Mögliche Auswirkungen und Nachrüstungsbedarf bestehender Abgasreinigungsanlagen

mit Bezug auf die im ersten Draft des zu novellierenden BVT-Dokument beschriebenen Emissionsbereiche

Rudi Karpf
ete.a Ingenieurgesellschaft mbH, Lich

DGAW-Fachveranstaltung „BAT-Best Available Techniques“
Berlin, 1. Dezember 2017

ete.a

Ingenieurbüro für Energie- und Umweltengineering & Beratung

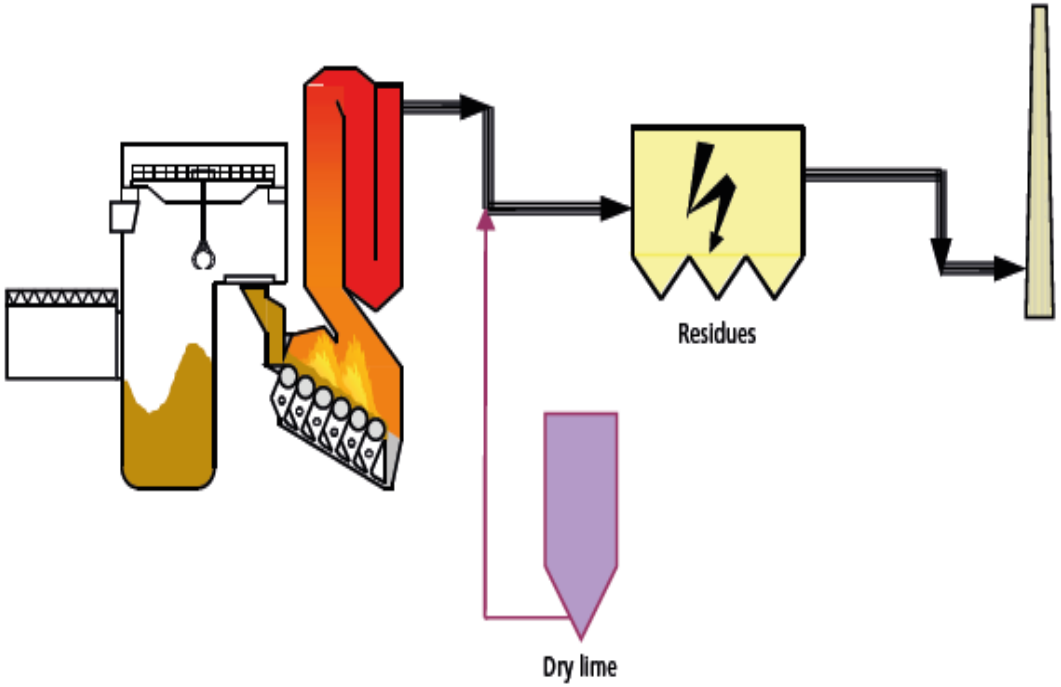
Source: © picture-alliance/AP

Einleitung

Motivation und Hintergrund

Entwicklung der Emissionsanforderungen am Beispiel Deutschland

Pollutant	Unit	TA Luft 1974 version	TA 1986					
		General requirements	Ge requir					
O_2-reference percentage	Vol.-% dry	11						
Dust	mg/m³	100						
Total Organic Carbon (TOC)	mg/m³	-						
Hydrogen chloride (HCl)	mg/m³	100						
Hydrogen fluoride (HF)	mg/m³	5						
Carbon monoxide (CO)	mg/m³	1,000	1					
Sulphur dioxide (SO_2)	mg/m³	-	1					
Nitrogen oxide (NO_2)	mg/m³	-	5					7)
Ammonia (NH_3)	mg/m³	-						
Heavy metals								
Mercury (Hg)	mg/m³	-						6)
Dioxins and furans	ng/m³	-						
Class I	mg/m³	20***	0					
Class II	mg/m³	50***	1	0.5	0.5[1]		0.5*	0.5[3]	0.5
Class III	mg/m³	75***	5	0.05	-	-	0.05*	1[4]	0.05



The concentration data is based on standard temperature and pressure, dry state, for each oxygen reference value; DAV indicates daily average value; HHAV indicates half hourly average value; YAV indicates yearly average value; Heavy metals class I: Σ Cd/Tl; Heavy metals class II: Σ Sb, As, Pb, Cr, Co, Ni, Cu, Mn, V, Sn; Heavy metals class III: Σ As, benzopyrene, Cd, Co(aq), Cr(IV)

* not applicable to use of coal, untreated wood only; ** combustion capacity > 6t/h or new facilities; *** related to the former classification

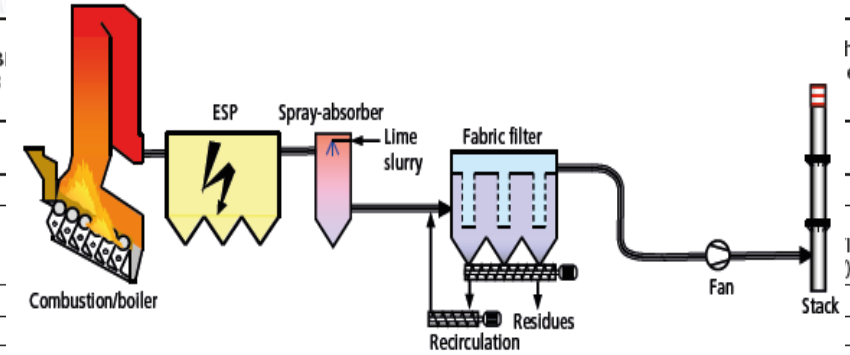
[1] excluding Sn; [2] applicable to Tl (single substance); [3] applicable to Pb, Co, Ni, Se, Te; [4] applicable to Sb, Cr, CN, F, Cu, Mn, V, Sn; [5] not applicable to use of existing plants with RTI < 50 MW; [6] to be valid as of 2019; [7] not applicable for existing plants; [8] applicable to Mercury if the emission value is always < 20 % of the requested emission value

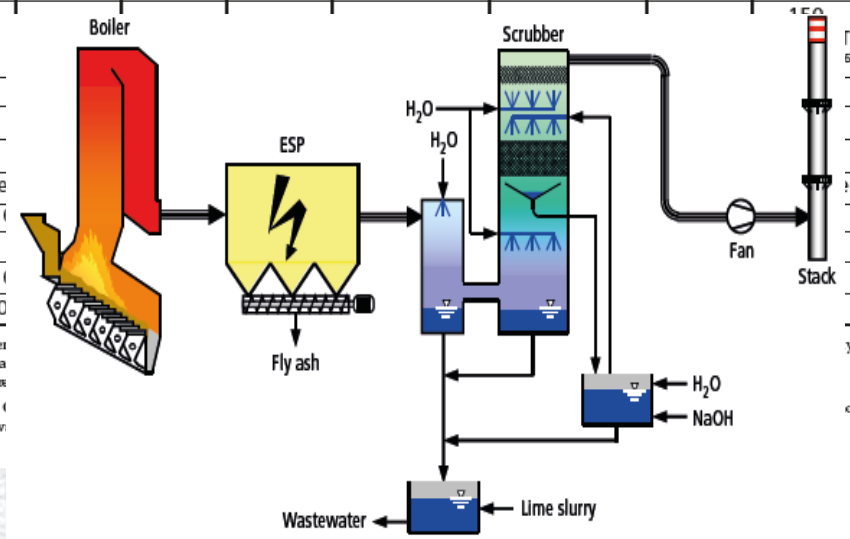
RTI: Rated Thermal Input

Entwicklung der Emissionsanforderungen am Beispiel Deutschland

Pollutant	Unit	TA Luft 1974 version	TA Luft 1986 version	17. B 2003								hV on
		General requirements	General requirements	DAV								YAV
O_2-reference percentage	Vol.-% dry	11										
Dust	mg/m³	100	30	10								
Total Organic Carbon (TOC)	mg/m³	-	20	10								
Hydrogen chloride (HCl)	mg/m³	100	50	10								
Hydrogen fluoride (HF)	mg/m³	5	2	1								
Carbon monoxide (CO)	mg/m³	1,000	100	50	100	50	100	150	150			
Sulphur dioxide (SO_2)	mg/m³	-	100	50	200	50	200	850	350 – 1,300			
Nitrogen oxide (NO_2)	mg/m³	-	500	200								100[5) 7)]
Ammonia (NH_3)	mg/m³	-	-	-								-
Heavy metals												
Mercury (Hg)	mg/m³	-	-	0.03								0.01[5) 6)]
				Single me								ements
Dioxins and furans	ng/m³	-	-	(								
Class I	mg/m³	20***	0.2	0.05								
Class II	mg/m³	50***	1	(								
Class III	mg/m³	75***	5	0								

