

## Modifizierte Trockenabsorption zur energetischen und wirtschaftlichen Optimierung der Abgasreinigung

Bernd Morun

1.	Erhöhung der Energieeffizienz von Abfallverbrennungsanlagen durch Anpassung der Abgasreinigung .....	570
1.1.	Umbau der ersten MVA-Nasswäsche auf Trockenabsorption .....	570
1.2.	Wechsel einer MVA-Sprühabsorption auf Trockenabsorption .....	573
1.3.	EBS-Anlage mit optimaler Energienutzung .....	579
2.	Zusammenfassung .....	581
3.	Literatur .....	582

Während in den sechziger bis neunziger Jahren bei der Abfallverbrennung das Hauptaugenmerk der Minimierung und Stabilisierung/Inertisierung der Abfälle galt, werden heute Abfälle verschiedenster Herkunft zum teilweisen oder kompletten Ersatz fossiler Energieträger immer stärker als *echte* Brennstoffquelle zur Ressourcenschonung genutzt. Da kesselseitig eine Steigerung der Energieeffizienz kaum noch möglich, steht die Energieeffizienzsteigerung der häufig noch energieintensiven Abgasreinigung im Blickfeld.

Als energieeffiziente Beispiele sind insbesondere die EBS-Kraftwerke zu nennen, die sehr häufig direkt mit industriellen Strom- und Wärmeverbrauchern verbunden sind. Ebenfalls unter dem Aspekt der optimierten Energienutzung werden mittlerweile auch Abfallverbrennungen betrieben, die neben der Stromerzeugung auch Fernwärme in ein entsprechendes Netz auskoppeln.

Insbesondere durch diese energieoptimierten Anlagen, die Abfallrahmenrichtlinie RL 2008/98/EG und durch neue Erkenntnisse auf der Additivseite erfuhrt die Trockenabsorption als Abgasreinigung mit optimaler Energieausbeute in den letzten Jahren eine Renaissance.

Der Nachteil der Nasswäschen und semi-trockenen Anlagen gegenüber den trockenen Systemen ist darin begründet, dass zum Verdampfen von Wasser eine Wärmemenge von über  $3.300 \text{ kJ/m}^3$  injiziertem Wasser nahezu unwiederbringlich verloren geht [1, 2].

Auch wenn man die durch Wasserverdampfung verlorene Wärmemenge an semi-trockenen oder nassen Abgasreinigungen theoretisch durch nachträgliche Kondensation zum Teil wieder zurückgewinnen kann [3], ist dies selten sinnvoll.

Man erhält die dabei anfallende Wärme auf einer Temperaturebene, die mit etwa 40 °C weit unter einer sinnvoll direkt nutzbaren liegt. Des Weiteren muss in der Regel das Abgas zusätzlich wieder aufgeheizt werden, um *Nachbarschaftsprobleme* zu vermeiden.

Letztendlich kann der Brennwert eines Abfalls nur mit einer rein trockenen Abgasreinigung und der dementsprechenden weitergehenden Abgaswärmenutzung (ohne Verschwendung von Energie zur Wasserverdampfung/Konditionierung) ökologisch und ökonomisch optimal genutzt werden.

Über den energetischen Mehrwert hinaus zeigt sich bei echt trockenen Verfahren (ohne Anfeuchtung/Konditionierung/Rezirkulation) als erheblicher Vorteil eine extreme Vereinfachung der Wartung und Instandhaltung.

Hier hat sich insbesondere die trockene Abgasreinigung mit dem hocheffizienten Natriumbicarbonat ( $\text{NaHCO}_3$ ) als Additiv hervor getan [1,4].

Durch die minimale Anzahl an Aggregaten und Regelkreisen sowie den Einsatz bewährter Techniken reduzieren sich auch die Kostenaufwendungen für Wartung und Instandhaltung.

## **1. Erhöhung der Energieeffizienz von Abfallverbrennungsanlagen durch Anpassung der Abgasreinigung**

### **1.1. Umbau der ersten MVA-Nasswäsche auf Trockenabsorption**

Als erste deutsche Abfallverbrennung entschied sich Ende 2009 die MVA Weisweiler, die installierten mehrstufigen Nasswäschen für saure Abgaskomponenten durch eine einfache, einstufige Natriumbikarbonat-Trockenabsorption zu ersetzen.

Weisweiler verfügt über 3 gleich aufgebaute, parallele Kessel- und Abgasreinigungslinien mit einem Abfalldurchsatz von jeweils etwa 16 t/h und erzeugt 51,5 t Dampf/Linie. Die Abgasreinigungslinien werden seit Februar 2010 sukzessive umgebaut.

Die vorherige Abgasreinigung bestand je Linie aus:

- Sprühabsorber (zum Eindampfen der neutralisierten Waschwässer),
- Gewebefilter (zur Staub- und Salzabscheidung),
- Saure Waschstufe (HCl- Wäscher),
- Neutralisation der sauren Wässer,
- Basische Waschstufe ( $\text{SO}_2$ -Wäscher auf Kalkmilchbasis),
- Wärmetauscher vor/nach Katalysator der SCR (zur Vorheizung des Abgases nach Wäscher),

- Gas- Kanalbrenner (zum Erreichen der für die Entstickung benötigten Temperatur),
- Katalysator mit  $\text{NH}_4\text{OH}$ - Zugabe,
- Saugzug/Kamin.

