

Erfahrungen bei der Erweiterung und dem Umbau von SNCR-Systemen in Abfallverbrennungsanlagen vor dem Hintergrund schärferer Grenzwerte

Jens Esslinger

1.	Planung und Ausschreibung.....	650
2.	Umsetzung.....	651
2.1.	Großräschen	651
2.1.1.	Ausgangssituation	651
2.1.2.	Umbaumaßnahmen.....	651
2.2.	Helmstedt.....	653
2.2.1.	Ausgangssituation	653
2.2.2.	Umbaumaßnahmen.....	653
2.3.	Schwedt.....	657
2.3.1.	Ausgangssituation	657
2.3.2.	Umbaumaßnahmen.....	659
3.	Fazit.....	661
3.1.	Planung und Umsetzung.....	661
3.2.	Technik.....	661
3.3.	Emissionen und Verbräuche.....	661
4.	Ausblick.....	663
5.	Quellen	664

Die EEW Energy from Waste GmbH (EEW) betreibt in Deutschland, Niederlande und Luxemburg 18 Abfallverbrennungsanlagen mit insgesamt 31 Verbrennungslinien. Von den 31 Verbrennungslinien sind 12 mit SCR- und 19 mit SNCR-Systemen ausgerüstet. An drei Standorten bzw. in drei Verbrennungslinien wird Harnstofflösung, an allen anderen Anlagenstandorten Ammoniakwasser (auch *Ammoniakwasserlösung*) als Betriebsmittel eingesetzt.

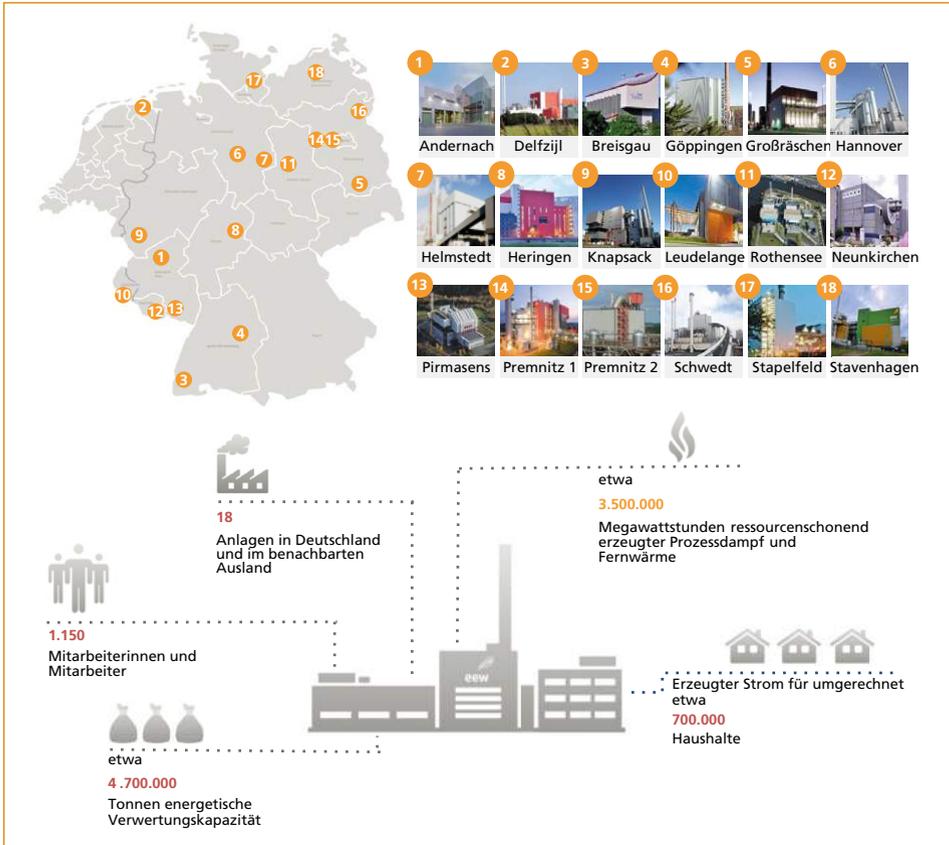


Bild 1: EEW – Standorte und Zahlen

Vor dem Hintergrund der Verschärfungen der Grenzwerte für NH_3 zum 1. Januar 2016 und NO_x zum 1. Januar 2019, erfolgten bereits ab Bekanntgabe der Novellierung der 17. BImSchV im Jahr 2011 Voruntersuchungen an den Standorten. Da die Verbrennungslinien mit SCR-Systemen erwartungsgemäß die Anforderungen erfüllten, lag der Schwerpunkt auf den Anlagen mit SNCR-Systemen. Weiterhin war die Einhaltung des ab dem 1. Januar 2016 erstmals erhobenen Grenzwert für NH_3 ohne anlagentechnische Maßnahmen in allen Verbrennungslinien gesichert.

Die erste Stufe der Voruntersuchungen 2011 und 2012 zeigte, dass die meisten Anlagen mit SNCR-Systemen die neuen Anforderungen einhalten werden. Wobei zu Beginn der Bekanntgabe der Novellierung der 17. BImSchV die Unsicherheit bestand, ob es einen Jahresmittelwert für NO_x von 100 mg/m^3 , auch für Bestandsanlagen geben wird. Diese Unsicherheit wurde ausgeräumt und damit Planungssicherheit geschaffen. Ein weiteres Ergebnis der ersten Voruntersuchungsstufe war, eine kritische Auseinandersetzung mit den vorhandenen SNCR-Systemen. Basierend auf den Auswertungen und Vergleichen und mit Blick auf die zukünftigen niedrigeren Grenzwerte, wurden die SNCR-Systeme optimiert und Anlagenfahrweisen angepasst. In einigen Anlagen erfolgte die Optimierung der SNCR-Systeme aufbauend auf der Optimierung der Feuerungsleistungsregelungen.

