



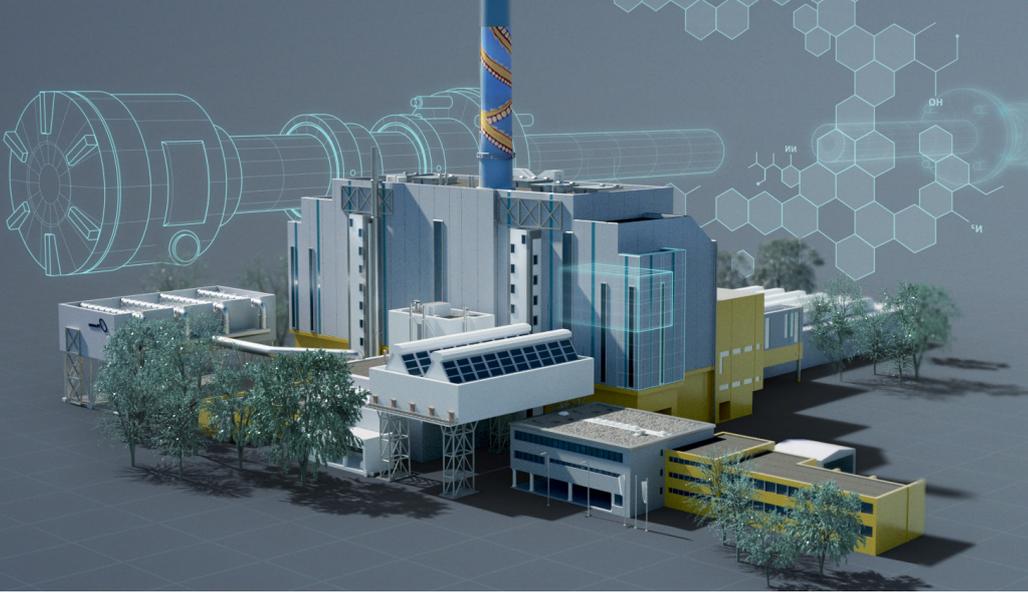
»Funktioniert einfach«

Neue Emissionsgrenzwerte für Abfallverbrennungsanlagen

Welche grundlegenden Anforderungen zur Luftreinhaltung an Einrichtungen gestellt werden, die Abfälle verbrennen oder mitverbrennen, ist in der 17. Bundesimmissionsschutzverordnung (17. BImSchV) festgehalten. Eine Novellierung vom Mai 2013 hat für diese Anlagen entscheidende Änderungen in Bezug auf Emissionsgrenzwerte für Stickoxide sowie für Ammoniak gebracht. Damit stehen die Betreiber deutschlandweit in der Pflicht, ihre Anlagen entsprechend zu ertüchtigen. Im Müllheizkraftwerk Frankfurt am Main hat man die Herausforderung des Ammoniakgrenzwertes mit einem überraschend einfachen Ansatz gemeistert.

Der Einsatz von Abfall als Brennstoff leistet einen wichtigen Klimabeitrag, unterliegt aber auch strengen Richtlinien. Die 17. BImSchV schreibt genau vor, welche Schadstoffe am Ende der Verbrennungsprozesse in welcher Konzentration vorliegen dürfen. Dazu verfügen solche Verbrennungsanlagen am Schornstein über Emissionsmessstellen, die die ermittelten Abgaswerte laufend an die zuständige Genehmigungsbehörde senden. Stoffe wie Staub, Kohlenmonoxid, Stickoxide, Quecksilber oder Ammoniak gehören zu den kontinuierlich überwachten Komponenten, deren Grenzwerte in Form von Tages- und Halbstundenmittelwerten festgeschrieben sind. Die neuen gesetzlichen Randbedingungen sehen vor, dass ab dem 01.01.2016 die Grenzwerte für gasförmiges Ammoniak von 10 mg pro Normkubikmeter (mg/Nm^3) im Tagesmittel und von 15 mg/Nm^3 im Halbstundenmittel nicht überschritten werden dürfen. Ammoniak spielt bei der Rauchgasbehandlung eine wichtige Rolle, da er zur Reduktion von Stickoxiden eingesetzt wird. Für diese gilt ab dem 01.01.2019 ein strengerer Tagesmittelwert von 150 mg/Nm^3 anstatt 200 mg/Nm^3 , während der Halbstundenmittelwert von 400 mg/Nm^3 bestehen bleibt.