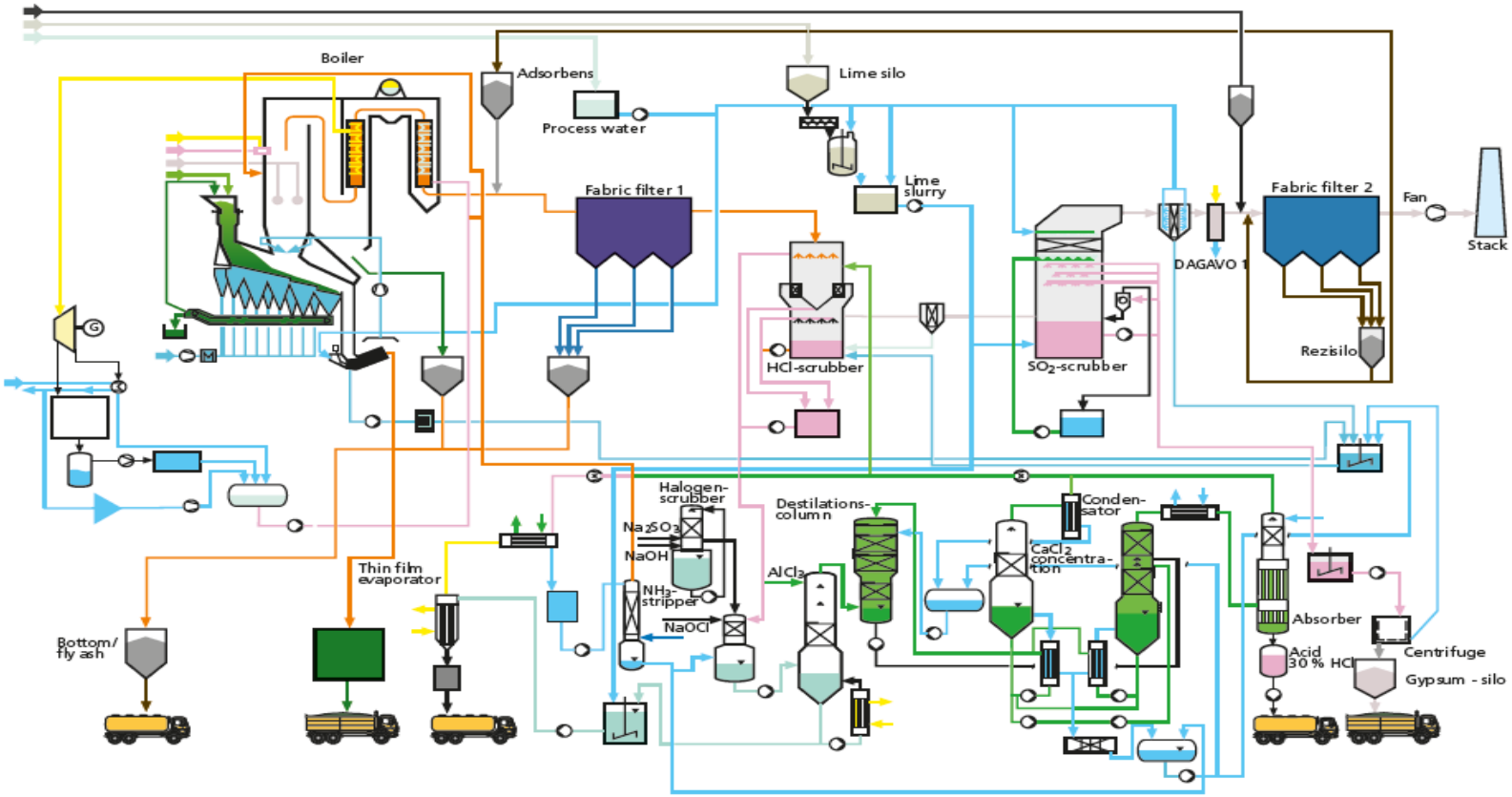
The concentration data is based on standard temperature and pressure, dry state, for each oxygen refe y average value;
Heavy metals class I: Σ Cd/Tl; Heavy metals class II: Σ Sb, As, Pb, Cr, Co, Ni, Cu, Mn, V, Sn; Heavy meta
* not applicable to use of coal, untreated wood only; ** combustion capacity > 6t/h or new facilities; ***
[1)] excluding Sn; [2)] applicable to Tl (single substance); [3)] applicable to Pb, Co, Ni, Se, Te; [4)] applicable to Sb, ot applicable for existing plants; [6)] applicable to Mercury if the emission value is always < 20 % of the requested emission v
RTI: Rated Thermal Input





Entwicklung der Emissionsanforderungen am Beispiel Deutschland

Pollutant	Unit	TA Luft 1974 version	TA Luft 1986 version	17. BImSchV 2003 version	EU Guideline 2000/76	13. BImSchV 2004 version 50 MW < RTI	TA Luft 2002 version RTI < 50 MW	17. BImSchV 2013 version
O_2								
Du								
To								
Hy								
Hy								
Ca								
Su								
Ni								
Ar								
He								
M								
Di								
Cl								
Cl								
Cl								



Gegenüberstellung der Emissionsanforderungen des Draft 1 zur Revision des BVT-Merkblattes Abfallverbrennung

Parameter	BATAELS (2006)	Grenzwert IED(+CI)	Grenzwerte 17. BImSchV	Vorschlag BAT-AELS neue Anlage	Vorschlag BAT-AELS Bestandsanlagen	Einheit	Wert
Staub	1-5	10(±3)	5	2-5		mg/Nm^3	TMW
TOC	1-10	10(±3)	10	3-10		mg/Nm^3	TMW
HCl	1-8	10(±4)	10	2-6	2-8	mg/Nm^3	TMW
HF	1	1(±0.4)	1	<1	<1	mg/Nm^3	TMW
SO_2	1-40	50(±10)	50	10-30	10-40	mg/Nm^3	TMW
NO_x SCR	40-100	200(±40)	150	50-120	50-150	mg/Nm^3	TMW
SNCR	120-180		(200) für Bestandsanlagen bis 2019)		50-180		
NH_3 (SNCR)	1-10		10	3-10	3-10 (15)	mg/Nm^3	TMW
Hg	0.001-0.02	50 (über Probenahmezeitraum)	30	5-20	5-25	$\mu g/Nm^3$	TMW
Hg (indikative Werte)			50	15-35	15-40		HMW
CO	5-30	50(±5)	50	10-50		mg/Nm^3	TMW
PCCD/F	0,01-0,1	0,1		<0,01-0,04	<0,01-0,06	ng/Nm^3	monatlich (Langzeitprobenahme) bzw. über den Probenahmezeitraum
PCCD/F + dlPCB			0,1	<0,01-0,06	<0,01-0,08	ng/Nm^3	
Cd+Tl	0,005-0,05	0,05	0,05	0,01-0,02		mg/Nm^3	über den Probenahmezeitraum
Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu +Mn+Ni+V	0,005-0,5	0,5	0,5	0,05-0,3		mg/Nm^3	über den Probenahmezeitraum

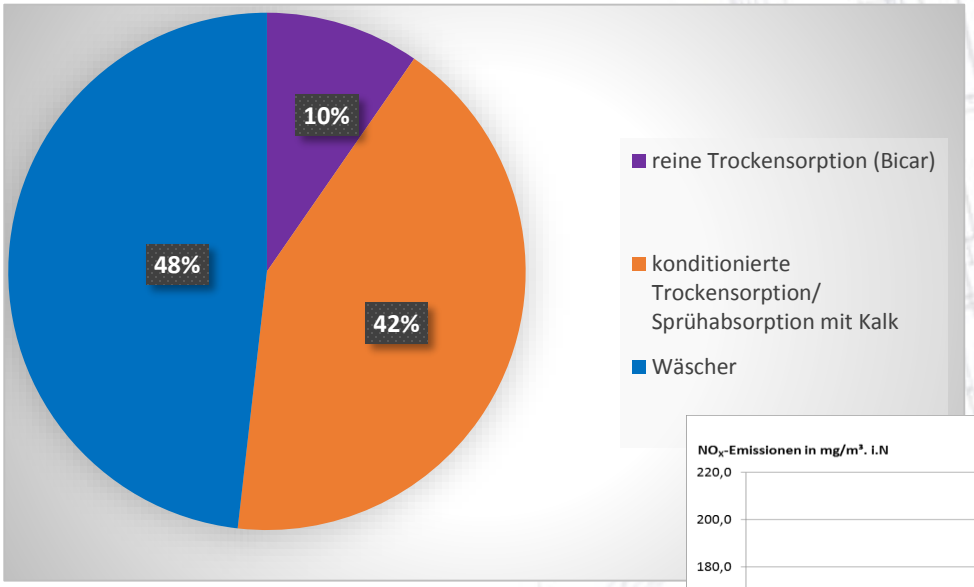
Quelle: Neues aus dem Draft 1 zur Revision des BVT-Merkblattes Abfallverbrennung
Dipl.-Ing. Markus Gleis, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau

Verfahrensübersicht

ausgeführter Abgasreinigungsanlagen
Auswirkung möglicher Emissionswert-Absenkungen

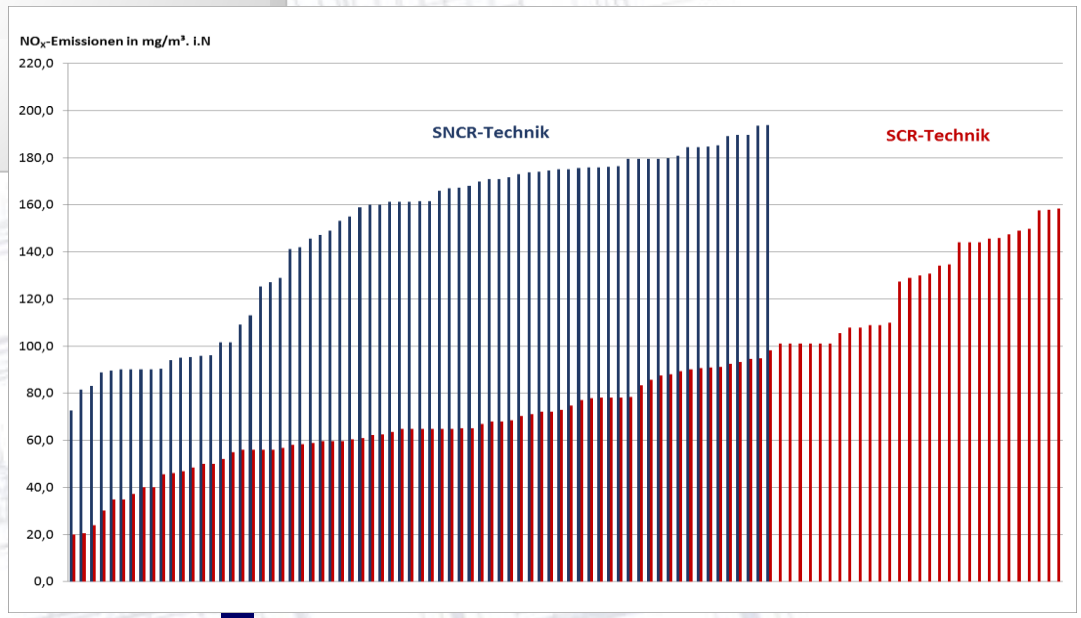
ete.a
Ingenieurbüro für Energie- und Umweltengineering & Beratung