Die sauren Rohgaswerte liegen der Abfallzusammensetzung gemäß im üblichen Rahmen von Hausmüllverbrennungsanlagen mit mäßigem Anteil an Gewerbemüll [5]:

- Volumenstrom:  $\sim 76.000 \text{ Nm}^3/\text{h, tr}$
- HCl: 1.100 bis max. 3.000  $\text{mg}/\text{Nm}^3$
- $\text{SO}_2$ : 350 bis max. 1.000  $\text{mg}/\text{Nm}^3$
- HF: 30 bis max. 40  $\text{mg}/\text{Nm}^3$

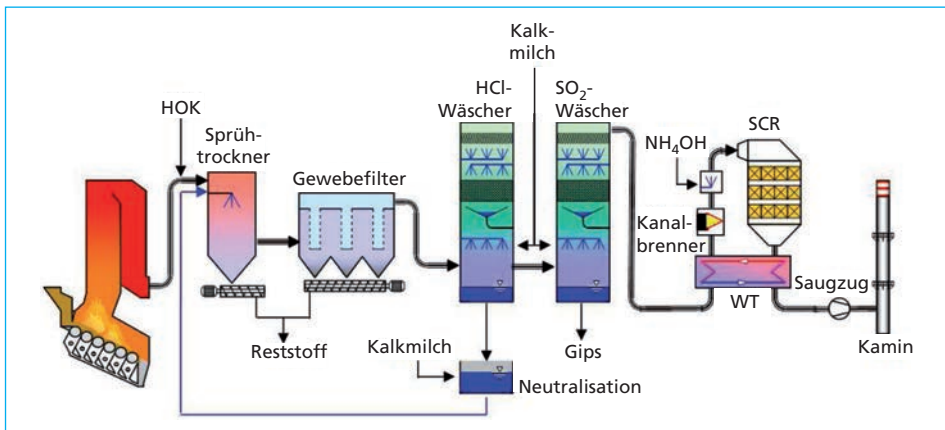


Bild 1: Alte Abgasreinigung MVA Weisweiler

Die sauren Reingaswerte lagen in der Regel mit  $< 3 \text{ mg HCl}/\text{Nm}^3$ ,  $< 20 \text{ mg SO}_2/\text{Nm}^3$  und  $< 1 \text{ mg HF}/\text{Nm}^3$  weit unter den Grenzwerten der 17. BImSchV.

Seit Mitte 2010 ist die erste Linie auf ein trockenes  $\text{NaHCO}_3$ - System umgebaut und läuft im Dauerbetrieb. Die zweite Linie hat den Testbetrieb erfolgreich bestanden und ist zurzeit im Probetrieb. Die Abnahme steht unmittelbar bevor. Die dritte Linie befindet sich im Umbau.

Nach erfolgtem Umbau der dritten Linie werden die neu installierten Wärmetauscher zur erweiterten Abgaswärmenutzung in Betrieb genommen.

Das neue Abgasreinigungskonzept sieht vor, dass das Abgas gradlinig (ohne Aufheizung vor Katalysator) durchfahren wird. Dies wird möglich, da die  $\text{SO}_2$ -Reingaswerte mit  $\text{NaHCO}_3$  sicher auf ein sehr niedriges Niveau abgesenkt und dass somit der Katalysator als Niedertemperaturkatalysator bei etwa 180 bis 190 °C betrieben werden kann.

In den ersten 6 Monaten des Betriebs der Linie 1 wurden die Erwartungen an das neue RGR- System bezüglich der Reingaswerte und des Additivverbrauchs voll erfüllt.

Die Reingaswerte für HCl und SO<sub>2</sub> lagen gleichmäßig mit etwa 2 – 5 mg/Nm<sup>3</sup> im unteren Bereich des Messsystems. Der NaHCO<sub>3</sub>-Verbrauch lag mit etwa 300 – 350 kg/h ebenfalls im erwarteten Bereich (etwa 20 kg/t Abfall).

Direkte Einsparungen durch die Umrüstung ergeben sich durch:

- Entfall der Katalysator-Aufheizung mit Erdgas (Brenner nur noch für den Fall der Regeneration vorhanden; schon umgesetzt an Linie 1),
- Entfall des Gas-Gas-Wärmetauschers,
- Erhöhung der Energieeffizienz durch weitergehende Abgaswärmenutzung (keine Wasserverdampfung; endständiger Wärmetauscher),
- Erhöhung der Energieeffizienz durch Verminderung des elektrischen Energiebedarfs.

Indirekte Einsparungen ergeben sich durch niedrigeren Personal- und Sachmittelbedarf für Wartung und Instandhaltung.

Da die vollständigen energetischen Einsparungen erst nach Inbetriebnahme aller drei Linien verifiziert werden können, sind hier die rechnerisch erwarteten Werte vorab in Prozent vom Nasswaschsystem (Basis) dargestellt [1, 6]:

- elektrischer Energieverbrauch: ~ 15.000 MWh/a = minus 48 %
- Erdgasverbrauch: ~ 54.000 MWh/a = minus 97 %
- Dampfverbrauch/  
erweiterte Abgaswärmenutzung: ~ 31.000 MWh/a = minus 84 %

Auch wenn die exakten Werte erst nach Umbau aller Linien vorliegen, kann anhand der rechnerischen Erwartungswerte und auf Basis der heute schon umgebauten Linien 1+2 von einer erheblichen Wirkungsgradsteigerung gesprochen werden, die sich – noch gesteigert durch die niedrigeren W&I-Kosten – erfreulicherweise auch ökonomisch auswirkt.