Tabelle 1: Übersicht der Anlagenstandorte, aufgeteilt in Standorte mit SCR- und SNCR-Systemen

Standort	Feuerung	Inbetriebnahme	Linien	SCR	SNCR	Betriebsmittel
Andernach	RF	2008	1		1	Harnstofflösung
Delfzijl	RF	2010/2018	3	3		Ammoniaklösung
Eschbach (Breisgau)	RF	2005	1	1		Ammoniaklösung
Göppingen	RF	1975	1	1		Ammoniaklösung
Großbräschen	RF	2008	1		1	Ammoniaklösung
Hannover	RF	2005	2		2	Ammoniaklösung
Helmstedt	RF	1998	3		3	Ammoniaklösung
Heringen	RF	2009	2		2	Ammoniaklösung
Knapsack (Hürth)	RF	2009	2		2	Ammoniaklösung
Leudelange	RF	2010	1	1		Ammoniaklösung
Magdeburg-Rothensee	RF	2005/2006	4		4	Ammoniaklösung
Neunkirchen	RF	1970	2	2		Ammoniaklösung
Pirmasens	RF	1999	2	2		Ammoniaklösung
Premnitz ZWSF	ZWSF	2001	1		1	Ammoniaklösung
Premnitz EVE	RF	2008	1		1	Ammoniaklösung
Schwedt	ZWSF	2010	1		1	Harnstofflösung
Stapelfeld	RF	1979	2	2		Ammoniaklösung
Stavenhagen	RF	2007	1		1	Harnstofflösung
Summen			31	12	19	

Ammoniak in allen Anlagen als 24,9-prozentige Ammoniaklösung

RF = Rostfeuerung

Harnstoff als Harnstofflösung in Andernach 40-prozentig in Schwedt und Stavenhagen 45-prozentig ZWSF = zirkulierende Wirbelschichtfeuerung

Das wichtigste Ergebnis dieser ersten Stufe war die Aussage, dass ein Großteil der Anlagen mit SNCR-Systemen, mit mittlerem Aufwand zukunftssicher gemacht werden konnten. Hierbei handelte es sich im Wesentlichen um folgende Maßnahmen:

- Optimierung der Regelungen (Leittechnik),
- Instandhaltungsmaßnahmen (Kontrolle, Säuberung und rechtzeitiger Austausch der Eindüslanzen),
- Erweiterung der SNCR-Systeme mit besseren oder zusätzlichen Temperaturmessungen und Einbindung dieser in die Regelung der SNCR,
- Entkopplung der SNCR von der trägen Deckentemperaturmessung zur Bestimmung der optimalen Eindüseebene und
- Anpassung der Anlagenfahrweise, Schulungen des Betriebspersonals.

In den Jahren 2015 und 2016 erfolgten erneute Untersuchungen der Anlagen mit SNCR-Systemen hinsichtlich der ab dem 1. Januar 2019 einzuhaltenden NO_x -Werte. Dabei wurden in allen Anlagen mit SNCR-Systemen erneut Tests über mehrere Tage mit der Sollwertvorgabe für $\text{NO}_x = 145 \text{ mg/m}^3$ durchgeführt. Die Gründe für die erneute Untersuchung waren:

- teilweise deutliche Veränderung der Brennstoffqualitäten,
- Veränderung der Feuerungen insbesondere durch Änderung der Ausmauerung, Ausweitung gecladdeter Zonen, Änderung der Luftführung, Umbau der Roste von wassergekühlt auf luftgekühlt und
- Änderung der Anlagenfahrweise durch höheres Brennstoffaufkommen (Ausnutzung des Regelbereiches der Feuerungsleistungsdiagramme).

Die Tests zeigten, dass die Anlagen Großräschen, Helmstedt und Stavenhagen den neuen Grenzwert für NO_x nicht sicher einhalten würden. Die Anlage Stavenhagen konnte durch betriebliche Änderungen zukunftssicher gemacht werden, für die beiden anderen Anlagen standen hingegen umfangreiche technische Umbauten und Erweiterungen an. Die Planung und Umsetzung der Anlagenertüchtigung für Großräschen war für 2017 und für Helmstedt für 2018 geplant. Eine signifikante Änderung der Brennstoffqualität in der Anlage Schwedt Ende 2017 hatte zur Folge, dass auch diese Anlage den neuen NO_x -Grenzwert nicht einhalten würde. Damit erschwerte sich die ursprüngliche Planung und Umsetzung erheblich.

1. Planung und Ausschreibung

Wie in der Einleitung beschrieben, erfolgten wesentliche Voruntersuchungen, Versuchsfahrten und erste Planungsschritte bereits mit Bekanntwerden der Novellierung der 17. BImSchV. Im Rahmen dieser Maßnahmen, konnte auch der größte Teil der Anlagen mit SNCR-Systemen so ertüchtigt werden, dass diese den neuen Anforderungen gerecht werden. Es zeigte sich aber auch, dass Maßnahmen die in der Anfangsphase zwischen 2011 und 2015 umgesetzt wurden, zum Zeitpunkt der Umsetzung zwar griffen, jedoch durch Veränderung der Randbedingungen ihre Wirksamkeit verloren haben oder diese abgeschwächt wurde. Dadurch, dass die Anlagen nach den Tests und Ertüchtigungen nicht mehr mit einem NO_x -Sollwert kleiner 150 mg/m^3 sondern gemäß aktueller 17. BImSchV mit kleiner 200 mg/m^3 betrieben wurden, wurden die Auswirkungen von veränderten Randbedingungen auf die SNCR-Systeme nicht in allen Fällen bemerkt.

Die erforderlichen Planungen, die Erstellung der Ausschreibungsunterlagen sowie die Begleitung der Ausschreibungen und Vergaben erfolgten durch die zentrale Abteilung *Technik*. Die Ausschreibungen, Vertragsgestaltungen und Vergaben wurden durch den Einkauf ausgeführt. Alle drei Maßnahmen für die Umrüstung der Anlagen Großräschen, Helmstedt und Schwedt wurden separat geplant und ausgeschrieben.

Die Umrüstung der Anlage Großräschen erfolgt bewusst zuerst, bereits in 2017. Hintergrund war die Erfahrung, dass es in dieser Anlage die größten Probleme mit der Feuerung und damit auch bei der NO_x -Reduktion gab. Für 2018 wurde als zweites Projekt planmäßig die Anlage in Helmstedt umgerüstet, dabei wurde gezielt die Vorarbeit zu Großräschen als Basis genutzt. Hinzu kam, dass das Risiko eines Misserfolgs, auf Grund positiver Erfahrungen mit der Feuerung in Verbindung mit der Entstickung, als gering eingeschätzt wurde. Problematisch hingegen war die Zeitkette für die Planung und Umsetzung der Umrüstung für die Anlage in Schwedt.

Für die beiden Projekte Großräschen und Helmstedt erfolgten Ausschreibungen mit Anfragen an die namhaften Lieferanten für SNCR-Systeme. Beide Ausschreibungen hat das Unternehmen Mehltau & Steinfath Umwelttechnik GmbH (M&S) gewonnen. Die Beauftragung der Umrüstung für die Anlage in Schwedt ging, auf Basis der vorangegangenen Ausschreibungen für Großräschen und Helmstedt, ebenfalls an dieses Unternehmen.

