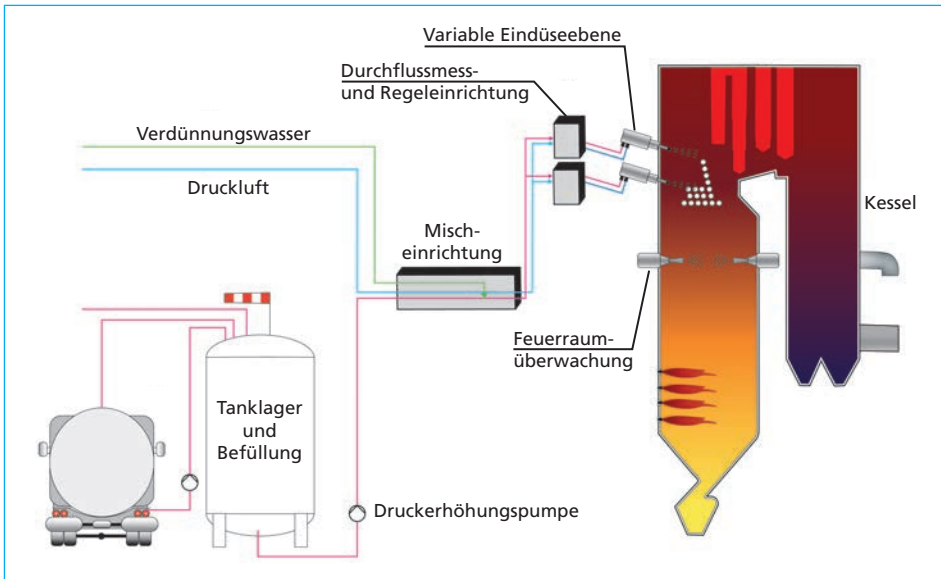


Bild 5: Moderne SNCR

Bild 6 zeigt am Kessel angebrachte Feuerraumüberwachung und Lanzen.



Bild 6:

Lanzen und Feuerraumüberwachung am Kessel

1.3. Das SCR-Verfahren

Der entscheidende Unterschied zwischen SCR und SNCR ist der Einsatz eines Katalysators. Auch auf die Gefahr, hier Altbekanntes noch einmal zu wiederholen, sollte erwähnt werden, dass, was umgangssprachlich als Katalysator bezeichnet

wird, ein Verbund aus Monolithen ist. Die Bauart dieser Monolithen unterscheidet sich nach Einsatzgebiet. Am bekanntesten sind Waben- und Plattenausführungen, wie in Bild 7 zu sehen ist. Das Trägermaterial ist Metall oder Keramik. Auf diesem Trägermaterial ist eine wash-coat genannte Schicht aufgebracht, die durch ihre porige Struktur eine möglichst große Oberfläche aufweist. Durchströmt das Abgas die Kanäle, diffundiert das NO_x und NH_3 in diese Poren und interagiert dort mit der aktiven Komponente des Katalysators. Die aktive Komponente ist der eigentliche Katalysator. Mit ihr wird der wash-coat dotiert. Als Materialien sind TiO_2 (Rutil) als wash-coat und V_2O_5 als aktive Komponente gängig. Durch die Eigenschaft des Katalysators, die Aktivierungsenergie bestimmter Reaktionen herabzusetzen, kann die NO_x -Reduzierung bei geringeren Temperaturen erfolgen. Der Katalysator arbeitet in einem Temperaturbereich von 180 °C bis 450 °C, wobei die optimale Betriebstemperatur zwischen 350 °C und 400 °C liegt. Durch den Katalysator werden bei homogener Gasverteilung Umsatzraten von 90 % bis 92 % bei minimalem NH_3 -Schlupf erreicht. Die Reduktion läuft über zwei Reaktionen ab:

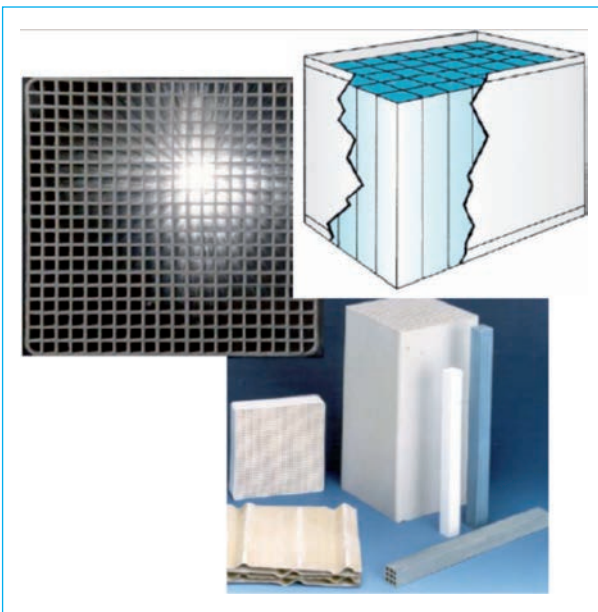
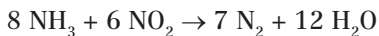
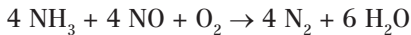


Bild 7:

Katalysatorelemente und Modul

Der Ammoniakbedarf zur Reduktion am Katalysator liegt nur geringfügig über der Stöchiometrie und beträgt 0,388 kg Ammoniak pro Kilogramm Stickoxid [2].

1.4. Leistungsgrenzen der SCR

Der Katalysator ermöglicht das Entstickten von Abgasen in Anlagen, für die eine SNCR aus den oben genannten Gründen nicht geeignet ist. Die Leistungsgrenzen einer

SCR werden durch den Katalysator bestimmt. Als leistungslimitierende Faktoren sind hier zu nennen:

- Durch Verlegung der Poren mit Staub wird die an der Reaktion beteiligte Katalysatoroberfläche mit der Zeit reduziert und die Aktivität sinkt. Wird die Staubbelastung so groß, dass ganze Kanäle verengt werden oder verstopfen, steigt der vom Katalysator verursachte Druckverlust an und die Gebläseleistung muss erhöht werden. Eine hohe Staubbelastung mit zu hohen Strömungsgeschwindigkeiten führt zu abrasivem Verschleiß.
- Einige Schadstoffe können mit dem Katalysatormaterial Verbindungen eingehen und so die Aktivität senken oder sogar den Katalysator irreversibel schädigen. Ein erhöhter Ammoniakverlust zeigt eine solche Deaktivierung an. Ammoniumhydrogensulfat (NH_4HSO_4) ist einer der bekannteren dieser Schadstoffe. Bei Einlagerung von Ammoniumhydrogensulfat kann der Katalysator durch Anhebung der Temperatur auf 320 °C regeneriert werden.
- Wird der Katalysator in einem zu geringen Temperaturbereich betrieben, sinkt die Aktivität, weshalb zum Ausgleich das Volumen erhöht werden muss. Ist die Temperatur zu hoch, steigt die Anzahl nicht erwünschter Nebenreaktionen an und die Standzeit des Katalysators verringert sich erheblich.