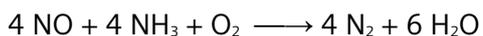
Die neuen gesetzlichen Randbedingungen sehen vor, dass ab dem 01.01.2016 der Grenzwert für gasförmiges Ammoniak von 10 mg pro Normkubikmeter (mg/Nm^3) im Tagesmittel und von 15 mg/Nm^3 im Halbstundenmittel nicht überschritten werden darf. Ammoniak spielt bei der Rauchgasbehandlung eine wichtige Rolle, da er zur Reduktion von Stickoxiden eingesetzt wird. Für diese gelten ab dem 01.01.2019 ein strengerer Tagesmittelwert von 150 mg/Nm^3 anstatt 200 mg/Nm^3 , der Halbstundenmittelwert von 400 mg/Nm^3 bleibt jedoch bestehen.



Im Fokus: Selektive nichtkatalytische Reduktion

Seit über 50 Jahren bildet das Müllheizkraftwerk in der Nordweststadt von Frankfurt am Main einen wichtigen Eckpfeiler der Ent- und Versorgungskonzepte der Stadt. Es ist maßgeblich für die Entsorgungssicherheit von Abfall aus Stadt und Umland verantwortlich und gewährleistet eine Wärmebereitstellung mit einem Anteil von über 30 Prozent Abfallenergie im Frankfurter Wärmenetz. Darüber hinaus wandelt es über eine 47-MW Turbine Dampfergie in elektrische Energie um. Stetige Investitionen und Anpassungen des Müllheizkraftwerks, das zu den fünf größten in Deutschland zählt, tragen dazu bei, dass es ebenfalls zu den effizientesten und umweltfreundlichsten der Bundesrepublik gehört. Über 100 Mitarbeiter der Betreibergesellschaft MHKW Müllheizkraftwerk Frankfurt am Main sorgen Tag und Nacht für reibungslose Abläufe.

Bei der Rauchgasentstickung setzt man in Frankfurt auf die selektive nichtkatalytische Reduktion (SNCR, von englisch: selective non-catalytic reduction), ein Verfahren, bei dem gasförmige Stickoxide mit Ammoniak bzw. Harnstoff durch Thermolyse in Wasserdampf und Stickstoff umgewandelt werden.