2. Umsetzung

2.1. Großräschen

2.1.1. Ausgangssituation

Die Anlage in Großräschen zeigte bereits während der ersten Versuche, dass NO_x -Emissionswerte kleiner 150 mg/m^3 nicht sicher eingehalten werden können. Dieser Zustand änderte sich auch nach der Anpassung der Feuerungsleistungsregelung und Veränderungen der Kesselausmauerung nicht.

Tabelle 2: Zahlen und Fakten der Anlage Großräschen

Verbrennungslinien	1 Verbrennungslinie
Brennstoff	Hausmüll, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle
Feuerung und Kessel	Rostfeuerung, 4-zügiger Kessel, 4. Zug horizontal
Parameter	Dampf: 40 bar, 400 °C, 114,8 t/h Feuerungswärmeleistung: 101,8 MW Durchsatz: 29,3 t/h bei 12,5 MJ/kg
SNCR-System	2 Eindüseebenen: Ebene 1: 21,1 m, 7 Lanzen (5 x Vorderwand, je 1 x Seitenwand) Ebene 2: 24,8 m, 7 Lanzen (5 x Vorderwand, je 1 x Seitenwand) Kesselausdehnung im Bereich Eindüseebenen: Kesselbreite 9,8 m, Kesseltiefe 5,2 m
Temperaturmessung für Ebenenumschaltung	Deckentemperaturmessung



Bild 2: SNCR-System – spezielle Stutzen auf 31 m

2.1.2. Umbaumaßnahmen

Aus den Versuchsfahrten und der Auswertung von Betriebsmessungen sowie zusätzlich durchgeführten Temperaturmessungen ging hervor, dass die vorhandenen beiden Eindüseebenen auf 21,1 m und 24,8 m nicht ausreichen, um die neuen NO_x -Emissionsanforderungen sicher einhalten zu können. Auf die Vorgaben von M&S, wurden bei 31 m sieben zusätzliche Stutzen geschaffen, fünf in der Vorderwand und jeweils ein Stutzen in den Seitenwänden. Bei den Stutzen handelt es sich um spezielle Stutzen mit jeweils drei Flanschen. Die oberen Flansche der Stutzen sind mit Pyrometern bestückt, die mittleren Flansche mit Eindüslanzen und die unteren Flansche bieten die

Möglichkeit Wasserlanzen zur selektiven Kühlung der Abgase aufzunehmen. Die Abgaskühlung wird aktuell nicht benötigt, so dass die Lanzen demontiert sind.

Das neue SNCR-System ist mit einer Einzellanzenansteuerung für Reduktionsprodukt und Wasserkühlung ausgestattet. Dabei erfolgt die Ansteuerung der jeweiligen Lanzen auf Basis der über der jeweiligen Lanzengruppe befindlichen Temperaturmessung.

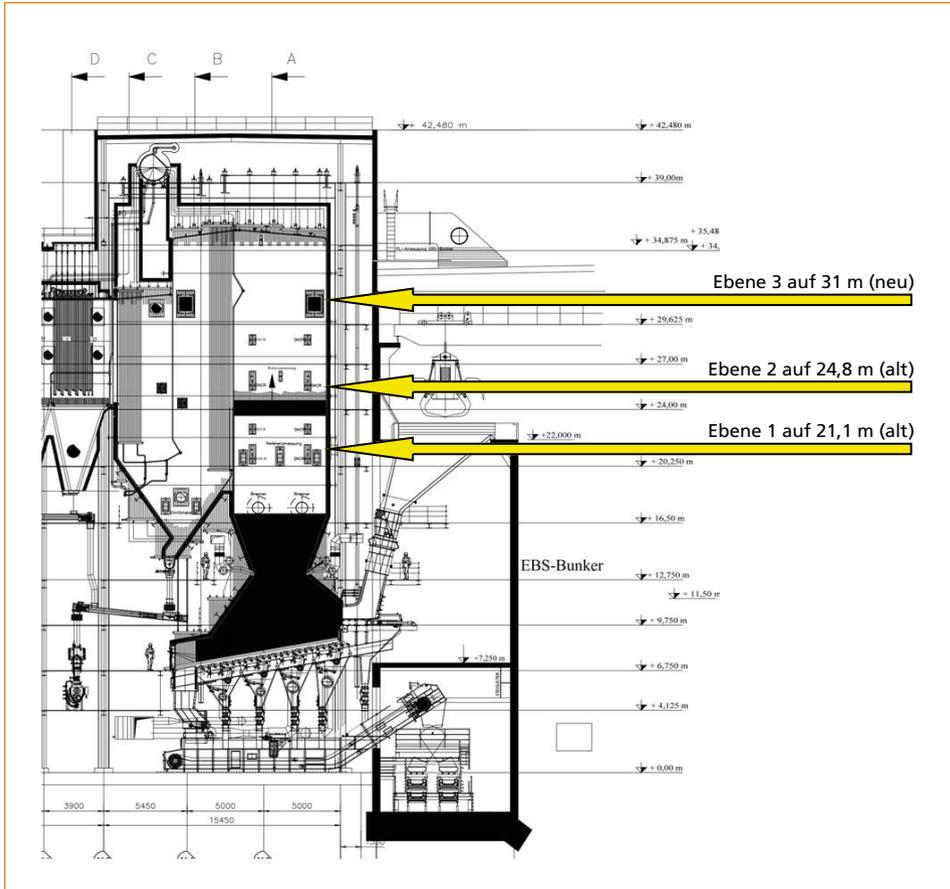


Bild 3: Kesselschnitt (Ausschnitt) der Anlage Großräschen mit Lage der SNCR-Eindüseebenen

Im Rahmen des Projektes wurden folgende Maßnahmen umgesetzt:

- Schaffung einer zusätzlichen (dritten) Eindüseebene mit sieben zusätzlichen Lanzen beziehungsweise Einbau spezieller Stützen mit jeweils drei Flanschen,
- Ausrüstung der drei Ebenen mit jeweils sieben Lanzen (insgesamt 21 Lanzen),
- Ausrüstung der dritten Ebene mit sieben Pyrometern,
- Ausrüstung der dritten Ebene mit sieben Wasserlanzen,

- Schaffung eines neuen Misch- und Regelmoduls für die Einzelansteuerung der 21 Eindüslanzen für Ammoniakwasser und sieben Wasserlanzen sowie die Luftversorgung aller Lanzen,
- komplette Verrohrung und Verkabelung sowie
- Neugestaltung und Implementierung der Regelung (Leittechnik).