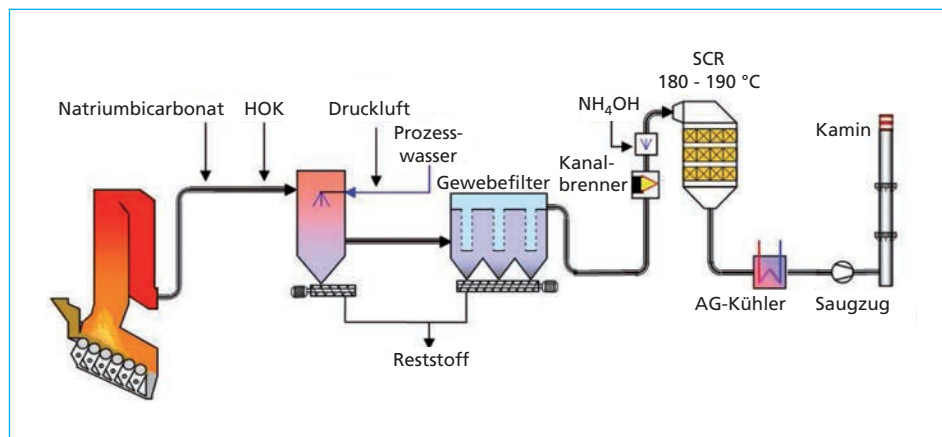


Bild 2: Neues Abgasreinigungssystem der MVA Weisweiler

Diese Anlage hat darüber hinaus noch ein weiteres Effizienz-Steigerungspotential zwischen Kessel und Gewebefilter. Hier wird momentan Prozesswasser eingedüst, um bei Kesselaustrittstemperaturen von  $\gg 200\text{ °C}$  die Temperatur vor Gewebefilter auf etwa  $190\text{ °C}$  (wegen der Eindüsung von Herdofenkoksstaub) abzusenken.

## 1.2. Wechsel einer MVA- Sprühabsorption auf Trockenabsorption

Es gibt mittlerweile mehrere Abfallverbrennungen, die zur Effizienzsteigerung und Kostenminimierung/Erlössteigerung von einer Sprühabsorption mit Kalkmilchbasis auf ein rein trockenes System mit Natriumbicarbonat umgebaut wurden. Als Beispiel sei das MHKW Rosenheim benannt.

Das MHKW Rosenheim liegt im Zentrum Rosenheims und verfügt über eine Abfallverbrennungsanlage, deren Abgasreinigung bis 2009 nach dem Sprühabsorptionsverfahren auf Kalkmilchbasis betrieben wurde.

Die Anlage war ursprünglich wie folgt aufgebaut:

- Feuerung/Kessel mit SNCR,
- Sprühabsorber mit Kalkmilch, die in einer eigenen Kalklöschanlage hergestellt wurde,
- Aktivkokszugabe,
- Gewebefilter,
- Saugzug,
- Kamin.

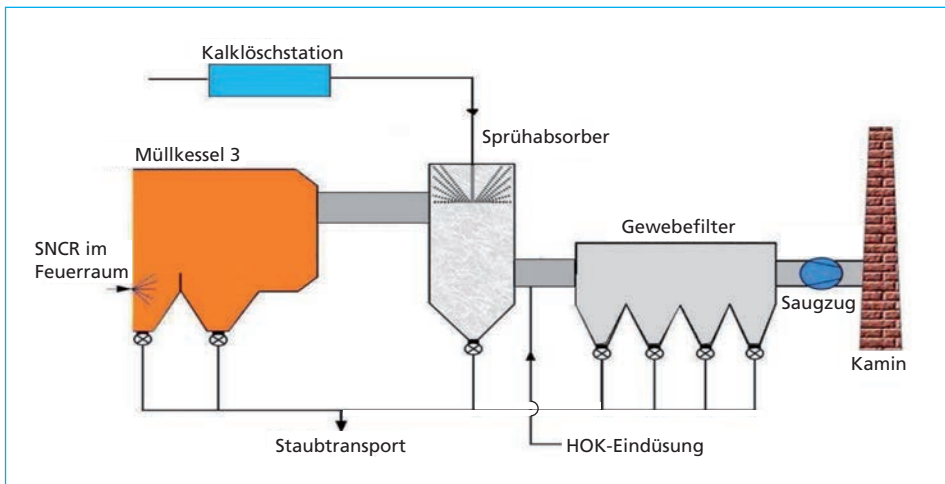


Bild 3: Ehemaliges Abgasreinigungssystem des MHKW Rosenheim

In der Anlage wurden etwa 80 % Hausmüll und etwa 20 % Gewerbemüll verbrannt.

Im Jahr 2008 wurden folgende mittlere Rohgaswerte gemessen:

- Volumenstrom: ~ 50.000 Nm<sup>3</sup>/h
- Kesselaustrittstemperatur: ~ 200 °C
- HCl (TMW): ~ 1.100 mg/Nm<sup>3</sup>
- SO<sub>2</sub> (TMW): ~ 270 mg/Nm<sup>3</sup>
- HF: n.b.
- Temperatur vor Gewebefilter: ~ 130 °C
- Kalkmenge: 1.840 t/a CaO = ~ 1,5 m<sup>3</sup> Kalkmilch/h
- resultierende Salzmenge: ~ 2.800 t/a

Bei den o.a. Rohgaswerten wurden mit im Mittel etwa 1,7 m<sup>3</sup>/h Kalkmilchsuspension die Grenzwerte der 17. BImSchV im Reingas unterschritten. Allerdings musste hierfür die Temperatur vor Gewebefilter schon bei geringen SO<sub>2</sub>-Spitzen (> 500 mg/Nm<sup>3</sup>) durch Kalkmilchmengenerhöhung auf 120 °C abgesenkt werden.