Ausgeführte Anlagen zur Sauergasabscheidung



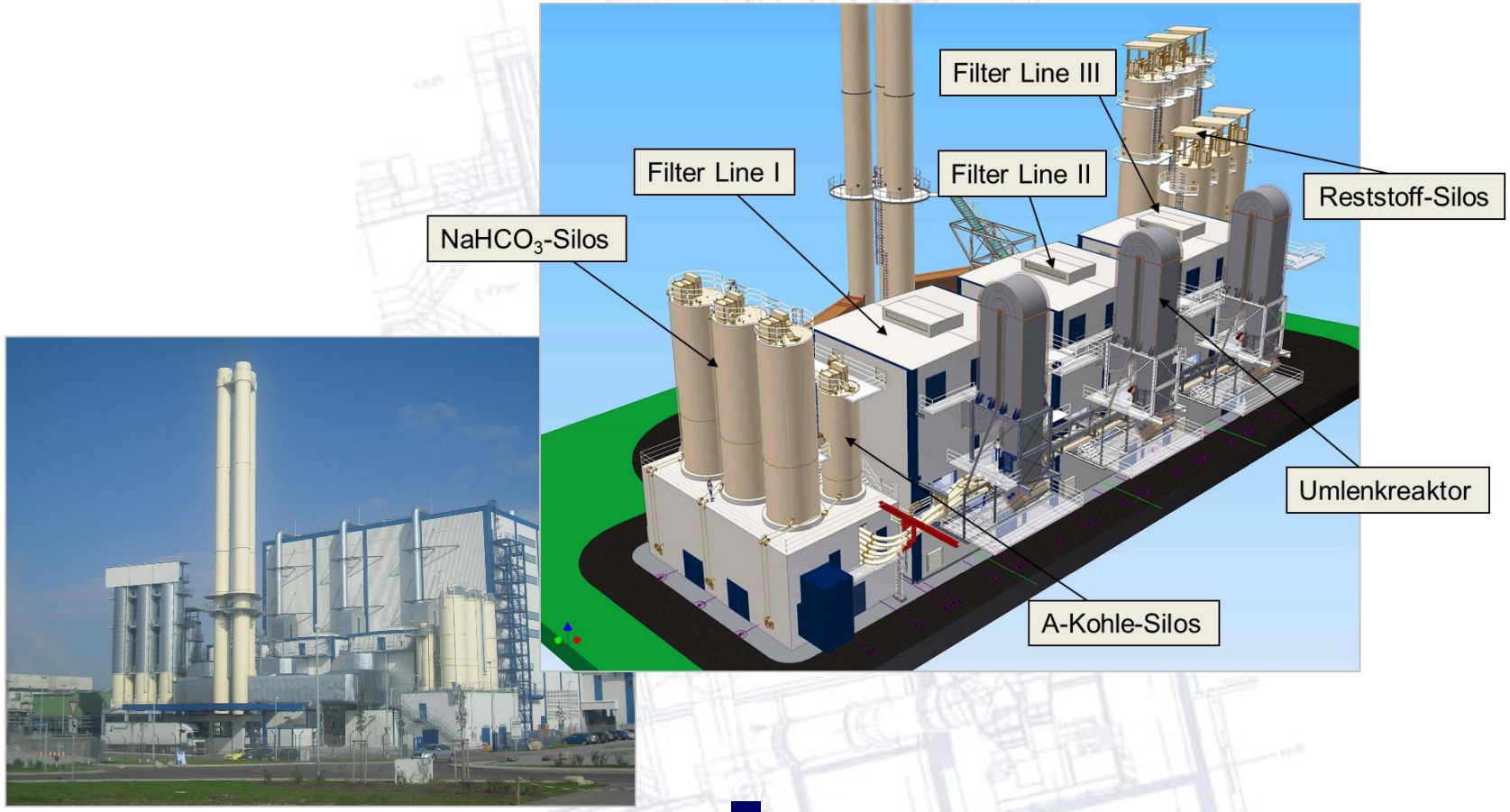
Quelle: ITAD, Düsseldorf

Ausgeführte Anlagen zur NOx-Abscheidung



Quelle: M. Treder: ITAD Emissionsbericht 2016, vorläufig, unveröffentlicht, Düsseldorf 10.09.2017

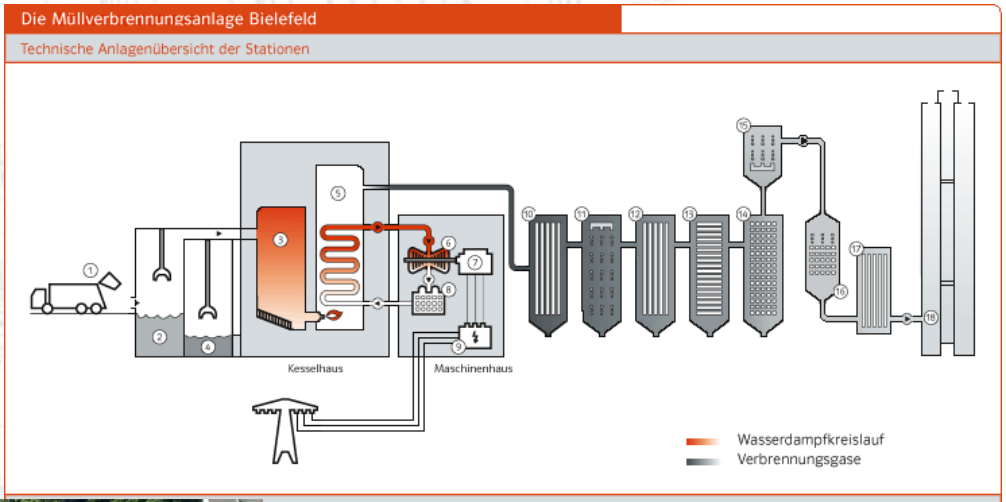
einfacher Anlagenaufbau
SNCR – einstufige Trockensorption $NaHCO_3$



Quelle: Lühr-Filter, Stadthagen

komplexer Anlagenaufbau

E-Filter – Sprühtrockner – E-Filter – 2-stufiger Wäscher – Aerosolabscheider – SCR – Gewebefilter



10 Elektrofilter I
Abscheiden der Staubpartikel
11 Sprühtrockner
Verdampfen des Wäscherwassers
12 Elektrofilter II
Abscheiden der Salz- und Staubpartikel
13/14 Vorwäscher/Hauptwäscher
Abscheiden von Schadgasen, Chlor-/Fluorwasserstoff, Quecksilberverbindungen, Schwefeldioxid
15 Aerosolabscheider
Abscheiden von Flüssigkeitströpfchen und Staubpartikeln
16 Katalysator
Umwandlung der Stickoxide, Zerstörung der Dioxine und Furane
17 Gewebefilter
Abscheiden von Schwermetallresten, Resten von Dioxinen, Furanen und Reststaub
18 Kamin
Höhe 107 m
Austrittstemperatur ca. 110 °C

Quelle: Interargem, Bielefeld

Gegenüberstellung der Emissionsanforderungen des Draft 1 zur Revision des BVT-Merkblattes Abfallverbrennung

Parameter	BATAELS (2006)	Grenzwert IED(+CI)	Grenzwerte 17. BImSchV	Vorschlag BAT-AELS neue Anlage	Vorschlag BAT-AELS Bestandsanlagen	Einheit	Wert
Staub	1-5	10(±3)	5	2-5		mg/Nm^3	TMW
TOC	1-10	10(±3)	10	3-10		mg/Nm^3	TMW
HCl	1-8	10(±4)	10	2-6	2-8	mg/Nm^3	TMW
HF	1	1(±0.4)	1	<1	<1	mg/Nm^3	TMW
SO_2	1-40	50(±10)	50	10-30	10-40	mg/Nm^3	TMW
NO_x SCR	40-100	200(±40)	150	50-120	50-150	mg/Nm^3	TMW
SNCR	120-180		(200) für Bestandsanlagen bis 2019)		50-180		
NH_3 (SNCR)	1-10		10	3-10	3-10 (15)	mg/Nm^3	TMW
Hg	0.001-0.02	50 (über Probenahmezeitraum)	30	5-20	5-25	$\mu g/Nm^3$	TMW
Hg (indikative Werte)			50	15-35	15-40		HMW
CO	5-30	50(±5)	50	10-50		mg/Nm^3	TMW
PCCD/F	0,01-0,1	0,1		<0,01-0,04	<0,01-0,06	ng/Nm^3	monatlich (Langzeitprobenahme) bzw. über den Probenahmezeitraum
PCCD/F + dlPCB			0,1	<0,01-0,06	<0,01-0,08	ng/Nm^3	
Cd+Tl	0,005-0,05	0,05	0,05	0,01-0,02		mg/Nm^3	über den Probenahmezeitraum
Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu +Mn+Ni+V	0,005-0,5	0,5	0,5	0,05-0,3		mg/Nm^3	über den Probenahmezeitraum

Quelle: Neues aus dem Draft 1 zur Revision des BVT-Merkblattes Abfallverbrennung
Dipl.-Ing. Markus Gleis, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau

Ausgeführte Anlagen – MHKW Ludwigshafen

Veröffentlichung der Emissionsdaten 2016

GML Abfallwirtschaftsgesellschaft mbH

Emissionen des Müllheizkraftwerkes Ludwigshafen

Anlage:	Müllheizkraftwerk Ludwigshafen
Ort:	Ludwigshafen am Rhein
Betreiber:	GML Abfallwirtschaftsgesellschaft mbH
Berichtszeitraum:	01.01.2016 – 31.12.2016

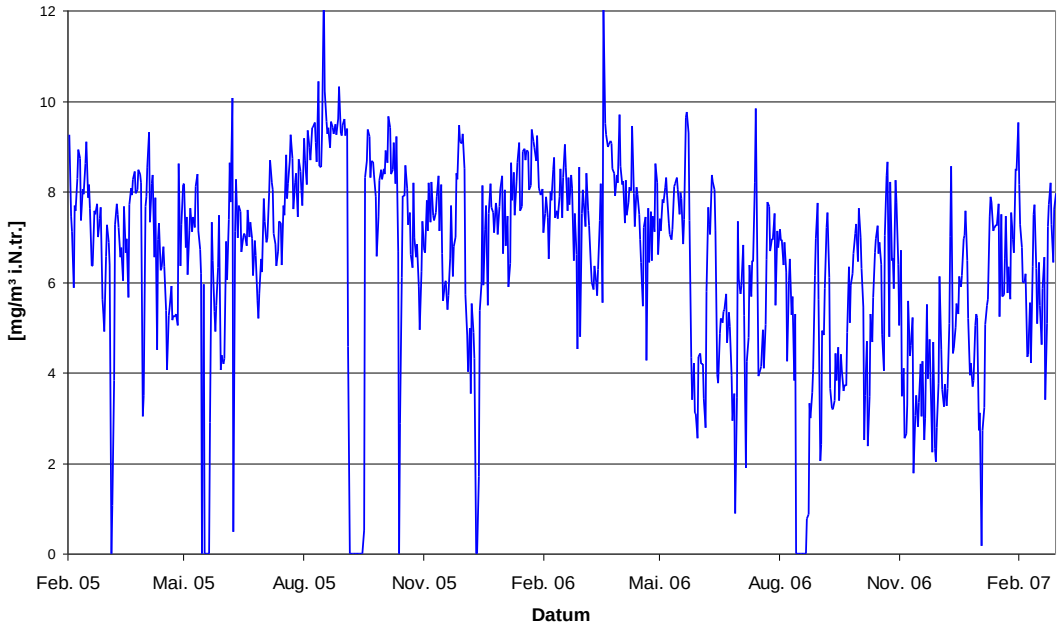
Die GML Abfallwirtschaftsgesellschaft informiert hiermit die Bürger der Stadt Ludwigshafen über die Emissionen des Müllheizkraftwerkes in Ludwigshafen. Diese Information erfolgt jedes Jahr. Alle kontinuierlichen Messungen sind mit behördlich abgenommenen und regelmäßig überwachten Messgeräten durchgeführt. Die Einzelmessungen wurden von einem unabhängigen zugelassenen Messinstitut vorgenommen.