2.2. Helmstedt

2.2.1. Ausgangssituation

Am Standort Helmstedt sind drei Verbrennungslinien in Betrieb. Die beiden älteren Linien 1 und 2 waren mit einem äußerst einfachen SNCR-System ausgerüstet. Beide Linien verfügten über kein Misch- und Regelmodul, die erforderliche NH_4OH -Menge wurde auf Basis des Tagestrends für NO_x per Hand eingestellt. Die Mischung mit Deionat erfolgte unmittelbar vor den Lanzen. Der Durchfluss für NH_4OH und Deionat konnte je Lanze eingestellt werden (Vertrimmung). Die Ebenenumschaltung erfolgte ebenfalls per Hand.

Die jüngere Linie 3 verfügte über ein Misch- und Regelmodul in dem, neben der Verdünnung mit Deionat, auch die Menge an NH_4OH bestimmt und eingestellt wurde. Die Ebenenumschaltung erfolgte händisch. Die eingebaute akustische Temperaturmessung war außer Betrieb.

Unabhängig davon dass auf Grund des schärferen Grenzwertes für NO_x Umbaumaßnahmen notwendig gewesen wären, war die Ertüchtigung der SNCR-Systeme aller drei Linien seit längerem geplant.

Tabelle 3: Zahlen und Fakten der Anlage Helmstedt

Verbrennungslinien	3 Verbrennungslinien
Brennstoff	Hausmüll, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle
Feuerung und Kessel	Rostfeuerung, 4-zügige Kessel
Parameter	Dampf: 40 bar, 400 °C, 70 t/h Feuerungswärmeleistung: 57,5 MW Durchsatz: 22,5 t/h bei 9,2 MJ/kg
SNCR-System	3 Eindüseebenen: Ebene 1: 24 m, 5 Lanzen (3 x Vorderwand, je 1 x Seitenwand) Ebene 2: 30 m, 5 Lanzen (3 x Vorderwand, je 1 x Seitenwand) Ebene 3: 33 m, 5 Lanzen (3 x Vorderwand, je 1 x Seitenwand)
Temperaturmessung für Ebenenumschaltung	Deckentemperaturmessungen, AGAM keine automatisierte Ebenenumschaltung

2.2.2. Umbaumaßnahmen

Versuchsfahrten und insbesondere die Bestandsaufnahme der SNCR-Systeme aller drei Linien führte zum Ergebnis, dass nur ein kompletter Rückbau der vorhandenen Ausrüstung und die Implementierung neuer Systeme in Frage kommen würden.

Die alten SNCR-Systeme verfügten bereits über drei Eindüseebenen mit jeweils fünf Eindüsstellen. Versuchsfahrten insbesondere zusätzliche Temperaturmessungen ergaben, dass die vorhandenen drei Eindüseebenen an allen drei Linien weiter genutzt werden konnten. Dadurch verringerte sich der Umbaufwand erheblich. Es mussten lediglich einige der alten Stutzen, die nicht mehr vorhanden oder verbaut waren, erneuert werden.

An allen drei Linien mussten Pyrometer für die Einzellanzensteuerung nachgerüstet werden. Für diese Pyrometer mussten ebenfalls neue Stutzen gesetzt werden.



Bild 4: SNCR-System alt und neuer Stutzen sowie neue Temperaturmessung (Pyrometer)

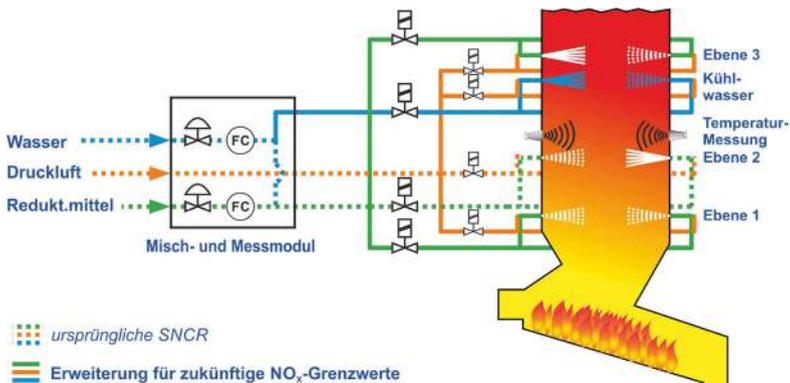
Die Umbaumaßnahmen an allen drei Verbrennungslinien bestanden jeweils in:

- Ertüchtigung der vorhandenen Stutzen der drei Eindüseebenen, teilweise wurden neue Stutzen gesetzt,
- Ausrüstung der drei Ebenen mit jeweils fünf Lanzen (insgesamt 15 Lanzen),
- Schaffung einer zusätzlichen Ebene zwischen Eindüseebene 2 und 3 für Pyrometer,
- Ausrüstung dieser zusätzlichen Ebene mit Pyrometern,
- Schaffung neuer Misch- und Regelmodule für die Einzelansteuerung der 15 Eindüslanzen,
- komplette Verrohrung und Verkabelung sowie
- Neugestaltung und Implementierung der Regelung (Leittechnik).

Kombination verschiedener SNCR Technologien Selektive Rauchgaskühlung und TWIN-NO_x[®]

- Die **Selektive Kühlung** optimiert die Rauchgastemperaturen für den SNCR-Prozess an den Eindüsstellen. Bei verbesserten NO_x-Abscheidegraden reduzieren sich die Reduktionsmittelverbräuche.
- Der **TWIN-NO_x[®]**-Prozess erzielt hervorragende Ergebnisse durch die Kombination der Vorteile der beiden Reduktionsmittel Ammoniakwasser und Harnstofflösung.

Kombination von Selektiver Kühlung und TWIN-NO_x[®]



Optische Temperaturmessung

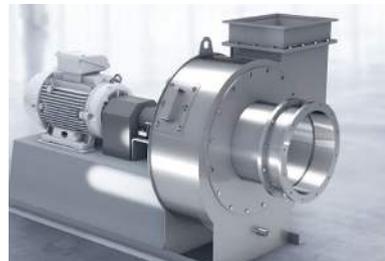
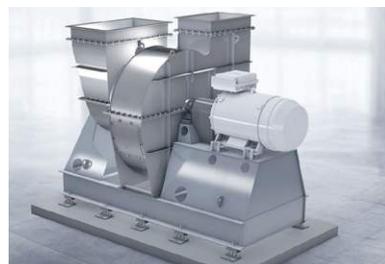
- Niedrige Investitionskosten
- Geringe Reduktionsmittelverbräuche
- Leichte Nachrüstbarkeit
- Hohe Verfügbarkeit
- Verbesserte NO_x-Entstickungsgrade
- Sichere Unterschreitung der neuen EU Grenzwerte

INDUSTRIEVENTILATOREN FÜR MÜLLVERBRENNUNGSANLAGEN

Mit jahrzehntelanger Erfahrung in vielen Müllverbrennungsanlagen weltweit liefern wir Rezirkulationsventilatoren, Verbrennungsluftventilatoren, Saugzüge sowie Primär- und Sekundärluftventilatoren nach dem neusten Stand der Technik, kombiniert mit unserem umfangreichen und zuverlässigen Service.