Rosenheim verfügt über ein umfassendes Fernwärmenetz mit steigendem Wärmeabsatz. Daher wurde Ende 2008 eine erweiterte Abgaswärmenutzung realisiert. Wegen der SO<sub>2</sub>-Problematik und der damit benötigten Kalkmilchmengen wurde der Umbau der Abgasreinigungsanlage auf ein rein trockenes NaHCO<sub>3</sub>-System beschlossen. Seit Februar 2009 wird die Anlage als Trockensorption mit Natriumbicarbonat betrieben.

Auf Basis eines Langzeit-Tests im Jahr 2007 mit Natriumbicarbonat wurden bei den damaligen Rohgaswerten folgende Ergebnisse evaluiert:

- Volumenstrom: ~ 50.000 Nm<sup>3</sup>/h
- Kesselaustrittstemp: ~ 200 °C
- HCl: ~ 1.000 mg/Nm<sup>3</sup>
- SO<sub>2</sub>: ~ 250 mg/Nm<sup>3</sup>
- HF: n.b.
- Temperatur vor Filter: variiert von 160 bis 190 °C
- NaHCO<sub>3</sub>-Bedarf: 170 kg/h = 1.340 t/a = 21,5 kg/t Abfall
- resultierende Salzmenge: ~ 1.060 t/a

Bereits die Summe der Ver- und Entsorgungskosten auf Grund der wesentlich geringeren Reststoffmengen brachte in der Wirtschaftlichkeitsberechnung in Relation zur Kalkmilch- Sprühabsorption ein positives Ergebnis [7].

Um die erweiterte Fernwärmeauskopplung zu ermöglichen und um gleichzeitig die Gesamtkosten der Abgasreinigung zu senken, wurde die Abgasreinigung des MHKW zum Jahreswechsel 2008/2009 auf das trockene NaHCO<sub>3</sub>-Verfahren (siehe Bild 4) umgebaut.

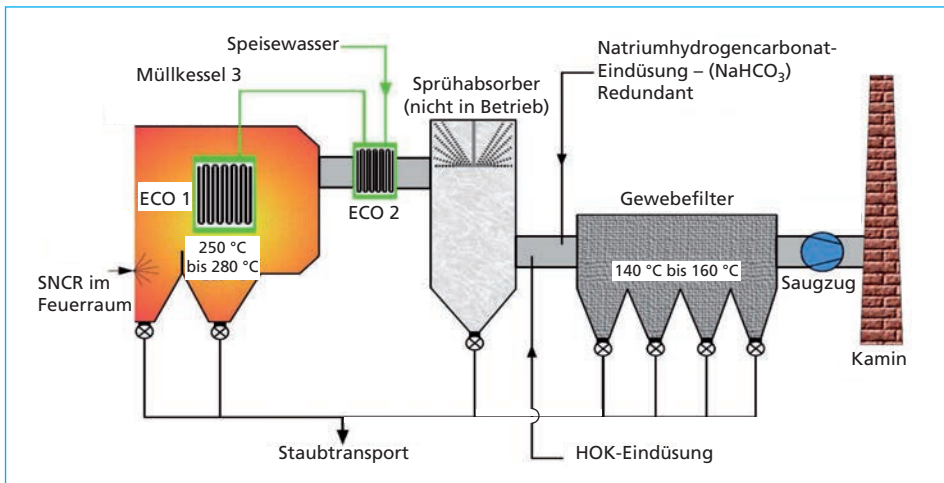


Bild 4: Müllkraftwerk Rosenheim mit  $\text{NaHCO}_3$ -Abgasreinigung und Energieauskopplung (2009)

Kurz nach Inbetriebnahme der neuen Abgasreinigungsanlage erwies sich diese Entscheidung auch aus einem zweiten, bis dahin unbekanntem Grund als sinnvoll. Im Frühjahr 2009 änderte sich die Abfallzusammensetzung in Folge auslaufender Verträge dahingehend, dass nur noch etwa 35 % Hausmüll verfeuert wurden. Die restliche Auslastung der Anlage wurde durch Spotmengen und einen erhöhten Anteil an Gewerbemüll erreicht.

Wegen der leistungsfähigeren Abgasreinigung wurde darüber hinaus zeitgleich die Verbrennungsleistung um 10 % erhöht.

Hierdurch änderte sich auch die Rohgassituation. Die durchschnittlichen Rohgaswerte der sauren Bestandteile stiegen von etwa  $1.100 \text{ mg HCl/Nm}^3$  auf etwa  $1.600 \text{ mg HCl/Nm}^3$  (Tagesmittelwerte; TMW) und von etwa  $270 \text{ mg SO}_2/\text{Nm}^3$  auf etwa  $450 \text{ mg SO}_2/\text{Nm}^3$  (TMW).

Mittelfristige Spitzenwerte ( $> 8 \text{ h}$ ) reichen bis  $2.700 \text{ mg HCl/Nm}^3$  und bis zu  $1.200 \text{ mg SO}_2/\text{Nm}^3$  und sind – wie auch die noch wesentlich höheren, kurzfristigen Spitzen – mit der neuen Abgasreinigung sicher beherrschbar.