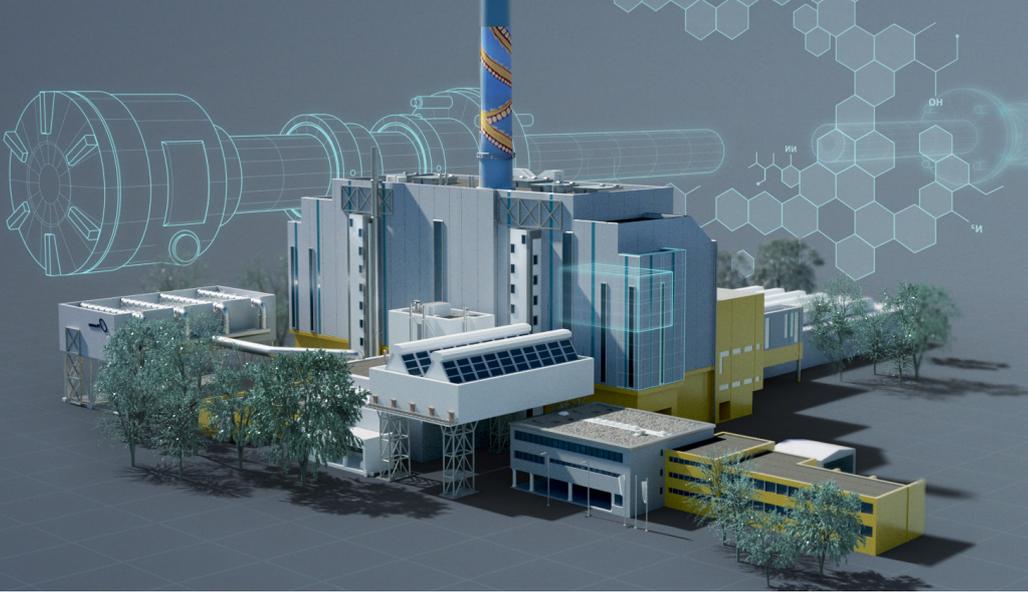
Diese Stickoxidreduktion basiert auf einigen Teilreaktionen, die von Ausgangskonzentrationen sowie Reaktionstemperaturen abhängig sind. Selbst bei optimalen Bedingungen ist es in großtechnischen Anlagen nicht möglich, eine hundertprozentige Umsetzung zu erreichen, weshalb immer geringe und veränderliche Anteile von NH_3 und NO_x übrigbleiben. In den Kesseln der Verbrennungsanlagen herrschen Bedingungen, die alles andere als ideal sind. Erschwerend kommt hinzu, dass Abfall aus andauernd wechselnden Materialzusammensetzungen und damit schwankenden Verbrennungseigenschaften besteht. Regelungstechnisch ist eine optimale Entstickung eine große Herausforderung, da die dosierte Menge an Harnstoff stets an die jeweilige Menge Stickoxide im Rauchgas angepasst werden muss. Bei Überdosierung steigt der Anteil des unverbrauchten NH_3 , des sogenannten NH_3 -Schlupfs, stark an. Dieser Schlupf ist aus umwelttechnischer Sicht aus vielerlei Gründen unerwünscht und wird deshalb in der Novellierung der 17. BImSchV stark eingeschränkt.



Die Müllverbrennung birgt eine raue Prozessumgebung: hohe Temperaturen und eine starke Rauchbelastung



Ein Blick in den Verbrennungskessel des MHKW Frankfurt



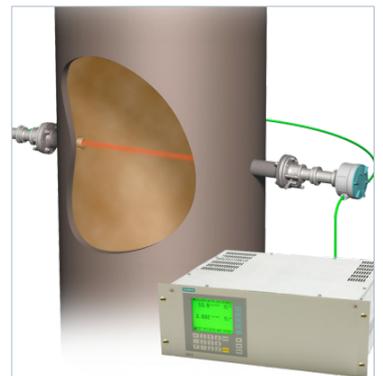
Von der Theorie...

Zusätzlich zu den schwierigen Prozessbedingungen stehen Betreiber von Abfallverbrennungsanlagen bei der Einhaltung der neuen Grenzwerte vor einer weiteren Herausforderung: der Bestimmung des NO_x -Gehalts im Rohgas. Aufgrund von Temperaturen zwischen $900\text{-}1100^\circ\text{C}$ ist eine Messung direkt im Kessel, wo die Stickoxide entstehen und reduziert werden, nicht möglich. Daher wird die Regelung der eingedüsten Harnstoffmenge im Allgemeinen anhand des NO_x -Gehalts im Reingas aus Messungen in der Nähe des Schornsteins bestimmt. Zu diesem Zeitpunkt ist die Reduktion aber bereits abgeschlossen, man arbeitet also rückwärts gerichtet und mit einem erheblichen Zeitverzug. »Streng genommen arbeiten wir ja mit Vergangenheitswerten«, erklärt Dipl.-Ing. Frank Brunzlow, stellvertretender Betriebsleiter des MHKW Frankfurt am Main und zuständig für den operativen Betrieb. »Bislang vergingen zwischen der Reduktion und der NO_x -Messung, die wir extraktiv durchführen, fast acht Minuten. Das reicht zwar für die Einhaltung auch der neuen Grenzwerte im Tagesmittel gut aus, aber so können wir die auftretenden Ammoniakspitzen (NH_3) und damit die Halbstundenwerte nicht in den Griff bekommen.«