POLLRICH QUALITÄT:

- Expertenwissen rund um giftige und explosive Gasmischungen
- Maßgeschneiderte Radialventilatoren für härteste Einsatzbereiche
- Schwere Industriestandards
- Zuverlässiger Service, 24/7



2.3. Schwedt

2.3.1. Ausgangssituation

Bei der Anlage in Schwedt handelt es sich um eine zirkulierende Wirbelschichtverbrennung. Damit unterscheidet sich diese Anlage wesentlich von den beiden Anlagen Großräschen und Helmstedt, so dass nur wenige Synergien aus diesen beiden Projekten genutzt werden konnten.

Tabelle 4: Zahlen und Fakten der Anlage Schwedt

Verbrennungslinien	1 Verbrennungslinie
Brennstoff	Ersatzbrennstoff, Faserreststoffe
Feuerung und Kessel	zirkulierende Wirbelschicht
Parameter	Dampf: 70 bar, 470 °C Feuerungswärmeleistung: 136 MW Durchsatz: 40 t/h bei 14 MJ/kg
SNCR-System	1 Eindüseebene: 2 Lanzen im Übergang zwischen Brennkammer und Zyklon
Temperaturmessung für Ebenenumschaltung	keine Messung, weil keine Ebenenumschaltung erfolgt

Erfahrungsgemäß sind Wirbelschichtanlagen bezüglich NO_x -Emissionen unproblematisch. Die Anlage in Schwedt zeigte bis zum erhöhten Einsatz von Faserreststoffen als Brennstoff auch keine Auffälligkeiten.

Das ursprüngliche SNCR-System bestand aus einer sehr einfachen Eindüsung von Harnstoff über zwei Eindüslanzen. Die Eindüseebene ist im Übergang zwischen Brennkammer und Zyklon angeordnet. Im Gegensatz zu den klassischen Rostfeuerungsanlagen sind die Temperaturverhältnisse im Kessel weitestgehend gleichbleibend. Es gibt kaum Verschiebungen der Temperaturzonen und wenig bis keine Strahlenbildung.

Um das Phänomen der hohen NO_x -Emissionen bei Einsatz von Faserreststoffen besser bewerten zu können und um die Basis für die Ausschreibung legen zu können, wurden, trotz der kritischen Zeitschiene, Versuche durchgeführt. Die entscheidende Versuchsreihe bestand in der Auswahl der optimalen Eindüsstellen für den Harnstoff. Der Versuchsaufbau bestand in der Erweiterung der bestehenden Eindüseebene zwischen Brennkammer und Zyklon um:

- eine Eindüseebene zwischen Zyklon und Krümmer mit drei Lanzen und
- zwei Eindüseebenen im ersten Strahlungszug mit je fünf Lanzen.

Für die Versuche mussten keine zusätzlichen Stützen geschaffen werden, es konnten nicht belegte Messstützen insbesondere die im ersten Strahlungszug vorhandenen Stützen für die Temperaturnetzmessung genutzt werden. Während der Versuche wurden verschiedene Kombinationen der Eindüsstellen/-ebenen, Harnstoffmengen und Anteile an Faserreststoff im Brennstoff getestet.

Die Versuche konnten in sehr kurzer Zeit mit dem Ergebnis einer sicheren Positionierung der neuen Eindüseebene abgeschlossen werden. Einen maßgeblichen Anteil an diesem Erfolg trägt der Lieferant, der die Ausrüstung sowie das Personal für die Versuche zur Verfügung stellte.

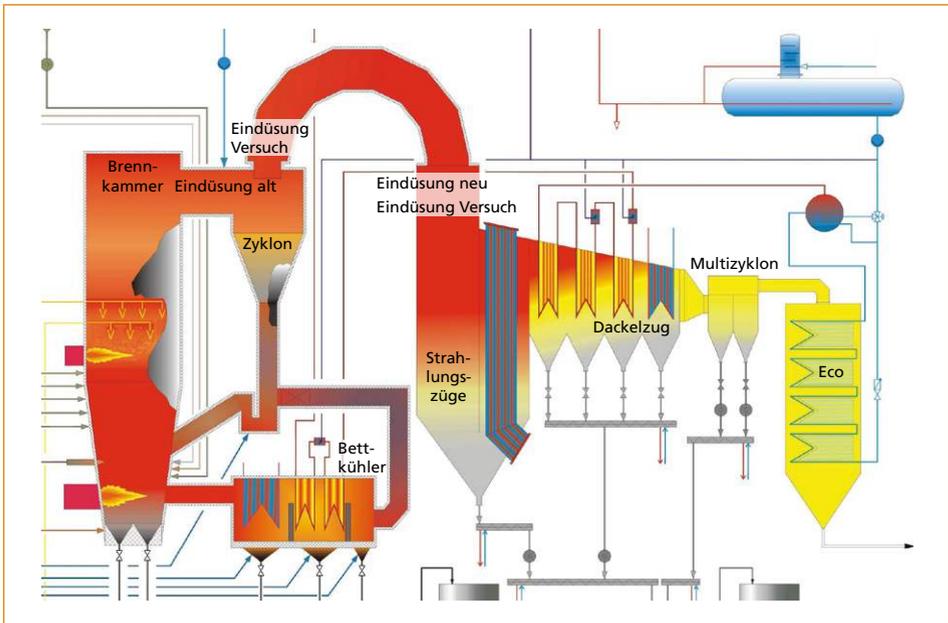


Bild 5: Übersicht über Verbrennungssystem und Kessel der Anlage Schwedt

Einfluss der Faserreststoffe auf die NO_x -Bildung

Für die Klärung des Zusammenhangs zwischen der Mitverbrennung von Faserreststoffen und der verstärkten NO_x -Bildung wurde Professor Dr.-Ing. Rudi Karpf (etc.a Ingenieurgesellschaft für Energie- und Umweltengineering & Beratung mbH) in die Untersuchungen eingebunden.