Diese Rohgaswerte hätten mit dem alten Sprühabsorptionssystem zur Einhaltung der genehmigten Grenzwerte extreme Last einschränkungen zur Folge gehabt, da insbesondere Probleme mit den  $\text{SO}_2$ -Werten aufgetreten wären und die Zugabe der dafür nötigen Kalkmilchmengen aus Temperaturgründen nicht möglich gewesen wäre.

Mit dem neuen  $\text{NaHCO}_3$ -System hat Rosenheim nicht nur eine Effizienzsteigerung durch eine erhöhte Fernwärmeauskopplung (etwa  $2 \text{ MWh/h}$ ) sondern gleichzeitig die Sicherheit, auch bei den neuen erhöhten Rohgaswerten problemlos die Grenzwerte der 17. BImSchV zu unterschreiten [8].

Dass auch die Aufwendungen für Wartung und Instandhaltung erheblich gesenkt werden konnten, sei hier nur am Rande erwähnt.

Zur Verbrennung kamen ab 2009 etwa 35 % Hausmüll und etwa 65 % Gewerbemüll.

Gleichzeitig wurde die Verbrennungsleistung um etwa 10 % erhöht.

Rohgaswerte 2009:

- Volumenstrom: ~ 55.500 Nm<sup>3</sup>  
(nach Leistungserhöhung)
- Kesselaustrittstemperatur nach Economizer: ~ 165 °C
- HCl (TMW): ~ 1.600 mg/Nm<sup>3</sup>
- SO<sub>2</sub> (TMW): ~ 450 mg/Nm<sup>3</sup>
- HF: n.b.
- Temperatur vor Filter: ~ 160 °C
- NaHCO<sub>3</sub>-Bedarf: ~ 260 kg/h = ~ 2.030 t/a =  
~ 30 kg/t Abfall; ~ 1,15
- Stöchiometrie: ~ 1,15
- resultierende Salzmenge: ~ 1.630 t/a
- zusätzlich ausgekoppelte Wärmemenge: 2 MWh/h

### **Kombination verschiedener Additive im MTS-Verfahren (modifizierte Trockenabsorption)**

Anfang 2010 wurde das erfolgreiche NaHCO<sub>3</sub>-System zur Optimierung der Additiv-Versorgungskosten um eine Trockenkalkhydrat-Dosierung erweitert.

Diese Erweiterung konnte wegen des noch vorhandenen Kalksilos und des ebenfalls noch vorhandenen Sprühabsorbergehäuses (als Reaktionsraum für Kalkhydrat nötig) ohne große Änderungen durchgeführt werden und dient zur Schaffung einer zusätzlichen Redundanz im Falle starker Additiv-Preisschwankungen.

Hierbei werden die positiven Eigenschaften der einzelnen Additive wie folgt genutzt:

- (normales) Kalkhydrat: günstiges Additiv; für HCl hinreichend aktiv
- NaHCO<sub>3</sub>: sehr schnelles und aktives *allround-Additiv* für saure Komponenten.

Um die Eigenschaften dieser sich ansonsten beeinflussenden Additive nutzen zu können, bedarf es einer räumlichen Trennung der Zugabestellen. Das Kalkhydrat sollte mit HCl abreagiert haben, bevor es in Kontakt mit NaHCO<sub>3</sub> kommt. Hierzu empfahl sich die Injektion direkt nach Kessel. Nach hinreichender Verweilzeit wird dann wie gehabt NaHCO<sub>3</sub> eingedüst und reinigt, sowohl das restliche HCl als auch das von Kalkhydrat kaum abgeschiedene SO<sub>2</sub> ab.

Diese Abgasreinigung wird MTS-System genannt (Modifizierte Trockensorption) und ist seit Juli 2010 in Betrieb (Bild 5) [9].



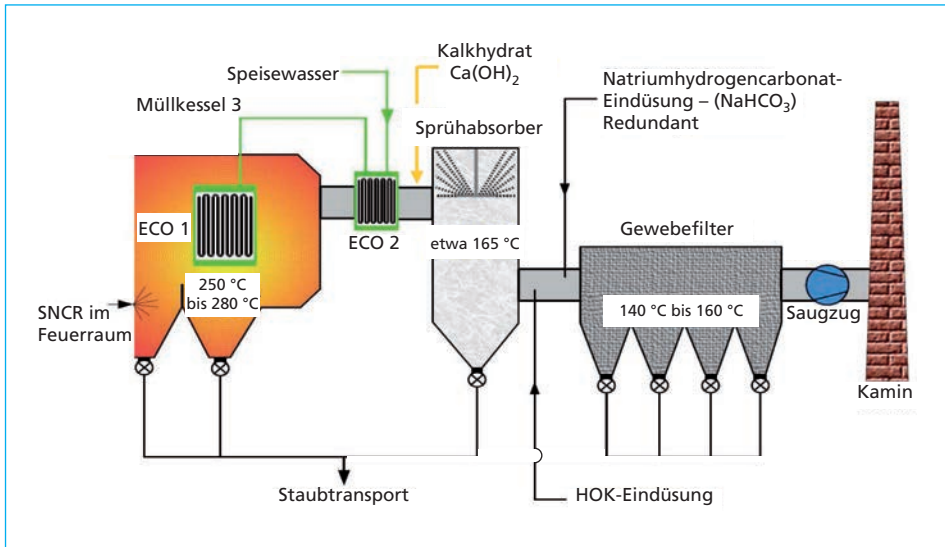


Bild 5: MTKW Rosenheim mit MTS- System

Rohgaswerte 2010:

- Volumenstrom: ~ 56.500 Nm<sup>3</sup>/h  
(nach Leistungserhöhung)
- Kesselaustrittstemperatur nach Economizer: ~ 160 – 165 °C
- HCl (TMW): 1.500 mg/Nm<sup>3</sup>
- SO<sub>2</sub> (TMW): 550 mg/Nm<sup>3</sup>
- HF: n.b.
- Temperatur vor Filter: ~ 160 °C
- NaHCO<sub>3</sub>-Bedarf: 170 kg/h = 1330 t/a
- Kalkhydratbedarf: 155 kg/h = 1.200 t/a
- resultierende Salzmenge: 2.560 t/a

Die ausgekoppelte Wärmemenge von etwa 2 MWh/h wird nicht berührt, da das MTS- System ein ebenfalls rein trockenes Verfahren ist.

