

# LUEHR FILTER

**TwinSorp – ein einfaches Verfahren für erhöhte Anforderungen an Emissions-grenzwerte u. a. bei der Müll- / EBS - Verbrennung unter Beachtung des Energieeffizienzgebotes**

von  
Dipl. - Ing. Rüdiger Margraf



HDT – Fachtagung

Trockene Abgasreinigung für Feueranlagen und andere thermische Prozesse

## Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	3
2 Beispiele für Verfahrensvarianten unter Einbezug eines Katalysators zur NO <sub>x</sub> - Reduktion.....	3
3 TwinSorp - Verfahren.....	6
3.1 Vorbemerkung und genereller Aufbau .....	6
3.2 Chemisorption mit Gas- und Partikelkonditionierung .....	6
3.3 Nasse Feinreinigungsstufe .....	10
3.3.1 Allgemeiner Aufbau .....	10
3.3.2 Saure Waschstufe .....	10
3.3.3 Basische Waschstufe .....	11
3.3.3.1 SO <sub>2</sub> -Abscheidung .....	12
3.3.3.2 Nutzung der Kondensationswärme.....	13
4 Anwendungsbeispiel für das TwinSorp - Verfahren.....	14
5 Zusammenfassung der Verfahrensvorteile .....	17

## 1 Einleitung

Quasitrockene bzw. konditioniert trockene Verfahren unter Verwendung von Ca-basierten Additiven zur Gasreinigung hinter Verbrennungsanlagen für Abfall- und EBS haben insbesondere in Deutschland in den letzten Jahren eine herausragende Stellung eingenommen. Diese konzeptionell einfache Technik ermöglicht die simultane Abscheidung von Partikeln, sauren Schadgaskomponenten wie HF, HCl und SO<sub>x</sub>, Quecksilber und anderen Schwermetallen sowie Dioxinen/ Furanen in einer Stufe. Die geforderten Emissionsgrenzwerte, zum Beispiel entsprechend 17. BImSchV oder der EU Directive 2000/76/EC, werden bei den üblichen Eingangskonzentrationen für die abzuscheidenden Komponenten zuverlässig und gesichert bei vertretbaren Betriebskosten eingehalten.

Allerdings wurde in der letzten Zeit dieses Verfahren aufgrund der Diskussion verschärfter Emissionsgrenzwerte unter anderem für NO<sub>x</sub> unter Berücksichtigung eines ausreichend niedrigen NH<sub>3</sub>-Schlupfes zunehmend in Frage gestellt. Auch für andere Komponenten wie zum Beispiel die sauren Schadgase oder Schwermetalle werden immer häufiger höhere Abscheidegrade gefordert.

Im Rahmen dieses Vortrages werden einige Verfahrensbeispiele, die insbesondere reduzierte Emissionsgrenzwerte für NO<sub>x</sub> und NH<sub>3</sub> berücksichtigen, unter Nennung der Vor- und Nachteile diskutiert. Im Anschluss wird als Alternative das zweistufige TwinSorp - Verfahren bestehend aus konditionierter Trockensorption mit nasser Feinreinigungsstufe erläutert und ein Anwendungsbeispiel für dieses Verfahren vorgestellt.

## 2 Beispiele für Verfahrensvarianten unter Einbezug eines Katalysators zur NO<sub>x</sub>-Reduktion

Die Integration eines Katalysators in das Abgasreinigungskonzept kann in einer Vielzahl von Varianten erfolgen. Abbildung 1 zeigt einige Beispiele.

Bei der Variante A in Abbildung 1 ist die SCR-Anlage für die Stickoxydreduzierung zur Vermeidung einer aufwändigen Wiederaufheizung der Gase nach dem Kessel bei ca. 280° C angeordnet. Damit der Katalysator nicht mit Flugasche verstopft, ist diesem ein Elektrofilter vorgeschaltet. Aufgrund der Betriebstemperatur des Katalysators von ca. 280° C wird eine Sulfatisierung des Katalysators vermieden.

Anschließend wird das Gas durch einen zusätzlichen Economizer auf ca. 160° C abgekühlt. Die Abscheidung der restlichen Schadgaskomponenten erfolgt in einer konditionierten Trockensorptionsanlage mit Kalziumhydroxid und Aktivkoks als Additive.

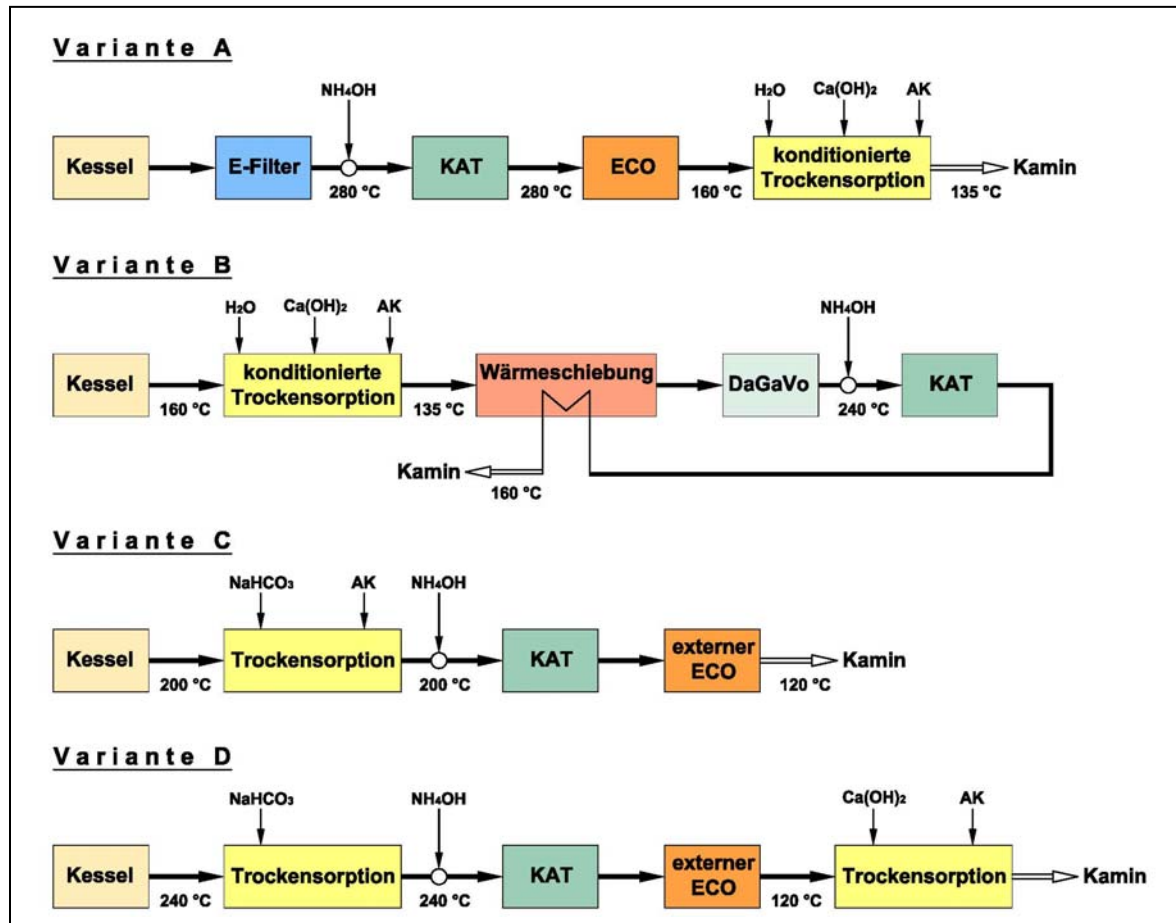


Abb. 1: Abgasreinigungskonzepte mit Katalysator zur  $\text{NO}_x$  - Reduktion

Als Vorteile dieses Verfahrens sind zu nennen:

- keine Wiederaufheizung der Gase für einen sicheren Katalysatorbetrieb notwendig
- bewährte und kostengünstige Gasreinigung für die sauren Schadgase, Quecksilber, Schwermetalle und Dioxine/ Furane

Als Nachteile sind zu nennen:

- hohe Investitionskosten
- Gefahr der Verstopfung des Katalysators durch begrenzte Partikelabscheidung im Elektrofilter

Bei der Variante B wird der Katalysator einer konditionierten Trockensorption nachgeschaltet. Der wesentliche Nachteil ist sicherlich die Wiederaufheizung der Gase von ca. 130° C auf 240° C, die notwendig ist, um eine Sulfatisierung des

Katalysators zu vermeiden. Weitere Voraussetzung ist die gesicherte Einhaltung eines max.  $\text{SO}_2$ -Gehaltes vor Katalysator von  $< 25 \text{ mg/m}^3$  i. N. tr.