Der Anstieg der NO_x -Emissionen bei der Faserreststoffverbrennung wird höchstwahrscheinlich durch den Kalksteingehalt im Faserreststoff verursacht, der als Füllstoff bei der Papierproduktion zugesetzt wird. Bei der Verbrennung wird der in den Faserreststoffen enthaltene Kalkstein (CaCO_3) calciniert bzw. zu Branntkalk (CaO) und Kohlendioxid (CO_2) zersetzt. Die für ZWSF charakteristische niedrige Brennkammertemperatur von 850 bis 950 °C ermöglicht i.d.R. einen emissionsarmen Betrieb mit geringen NO_x - und SO_2 -Emissionen. Es ist aus dem Betrieb von ZWSF bekannt, dass ein hohes Ca/S-Molverhältnis zwar emissionsmindernd in Bezug auf SO_2 aber emissionserhöhend in Bezug auf NO_x (Bild 6) wirkt. Dieser gegenläufige Trend wird als CaO-Effekt bezeichnet. [2]

In der Anlage Schwedt können bis zu 20 t/h Faserreststoffe mitverbrannt werden. Aus Analysen der Faserreststoffe geht eine Kalziumkonzentration von bis zu 20 % hervor, somit werden bis zu 4 t/h Kalzium in die Feuerung gegeben.

In [2] werden die Zusammenhänge zwischen Faserreststoffverbrennung, CaO-Gehalt und NO_x -Bildung weiter ausgeführt und Kalkstein als Ursache für die erhöhte NO_x -Bildung bestätigt.

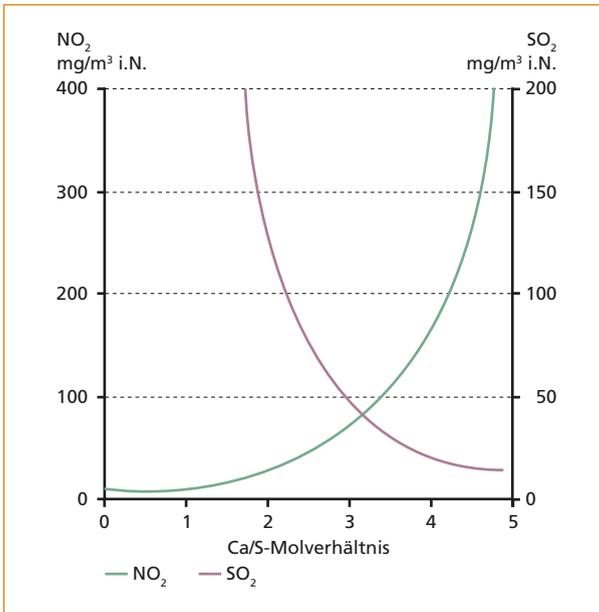


Bild 6:

Trend der NO₂- und SO₂-Emissionen in Abhängigkeit vom Ca/S-Molverhältnis bei einer Lurgi-ZWSF für Steinkohle im HKW Flensburg

Quelle: Effenberger, H.: Dampferzeugung. Berlin: Springer-Verlag, 2000.

2.3.2. Umbaumaßnahmen

Die Eindüsversuche ergaben, dass im ersten Strahlungszug bei 41 m die optimale Stelle für die neu zu schaffende Eindüsebene liegt. In dieser Ebene befinden sich insgesamt 18 Stutzen für Temperaturnetzmessungen, jeweils sieben in Vorder- und Rückwand und jeweils zwei in den Seitenwänden. Das Konzept sah folgende Umbaumaßnahmen vor:

- Erweiterung des bestehenden Misch- und Regelmoduls für die Eindüseebene zwischen Brennkammer und Zyklon,
- Erweiterung der vorhandenen Eindüsebene zwischen Brennkammer und Zyklon von zwei auf vier Eindüsstelle,
- Schaffung eines neuen Misch- und Regelmoduls für die sieben neuen Eindüsstellen im Bereich Kessel auf 41 m,
- Nutzung der Ebene für die Temperaturnetzmessung auf 41 m und Schaffung von vier Eindüsstellen auf der Vorderwand und drei Eindüsstellen auf der Rückwand,
- Einbindung in die vorhandene Harnstoffversorgung,
- komplette Verrohrung und Verkabelung sowie
- Implementierung der neuen Regelung in die Hauptleittechnik.

Aufgrund der nahezu gleichbleibenden Temperaturverhältnisse im ersten Zug des Kessels, sind weder mehrere Eindüsebenen noch eine Einzellanzensteuerung erforderlich. Aus diesem Grund, konnte eine einfache Bauweise des Misch- und Regelmoduls gewählt werden.



Bild 7: Misch- und Regelmodul für die Ansteuerung der Lanzen im Bereich der Eindüsebene auf 41 m der Anlage Schwedt

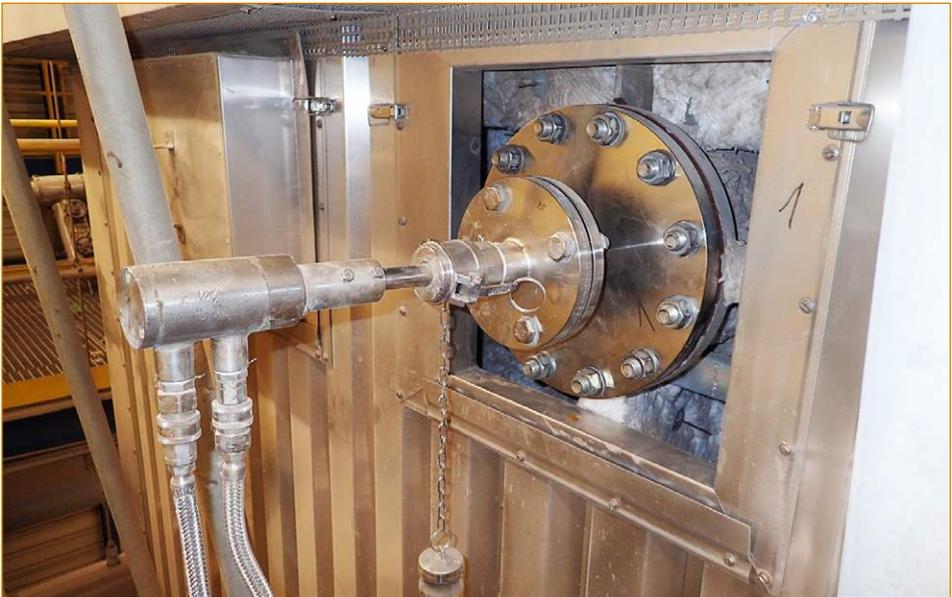


Bild 8: Eine der sieben Eindüsstellen der Anlage Schwedt

Für die sieben Eindüs Lanzen konnten vorhandene Stutzen verwendet werden. Es mussten lediglich Anpassungen der Flanschdeckel zur Aufnahme der Lanzenflanschteile vorgenommen werden.