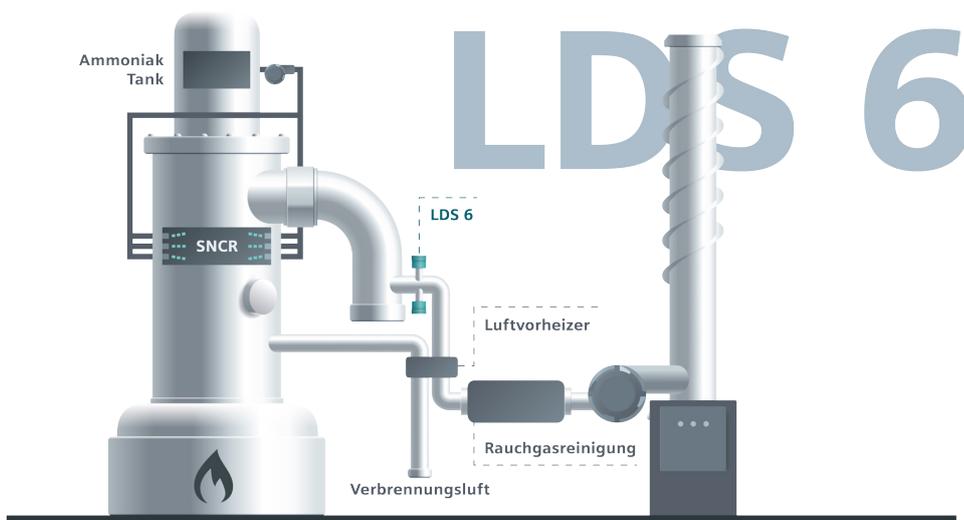
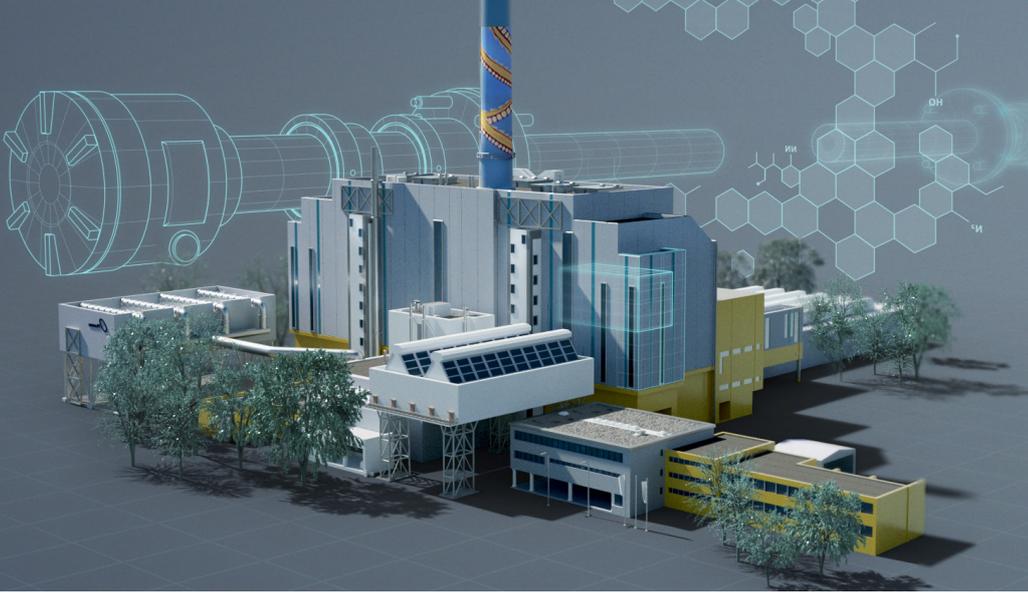
Vor dieser Herausforderung stehen in Deutschland eigentlich alle Betriebe, die auf SNCR setzen. Wie woanders auch ging man in Frankfurt zunächst alle Optionen durch: An welcher Stelle im Prozess liegen eventuell noch Reserven? Wie nah kommt man mit der bestehenden Technik an die neuen Grenzwerte heran? »Unser Ansatz war eigentlich sehr simpel: Wenn wir einen Weg finden, möglichst nah am Kessel und nicht erst am Kamin zuverlässige Messwerte zu bekommen, verschafft uns dies einen Zeitvorteil, mit dem wir die Regelqualität enorm verbessern könnten«, so Brunzlow weiter. »Zusätzlich haben wir uns mit der Firma Siemens über weitere Möglichkeiten ausgetauscht«, ergänzt Andreas Brenning, Betriebskoordinator und Projektleiter. »Siemens hat uns mit der Laseranalytik dann auf einen vollkommen neuen Weg gebracht: Wir regeln über den Ammoniak-Schlupf direkt hinter dem Kessel.«