Der Einsatz von  $\text{NaHCO}_3$  als Additiv zur Abscheidung der sauren Schadgase bietet die Möglichkeit, die Sorptionsstufe bei höheren Gastemperaturen, zum Beispiel  $200^\circ\text{C}$ , zu betreiben (Variante C). Diese Variante ist dadurch gekennzeichnet, dass die komplette Abscheidung der Schadgase mit Ausnahme von  $\text{NO}_x$  in einem einstufigen Trockensorptionsverfahren unter Verwendung von  $\text{NaHCO}_3$  als Additiv erfolgt. Nach Austritt der Rauchgase aus dem Kessel wird Natriumbicarbonat und Aktivkoks bei einer Temperatur von ca.  $200^\circ\text{C}$  eingedüst. Die SCR-Anlage wird dem filternden Abscheider direkt nachgeschaltet. Zur Wirkungsgradverbesserung der Gesamtanlage kann das Gas anschließend über einen externen Economizer von  $200^\circ\text{C}$  zum Beispiel auf ca.  $120^\circ\text{C}$  abgekühlt werden.

Die Vorteile dieses Verfahrens sind unter anderem

- ein einfacher Anlagenaufbau
- eine hohe Energieeffizienz

Dem stehen als Nachteile gegenüber

- hohe Betriebskosten für Additive
- Risiko einer zumindest zeitweise nicht ausreichenden Quecksilberabscheidung aufgrund der relativ hohen Trockentemperatur in der Sorptionsstufe

Zur Verbesserung der Abscheidung von Schwermetallen, Quecksilber und Dioxinen/Furanen kann eine weitere Abscheidestufe dem Katalysator nachgeschaltet werden (Variante D). Allerdings bleibt trotzdem der Nachteil der hohen Beschaffungskosten für  $\text{NaHCO}_3$ . Die sauren Schadgase müssen weiterhin nahezu vollständig in der Sorptionsstufe vor Katalysator abgeschieden werden, um eine Sulfatisierung des Katalysators zu verhindern. Bei einer Betriebstemperatur des Katalysators von zum Beispiel  $240^\circ\text{C}$  muss die  $\text{SO}_2$ -Konzentration  $< 25 \text{ mg/m}^3$  i. N. tr. betragen.

Da alle vorgestellten Varianten gravierende Nachteile aufweisen, lag es nahe, nach alternativen Verfahren zu suchen. Als wesentliche Kriterien für die Überlegungen sind zu nennen:

- vorzugsweise Einsatz eines SNCR-Verfahrens
- Verwendung Ca-basierter Verfahren für die Abscheidung der sauren Schadgase
- hohe Energieausnutzung
- abwasserfreier Betrieb
- bei Bedarf Einhaltung niedriger Emissionsgrenzwerte für saure Schadgase, Quecksilber und andere Schwermetalle, Partikel, Dioxine/Furane

Das von LUEHR FILTER entwickelte TwinSorp – Verfahren erfüllt die vorgenannten Anforderungen.

### 3 TwinSorp - Verfahren

#### 3.1 Vorbemerkung und genereller Aufbau

Die Kombination SNCR mit konditionierter Trockensorption hat sich für die Anforderungen zum Beispiel entsprechend 17. BImSchV oder der EU Directive 2000/76/EC bewährt. Das Verfahren ist einfach, zuverlässig und kostengünstig. Die Emissionsgrenzwerte entsprechend 17. BImSchV werden gesichert eingehalten. Darüber hinaus ist die SNCR-Technik heute in der Lage, auch  $\text{NO}_x$ -Gehalte deutlich  $< 100 \text{ mg/m}^3$  i. N. tr. einzuhalten, allerdings bei einem erhöhten  $\text{NH}_3$ -Schlupf. Somit muss bei der Forderung nach niedrigeren Emissionswerten für  $\text{NO}_x$  dieses bewährte Verfahren lediglich um eine Stufe zur Abscheidung von  $\text{NH}_3$  erweitert werden. Dies kann durch die Nachschaltung einer nassen Feinreinigungsstufe hinter die konditionierte Trockensorption erreicht werden.

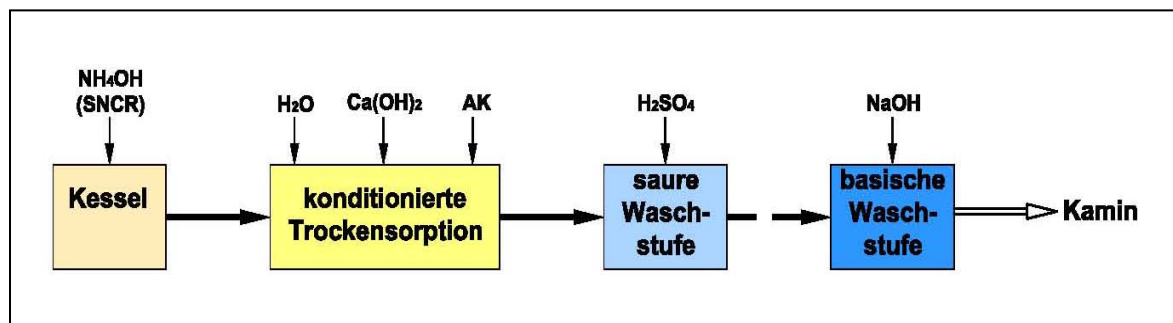


Abb. 2: Schema TwinSorp - Verfahren

Das Basisschema des TwinSorp – Verfahrens ist in Abbildung 2 dargestellt. Die beiden Verfahrensstufen konditionierte Trockensorption und nasse Feinreinigungsstufe werden nachfolgend erläutert. Auf eine Diskussion des SNCR-Verfahrens wird an dieser Stelle verzichtet.

#### 3.2 Chemisorption mit Gas- und Partikelkonditionierung

Dieses seit Jahren hinter Müllverbrennungsanlagen zur Einhaltung der Emissionsgrenzwerte entsprechend 17. BImSchV eingeführte und bewährte Verfahren ist schematisch in Abbildung 3 dargestellt. Es besteht im Wesentlichen aus den Bauteilen Verdampfungskühler, Additivzugabe, Reaktor, filternder Abscheider sowie Partikelrezirkulation mit integrierter Partikelkonditionierung.

Der Verdampfungskühler (Gaskonditionierung) hat die Aufgabe, die Reaktionstemperatur optimal einzustellen verbunden mit einer Anhebung der absoluten und relativen Feuchte zur Optimierung der Abscheideleistung und der Additivmittelausnutzung. Da insbesondere bei EBS-Verbrennungen häufig die Gasfeuchte bedingt durch die Zusammensetzung und Vorbehandlung des Brennstoffes gegenüber zum Beispiel Hausmüllverbrennungen niedriger ist, kommt der separaten Einstellmöglichkeit der optimalen Gastemperatur besondere Bedeutung zu.