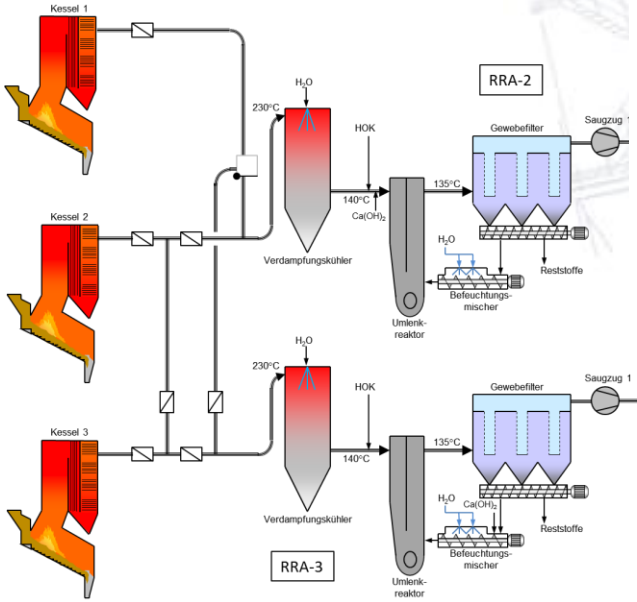
Verbrennungsbedingungen:
Kessel I: > 860 ° C für >1,5 sec. min. 6 Vol. % O2
Kessel II und III: > 850° C für > 1,5 sec. bei min. 5 Vol. % O2
Die Verbrennungsbedingungen wurden im Mittel eingehalten

Rauchgasreinigungslinie II
Kontinuierlich gemessene Emissionswerte Rauchgasreinigungslinie II:

Schadstoff	Abkürzung	Einheit	Jahresmittel	Grenzwert	
			2016	Tages-MW	Halb
Kohlenmonoxid	CO	mg/Nm³	17,92	50	100
Stickstoffoxide als NO2	NOx	mg/Nm³	55,04	100	400
Schwefeloxide als SO2	SOx	mg/Nm³	5,03	50	200
anorg. Chlorverb.	HCl	mg/Nm³	3,93	10	60
Gesamtstaub	Staub	mg/Nm³	2,35	10	30
Gesamt-C.	Ges.-C	mg/Nm³	0,5	10	20
Quecksilber	Hg	µg/Nm³	2,31	30	50

HCl-Reingaskonzentrationen
von 01.02.05 - 28.02.07



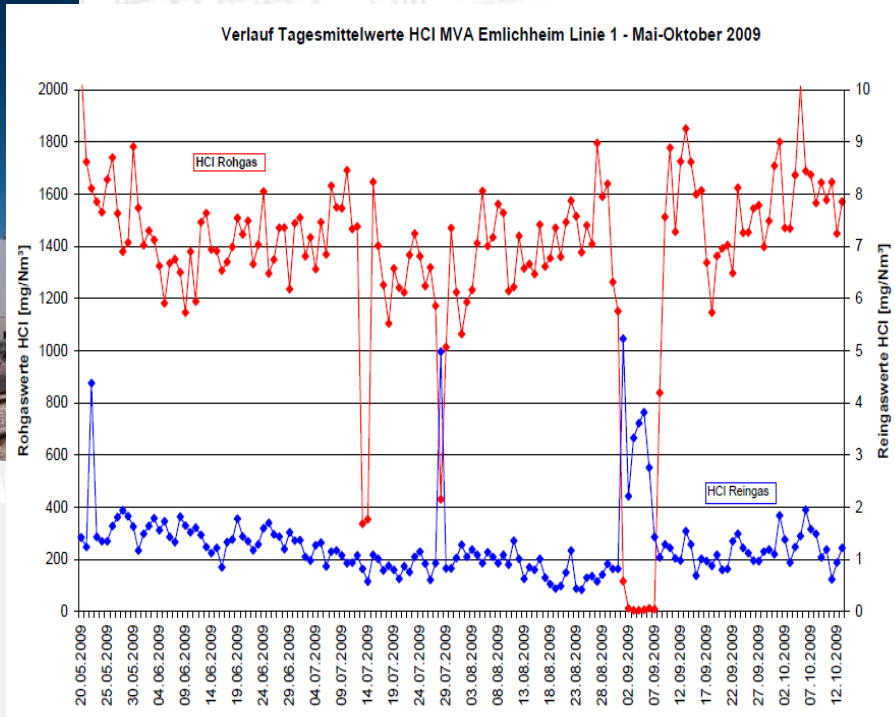


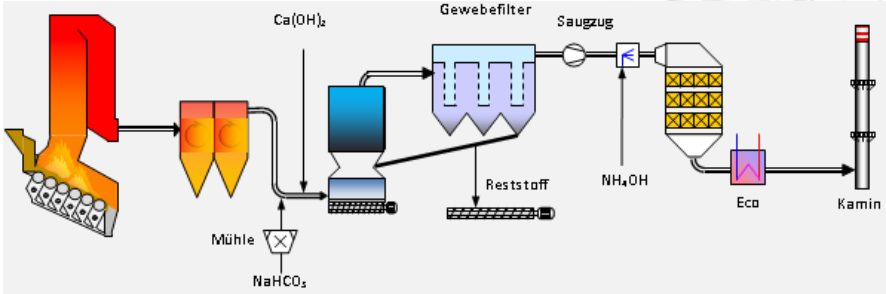
Summe Cadium, Thallium	Cd, Tl	mg/Nm³	0,001	0,05
Summe Antimon, Arsen, Blei, Chrom, Kobalt, Kupfer, Mangan, Nickel, Vanadium, Zinn	Sb, As, Pb, Cr, Co, Mn, Cu, Ni, V, Sn	mg/Nm³	0,02	0,5
Benz (a) pyren	BaP	mg/Nm³	0,001	0,05
Anorganische Flurverbindungen	HF	mg/Nm³	0,1	1
Ammoniak	NH3	mg/Nm³	0,2	15

Abkürzungen: MW = Mittelwert
mg = Milligramm = ein Tausendstel Gramm
µg = Mikrogramm = ein Millionstel Gramm
Nm³ = Normkubikmeter Abgas = Kubikmeter Abgas bei einer Temperatur von 20 C und einem Druck von 1bar
ngTE = Nanogramm Toxizitätsäquivalente = ein Milliardstel Gramm Toxizitätsäquivalente (Definition zu finden unter dem Internetlink http://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/dioxine)

Quelle: Die Rheinpfalz, Nr. 92 vom 20. April 2017

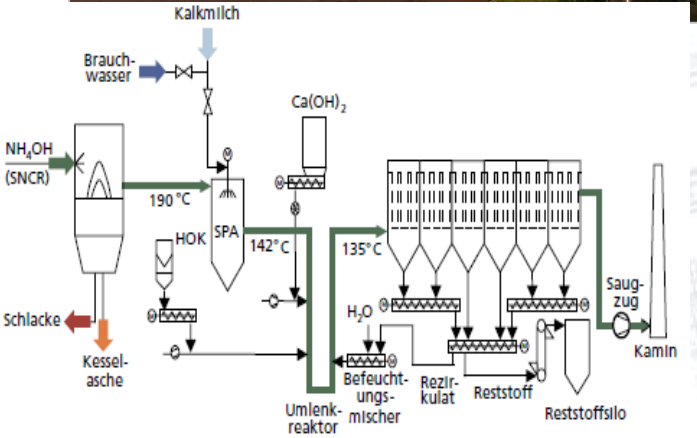
Ausgeführte Anlagen – MVA EVI-Europark

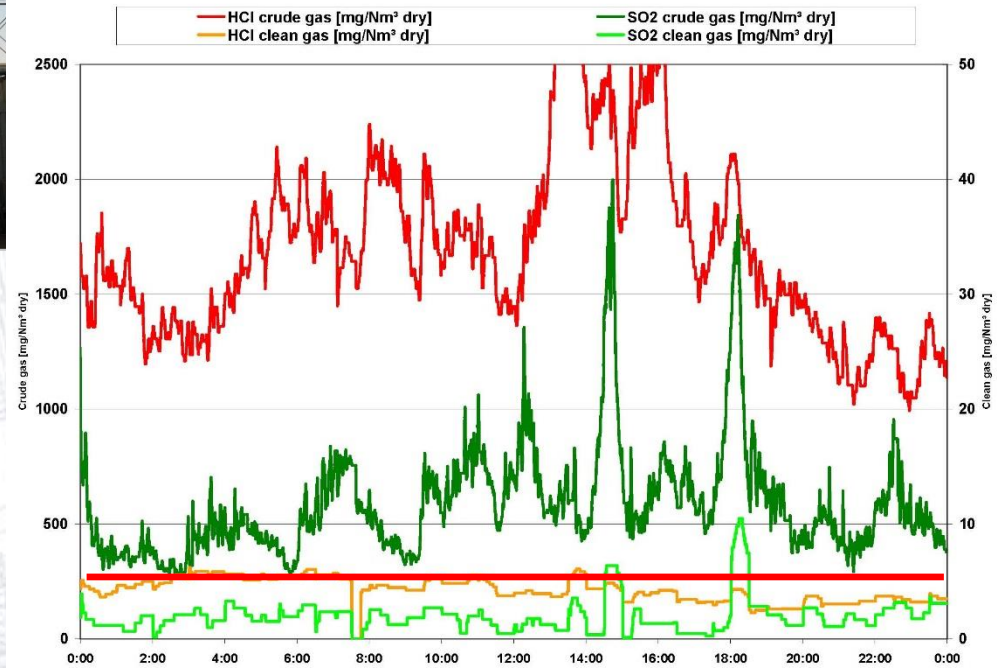




Quelle: Dr. Buhlmann; Trockene Rauchgasreinigung der MVA-EVI-Europark; 5. Tagung- Trockene Abgasreinigung für Feuerungsanlagen und andere thermische oder chemische Prozesse Essen, 12. - 13. November 2009