Rohgaswerte und Verbräuche im Vergleich sind in Tabelle 1 dargestellt.

Die Gesamtkostenstruktur der einzelnen Betriebsarten im linearen Vergleich und bei der heute vorliegenden Kostenstruktur für Ver- und Entsorgung ist in Tabelle 2 zu sehen.

Tabelle 1: Rohgaswerte und Verbräuche 2008 bis 2010 im Vergleich

	Einheit	2007	2008	2009	2010
		Natriumbicarbonat-Test*	Kalkmilch	Natriumbicarbonat	MTS**
Volumenstrom		50.000	50.000	55.500***	56.500***
Temperaturkessel	°C	200	200	165	165
HCl Rohgas	mg/Nm <sup>3</sup>	1.000	1.100	1.600	1.500
SO <sub>2</sub> -Rohgas	mg/Nm <sup>3</sup>	250	270	450	550
Temperaturfilter	°C	160 – 200	130	160	160
Kalkmilch	m <sup>3</sup> /h		1,5		
CaO	t/a		1.840		
NaBi	t/a	1.340		2.030	1.330
Ca(OH) <sub>2</sub>	t/a				1.200
Salze	t/a	1.060	2.800	1.630	2.560

\* typische Testwerte auf ein Jahr extrapoliert

\*\* typische Betriebswerte 01.10 bis 10.10 auf zwölf Monate hochgerechnet

\*\*\* Ende 2008 wurde die Leistung um 10 % erhöht

Tabelle 2: Kosten zur Ver- und Entsorgung; Gegenüberstellung verschiedener Verfahren auf Basis der Betriebserfahrungen MHKW Rosenheim

Lineare Kostenbetrachtung der Schadstoffmengen bei einer Abscheidung von 500 t Säure im Jahr 2008\*: Angaben des Betreibers; MHKW Rosenheim, Stadtwerke Rosenheim GmbH&Co.KG, Färberstrasse 47, 83022 Rosenheim

Betriebsmittel	Brantkalk 2008	NaHCO <sub>3</sub> 2009	NaHCO <sub>3</sub> und Kalkhydrat 2010*	Differenz Kalkmilch zu NaHCO <sub>3</sub>	Differenz Kalkmilch zu Kalkhydrat mit NaHCO <sub>3</sub>
	EUR				
Betriebsmitteleinsatz	188.000	308.329	288.930	120.329	100.930
Entsorgung	353.000	181.975	206.847	-171.025	-146.153
Strom	50.200	23.400	25.300	-26.800	-24.900
Ersatzteile/Lager	25.000	5.000	5.000	-20.000	-20.000
Wartung und Instandhaltung	50.000	5.000	5.000	-45.000	-45.000
Gesamtkosten	666.200	523.704	531.077	-142.496	-135.123

\* Da zeitgleich mit dem Umbau der Rauchgasreinigung Anfang 2009 eine 10 %ige Leistungserhöhung (10 % mehr Abfalldurchsatz; mehr Dampf) als auch eine Umstellung der Abfallzusammensetzung von etwa 80 % Hausmüll auf nur noch etwa 35 % Hausmüll stattfand und somit die Schadstofffrachten erheblich stiegen, wurde zum konservativen Vergleich 2008/2009 angesetzt, dass die Kalkmilchanlage die erhöhten Schadstoffmengen in linearer Beziehung hätte abscheiden können. Da der reale Bedarf an Kalkmilch in einer Sprühabsorption bei steigenden Rohgaswerten überproportional steigt, ist diese lineare Betrachtung für 2008 als sehr konservativ anzusehen

### Schlussfolgerungen:

- Selbst bei der linearen Beziehung von Abscheidegrad zu Kalkmilchverbrauch schneidet das *alte* Sprühabsorptionsverfahren bezüglich der Gesamtkosten als ungünstigstes ab.

- Wie erwartet sinken die Einsatzstoffkosten durch die Kombination von  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  mit  $\text{NaHCO}_3$  (2010) in Relation zum reinen  $\text{NaHCO}_3$ -Verfahren um etwa 20.000 EUR/a.
- Dieser Effekt wird aber bei der heutigen Kostenstruktur zur Entsorgung überkompensiert (+ etwa 25.000 EUR), so dass das Verfahren bei der in Rosenheim momentan herrschenden Kostenstruktur zur Ver- und Entsorgung keine direkten finanziellen Vorteile gegenüber dem reinen  $\text{NaHCO}_3$ -Verfahren bringt.

Sollte sich die Kostenstruktur zukünftig ändern, hat man die Möglichkeit, durch Änderung der Regelung der einzelnen Additive das jeweilige Optimum einzustellen.

Eine weitere energetische Optimierungsmöglichkeit bei steigender Fernwärmefachfrage bietet sich in Rosenheim auf der Reingasseseite an.