3. Fazit

3.1. Planung und Umsetzung

Bei ausreichender Vorlaufzeit ist für Planung, Ausschreibung und Vergabe ein Ingenieur ausreichend. Bei den oben beschriebenen Projekten lag dessen Auslastung, je nach Komplexität der Aufgabe, zwischen 30 und 50 Prozent.

Die konsequente Nutzung von Synergien, insbesondere Erfahrungen aus den Versuchen, die Verwendung von vorhandenen Planungs- und Ausschreibungsunterlagen und eingespielte Prozesse zwischen Technik und Einkauf, trugen entscheidend zur Einhaltung der Termine und Budgets bei.

Besonders wichtig für den Erfolg der oben beschriebenen Projekte und auch der hier nicht weiter beschriebenen Maßnahmen in den anderen Anlagen mit SNCR-Systemen, die seit 2011 durchgeführt wurden, war die frühzeitige Auseinandersetzung mit der Aufgabe.

Weiteren positiven Einfluss hatte die konsequente fachliche Einbeziehung der Lieferanten auch während der Test und Versuche.

3.2. Technik

SNCR-Systeme müssen zwingend für den jeweiligen Anwendungsfall geplant werden.

Änderungen der Randbedingungen insbesondere Brennstoffqualität, Kessellast, Änderungen an Kessel und Rost können sich extrem auf die Leistungsfähigkeit der SNCR auswirken.

Besonders bei problematischen Feuerungen ist eine Eindüsung in mindestens zwei Ebenen mit Einzellanzenansteuerung notwendig.

Die Deckentemperaturmessungen sind für die Steuerung der Ebenen- bzw. Lanzenumschaltung nicht geeignet.

Die Temperaturmessung für die Ebenen- und Lanzenumschaltung muss ebenfalls für jeden Anwendungsfall geplant werden. Bewährt haben sich mehrere Messungen in einer Ebene im Bereich der Nachverbrennungszone zwischen den Eindüsen.

3.3. Emissionen und Verbräuche

Ab dem 1. Januar 2019 wurden alle Anlagen der EEW auf die neuen NO_x -Grenzwerte eingestellt. Durch die oben beschriebenen Tests, lange vor Inkrafttreten der neuen Grenzwerte sowie den termingerechten Abschluss der zusätzlichen Maßnahmen in den Anlagen Großräschen, Helmstedt und Schwedt, halten sämtliche Anlagen die geforderten Grenzwerte für NO_x und NH_3 sicher ein.

Die Feuerungswärmeleistung der Anlage K ist kleiner 50 MW, aus diesem Grund gilt der neue NO_x -Grenzwert von 150 mg/m^3 für diese Anlage nicht.

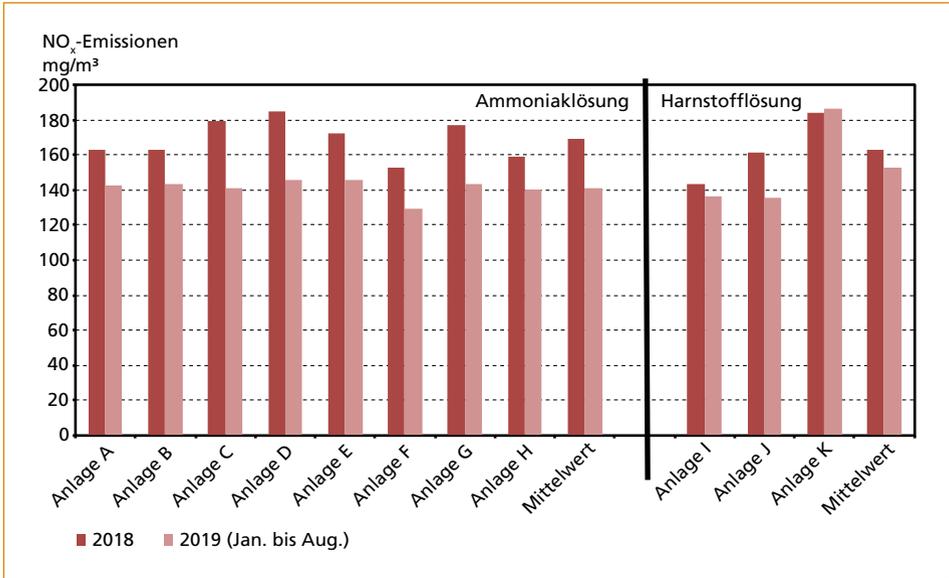


Bild 9: NO_x-Emissionen der Anlagen für 2018 und 2019

Abgasbehandlung

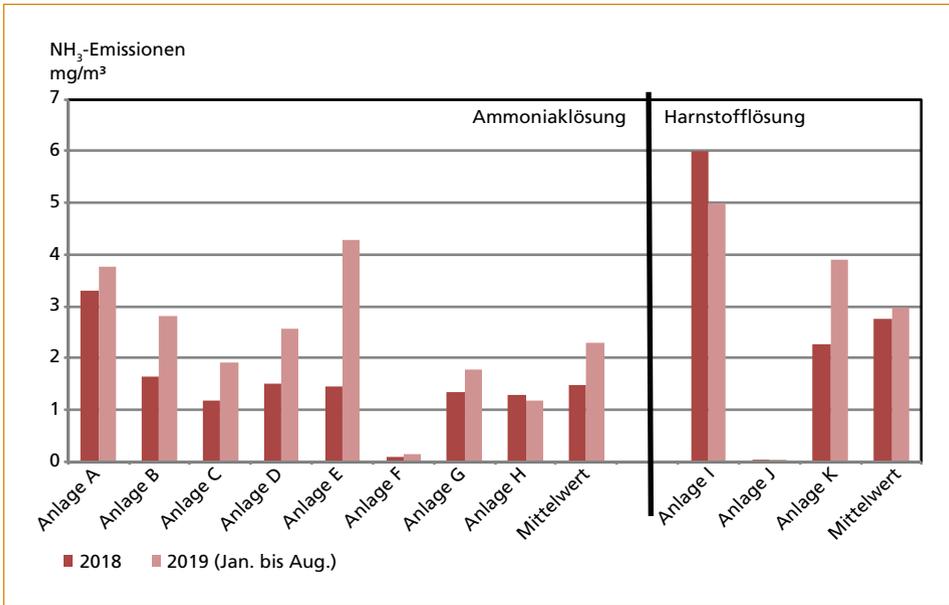


Bild 10: NH₃-Emissionen der Anlagen für 2018 und 2019

In den Anlagen mit zirkulierender Wirbelschicht (Anlage F und J) sind die NH₃-Emissionen erwartungsgemäß sehr gering. Hingegen steigen die NH₃-Emissionen in den klassischen Rostfeuerungsanlagen (Ammoniakslufl) teilweise erheblich.