Ausgeführte Anlagen – MHKW Rothensee





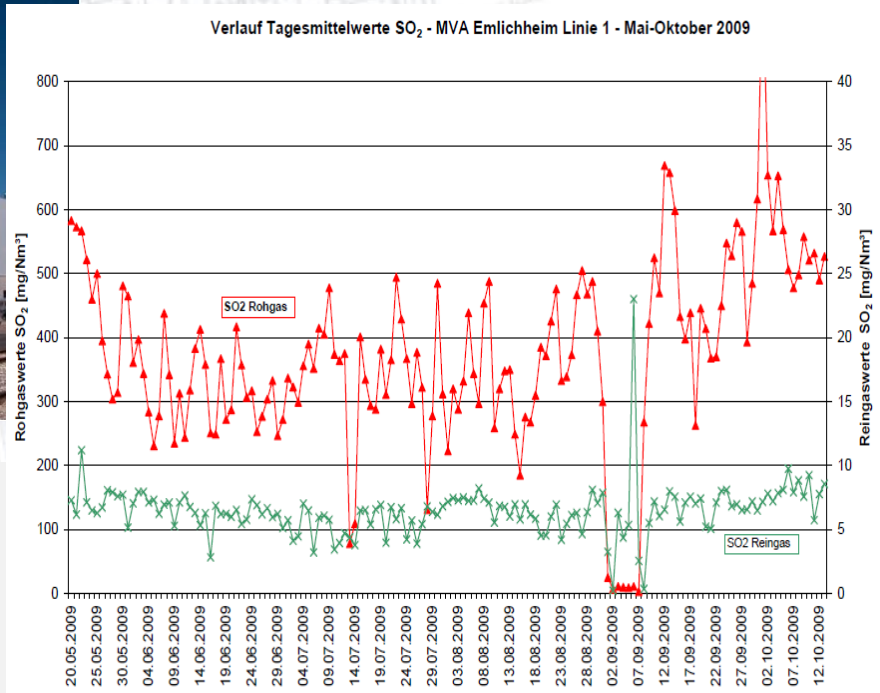
Quelle: R. Margraf; Dry, Semi-dry or Wet– Which System Fits Best Depending on the Overall Conditions?, IRRC, Vienna 2017

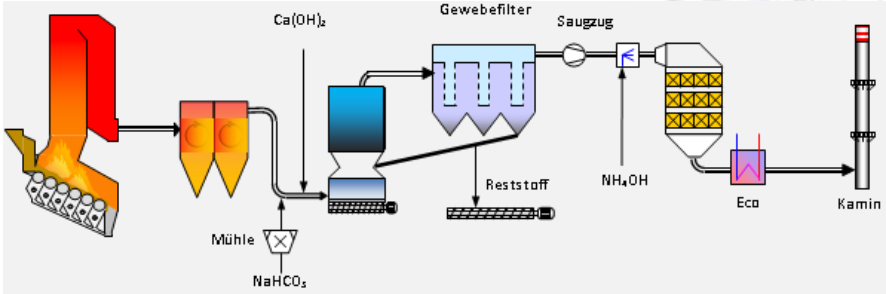
Gegenüberstellung der Emissionsanforderungen des Draft 1 zur Revision des BVT-Merkblattes Abfallverbrennung

Parameter	BATAELS (2006)	Grenzwert IED(+CI)	Grenzwerte 17. BImSchV	Vorschlag BAT-AELS neue Anlage	Vorschlag BAT-AELS Bestandsanlagen	Einheit	Wert
Staub	1-5	10(±3)	5	2-5		mg/Nm^3	TMW
TOC	1-10	10(±3)	10	3-10		mg/Nm^3	TMW
HCl	1-8	10(±4)	10	2-6	2-8	mg/Nm^3	TMW
HF	1	1(±0.4)	1	<1	<1	mg/Nm^3	TMW
SO_2	1-40	50(±10)	50	10-30	10-40	mg/Nm^3	TMW
NO_x SCR	40-100	200(±40)	150	50-120	50-150	mg/Nm^3	TMW
SNCR	120-180		(200) für Bestandsanlagen bis 2019)		50-180		
NH_3 (SNCR)	1-10		10	3-10	3-10 (15)	mg/Nm^3	TMW
Hg	0.001-0.02	50 (über Probenahmezeitraum)	30	5-20	5-25	$\mu g/Nm^3$	TMW
Hg (indikative Werte)			50	15-35	15-40		HMW
CO	5-30	50(±5)	50	10-50		mg/Nm^3	TMW
PCCD/F	0,01-0,1	0,1		<0,01-0,04	<0,01-0,06	ng/Nm^3	monatlich (Langzeitprobenahme) bzw. über den Probenahmezeitraum
PCCD/F + dlPCB			0,1	<0,01-0,06	<0,01-0,08	ng/Nm^3	
Cd+Tl	0,005-0,05	0,05	0,05	0,01-0,02		mg/Nm^3	über den Probenahmezeitraum
Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu +Mn+Ni+V	0,005-0,5	0,5	0,5	0,05-0,3		mg/Nm^3	über den Probenahmezeitraum

Quelle: Neues aus dem Draft 1 zur Revision des BVT-Merkblattes Abfallverbrennung
Dipl.-Ing. Markus Gleis, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau

Ausgeführte Anlagen – MVA EVI-Europark





Quelle: Dr. Buhlmann; Trockene Rauchgasreinigung der MVA-EVI-Europark;
5. Tagung- Trockene Abgasreinigung für Feuerungsanlagen und
andere thermische oder chemische Prozesse Essen, 12. - 13. November 2009

Gegenüberstellung der Emissionsanforderungen des Draft 1 zur Revision des BVT-Merkblattes Abfallverbrennung

Parameter	BATAELS (2006)	Grenzwert IED(+CI)	Grenzwerte 17. BImSchV	Vorschlag BAT-AELS neue Anlage	Vorschlag BAT-AELS Bestandsanlagen	Einheit	Wert
Staub	1-5	10(±3)	5	2-5		mg/Nm^3	TMW
TOC	1-10	10(±3)	10	3-10		mg/Nm^3	TMW
HCl	1-8	10(±4)	10	2-6	2-8	mg/Nm^3	TMW
HF	1	1(±0.4)	1	<1	<1	mg/Nm^3	TMW
SO_2	1-40	50(±10)	50	10-30	10-40	mg/Nm^3	TMW
NO_x SCR	40-100	200(±40)	150	50-120	50-150	mg/Nm^3	TMW
SNCR	120-180		(200) für Bestandsanlagen bis 2019)		50-180		
NH_3 (SNCR)	1-10		10	3-10	3-10 (15)	mg/Nm^3	TMW
Hg	0.001-0.02	50 (über Probenahmezeitraum)	30	5-20	5-25	$\mu g/Nm^3$	TMW
Hg (indikative Werte)			50	15-35	15-40		HMW
CO	5-30	50(±5)	50	10-50		mg/Nm^3	TMW
PCCD/F	0,01-0,1	0,1		<0,01-0,04	<0,01-0,06	ng/Nm^3	monatlich (Langzeitprobenahme) bzw. über den Probenahmezeitraum
PCCD/F + dlPCB			0,1	<0,01-0,06	<0,01-0,08	ng/Nm^3	
Cd+Tl	0,005-0,05	0,05	0,05	0,01-0,02		mg/Nm^3	über den Probenahmezeitraum
Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu +Mn+Ni+V	0,005-0,5	0,5	0,5	0,05-0,3		mg/Nm^3	über den Probenahmezeitraum

Quelle: Neues aus dem Draft 1 zur Revision des BVT-Merkblattes Abfallverbrennung
Dipl.-Ing. Markus Gleis, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau

Stickoxidminderung

Warum will man die NO_x-Emissionen weiter reduzieren?

Um negative Effekte auf die menschliche Gesundheit und Ökosysteme zu verringern, haben die Parteien der Genfer Luftreinhaltekonvention das Multikomponentenprotokoll (Göteborg-Protokoll) beschlossen, welches im Mai 2005 in Kraft trat.

Im Mai 2012 haben die Vertragsparteien die Novellierung des Multikomponentenprotokolls beschlossen. Darin hat sich Deutschland verpflichtet, die Emissionen gegenüber 2005 sowohl für 2020 (-39 %) als auch für 2030 (-65 %) weiter zu senken. Diese Ziele stellen Deutschland vor eine große Herausforderung und bedeuten in ihrer Umsetzung weiterhin zusätzliche Maßnahmen zur Minderung der Stickstoffemissionen zu ergreifen.

Stickoxidminderung

- Hintergrund/Motivation

  NO_x-Immissionsgrenzwert von 40 µg/m³ wird vielerorts nicht eingehalten

  Studie des Helmholtz-Zentrum München zu Krankheitslasten durch luftgetragene NO_2-Expositionen in Deutschland steht noch aus

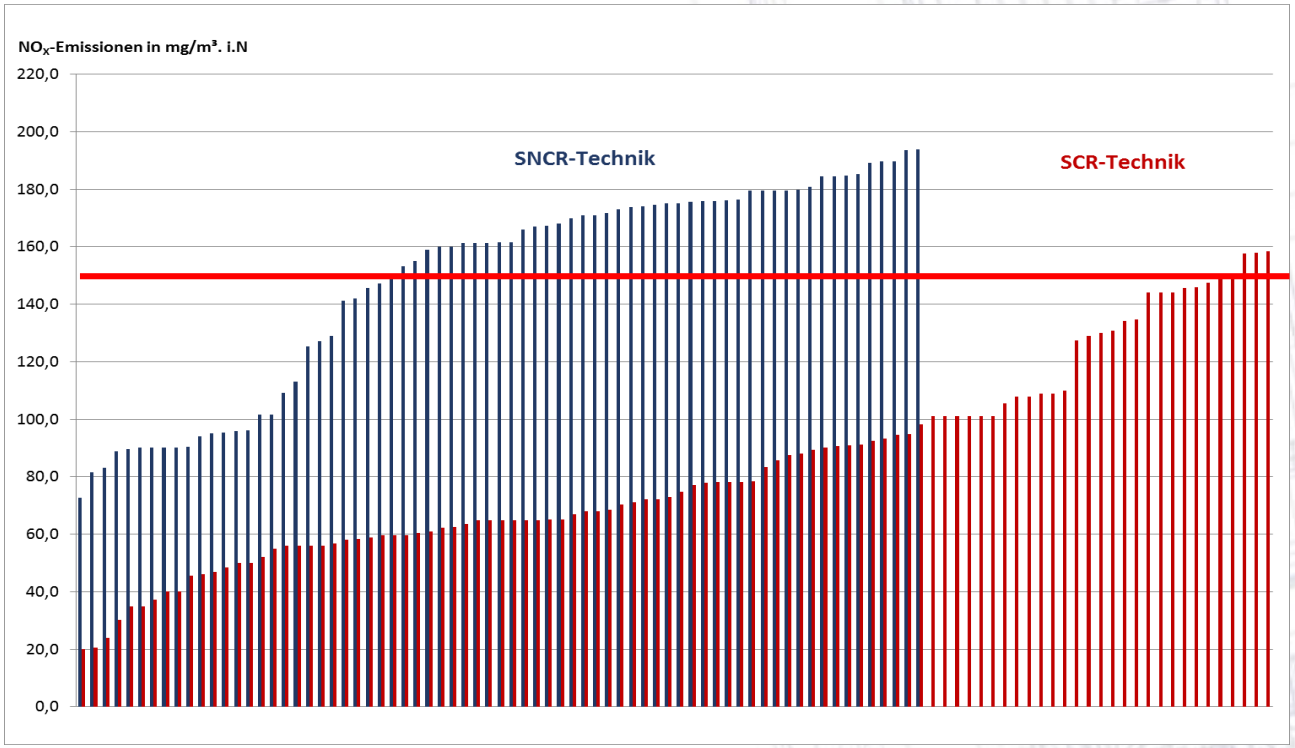
  zur Erreichung der Minderungsziele gemäß des Multikomponentenprotokolls müssen die NO_x-Emissionen reduziert werden

- NO_x-Emissionen

  die emittierte NO_x-Fracht der Abfallverbrennungsanlagen gespiegelt an der Gesamt NO_x-Fracht liegt bei einem Anteil von 0,04 % (Bezugsjahr 2015).