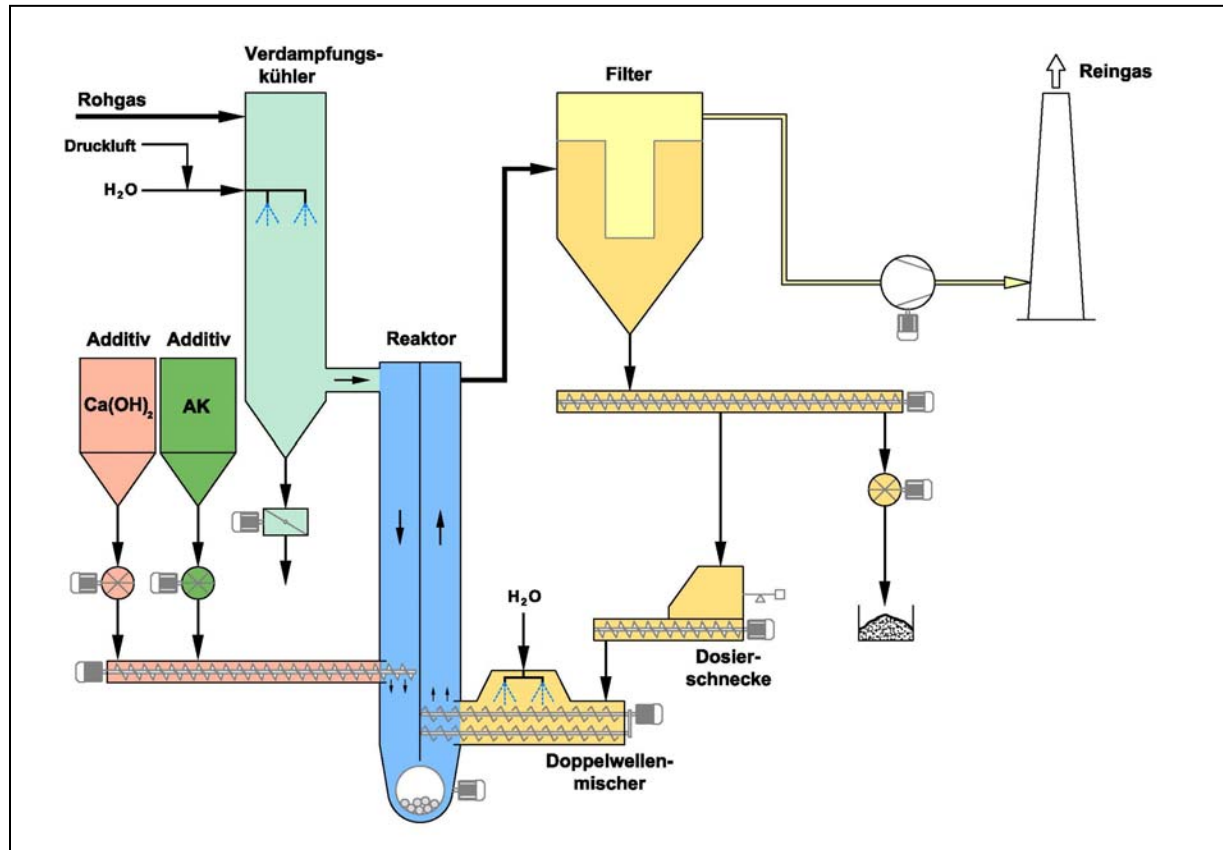


Abb. 3: Chemisorption mit Gas- und Partikelkonditionierung

Die Schadgassorption und Abscheidung aller weiteren relevanten nicht im Bereich des Kessels und der Verbrennung reduzierten Komponenten erfolgt in der Reaktor – Filterkombination mit  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Zugabe und vielfacher Partikelrückführung einschließlich Konditionierung des Rezikulates. Ausgenommen hiervon ist die  $\text{NH}_3$  – Abscheidung.

Als Aufgaben dieser Stufe sind zu nennen:

- Schaffung guter Reaktionsbedingungen durch Partikelrezirkulation bis zu  $n \times 100 \text{ g/m}^3$  i. N.
- Verbesserung insbesondere der  $\text{SO}_2$ -Abscheidung durch Anfeuchtung des Rezikulates
- Weitere, wenn auch geringe Absenkung der Gastemperatur

Die Leistungsfähigkeit des vorbeschriebenen Basisverfahrens zur Einhaltung der Grenzwerte entsprechend 17. BImSchV bei Schadgasgehalten von HCl bis zu ca.  $2.000 \text{ mg/m}^3$  i. N. tr. und  $\text{SO}_2$  bis zu  $1.000 \text{ mg/m}^3$  i. N. tr. demonstriert die Anlage im MHKW Ludwigshafen (Abbildung 4).

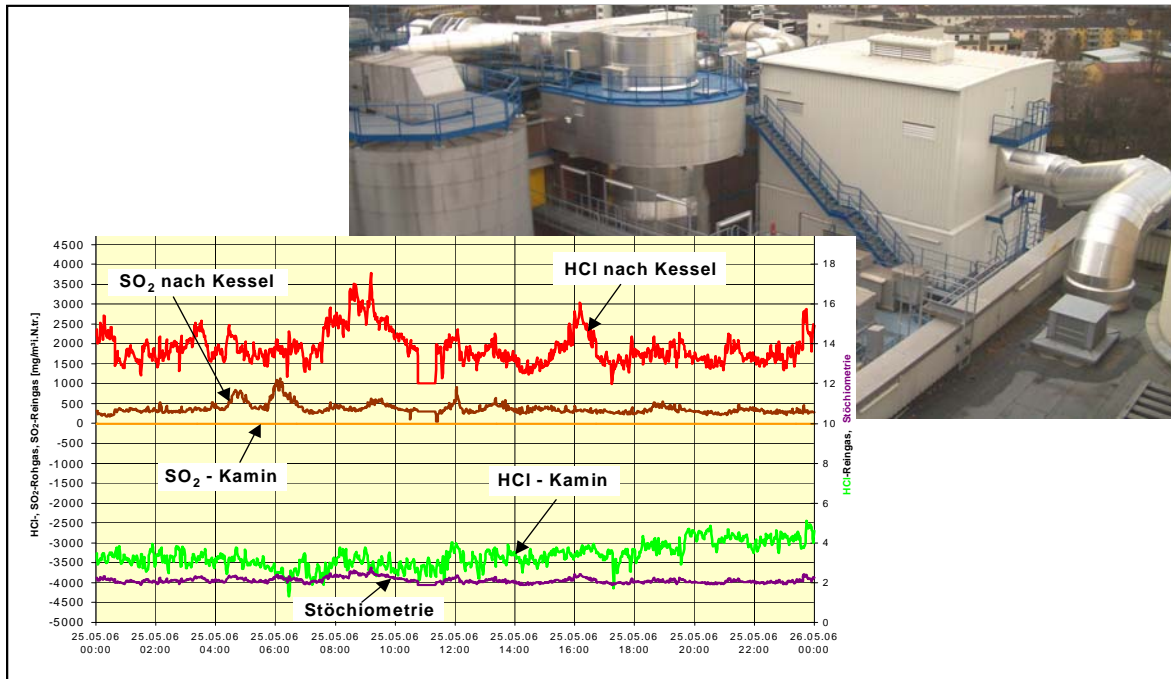


Abb. 4: Konditionierte Trockensorption im MHKW Ludwigshafen

Die im Jahre 2004 installierte konditioniert trockene Gasreinigung ersetzte ein deutlich komplexeres nasses Verfahren, bestehend aus Sprühtrockner, Elektrofilter, mehrstufigen Wäscher und Aerosolabscheider (Abbildung 5).