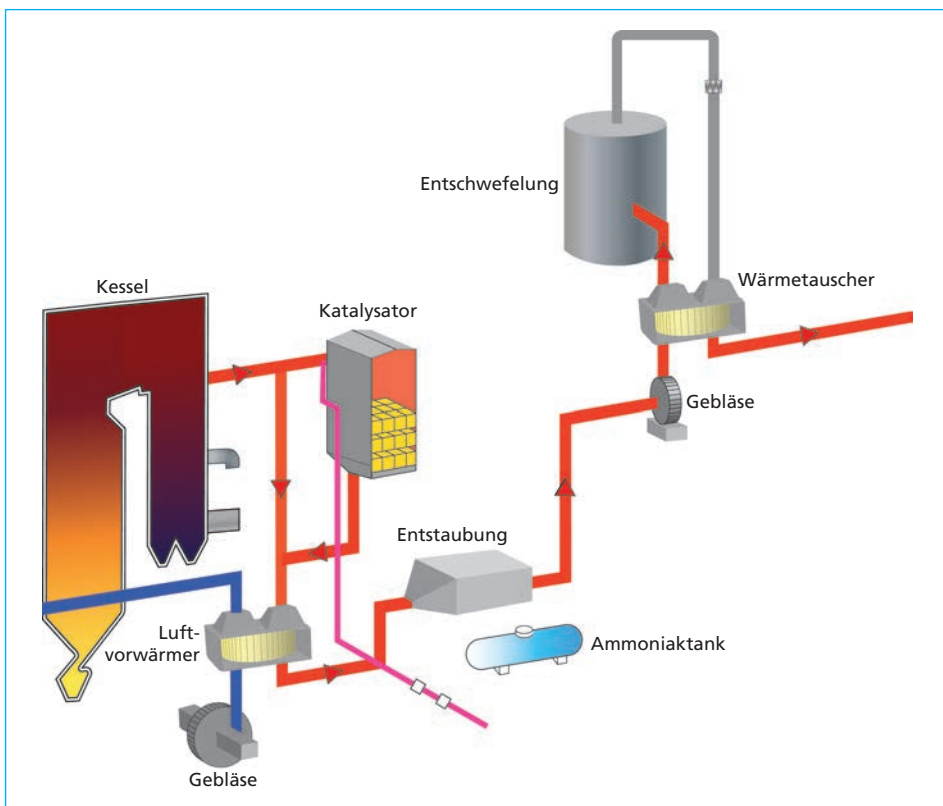


Bild 8: SCR in High-Dust-Schaltung

- Die Selektivität des Katalysators reicht unter Umständen nicht aus, um zu verhindern, dass unerwünschte Reaktionen durch die Katalyse entstehen. So kann bei einer Feuerung mit schwefelreichem Brennstoff es durch den Katalysator zu einer erhöhten SO_3 -Emission kommen, indem SO_2 im Katalysator aufoxidiert wird.
- Ein Katalysator kann unter bestimmten Bedingungen in Brand geraten [1].

Durch die oben genannten Leistungsgrenzen des Katalysators muss die Ausführung der SCR an die lokalen Betriebsbedingungen der jeweiligen Anlage angepasst werden. Die Ausführung des Katalysators und seine Positionierung in der Geometrie der Abgasreinigung werden durch Temperaturen, Schadstoffbelastung und Staubbelastung des Abgases bestimmt. Bild 8 zeigt die Abgasreinigung mit SCR in High-Dust-Schaltung. Der Katalysator ist der Entstaubung und der Entschwefelung vorgeschaltet. Der Vorteil ist, dass bei den relativ hohen Temperaturen die schädlichen chemischen Komponenten, wie Ammonium(hydrogen)sulfate und -chloride des Abgases noch gasförmig sind oder sich noch nicht gebildet haben. Der Katalysator neigt an dieser Position durch die hohe Staublast zu Verschleiß und Verstopfung, wodurch ein hoher Wartungsaufwand verursacht wird.

Alternativ kann die SCR in Low-Dust-Schaltung betrieben werden. Hierbei befindet sich der Katalysator hinter der Entstaubung und vor der Entschwefelung. In Abfallkraftwerken wird, durch die hohe Schadstoffbelastung im Abgas bedingt, der Katalysator hinter der Entschwefelung positioniert. Bild 9 zeigt eine solche Anordnung, die als Tail-End-Schaltung bezeichnet wird.