  Die im Entwurf vorliegenden NO_x-Obergrenzen der BAT-AEL sind synonym mit der aktuellen 17. BImSchV

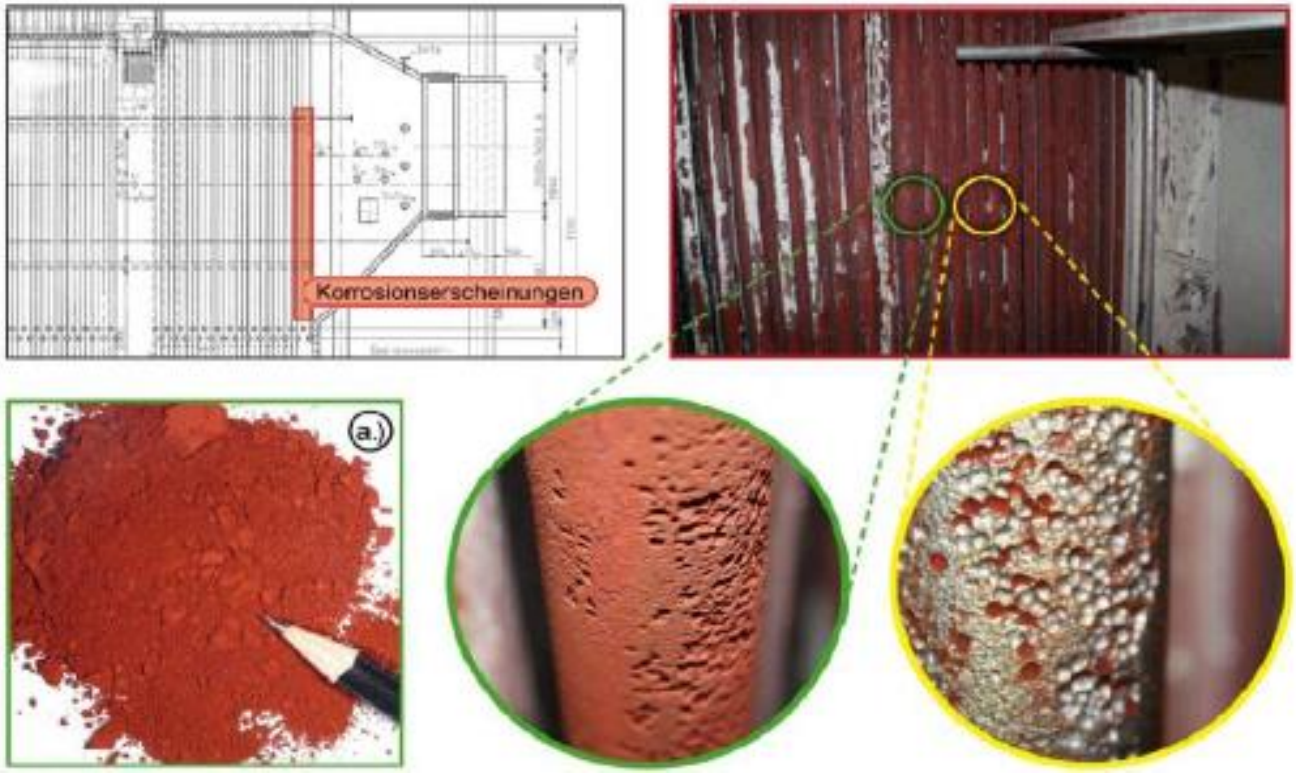
Ausgeführte Anlagen



Quelle: M. Treder: ITAD Emissionsbericht 2016, vorläufig, unveröffentlicht, Düsseldorf 10.09.2017

Weitere Anforderung aus dem Draft 1 zur Revision des BVT-Merkblattes Abfallverbrennung

Korrosion an den Eco-Rohren (links: Eisenoxid, Ammoniumeisenchlorid; rechts: Mulden-Korrosion (Lochfrass) durch deliqueszente Ammoniumsalze)



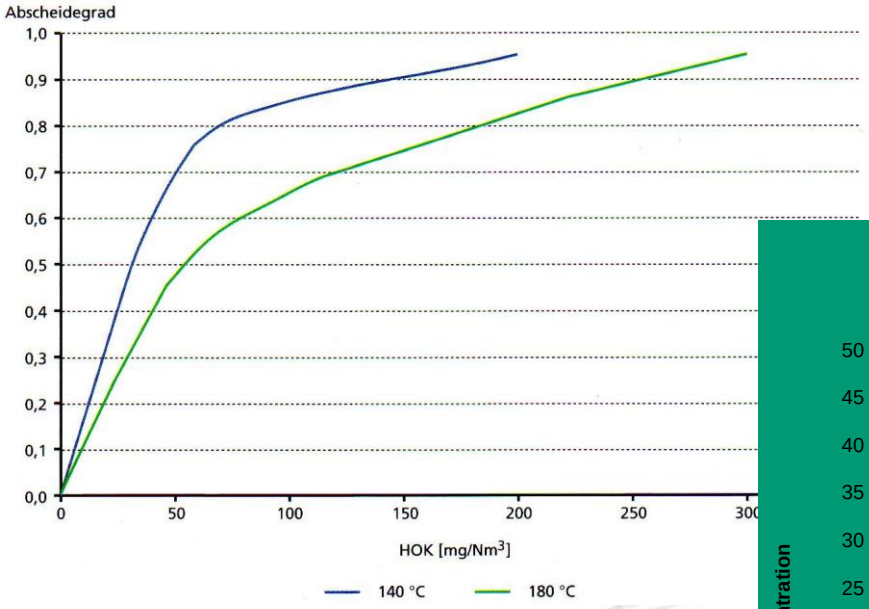
Quelle: Zinsler, S. Energieeffizienz im MHKW Ulm und Auswirkungen von besonderen Grenzwertanforderungen; Regensburger Fachtagung, Regensburg, Juni 2012

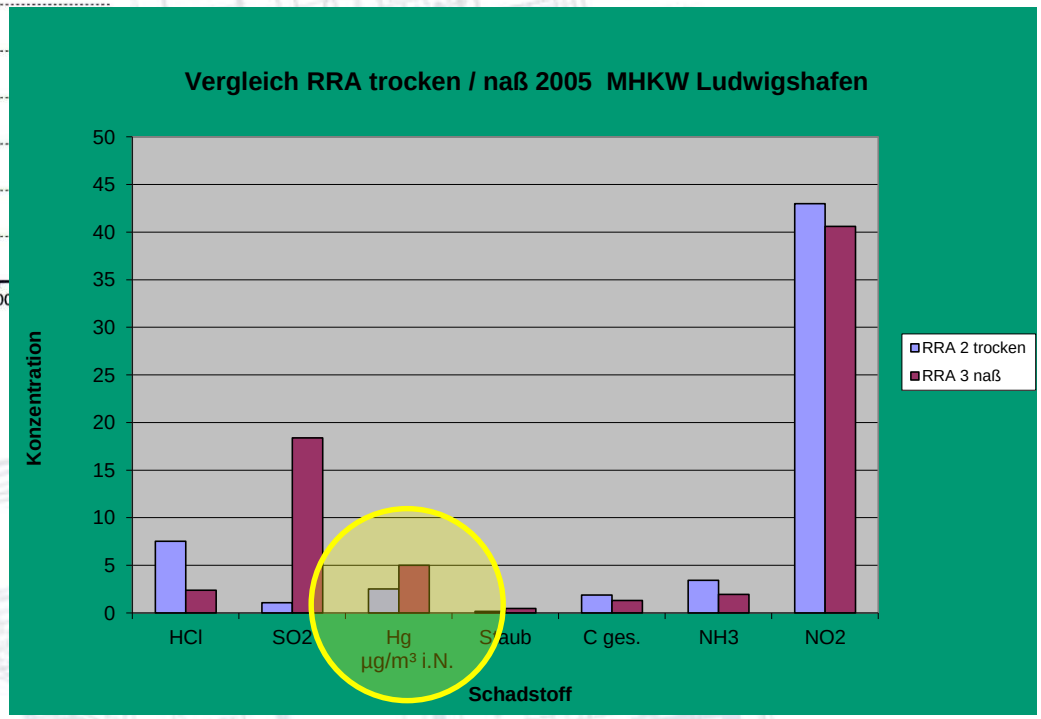
Gegenüberstellung der Emissionsanforderungen des Draft 1 zur Revision des BVT-Merkblattes Abfallverbrennung

Parameter	BATAELS (2006)	Grenzwert IED(+CI)	Grenzwerte 17. BImSchV	Vorschlag BAT-AELS neue Anlage	Vorschlag BAT-AELS Bestandsanlagen	Einheit	Wert
Staub	1-5	10(±3)	5	2-5		mg/Nm^3	TMW
TOC	1-10	10(±3)	10	3-10		mg/Nm^3	TMW
HCl	1-8	10(±4)	10	2-6	2-8	mg/Nm^3	TMW
HF	1	1(±0.4)	1	<1	<1	mg/Nm^3	TMW
SO_2	1-40	50(±10)	50	10-30	10-40	mg/Nm^3	TMW
NO_x SCR	40-100	200(±40)	150	50-120	50-150	mg/Nm^3	TMW
SNCR	120-180		(200) für Bestandsanlagen bis 2019)		50-180		
NH_3 (SNCR)	1-10		10	3-10	3-10 (15)	mg/Nm^3	TMW
Hg	0.001-0.02	50 (über Probenahmezeitraum)	30	5-20	5-25	µg/Nm^3	TMW
Hg (indikative Werte)			50	15-35	15-40		HMW
CO	5-30	50(±5)	50	10-50		mg/Nm^3	TMW
PCCD/F	0,01-0,1	0,1		<0,01-0,04	<0,01-0,06	ng/Nm^3	monatlich (Langzeitprobenahme) bzw. über den Probenahmezeitraum
PCCD/F + dlPCB			0,1	<0,01-0,06	<0,01-0,08	ng/Nm^3	
Cd+Tl	0,005-0,05	0,05	0,05	0,01-0,02		mg/Nm^3	über den Probenahmezeitraum
Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu +Mn+Ni+V	0,005-0,5	0,5	0,5	0,05-0,3		mg/Nm^3	über den Probenahmezeitraum