Bereits die Test und Versuche im Vorfeld der Umstellung zeigten, dass teilweise mit einem erheblichen Betriebsmittelmehrverbrauch zu rechnen ist. Bild 11 verdeutlicht diese Erkenntnis aus den Versuchen. Auf Basis der Versuchsfahrten wurde ursprünglich von einem Mehrverbrauch in Höhe von 20 bis 25 Prozent ausgegangen. Für einzelne Anlagen trifft diese Annahme zu, jedoch zeigen die Betriebswerte von Januar bis August 2019, dass der Mehrverbrauch über alle betrachteten Anlagen bei etwa 10 Prozent liegt. Der Grund für die teilweise geringeren Verbräuche als ursprünglich angenommen, beziehungsweise die hohen Verbräuche einzelner Anlagen, liegt in:

- unterschiedlichen Bearbeitungsständen laufender Optimierungen sowie
- Heizwertschwankungen und steigende Heizwerte.

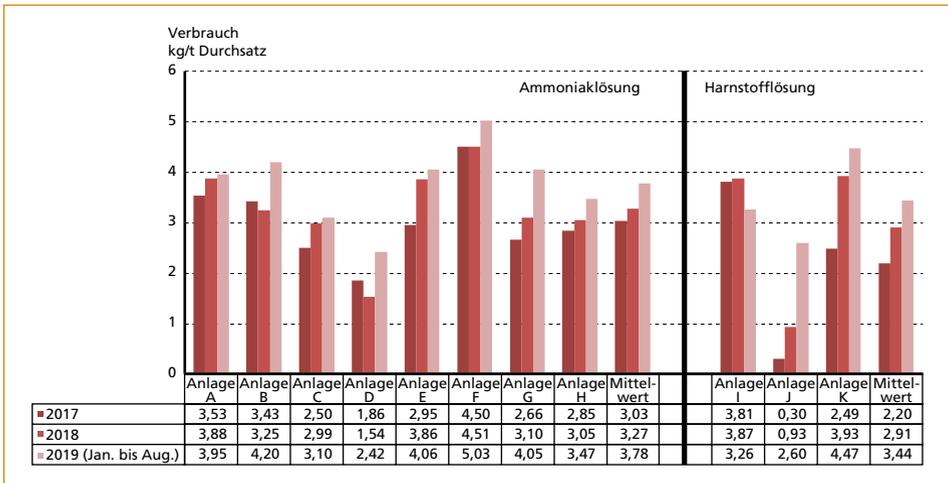


Bild 11: Verbräuche für Ammoniak- und Harnstofflösung für 2017, 2018 und 2019

Die Anlage K zeigt trotz gleichbleibendem Rohgassollwert, eine deutliche Erhöhung des Harnstoffverbrauchs und der NH_3 Emissionen. Der Grund dafür liegt in einer fehlerhaft ausgeführten Ausmauerung im ersten Zug des Kessels. Diese führte zu einer Verschiebung des Temperaturfensters aus dem optimalen Eindüsbereich heraus, was wiederum erhöhten Betriebsmitteleinsatz zur Folge hatte. Die fehlerhaft ausgeführte Ausmauerung wurde in der letzten Revision behoben.

In der Anlage I erfolgten bereits in 2018 und 2019 umfangreiche Optimierungsmaßnahmen, so dass dem höheren Betriebsmittelverbrauch (verursacht durch die NO_x -Sollwertabsenkung) entgegengesteuert werden konnte.

4. Ausblick

Um die durch höheren Betriebsmitteleinsatz anfallenden Mehrkosten teilweise zu kompensieren, werden weiterhin Optimierungsmaßnahmen in den Anlagen mit SNCR-Systemen durchgeführt werden. Hierzu zählen insbesondere:

- Verbesserung und falls erforderlich Erweiterung der Temperaturmessungen,
- Umrüstung auf Einzellanzensteuerung in den Anlagen in denen noch keine Umrüstung erfolgt ist und andere Maßnahmen keinen Erfolg zeigen,
- Änderung der Regelungen (Software) für Ebenenumschaltung/Lanzensteuerung und Reduktionsmittelmenge,
- Optimierung bestehender bereits angepasster Regelungen (Software) und
- Entwicklung intelligenter Systeme zur Prognose von Betriebsbedingungen zur Ansteuerung der Eindüslanzen und Reduktionsmittelmenge.

Aus dem BVT-Merkblatt Abfallverbrennung (oder BREF WI) geht für Bestandsanlagen mit SNCR-Systemen ein Wert von 50 bis 180 mg/m³ für NO_x hervor. Die 17. BImSchV fordert bereits jetzt 150 mg/m³ NO_x, so dass davon ausgegangen werden muss, dass mit der nächsten Novellierung der 17. BImSchV, Werte für NO_x deutlich unter 150 mg/m³, bei Einhaltung eines NH₃-Wertes von kleiner 10 mg/m³, gefordert werden. Vor diesem Hintergrund werden erneut Tests und Versuche durchgeführt werden, mit dem Ziel:

- technische Maßnahmen und Fahrweisen zu definieren, um SNCR-Systeme weiterhin gesetzskonform betreiben zu können sowie
- notwendige Investitionen und Mehrverbräuche/-kosten zu ermitteln.

5. Quellen

- [1] Effenberger, H.: Dampferzeugung. Berlin: Springer-Verlag, 2000.
- [2] Karpf, R.: Erläuterungen zum CaO-Effekt bei der zirkulierenden Wirbelschichtfeuerung (ZWFS). Untersuchung im Auftrag der EEW, Juli 2018.

Ansprechpartner



Dipl.-Ing. Jens Esslinger

EEW Energy from Waste GmbH

Teamleiter Rauchgasreinigung

Technik

Schöniger Straße 2-3

38350 Helmstedt

+49 175 188 30 37

jens.esslinger@ew-energyfromwaste.com

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar

Stephanie Thiel, Elisabeth Thomé-Kozmiensky, Peter Quicker, Alexander Gosten (Hrsg.):

Energie aus Abfall, Band 17

ISBN 978-3-944310-50-3 Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH

Copyright: Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc., Dr.-Ing. Stephanie Thiel
Alle Rechte vorbehalten

Verlag: Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH • Neuruppin 2020

Redaktion und Lektorat: Dr.-Ing. Stephanie Thiel, Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc.

Erfassung und Layout: Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc., Claudia Naumann-Deppe,
Sarah Pietsch, Ginette Teske, Janin Burbott-Seidel, Roland Richter,
Cordula Müller, Gabi Spiegel

Druck: Universal Medien 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 Funk-sendung, 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.