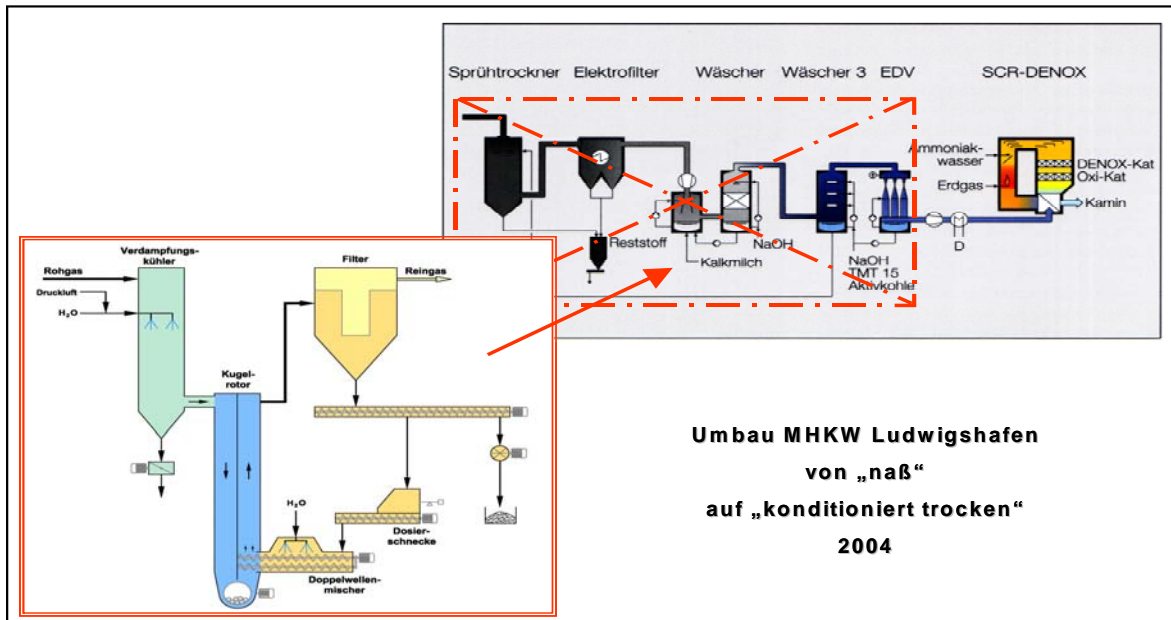


Abb. 5: Umbau MHKW Ludwigshafen von „nass“ auf „konditioniert trocken“



Bis zum Jahre 2008 wurde im MHKW Ludwigshafen parallel zu der konditioniert trockenen Gasreinigung eine weitere nasse Rauchgasreinigung bis zu deren Umbau im Jahre 2008 betrieben, so dass ein direkter Vergleich beider installierter Verfahren möglich war. Abbildung 6 zeigt die Mittelwerte des Jahres 2005 für ausgewählte Komponenten.

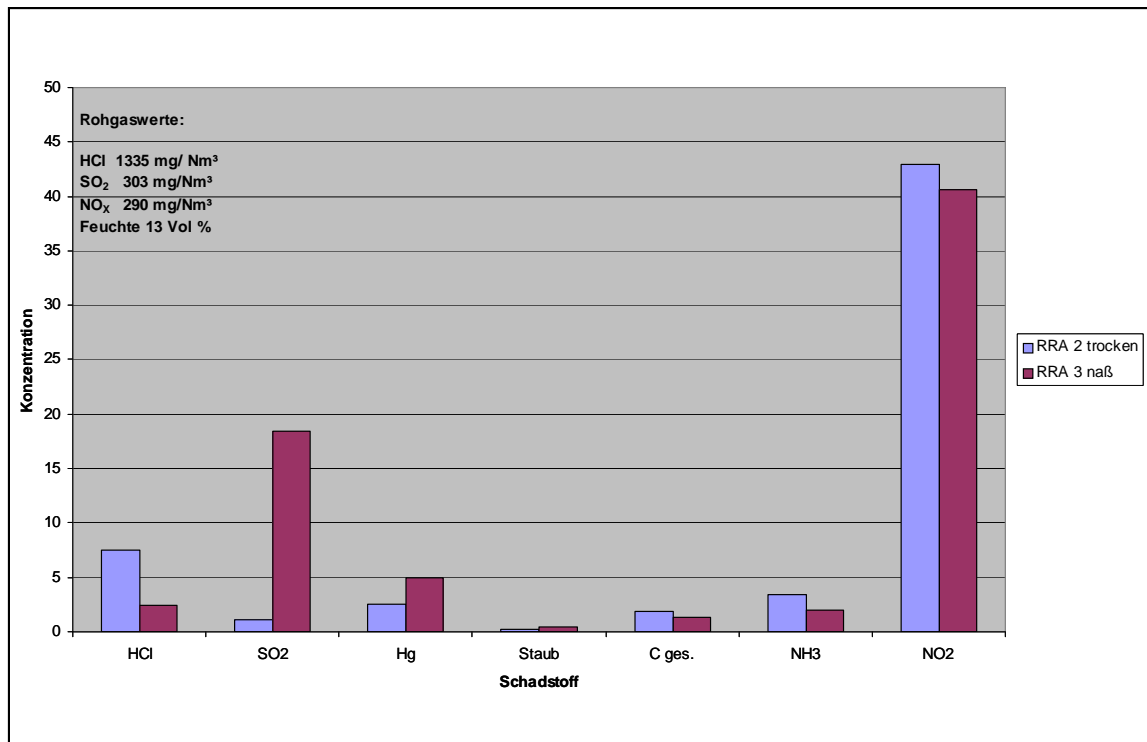


Abb. 6: Vergleich der Gasreinigungen „nass“ und „konditioniert trocken“ (2005)

Die Gegenüberstellung verdeutlicht, dass das konditioniert trockene Verfahren gegenüber dem komplexeren nassen System gleichwertig ist. Unterschiede gibt es lediglich in der Führungsgröße für die Abscheidung der sauren Schadgas-komponenten. Für den Wäscher ist SO<sub>2</sub> die Führungsgröße, für die konditionierte Trockensorption HCl.

Die hohe SO<sub>x</sub>-Abscheideleistung verbunden mit einer nahezu 100 %igen SO<sub>3</sub>-Sorption durch das konditioniert trockene Verfahren ermöglicht es, dass die Betriebstemperatur der beim MHKW Ludwigshafen der konditionierten Trockensorption nachgeschalteten SCR-Anlage von 300° C auf 230° C abgesenkt werden konnte. Ein zusätzlicher Vorteil zur Einsparung von Energiekosten ist die höhere Gastemperatur vor der SCR-Stufe von ca. 140° C.

Ergänzend sei angemerkt, dass ein großer Vorteil der konditionierten Trockensorption gegenüber der Sprühsorption in der besseren Abscheideleistung für SO<sub>2</sub> liegt. Dies hat insbesondere bei der Nachschaltung von SCR-Anlagen Bedeutung.

### 3.3 Nasse Feinreinigungsstufe

#### 3.3.1 Allgemeiner Aufbau

Die konditionierte Trockensorption wird bei diesem Verfahrenskonzept so betrieben, dass das Abgas nach dieser Stufe die Anforderungen zum Beispiel der 17. BImSchV oder der EU Directive 2000/76/EC weitestgehend erfüllt. Der nachgeschalteten nassen Feinreinigungsstufe verbleibt je nach Aufgabenstellung

- die Abscheidung von  $\text{NH}_3$
- weitergehende Reduzierung der Emissionswerte zum Beispiel für die sauren Schadgaskomponenten
- Wärmerückgewinnung

Je nach Erfordernis kann die nasse Stufe des TwinSorp – Verfahrens ausgeführt werden als

- einstufiger saurer Wäscher
- Wäscher mit saurer und basischer Stufe
- saure und basische Stufe mit Nasselektrofilter
- Maßnahmen zur Wärmerückgewinnung
  - Wärmetauscher zwischen konditionierter Trockensorption und nasser Stufe
  - Nutzung der Kondensationswärme im Wäscher

Nachstehend werden die einzelnen Bauformen diskutiert.