Quelle: Neues aus dem Draft 1 zur Revision des BVT-Merkblattes Abfallverbrennung
Dipl.-Ing. Markus Gleis, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau

Quecksilberabscheidung in der Trockensorption





Quelle: Interargem, Bielefeld

Quecksilberabscheidung in Wäscher

Mercury Control Module
(~68cm x 64cm Grundfläche, ~30cm Höhe)

Quelle: Fa. Core

$SO_{2\,(aq)} + 3\,H_2O \leftrightarrow H_3O^+_{(aq)} + HSO_3^-{}_{(aq)} + H_2O \leftrightarrow 2\,H_3O^+_{(aq)} + SO_3^{2-}{}_{(aq)}$

$2\,HgCl_{2\,(aq)} + SO_3^{2-}{}_{(aq)} + 3\,H_2O \rightarrow Hg_2Cl_{2\,(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} + 2\,H_3O^+_{(aq)} + 2\,Cl^-_{(aq)}$

$Hg_2Cl_{2\,(aq)} + SO_3^{2-}{}_{(aq)} + 3\,H_2O \rightarrow 2\,Hg^0_{(g)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} + 2\,H_3O^+_{(aq)} + 2\,Cl^-_{(aq)}$

$Hg_2Cl_{2\,(aq)} \leftrightarrow Hg^0_{(g)} + HgCl_{2\,(aq)}$ (Disproportionierung)

$HgCl_{2\,(aq)} + SO_3^{2-}{}_{(aq)} + 3\,H_2O \rightarrow Hg^0_{(g)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} + 2\,H_3O^+_{(aq)} + 2\,Cl^-_{(aq)}$

Mit zunehmendem pH-Wert stabilisiert sich die Bildung von Sulfit-Ionen, so dass eine Reduktion des ionisches Quecksilbers zu elementarem Quecksilber stattfinden kann

Weitere Änderungen und Beeinflussung der Abgasreinigungsverfahren

Wärmenutzung – Messumfang

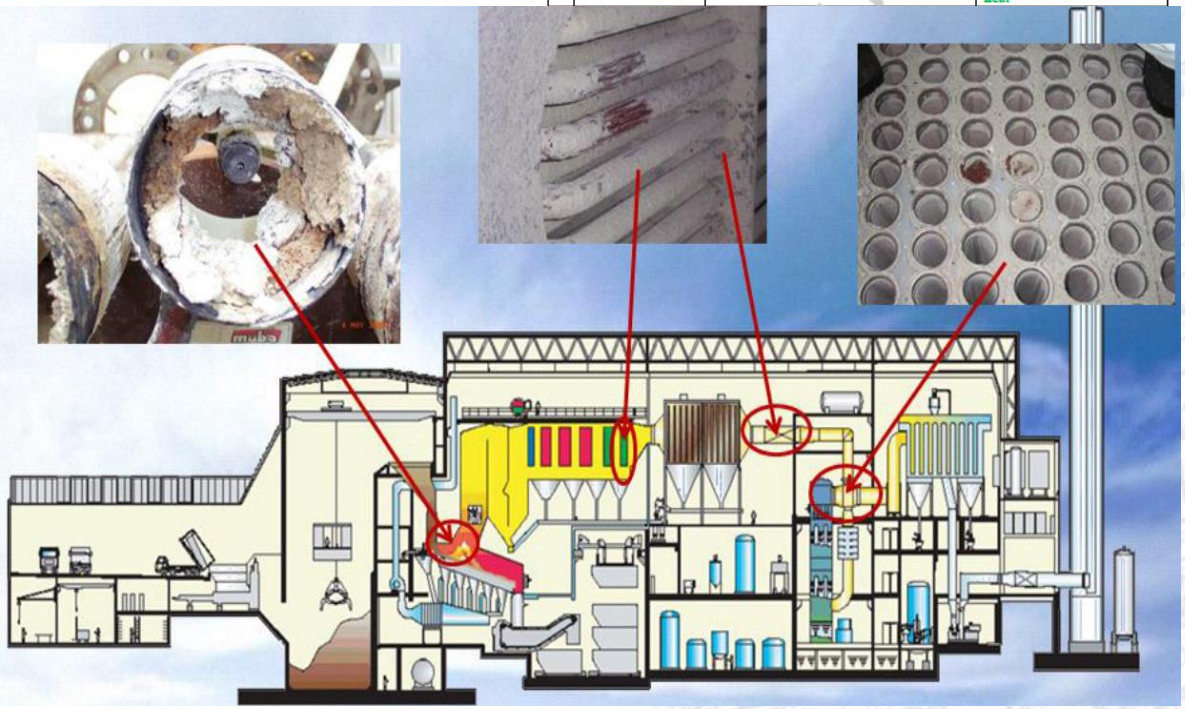
ete.a
Ingenieurbüro für Energie- und Umweltengineering & Beratung

Weitere Anforderung aus dem Draft 1 zur Revision des BVT-Merkblattes Abfallverbrennung

BAT 21. In order to increase the energy efficiency of the incineration plant, BAT is to use a combination of the techniques given below.

	Technique	Description	Applicability
a.	Thermal drying of sewage sludge	After mechanical dewatering, sewage sludge is further dried using low-grade thermal energy.	Applicable within the constraints associated with the availability of low-grade heat

MHKW Ulm - Problemstellen durch den zu hohen Ammoniak-Schlupf



Quelle: Zinsler, S. Energieeffizienz im MHKW Ulm und Auswirkungen von besonderen Grenzwertanforderungen; Regensburger Fachtagung, Regensburg, Juni 2012

Quelle: BAT Reference Document On Waste Incineration, Draft 1 (May 2017)

Weitere Anforderung aus dem Draft 1 zur Revision des BVT-Merkblattes Abfallverbrennung

f.	High steam conditions	The higher the steam conditions (temperature and pressure), the higher the electricity conversion efficiency allowed by the steam cycle. Working at increased steam conditions (e.g. above 45 bar, 400 °C) requires the use of special steel alloy or refractory cladding to protect the boiler sections that are exposed to the highest temperatures.	Applicable to new plants and to major retrofits of existing plants, where the plant is mainly oriented towards the generation of electricity. The applicability may be limited by: • the stickiness of the fly ashes; • the corrosiveness of the flue-gas.
[illegible]	[illegible]	[illegible] where the heat (mainly from the steam system) is used for producing hot [illegible] processes/activities or in a public network [illegible]	Applicable within the constraints associated with the local heat demand [illegible] demand
h.	Flue-gas condenser	A heat exchanger where the water vapour contained in the flue-gas condenses, transferring the latent heat to water at a sufficiently low temperature (e.g. return flow of a district heating network). The flue-gas condenser also provides co-benefits by reducing emissions to air (e.g. of dust and acid gases). The use of heat pumps can increase the amount of energy recovered from flue-gas condensation	Applicability may be limited by the demand for low-temperature heat, e.g. by the availability of a district heating network with a sufficiently low return temperature

Aufgrund der Forderung eines abwasserfreien Betriebes ist das in Deutschland nicht machbar!

Quelle: BAT Reference Document On Waste Incineration, Draft 1 (May 2017)

Weitere Anforderung aus dem Draft 1 zur Revision des BVT-Merkblattes Abfallverbrennung

Substance/ Parameter	Process	Standard(s) (1)	Minimum monitoring frequency	Monitoring associated with
NO_X	Incineration	Generic EN standards	Continuous	BAT 29
NH_3	When SNCR and/or SCR is used	Generic EN standards	Continuous	BAT 29
N_2O	• Incineration in fluidised bed furnaces • When SNCR is operated with urea	EN 21258	Once every year	BAT 29
CO	Incineration	Generic EN standards	Continuous	BAT 29
SO_2	Incineration	Generic EN standards	Continuous	BAT 28
HCl	Incineration	Generic EN standards	Continuous	BAT 28
HF	Incineration	Generic EN standards	Continuous (2)	BAT 28
Dust	Bottom ash treatment	EN 13284-1	Once every year	BAT 27
		Generic EN		
PCDD/F	Incineration	No EN standard available for long-term sampling, EN 1948-2, EN 1948-3	Once every month (4)	BAT 30
Dioxin-like PCBs	Incineration	No EN standard available for long-term sampling, EN 1948-2, EN 1948-4	Once every month (3)(4)	BAT 30
Benzo[a]pyrene	Incineration	No EN standard available	Once every year	BAT 30

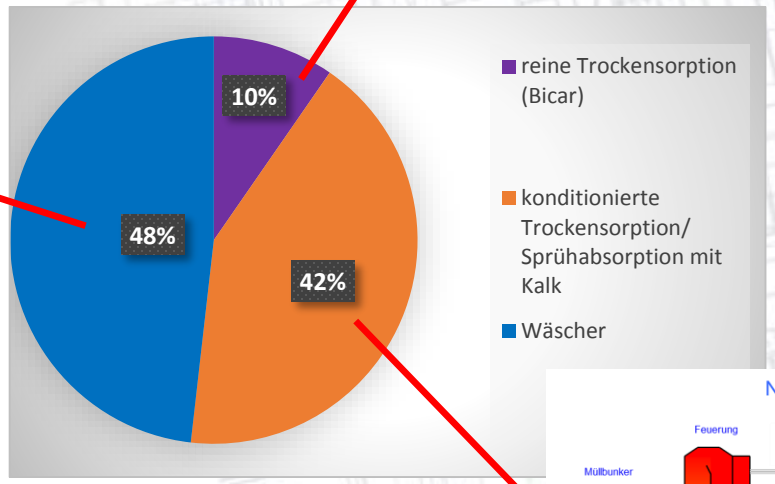
(1) Generic EN standards for continuous measurements are EN 15267-1, EN 15267-2, EN 15267-3, and EN 14181. EN standards for periodic measurements are given in the table or in the footnotes.
(2) The continuous measurement of HF may be replaced by periodic measurements with a minimum frequency of once every six months if the HCl emission levels are proven to be sufficiently stable. No EN standard is available for the periodic measurement of HF.
(3) For incineration plants with a capacity of < 100 000 tonnes/year incinerating exclusively non-hazardous waste, and for plants incinerating wastes with intrinsically low and constant mercury content (e.g. sewage sludge, mono-streams of waste of controlled composition), the continuous monitoring of emissions can be replaced by long-term sampling or periodic monitoring with a minimum frequency of once every six months. In the latter case the relevant standard is EN 13211.
(4) The monitoring frequency of once every month refers to monitoring carried out by long-term sampling. For incineration plants incinerating exclusively non-hazardous waste and for incineration plants where PCDD/F emission levels are proven to be sufficiently stable, the monthly long-term sampling of PCDD/F emissions can be replaced by periodic measurements with a minimum monitoring frequency of once every six months. In this case