Hier kann bei Bedarf und Beachtung der nötigen Grädigkeit ein Reingaswärmetauscher (160 °C → 100 °C) für Fernwärme nachgerüstet werden.

### 1.3. EBS-Anlage mit optimaler Energienutzung

Als optimal energetisch genutzt kann die TREA Gießen – ein Heizwerk für Sekundärbrennstoffe mit trockener Abgasreinigung – angesehen werden.

Die Stadt Gießen verfügt über ein großflächiges Fernwärmenetz mit einem Gesamtbedarf von etwa 440.000 MWh/a, den die Stadtwerke Gießen deckt.

Die Stadtwerke haben 2009 ein weiteres Fernwärmekraftwerk auf EBS-Basis mit der Prämisse erbaut, dass die Wärmenutzung des Brennstoffs optimal sein soll.

Dementsprechend verfügt auch dieses EBS-Werk über eine rein trockene Abgasreinigung mit  $\text{NaHCO}_3$  und Aktivkoks.

Mit einer Energieeffizienz von > 90 % werden hier aus etwa 3 t/h EBS mehr als 10 % des Gesamtfernwärmebedarfs der Stadt gewonnen (und so etwa 7.000.000 Liter Heizöläquivalent eingespart) [10].

Die Anlage verfügt nach Feuerung/SNCR/Kessel über folgende Schaltung:

- $\text{NaHCO}_3$ -Zugabe,
- Aktivkohle-Zugabe,
- Gewebefilter,
- Saugzug,
- Abgaswärmetauscher,
- Abgasfeuchte-Kondensator (45 °C),
- Nass- E-Filter,
- Nass-Kamin.

Die Rohgaswerte betragen im Mittel [11]:

- Volumenstrom: ~ 25.000 Nm<sup>3</sup>/h
- Kesselaustritt = Filtereintrittstemp.: 165 °C
- HCl: ~ 2.300 mg/Nm<sup>3</sup>
- SO<sub>2</sub>: ~ 800 mg/Nm<sup>3</sup>
- HF: n.b.

Die mittleren Reingaswerte für HCl und SO<sub>2</sub> liegen mit < 1mg HCl bzw. < 10 mg SO<sub>2</sub>/Nm<sup>3</sup> weit unterhalb der Grenzwerte der 17. BImSchV.

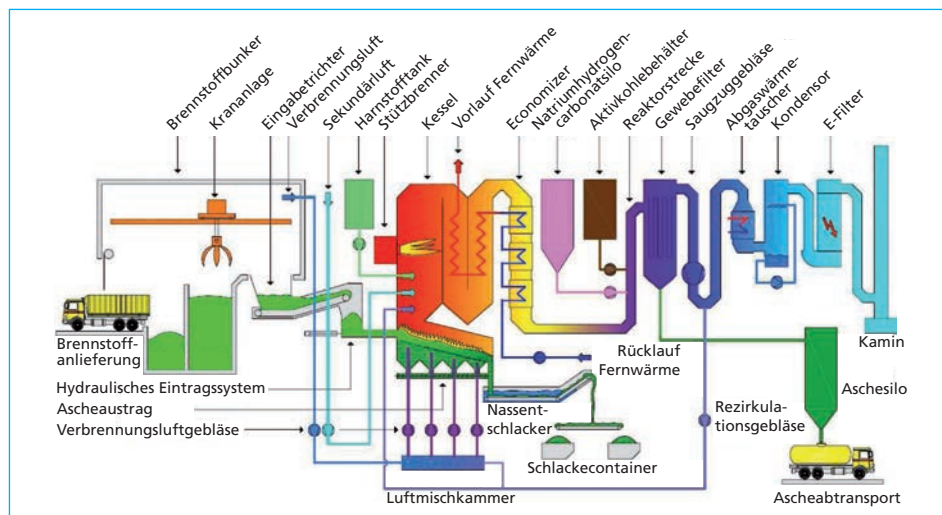


Bild 6: EBS- Fernwärme- KW TREA Gießen

Naturgemäß fällt die Kondensationswärme der Verbrennungsfeuchte (etwa 12 – 14 Vol.-%) im Kondensator bei < 40 °C an und kann nicht einer direkten Nutzung zugeführt werden. Sie dient in Gießen über einen zusätzlichen Wärmetauscher der Anhebung der Feuerungs- Primärlufttemperatur und stellt hier eine – wenn auch nur geringe – Verbesserung des Wirkungsgrades dar. Dies gelingt auch deshalb, weil die Balance zwischen realer Abgasfeuchte (kondensiert bei etwa 45 °C) und Primärluftbedarf gegeben ist.

### Wirkungsgradberechnung TREA Gießen

Feuerungswärmeleistung:	11.360 kW
Nutzleistung Kessel:	10.000 kW
Wärmeerzeugung durch Abgaswärmetauscher:	600 kW
Wärmeerzeugung durch Kondensator:	125 kW
<b>Summe:</b>	<b>10.725 kW</b>

$$\eta_{\text{Anlage}} = \frac{\text{Nutzleistung}}{\text{Feuerungswärmeleistung}} = \frac{10.000 \text{ kW} + 600 \text{ kW} + 125 \text{ kW}}{11.360 \text{ kW}} = 94 \%$$

Würde man – bedingt durch z.B. ein feuchtes Abgasreinigungssystem – mehr Feuchte kondensieren, würde dieser prinzipiell positive Effekt ins Leere gehen, da die zusätzliche Wärmemenge auf einem Temperaturniveau anfällt, auf dem sie ohne intensive weitergehende Maßnahmen auch in einem Fernwärmesystem nicht nutzbar wäre.