#### 3.3.2 Saure Waschstufe

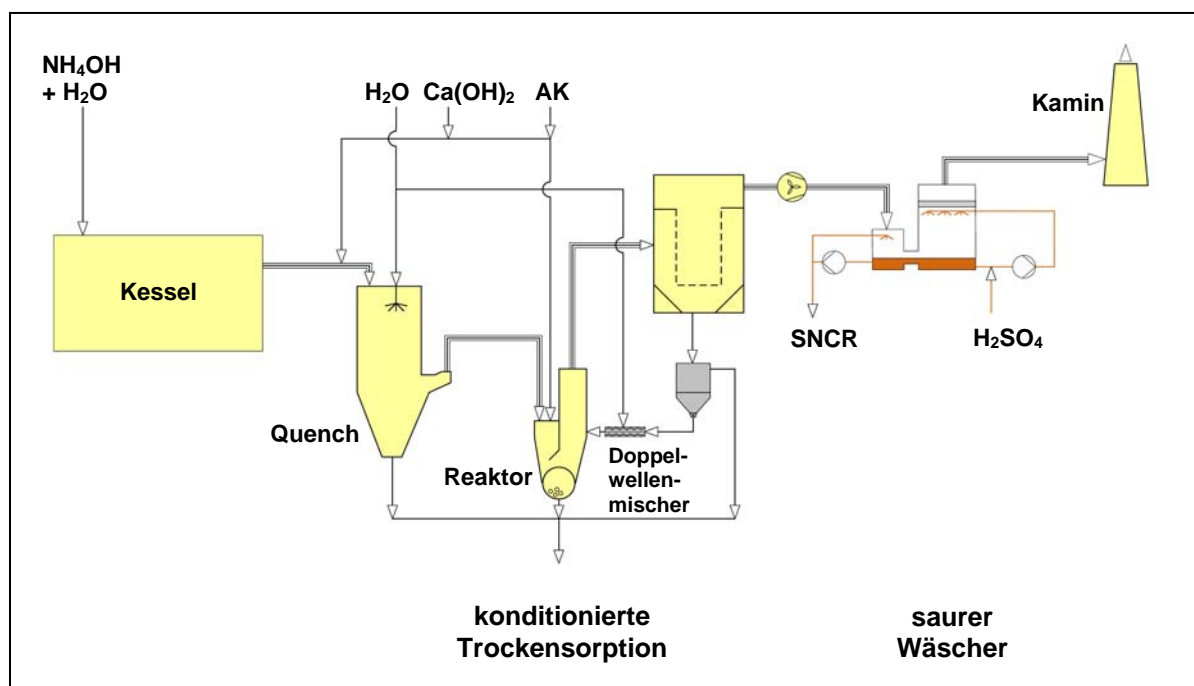


Abb. 7: TwinSorp – Verfahren Variante I: Kombination konditionierte Trockensorption – saure Wäsche

Die saure Waschstufe in Kombination mit der konditionierten Trockensorption ist schematisch in Abbildung 7 dargestellt. Sie hat die Aufgabe,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{HCl}$  und teilweise  $\text{SO}_2$  abzuscheiden. Hierzu wird das Gas durch Zugabe von Waschwasser auf die Sättigungstemperatur abgekühlt.

Zur Sicherstellung einer ausreichenden  $\text{NH}_3$ -Abscheidung muss der pH-Wert im Waschwasser der sauren Stufe ausreichend niedrig sein. Nur bei eindeutig saurer Betriebsweise ist eine effiziente  $\text{NH}_3$ -Abscheidung erreichbar. Hierzu wird der pH-Wert gemessen und ggf. durch Zugabe von  $\text{H}_2\text{SO}_4$  korrigiert. So wird zum Beispiel in einer realisierten Anlage eine  $\text{NH}_3$ -Reduzierung von ca.  $15 \text{ mg/m}^3$  i. N. tr. auf  $< 5 \text{ mg/m}^3$  i. N. tr. bei einem pH-Wert  $< 5,6$  gesichert im Dauerbetrieb erreicht. Je nach  $\text{NH}_3$ - und  $\text{HCl}$ -Konzentration wird sich auch ohne Zugabe weiterer Chemikalien zeitweise ein ausreichend niedriger pH-Wert im Wasser einstellen.

Der sauren Waschstufe ist ein leistungsfähiger Tropfenabscheider nachgeschaltet. Das ist auch bei der Variante mit zusätzlich installierter basischer Stufe von großer Wichtigkeit, um eine eindeutige Trennung zwischen saurer und basischer Stufe zu erreichen. Dies ermöglicht eine getrennte Weiterverwendung des Abwassers aus den beiden Stufen. Bei einer notwendigen  $\text{NH}_3$ -Abscheidung ist eine direkte Zugabe des Abschlammwassers aus der sauren Stufe in den Quench der konditionierten Trockensorption oder auch den Anfeuchtmischer dieser Stufe nicht möglich, Ohne Austrag des  $\text{NH}_3$  wird dieses bei Kontakt mit den basischen Additiven in Verbindung mit Wasser wieder frei gesetzt. Es muss für diesen Entsorgungsweg ein  $\text{NH}_3$ -Stripper zusätzlich installiert werden. Dieses zusätzliche Aggregat ist aufwändig und energieintensiv im Betrieb.

Da der saure Wäscher neben der  $\text{NH}_3$ -Abscheidung lediglich die Funktion einer Feinreinigungsstufe zur Reduzierung von  $\text{HCl}$  übernimmt, kann die Abwassermenge gering gehalten werden. Für diese kleine Wassermenge bietet sich alternativ eine viel einfachere und kostengünstigere Verwertung an. Bei dem SNCR-Verfahren wird üblicherweise die  $\text{NH}_4\text{OH}$ -Lösung weiter verdünnt, um eine gleichmäßige Verteilung des Reduktionsmittels über den gesamten Verteilquerschnitt im Kessel zu erreichen. Dieses Verdünnungswasser kann ganz oder teilweise durch das Abwasser aus der sauren Stufe ersetzt werden. Das im Wasser enthaltene  $\text{NH}_3$  wird dabei zur  $\text{NO}_x$ -Reduktion mitgenutzt. Der Eintrag an  $\text{HCl}$  ist bezogen auf den  $\text{HCl}$ -Massenstrom aus dem Brennstoff sehr gering. Negative Einflüsse auf den Prozess zum Beispiel durch Anhebung der  $\text{HCl}$ -Konzentration vor der Abgasreinigung sind auszuschließen.

### 3.3.3 Basische Waschstufe

Die ergänzende Integration einer basischen Stufe wird erforderlich, wenn

- eine weitergehende  $\text{SO}_2$ -Abscheidung notwendig ist
- die Kondensationswärme genutzt werden soll

### 3.3.3.1 SO<sub>2</sub>-Abscheidung

Das Verfahrenskonzept mit saurer und basischer Stufe ist in Abbildung 8 dargestellt.