In-Situ Lasersensoren eignen sich besonders für raue Prozessbedingungen



Funktionsprinzip der in-situ Gasanalytik



... zur Praxis

Dieser außergewöhnliche Ansatz ist an sich nicht neu, doch auch hier scheiterte es bislang an einer zuverlässigen und wartungsarmen Messeinrichtung. Der Einsatz des LDS 6 Diodenlaserspektrometers von Siemens zur Gasanalyse machte es jedoch möglich, diesen Weg einzuschlagen. Er arbeitet nach dem In-situ-Messprinzip, d.h. ohne Probenentnahme, und liefert NH_3 -Konzentrationen in Echtzeit – ohne Nebeneffekte oder Quereinflüsse. Das Gasanalysegerät funktioniert nach dem Prinzip der hochauflösenden Molekularabsorptionsspektroskopie, die physikalische Messung erfolgt direkt in der Prozessgasleitung. Dazu wird ein Sensorenpaar gegenüberliegend installiert und der Diodenlaserstrahl quer durch das Prozessgas geschickt. Selbst hohe Staubbelastungen, korrosive Gase oder hohe Temperaturen verfälschen die Messung nicht.

Für das Pilotprojekt haben Brenning und sein Team einen LDS 6-Analysator in einer der vier Linien installiert. »Am liebsten hätten wir natürlich direkt im Kessel gemessen«, gibt Brenning zu. »Da herrschen aber zu große Vibrationen. Also sind wir in den Abschnitt des Rauchgaskanals gegangen, der gerade mal 70 m hinter dem Feuerraum liegt. Sieht man sich dabei die regelungstechnisch wichtige Totzeit an, so ist diese durch den Einsatz des LDS 6 nur noch primär durch die Verweilzeit des Rauchgases in der Anlage vorgegeben.« Weil man in Frankfurt von der Reingasseite auf die Rohgasseite gegangen ist und das Analysengerät LDS 6 aufgrund seiner In-situ-Technologie im Vergleich zu extraktiven Systemen mit einer überaus kurzen Totzeit von unter einer Sekunde arbeitet, konnte man die Gesamtzeit auf ein Minimum reduzieren und somit die Regelgüte der



Anlage wesentlich erhöhen. Im Rauchgaskanal herrschen noch immer hohe Temperaturen und ein extrem hoher Staubgehalt, aber auch nach mehrmonatigem Probetrieb liefert das System ohne Wartung präzise Werte. »Die Inbetriebsetzung durch Siemens war vorbildlich, innerhalb eines Tages hatten wir alles am Laufen. Nun haben wir ein stabiles Signal, das regelungstechnisch einwandfrei auswertbar ist«, erklärt Brunzlow.