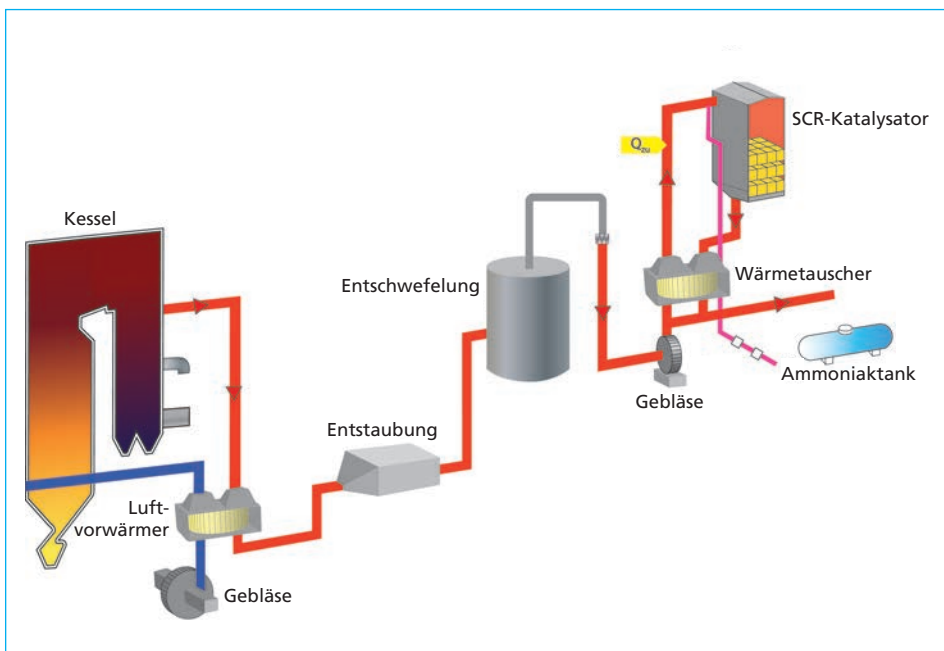


Bild 9: SCR in Low-Dust-Schaltung (Tail-End)

Der Vorteil dieser Variante ist, dass der Katalysator vor Verunreinigungen und Vergiftungen geschützt wird und so die Wartungskosten minimiert werden. Da aber bei der Low-Dust-Schaltung unter Umständen und bei der Tail-End-Schaltung sicher die Betriebstemperaturen zu gering sind, muss eine Wiederaufheizung der Abgase vorgenommen werden. Hierdurch steigen die Betriebskosten und der gesamtenergetische Wirkungsgrad sinkt.

1.5. Kombiverfahren

Beim Kombiverfahren, z.B. dem ERC-Plus-Verfahren, das aus einer nichtkatalytischen und einer katalytischen Reaktionsstufe besteht, wird die insgesamt erforderliche Entstickungsleistung so auf die beiden Verfahrensstufen aufgeteilt, dass der Reaktionsmittelverbrauch für die nichtkatalytische Reduktion minimiert wird. In der nachfolgenden katalytischen Stufe wird der NH_3 -Schlupf auf etwa 5 ppm reduziert und zur weiteren NO_x -Reduktion genutzt. Das Kombiverfahren eignet sich für Kessel mit Temperaturen unter $900\text{ }^\circ\text{C}$, da dort durch die geringen Temperaturen ein hoher NH_3 -Schlupf entsteht. Im Katalysator wird der NH_3 -Schlupf zur weiteren Reduktion von NO_x genutzt. Mit dem Kombiverfahren können so die Abscheidegrade für Niedrigtemperaturkessel deutlich verbessert werden.

Im Fall einer Abfallverbrennungsanlage kann die katalytische Nachreinigungsstufe entweder nach Abgasentstaubung oder hinter der ersten Abgasreinigungsstufe angeordnet werden. Die erforderliche Betriebstemperatur der katalytischen Stufe wird durch die SO_3 -Konzentration im Abgas und der SO_2/SO_3 -Konversion am Katalysator bestimmt. In der Feuerung gebildetes Schwefeltrioxid (SO_3) reagiert

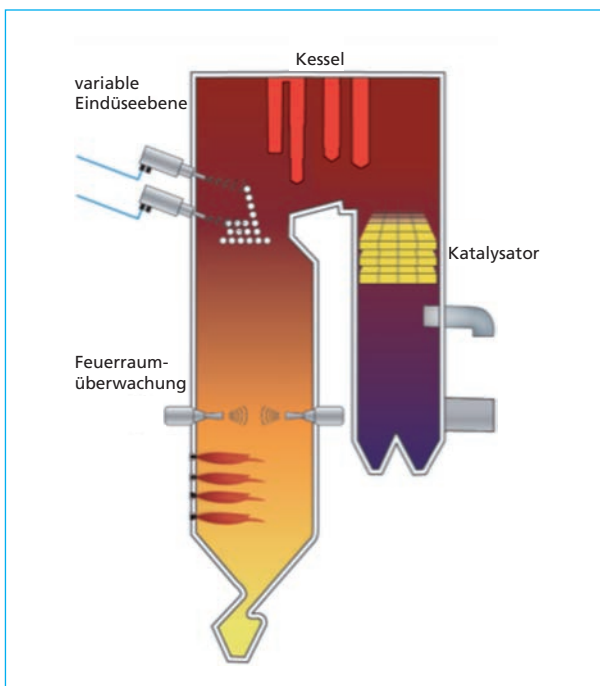


Bild 10:

Kombianlage

bereits im Kessel mit Ammoniak zu Ammoniumsulfat und kann nicht mehr zur Verlegung der Katalysatorporen führen [2]. Deshalb kann die katalytische Nachreinigungsstufe im Vergleich zum SCR-Reaktor auch bei Temperaturen von z.B. 180 °C betrieben werden. In Bild 10 ist eine SNCR mit variabler Eindüsung und Feuerraumüberwachung und Katalysatorstufe schematisch dargestellt.