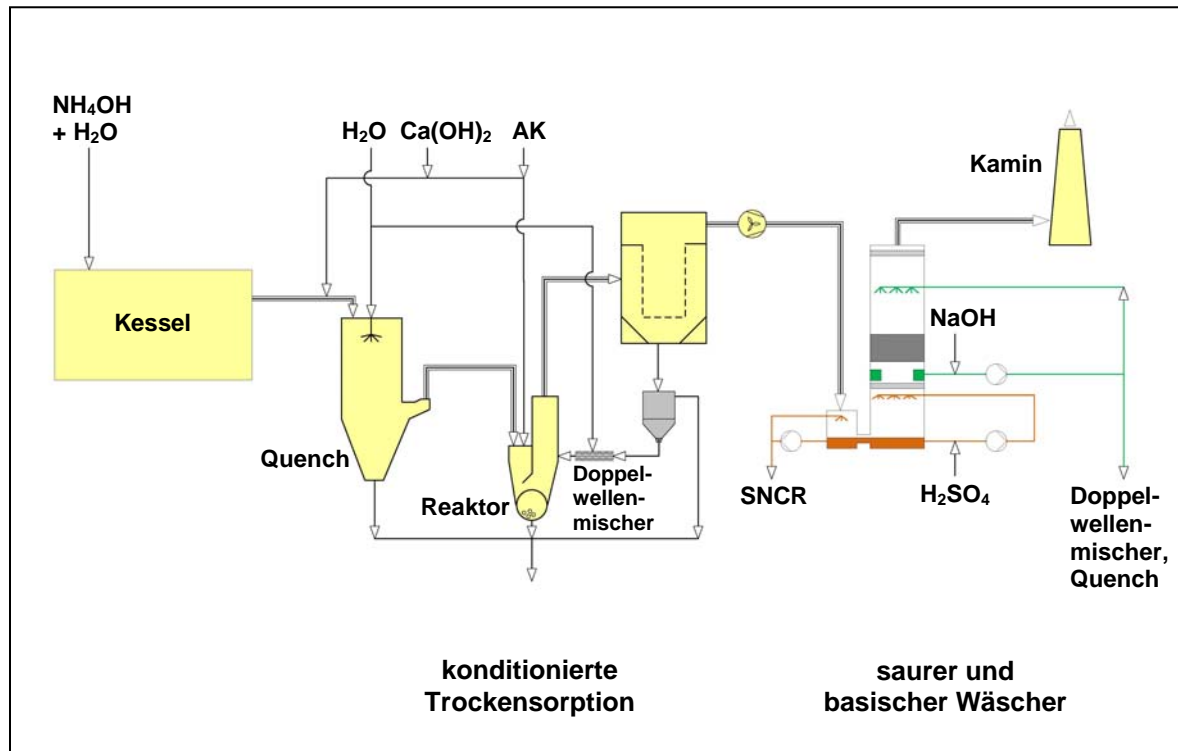


Abb. 8: TwinSorp – Verfahren Variante II: Kombination konditionierte Trockensorption – saure und basische Wäsche

Für die SO<sub>2</sub>-Abscheidung muss ein pH-Wert > 6 eingestellt werden. Hierzu wird bedarfsabhängig eine entsprechende Menge an NaOH dem Waschwasser beigegeben. Auch dieser Stufe ist ein Tropfenabscheider nachgeschaltet.

Eine geringe Abwassermenge muss kontinuierlich entnommen werden. Sofern keine Wärmenutzung in dieser Stufe integriert ist, kann die Abschlammmenge so gering gehalten werden, dass dieses Wasser im Verdampfungskühler der konditionierten Trockensorption oder auch im Anfeuchtmischer dieser Stufe für die Kühlung des Gases nach Kessel bzw. die Konditionierung der Umlaufpartikel ohne weitere Aufbereitung verwendet werden kann. Natürlich ist Voraussetzung, dass die sauren Schadgase im Wesentlichen in der konditionierten Trockensorption abgeschieden werden und der Wäscher als Feinreinigungsstufe betrieben wird.

Für eine weitergehende Abscheidung von Partikeln, Schwermetallen und/oder Aerosolen kann der Tropfenabscheider dieser Stufe durch ein hocheffizientes Nasselektrofilter ersetzt werden. Eine Emission von Ammoniumsalz - Aerosolen kann bei Einsatz eines Nasselektrofilters gesichert ausgeschlossen werden.

### 3.3.3.2 Nutzung der Kondensationswärme

Insbesondere in Nordeuropa wird die in einer nassen Stufe enthaltene Kondensationswärme häufig als Energieeintrag in ein Fernwärmenetz genutzt. Die hierbei einzuspeisenden Wärmemengen sind nicht unerheblich. Bei den üblichen Rahmenbedingungen einer Müllverbrennungsanlage können die spezifischen Wärmemengen in der Größenordnung von ca. 800 bis 850 kW/10.000 m<sup>3</sup> i. N. f. Abgas liegen.

Die basische Waschstufe wird in diesem Fall ausgeführt als Füllkörperwäscher (Abbildung 9). Das Waschwasser wird mit Düsen auf das Füllkörperbett verteilt. Beim Durchrieseln des Füllkörperbettes wärmt sich das Abwasser auf, gleichzeitig kühlt sich das gesättigte Abgas bei Durchströmung des Füllkörperbettes von unten nach oben ab. Das aufgewärmte Wasser wird einem extern angeordneten Wärmetauscher zugeführt, in dem es seine Wärme teilweise an die Flüssigkeit des Fernwärmenetzes abgibt. Das Abwasser wird dann erneut oberhalb des Füllkörperbettes in den Wäscher zurückgegeben. Dem basischen Wäscher ist ein Tropfenabscheider nachgeschaltet.

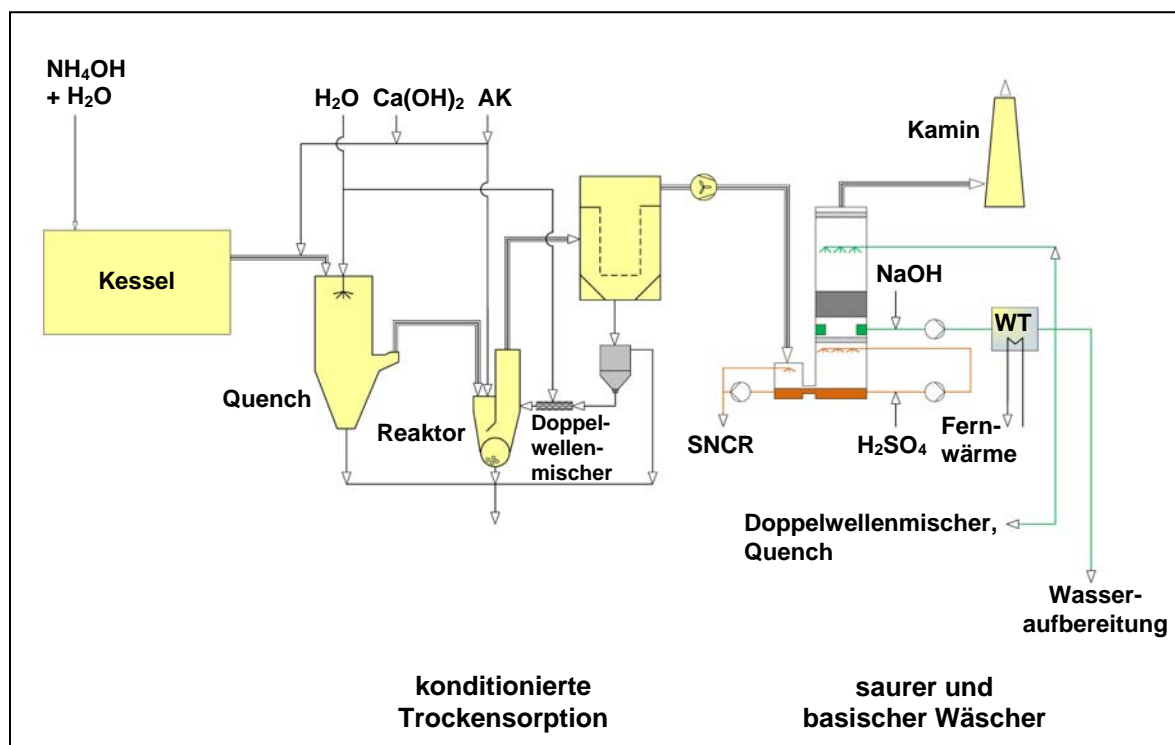


Abb. 9: Konzept für die Nutzung der Kondensationswärme

Die anfallenden Abwassermengen sind bei dieser Anwendung natürlich erheblich größer und werden bestimmt durch die Abkühlung der Gase. Eine Nutzung in der konditionierten Trockensorption ist nur für einen geringen Anteil möglich. Es muss in jedem Fall eine Wasseraufbereitung entsprechend den Anforderungen des Standortes installiert werden. Durch die separate Ausschleusung des Wassers aus der sauren Stufe kann in jedem Fall auf den Einsatz einer NH<sub>3</sub> – Strippung verzichtet werden.