Durch den minimalen energetischen Aufwand zur Abgasreinigung gelingt es TREA Gießen, einen energetischen Wirkungsgrad in Form von Fernwärme von bis zu 94 % zu erreichen.

Eine weitere energetische Optimierung dieser Abgasreinigungsanlage ist nicht sinnvoll; Maßnahmen zur Optimierungen werden sich auf den noch nicht optimierten Additivverbrauch beschränken.

## 2. Zusammenfassung

Wie die Beispiele zeigen, ist ein erhebliches Potential zur energetischen Optimierung von Abfallverbrennungsanlagen durch die Wahl des Abgasreinigungssystems aktivierbar. Um die Energieausnutzung auf eine einfache Weise und auf einem sinnvollen Temperaturniveau zu erhalten ist, eine rein trockene Abgasreinigung nahezu unumgänglich.

Eine Kombination verschiedener Additive führt selbst bei Einsatz unter Bedingungen, die die jeweiligen Additivvorteile unterstützen nur dann zu einem Kostenvorteil, wenn die Additivpreise sehr stark differieren. Davon unbenommen bleiben die Vorteile

- ein noch breiteres Spektrum an Rohgaswerten sicher abreinigen zu können und
- flexibler auf Preisschwankungen der Ver- und Entsorgungsseite reagieren zu können.

Beim MTS-Verfahren wird die rein trockene Gasreinigung – und somit auch die mögliche Energieausbeute auf sinnvollem Temperaturniveau – beibehalten.

Die Regelung des MTS-Systems kann bei stärkeren Preisschwankungen auf der Additiv- oder Reststoffseite auch nachträglich den jeweiligen Kosten angepasst werden, um ein wirtschaftliches Optimum zu erzielen.

Die Vorteile eines einfachen trockenen Verfahrens bezüglich der energetischen- und Betriebskosten-Vorzüge werden erfahrungsgemäß nicht beeinträchtigt. Das Verhalten der gemeinsamen Reststoffe auf dem Filter und im Silo entspricht bei korrekter Auslegung des Systems dem der problemlosen  $\text{NaHCO}_3$ -Reststoffe (kein verkleben, leicht rieselfähig).

Somit hat man neben einer reinen hocheffizienten  $\text{NaHCO}_3$ -Abgasreinigung (mit vergleichsweise teurem Additiv) nun auch ein zweites, kombiniertes Verfahren zur sicheren Einhaltung der Reingas- Grenzwerte in einem rein trockenen Prozess und kann auf Kostenänderungen flexibler reagieren.

### 3. Literatur

- [1] Reimann, D.: R1-Faktoren und BREF WI BATs zur Energienutzung; Tagung No Energy to Waste; 2. Fachtagung Stand und Zukunft zeitgemäßer thermischer Abfallbehandlung; Hohenkammer, 18.-20.3.2009, Tagungsband
- [2] Morun, B.: Energieeffizienzsteigerung durch Natriumbikarbonat zur Abgasreinigung; 4. Fachtagung Trockene Rauchgasreinigung für Feuerungsanlagen und andere thermische oder chemische Prozesse; Haus der Technik; 13./14.11.2008, Essen; Tagungsband
- [3] Karpf, R.: Optimierungspotentiale von Abgasreinigungsverfahren in MVA-Bestandsanlagen insbesondere im Hinblick auf den Verwerterstatus
6. Fachtagung Trockene Rauchgasreinigung für Feuerungsanlagen und thermische Prozesse; Haus der Technik; 11./12.11.2010, Essen; Tagungsband
- [4] König, Th.: Back to the future, Die Entwicklung der Rauchgasreinigung des AHKW Geiselbullach; Konferenzvortrag waste to energy, Bremen 7./8.12.2005
- [5] Wiedl, A.; Heymann, A.; Hartig, S.: Bewertung verschiedener Optimierungskonzepte für den Umbau einer nassen Rauchgasreinigungsanlage einer MVA; 5. Potsdamer Fachtagung Optimierung in der thermischen Abfall- und Reststoffbehandlung, Perspektiven und Möglichkeiten, 21./22.02.2008, Potsdam
- [6] Angaben des Betreibers; MVA Weisweiler GmbH & Co. KG, Zum Hagelkreuz 22, 52249 Eschweiler
- [7] Angaben des Betreibers; MHKW Rosenheim, Stadtwerke Rosenheim GmbH&Co.KG, Färberstrasse 47, 83022 Rosenheim
- [8] Egeler, R.; Maßnahmen zur Effizienz- und Leistungssteigerung im MHKW Rosenheim; 6. Potsdamer Fachtagung 19.-20.02.2009, Potsdam, Tagungsband
- [9] Morun, B.: Das MTS- Verfahren, Lösung vieler Probleme bei der trockenen Abgasreinigung; 6. Fachtagung Trockene Rauchgasreinigung für Feuerungsanlagen und thermische Prozesse; Haus der Technik; 11./12.11.2010, Essen; Tagungsband
- [10] Paul, R.: TREA Gießen, Heizwerk für Sekundärbrennstoff mit trockener Rauchgasreinigung; 6. Fachtagung Trockene Rauchgasreinigung für Feuerungsanlagen und thermische Prozesse; Haus der Technik; 11./12.11.2010, Essen; Tagungsband
- [11] Angaben des Betreibers; TREA Gießen, Stadtwerke Gießen AG Lahnstraße 31, 35398 Gießen

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.