2. Leistungsabgrenzung

Entstickungsgrade auf $< 90 \text{ mg/m}_n^3$ sind bei einer Ammoniaksekundäremission von $< 10 \text{ mg/m}_n^3$ mit den beschriebenen Verfahren sicher erreichbar, solange der NO_x -Ausgangswert unter 600 mg/m_n^3 bis 650 mg/m_n^3 liegt.

Die Analyse von 20 bestehenden Verbrennungsanlagen mit SNCR hat ergeben, dass Stickoxidreduktion von über 80 % bis 85 % bei einem Ammoniakschlupf nach Kessel von kleiner 10 mg/m_n^3 sicher erreicht werden können, wenn die Feuerungen folgenden Qualitätsanforderungen entsprechen:

- Die Abweichung der Abgastemperaturen vom Mittelwert des Feuerraumquerschnitts betragen an allen Punkten, die über 500 mm von der Feuerraumwand entfernt sind, 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 x pro Tag 650 mg/m_n^3 im Halbstundenmittel.

Lösungen für diese Anforderungen gehören heute zum Stand der Technik.

Für Entstickungsgrade $> 85 \%$ bei NO_x -Ausgangswerten $> 400 \text{ mg/m}_n^3$ ist die SCR-Technik oder die Kombianlage die sichere Lösung. Die Leistungsfähigkeit der SNCR-Anlage ist in diesem Bereich stark von der Qualität der Feuerung und der Feuerraumdimensionierung abhängig. Emissionsgrenzwerte von $< 70 \text{ mg/m}_n^3$ sind nur mit der SCR-Technik sicher zu unterschreiten. Der Reduktionsmittelverteilung kommt bei diesen Anforderungen eine besondere Bedeutung zu. Lokale Überdosierung des Reduktionsmittels führt unmittelbar zu hohem Ammoniakschlupf.

Die Kombianlagen erreichen bei etwa 80 mg/m_n^3 ihre Grenzen. Bei noch geringeren Grenzwerten bestimmt die Gleichverteilung von Stickoxiden und Reduktionsmittel die maximal mögliche Reduktion.

3. Kostenvergleich

Die Investitions- und Betriebsmittelkosten wurden auf Basis der Kenndaten in Tabelle 1 für eine Anlage für einen trockenen Abgasvolumenstrom von $100.000 \text{ m}_n^3/\text{h}$ (etwa $60 \text{ MW}_{\text{th}}$) ermittelt. Die Gesamtkosten für fünf Betriebsjahre, der angenommenen Lebensdauer des Katalysators, sind für die Verfahren im nachfolgenden Diagramm in Bild 11 gegenübergestellt.

Tabelle 1: Kostenübersicht

	Einheit	SCR	SNCR	ERC PLUS
Ammoniakwasserkosten	EUR/t	150	150	150
Harnstofflösung	EUR/t	170	170	170
elektrische Energie	EUR/kWh	0,05	0,05	0,05
Zinssatz	% p. a.	6	6	6
Abschreibungszeit	Jahre	20	20	20
Wartungskosten	% p. a.	1,5	5	3