Auf Bauweise und Ausführungsmöglichkeiten einer solchen Abwasseraufbereitung soll in diesem Rahmen nicht näher eingegangen werden. Es sei allerdings angemerkt, dass eine solche Anlage immer mit relativ hohen Kosten und Aufwand verbunden ist.

#### 4 Anwendungsbeispiel für das TwinSorp - Verfahren

Abbildung 10 zeigt als Beispiel für eine ausgeführte Anlage entsprechend dem TwinSorp - Verfahren eine Gasreinigung hinter einer zirkulierenden Wirbelschichtanlage zur Biomasse-Verbrennung in den Niederlanden. Zur Einhaltung des geforderten  $\text{NO}_x$ -Grenzwertes von  $70 \text{ mg/m}^3$  wurde vom Kesselbauer eine SNCR-Anlage installiert. Der  $\text{NH}_3$ -Schlupf nach Kessel ist auf max.  $15 \text{ mg/m}^3$  begrenzt. Ergänzend sind in Abbildung 10 tabellarisch die geforderten Emissionsgrenzwerte, die mit der dem Kessel nachgeschalteten Gasreinigung einzuhalten sind, aufgeführt.



Abb. 10: Gasreinigung Biomasseverbrennung bei der HVC in Alkmaar

Die geforderten extrem niedrigen Emissionsgrenzwerte insbesondere für die Jahresmittelwerte verdeutlichen, dass die Gasreinigung neben einer Hauptstufe zur Einhaltung der Emissionsgrenzwerte in der Größenordnung zum Beispiel der EU Directive 2000/76/EC mit einer zusätzlichen Feinreinigungsstufe, die eine

weitergehende Abscheidung nahezu aller geforderten Emissionsgrenzwerte ermöglicht, ausgerüstet werden muss.

Für diese Gasreinigung wurde folgendes Konzept gewählt:

- Zyklone zur getrennten Flugascheabscheidung
- Konditionierte Trockensorption bei ca. 150° C
- Wärmetauscher zur Kühlung der Gase auf ca. 100° C
- Nasselektrofilter mit integrierter saurer und basischer Stufe

Dieses Konzept bietet neben einer integrierten  $\text{NH}_3$ -Abscheidung auch die gesicherte Einhaltung extrem niedriger Emissionswerte für alle weiteren Komponenten auf kostengünstige Weise. Das Nasselektrofilter wurde wegen der geforderten hohen Abscheidegrade für Partikel und Schwermetalle zusätzlich anstelle des zweiten Tropfenabscheiders eingesetzt. Den Aufbau dieser Gasreinigung zeigt das Grobschema in Abbildung 11.

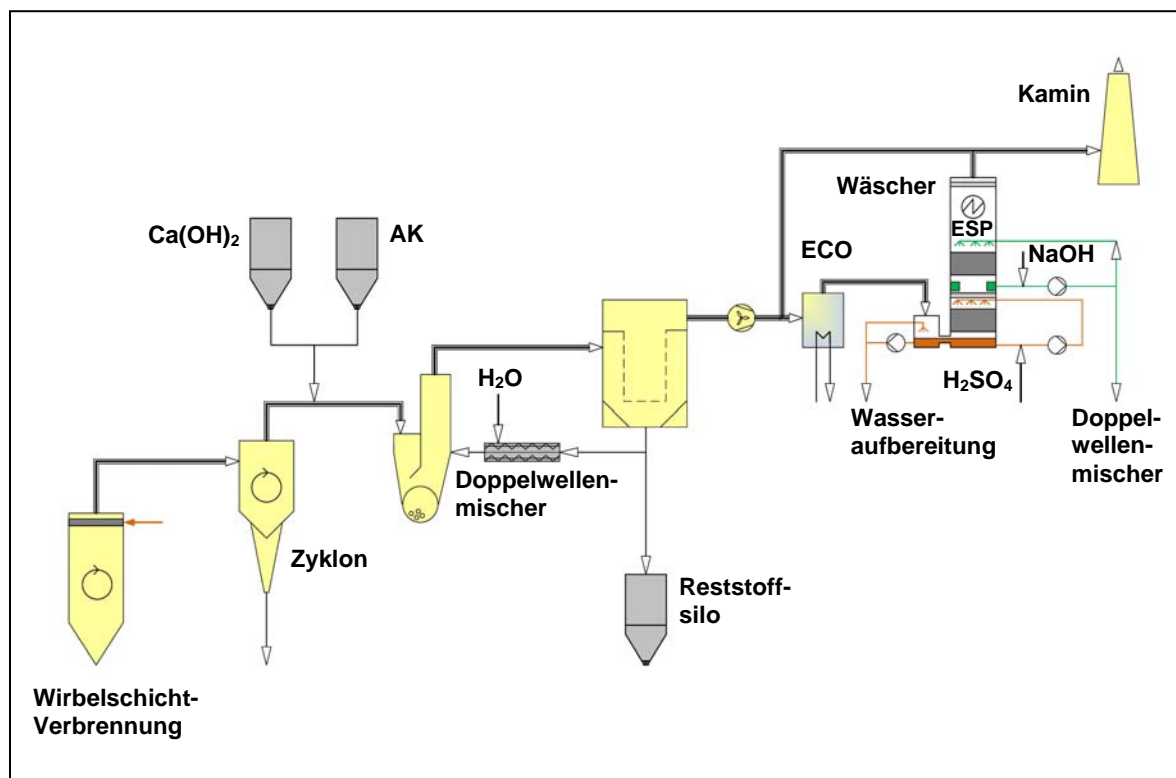


Abb. 11: Verfahrenskonzept Gasreinigung HVC Alkmaar

Diese Anlage ist seit mehreren Jahren in Betrieb. Sie erfüllt im Dauerbetrieb die Einhaltung aller relevanten Emissionsgrenzwerte ohne Einschränkungen. Abbildung 12 zeigt hierzu beispielhaft als Momentanwerte kontinuierlich gemessene Emissionswerte im Kamin sowie ergänzend für einige Komponenten die Konzentrationen im Zwischengas nach konditionierter Trockensorption bzw. vor nasser Feinreinigungsstufe.