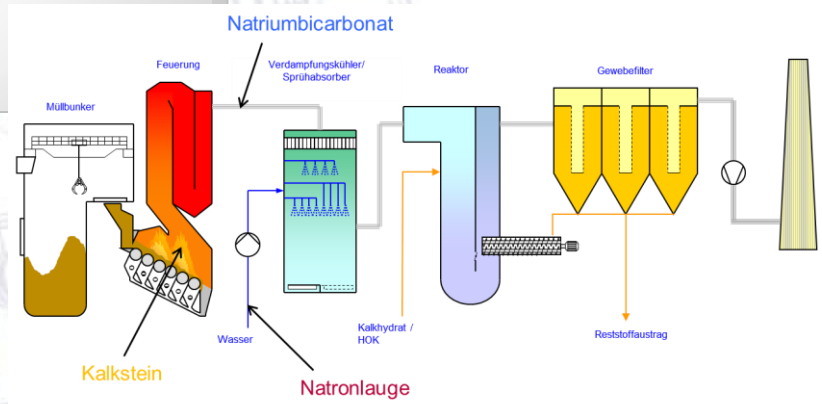
N_2O	• Incineration in fluidised bed furnaces • When SNCR is operated with urea	EN 21258	Once every year	BAT 29

Quelle: BAT Reference Document On Waste Incineration, Draft 1 (May 2017)

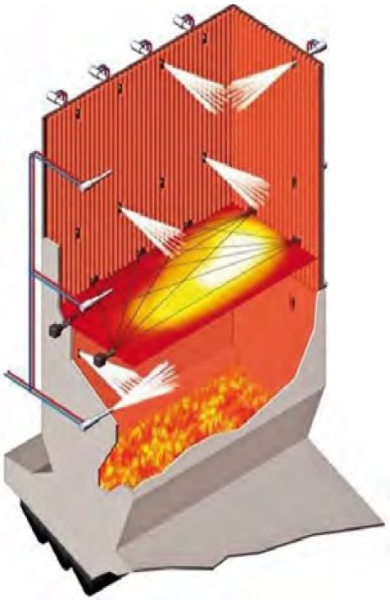
Zusammenfassung / Ausblick

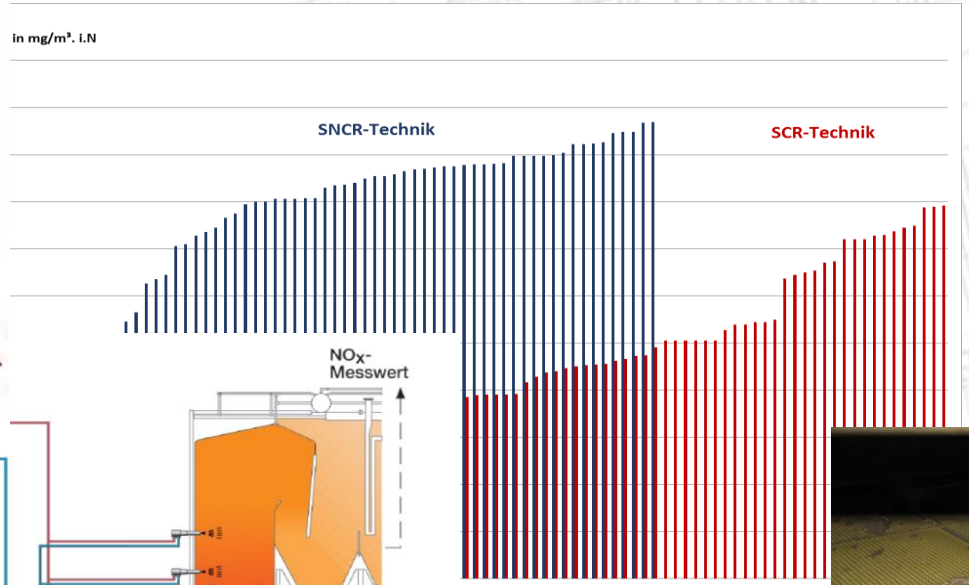
Zusammenfassung

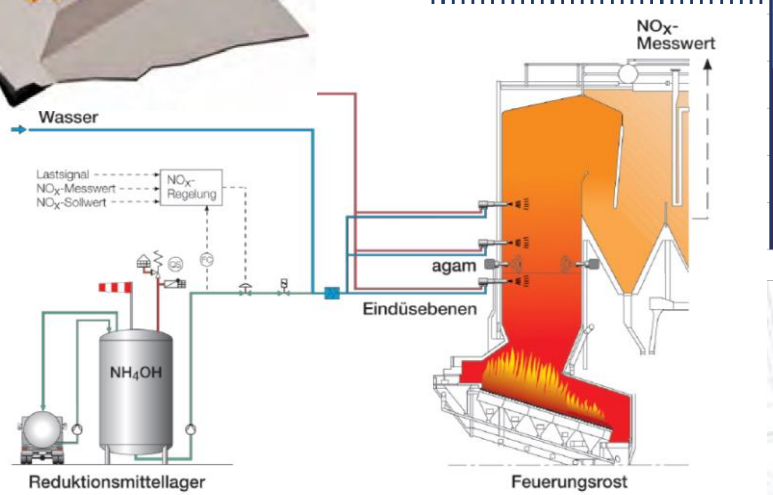


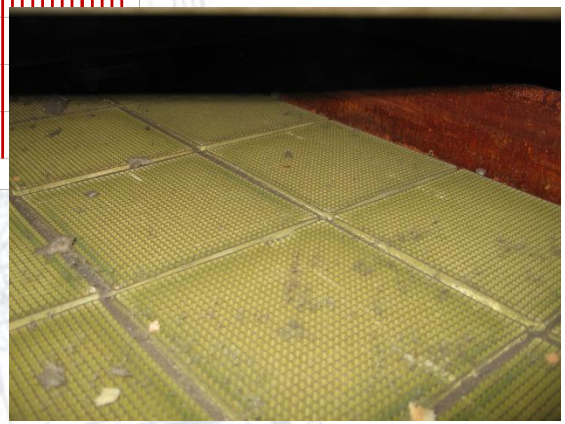


Zusammenfassung



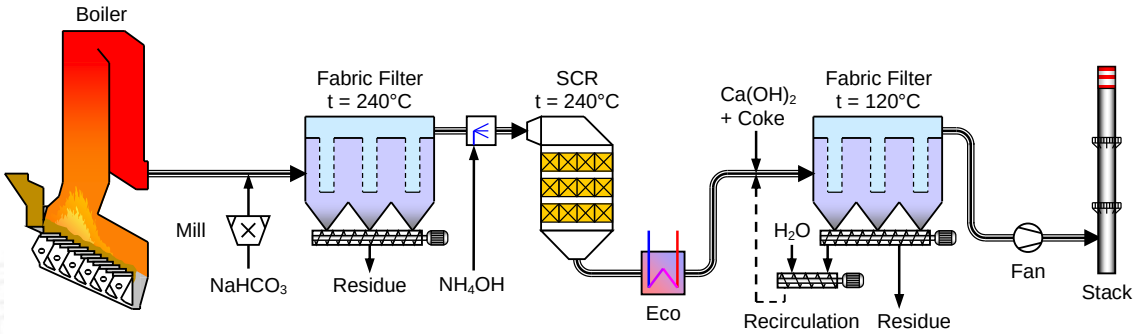






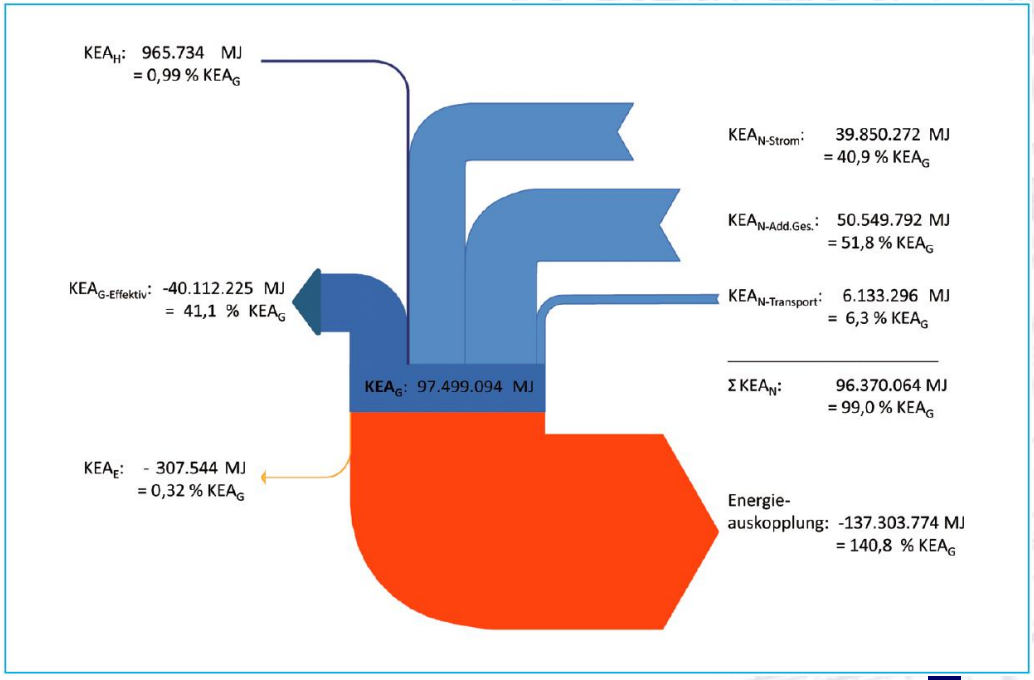
Quelle: von der Heide, B.: Das SNCR-Verfahren - Entwicklungsstand und Perspektive. Energie aus Abfall - Band 8, TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2011, S.;683-706, ISBN 978-3-935317-60-3.

Zusammenfassung



Sankey-Diagramm KEA-Gesamt

(KEA_N für HCl-Rohgas 1.300 mg/m³; SO_2-Rohgas 500 mg/m³); 8000 Bh



Vielen Dank und herzLICHe Grüße aus dem Herzen der Natur!!

ete.a

Ingenieurgesellschaft für Energie- und Umweltengineering & Beratung mbH

Fürstliches Hofgut Kolnhausen 12

35423 Lich

☏ +49 6404-658164

🖷 +49 6404-658165

✉ info@ete-a.de

www.ete-a.de