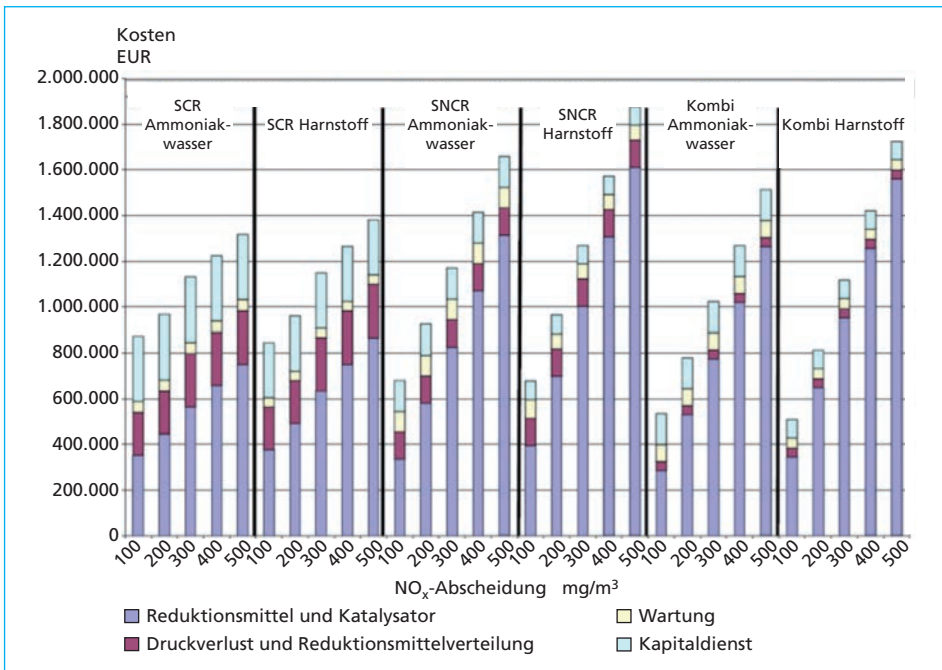


Bild 11: NO_x-Abscheidung (mg/m³)

Bis zu einer NO_x-Reduktion von etwa 250 mg/m³ führt der Einsatz von Harnstoff für alle Verfahren zu den niedrigsten Gesamtkosten. Bei einer erforderlichen Abscheidung von über 500 mg/m³ stellt das SCR-Verfahren im Vergleich zur SNCR die kostengünstigste Lösung dar. Wenn man also aufgrund der Betriebstemperatur des SCR-Reaktors davon ausgehen muss, dass eine Regeneration erforderlich sein wird, ist das Kombiverfahren bereits bei zwei Regenerationen pro Jahr die kostengünstigere Lösung. In jedem Fall haben Kombianlagen gegenüber SCR-Anlagen den geringeren Platzverbrauch.

4. Die R 1-Formel

In der Vergangenheit wurde sehr häufig beim Bau von Abfallverbrennungsanlagen auf eine SCR-Entstickung in Tail-End-Schaltung zurückgegriffen. Bei dieser

ist der Katalysator als letztes Element der Abgasreinigung positioniert, da er so vor Verunreinigungen geschützt ist und die Wartungskosten minimiert werden. Um die nötigen Temperaturen für die Entstickung zu gewährleisten, muss das Abgas nach der Entschwefelung wieder aufgeheizt werden.

Nach der *TA Siedlungsabfall* sind Abfälle gegebenenfalls thermisch vorzubehandeln. Der Anteil des Glühverlustes darf dabei 5 % nicht übersteigen [7]. In der Richtlinie 2008/98/EG [6] werden verschiedene Verwertungsverfahren (R1 – R13) für Abfälle unterschiedlicher Art vorgestellt. R 1 ist die *Hauptverwendung als Brennstoff oder als andere Mittel der Energieerzeugung*. Unter diese Klassifikation fallen nur Anlagen, die eine Mindestenergieeffizienz nachweisen können. Die Energieeffizienz berechnet sich nach der so genannten R 1-Formel:

$$R\ 1 = \frac{E_p - (E_f + E_i)}{0,97 \cdot (E_w + E_p)}$$

Hierbei ist E_p die jährlich erzeugte Energiemenge der Anlage (Wärmemenge für gewerbliche Zwecke mal 1,1 plus Strom mal 2,6). E_f stellt die Wärmemenge dar, die in Dampf umgesetzt wird. E_w ist die Energiemenge des Abfalls, berechnet aus dem unteren Heizwert und E_i die importierte Energiemenge. Die Einheit ist jeweils GJ/a. Der Faktor 0,97 steht für die Verluste durch Strahlung und Asche. Die Formel ist in Verbindung mit dem Referenzdokument zu den besten verfügbaren Techniken der Abfallverbrennung zu benutzen. Die Energieeffizienz muss mindestens 0,60 für die vor dem 01.01.2009 genehmigten und in Betrieb befindlichen Anlagen und mindestens 0,65 für alle nach dem 31.12.2008 genehmigten Anlagen betragen.