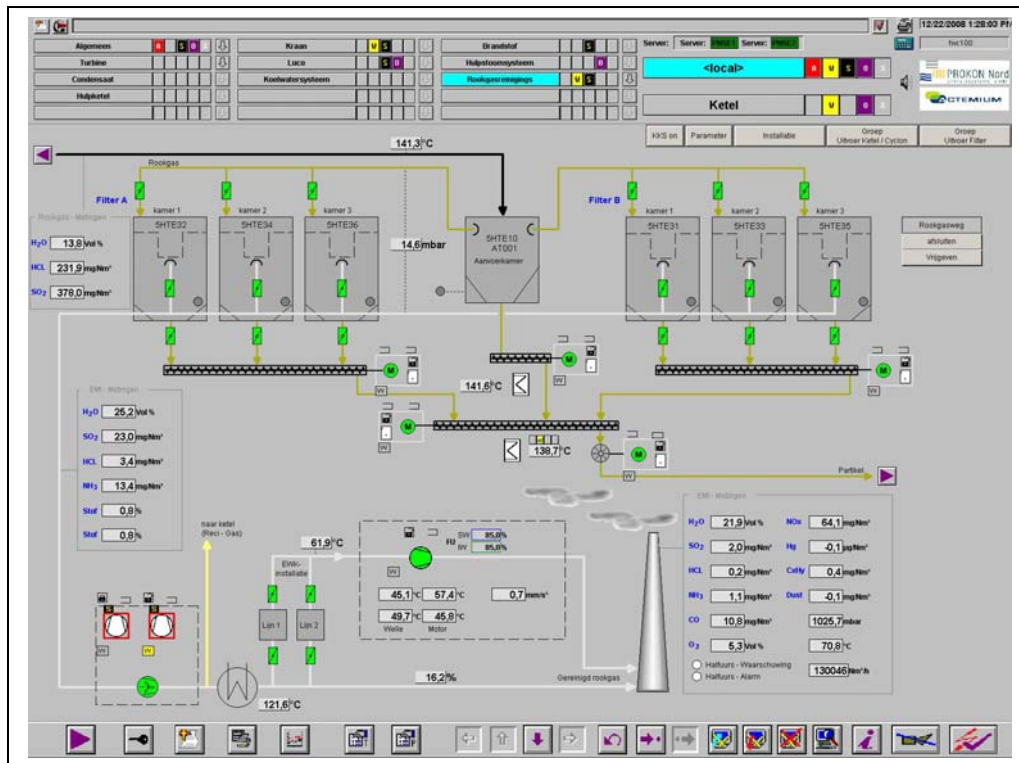


Abb. 12: Emissionswerte HVC Alkmaar

Die NH-Abscheidung erfolgt in der dem Nasselektrofilter vorgeschalteten sauren Waschstufe (Abbildung 13). Der pH-Wert in dieser Stufe ist eingestellt auf ca. 5,6.

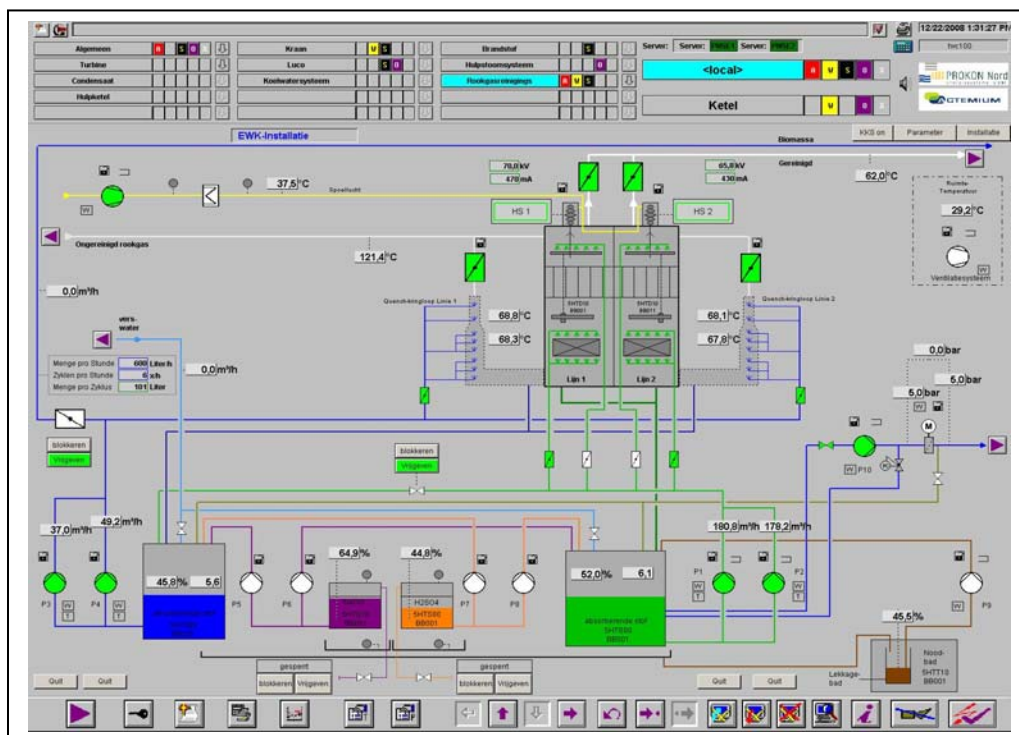


Abb. 13: Nasselektrofilter mit integrierter zweistufiger Wäsche



Zur Sicherstellung einer ausreichenden SO<sub>2</sub>-Abscheidung wurde für die basische Waschstufe ein pH-Wert von 6,1 gewählt.

Das Abwasser aus der basischen Waschstufe wird über die Anfeuchtmischer in der konditionierten Trockensorption eingesetzt. Das NH<sub>3</sub>-beladene Wasser aus der sauren Stufe (max. ca. 0,5 m<sup>3</sup>/h) wird einer zentralen Wasseraufbereitung des Standortes zugeführt.

## 5 Zusammenfassung der Verfahrensvorteile

Aufgrund der steigenden Anforderungen an die Abscheidegrade für die Gasreinigungen hinter Verbrennungsanlagen für Müll und Ersatzbrennstoffe ist es erforderlich, die heute verfügbaren, bewährten Verfahren weiterzuentwickeln bzw. zu ergänzen. Hierbei muss neben der gesicherten Einhaltung der geforderten Emissionsgrenzwerte auch auf niedrige Investitions- und Betriebskosten unter Berücksichtigung des Wärmenutzungsgebotes geachtet werden.

Das vorgestellte TwinSorp - Verfahren stellt eine im Verhältnis einfache und hoch flexibel auf die jeweiligen Anforderungen anpassbare Variante dar. Als wesentliche Vorteile sind zu nennen:

- Für die NO<sub>x</sub>-Abscheidung kann auch für Emissionsgrenzwerte deutlich kleiner 100 mg/m<sup>3</sup> i.N.tr weiterhin ein einfaches SNCR-Verfahren eingesetzt werden.
- Der Einsatz preiswerter Ca-basierter Additive für die Abscheidung der sauren Schadgaskomponenten in der Hauptabscheidestufe bleibt auch bei höheren Anforderungen an die NO<sub>x</sub>-Reduzierung möglich ohne energetische Nachteile bei Einsatz eines Katalysators.
- HCl- und/oder SO<sub>2</sub>-Peaks im Abgas nach Kessel müssen nicht durch eine überproportional erhöhte Additivmittelzugabe kompensiert werden. Die gesicherte Einhaltung der Reingaswerte übernimmt die nasse Stufe. Dadurch kann in Summe die frei verfügbare Additivmittelmenge in der konditionierten Trockensorption reduziert werden. Durch die damit verbundene niedrigere Stöchiometrie ergeben sich Kosteneinsparungen für Ver- und Entsorgung.
- Das Verfahren kann durch Variation der nassen Vorreinigungsstufe flexibel auf die jeweiligen Anforderungen einer Aufgabenstellung angepasst werden.
- Niedrige Emissionsgrenzwerte können kostengünstig im Dauerbetrieb gesichert eingehalten werden.
- Das Verfahren arbeitet abwasserfrei und ohne aufwändige NH<sub>3</sub>-Strippung.
- Maßnahmen für eine weitergehende Wärmenutzung lassen sich integrieren.



Enzer Straße 26  
31655 Stadthagen  
DEUTSCHLAND

Telefon: +49 5721 708 - 200  
Telefax: +49 5721 708 – 154  
E-Mail: [info@luehr-filter.com](mailto:info@luehr-filter.com)

Internet: [www.luehr-filter.com](http://www.luehr-filter.com)