Nächster Halt: Industriestandard

In Frankfurt hat man eine simple und zugleich zuverlässige Methode gefunden, um die neuen Ammoniak-Grenzwerte sicher einzuhalten. Mögliche Alternativen wurden aus praktischen Gründen verworfen: Der Umstieg auf SCR-Technik, also der Einsatz von Katalysatoren, wäre bautechnisch möglich gewesen, hätte aber große Umbaumaßnahmen und damit auch große betriebliche Änderungen zur Folge gehabt. Andere Ansätze, wie der Einsatz komplizierter Regelalgorithmen, hätten am rückwärts gerichteten Prinzip nichts verändert. »Da werden zig Parameter in eine Regelung gepackt, um dann mit viel Sensorik doch wieder mit einem gemittelten Frachtwert den Vorgaben hinterher zu fahren«, fasst Brenning das Problem zusammen. »Unsere Lösung hat einen ganz besonderen Charme: Sie funktioniert einfach.«

Nach dem Testlauf in einer Linie wurde das Pilotprojekt auf eine zweite erweitert. Hier konnte der Ansatz mit Voll- und Teillastfahrten weiter erprobt werden. Auch hier überzeugten die Ergebnisse und so stand im Frühsommer 2017 die Umsetzung für die restlichen beiden Linien und der Wechsel zum industrietauglichen Regelbetrieb an. Weitere Veränderungen wurden an den Düsen, in den Modulschränken, bei der Erweiterung des Harnstofflagers und der Installation der Siemens-Technik vorgenommen. Diese und weiterfolgende Maßnahmen werden das Ziel erreichen, die geforderten Emissionsgrenzwerte für 2019 einzuhalten. Die Investitionen halten sich gegenüber einer Katalysatorlösung in überschaubaren Grenzen. »Mit viel Geld kann man viel erreichen. Wir haben aber lieber nachgedacht und mit unserer Mannschaft sowie den Möglichkeiten des LDS 6 Gasanalysegeräts eine schlanke und zugleich zuverlässige Lösung erarbeitet«, resümiert Brunzlow zufrieden.

Da man mit dem Ergebnis, der Technologie, dem Service und der Partnerschaft zu Siemens überaus zufrieden ist, hat das MHKW in Frankfurt mittlerweile alle vier Linien mit dem LDS 6 bestückt und in das Regelungskonzept der Anlage mit aufgenommen.



Das Müllheizkraftwerk in Frankfurt am Main

Erfahren Sie mehr:

[siemens.de/prozessanalytik](https://www.siemens.de/prozessanalytik)

Folgen Sie uns auf:

www.twitter.com/siemensindustry

www.youtube.com/siemens

**Herausgeber
Siemens AG 2018**

Process Industries and Drives
Östliche Rheinbrückenstr. 50
76187 Karlsruhe
Deutschland

Artikel-Nr.: PDA-BI 0241-00
Dispo 27902
WS 08171.0
Gedruckt in Deutschland
© Siemens AG 2018

Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Die Informationen in diesem Dokument enthalten lediglich allgemeine Beschreibungen bzw. Leistungsmerkmale, welche im konkreten Anwendungsfall nicht immer in der beschriebenen Form zutreffen bzw. welche sich durch Weiterentwicklung der Produkte ändern können. Die gewünschten Leistungsmerkmale sind nur dann verbindlich, wenn sie bei Vertragsschluss ausdrücklich vereinbart werden.

Für den sicheren Betrieb von Produkten und Lösungen von Siemens ist es erforderlich, geeignete Schutzmaßnahmen (z. B. Zellenschutzkonzept) zu ergreifen und jede Komponente in ein ganzheitliches Industrial Security-Konzept zu integrieren, das dem aktuellen Stand der Technik entspricht. Dabei sind auch eingesetzte Produkte von anderen Herstellern zu berücksichtigen.