Thermische Abfallbeseitigungsverfahren, welche mit SCR-Verfahren in Tail-End-Ausführung entstickt, erfüllen unter Umständen diese Forderungen aufgrund des Mehrenergieaufwandes für das Wiederaufheizen nicht. Das bedeutet, dass Betreiber solcher Anlagen diese auf andere Verfahren umrüsten müssen. In diesem Fall bietet sich eine SCR in Low-Dust-Schaltung oder eine SNCR wegen des besseren energetischen Gesamtwirkungsgrades an.

5. Fazit

Aufgrund der enormen Kostenersparnis, der besseren Energieeffizienz und hinsichtlich der Wartungsfreundlichkeit sowie der längeren Standzeiten ist eine SNCR innerhalb ihrer Leistungsgrenzen der SCR überlegen. Gerade bei kleineren bis mittleren Kesseln und gemäßigten Forderungen an die Reduktion spielt die SNCR ihre Stärken aus. Kann eine SNCR die Anforderungen an die Entstickung nicht mehr erfüllen, muss auf den Einsatz eines Katalysators in Form einer SCR oder einer Kombianlage zurückgegriffen werden. Hierdurch steigen Investitions- und Wartungskosten, aber durch den geringeren Betriebsmittelverbrauch rentieren sich diese Kosten bei Anlagen mit hohem NO_x -Reduktionsbedarf. Durch die unterschiedlichen Leistungsgrenzen der Anlagenkonzepte und der sich daraus ergebenden Kosten kann auf die Frage, welche Anlage denn die Bessere sei, nur

geantwortet werden: *Die Anlage, welche die gestellten Anforderungen auf kostengünstigste Weise erfüllt.* Durch die in Kürze in Kraft tretende Bestimmung zur thermischen Verwertung von Abfällen sind Betreiber von Abfallkraftwerken unter Umständen gezwungen Ihre Anlagen auf eine energieeffizientere Entstickung umzurüsten. Je nach Anlage ist hierfür eine SNCR oder Low-Dust-SCR, bei der der Katalysator hinter der ersten Abgasreinigungsstufe ohne Wiederaufheizung der Abgase platziert ist, die richtige Wahl.

6. Quellen

- [1] Krüger, J.: Betriebserfahrungen mit Katalysatoren in der Abgasreinigung. In: Thomé-Kozmiensky, K. J.; Beckmann, M. (Hrsg.): Energie aus Abfall, Band 4. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2008, S. 311-338
- [2] Pachaly, R.: SCR/SNCR: Auswahl des optimalen Verfahrens zur NO_x-Emissionsminderung. 7. Potsdamer Fachtagung
- [3] Reynolds, T.: Erste Erfahrungen mit 100/10 SNCR-Anlagen. Thomé-Kozmiensky, K. J.; Beckmann, M. (Hrsg.): Energie aus Abfall, Band 6. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2009, S. 377-383
- [4] Reynolds, T.: Mit SNCR-Technik werden die Grenzwerte der 37. BImSchV erreicht. In: Thomé-Kozmiensky, K. J.; Beckmann, M. (Hrsg.): Energie aus Abfall, Band 5. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2008, S. 461-472
- [5] Reynolds, T.; Teuber, Z. (2010). Schadstoffarmes Anfahren einer Abfallverbrennungsanlage durch spezielle Brenner. In: Thomé-Kozmiensky, K. J.; Beckmann, M. (Hrsg.): Energie aus Abfall, Band 7. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2010, S. 177-182
- [6] Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. November 2008 über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien, 2008
- [7] Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgungen von Siedlungsabfällen, 1993

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Energie aus Abfall – Band 8

Karl J. Thomé-Kozmiensky, Michael Beckmann.

– Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2011

ISBN 978-3-935317-60-3

ISBN 978-3-935317-60-3 TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Copyright: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky

Alle Rechte vorbehalten

Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky • Neuruppin 2011

Redaktion und Lektorat: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky,

Dipl.-Ing. Ernst Thomé, Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc. und Dr.-Ing. Stephanie Thiel

Erfassung und Layout: Janin Burbott, Dipl.-Kffr. Elke Czaplewski, Petra Dittmann,

Martina Ringgenberg, Ginette Teske

Druck: Mediengruppe Universal Grafische Betriebe München GmbH, München

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.