

# Wieweit können Mängel in der Auslegung einer MVA-Feuerung durch das Dampferzeugerkonzept ausgeglichen werden?

K.M. Kautz und R. Warnecke

(anlässlich: Born, M. (Hrsg.): 2. Diskussionsrunde – Dampferzeugerkorrosion. Sidaf-Tagung am 27.-28.10.2005. Saxonia: Freiberg, 2005)

## Inhalt:

1. Einleitung
  2. Auftreten der rauchgasseitigen Probleme
  3. Zu den Problemen im 1. und 2. Zug
  4. Zu den Problemen an den End-Überhitzern
  5. Wirtschaftliche Betrachtungen zu den Problemen im 1. und 2. Zug
  6. ASP-Methode versus Belagkennzahlen
  7. Zusammenfassung
- Literatur

## 1. Einleitung

Eine genügend große Anzahl von Untersuchungen rauchgasseitiger Probleme in MVA bezüglich der Zusammenhänge zwischen konstruktiven Gegebenheiten, chemischer Zusammensetzung der Beläge und Korrosionsprodukte und den aufgetretenen Problemen ([Warnecke, 2002] [Kautz, 2003], [Kautz, 2004], [Kautz, 2005]) haben gezeigt, dass die Auslegung der Feuerung bei geeignetem Müllinput zu den primären Einflussfaktor gehört. Daraus resultierende Probleme im 1. und eventuell noch im 2. Zug kann, ohne größere Umbaumaßnahmen nur mit sekundären Maßnahmen, wie z. B. Auswahl einer besser geeigneten keramischen Auskleidung oder Cladding begegnet werden. Für den Überhitzerbereich kann jedoch die Auslegung des Dampferzeugers von entscheidender, Problem vermindender Bedeutung sein.

## 2. Auftreten der rauchgasseitigen Probleme

Aufgrund der betrieblichen Erfahrungen aus einer Vielzahl von MVA unterschiedlicher Hersteller müssen folgende Kesselbereiche bezüglich rauchgasseitiger Probleme: Verschlackungen, Verschmutzungen und Korrosionen als gefährdet angesehen werden:

- die keramische Auskleidung des Feuerraums und des ersten Zuges: durch Verschlackung und Korrosion,
- die Flossenwände hinter der keramischen Auskleidung: durch Korrosion,
- die nicht keramisch oder durch Cladding geschützten Partien des 1. Zuges und des 2. Zuges: durch Verschmutzung und Korrosion,
- die Strahlungsheizflächen auch des 3. Zuges durch Verschmutzung, seltener durch Korrosion,
- die Berührungsheizflächen durch Verschmutzung und Korrosion.

Zurückzuführen sind derartige Probleme einerseits auf die verwendeten Einsatzstoffe und die eingesetzten Apparate- und Verfahrenstechnik. Sind die Einsatzstoffe nicht beeinflussbar, ist die Anlage so robust wie möglich zu gestalten. Dabei erfolgt die Beeinflussung der Risiken in der Reihenfolge der Rauchgas(RG)-Durchströmung. Somit ist in erster Linie auf die optimale Auslegung der Feuerung unter Berücksichtigung des zu verfeuernden Mülls zu achten; erst danach auf die Auslegung des Dampferzeugers. Im eigentlichen Feuerraum sind weitestgehend die physikalischen Parameter für Probleme entscheidend, zu vernachlässigen ist hier zunächst die Rauchgaszusammensetzung. Diese hat einen wesentlichen Einfluss ab Beginn des 1. Zuges:

- sowohl bezüglich der Korrosion hinter der keramischen Auskleidung,
- als auch der Verschlackungen und Verschmutzungen, welche die Effektivität der Strahlungsheizflächen beeinflussen.

Als chemische und physikalische Ursachen für die rauchgasseitigen Probleme sind bekannt:

- Verschlackungen durch schmelzflüssigen Austrag aus dem Feuerraum;
- Verschlackungen und Verschmutzungen durch die Alkali-, Erdalkali- und Schwermetallgehalte sowie Chlor und Schwefel im Müll;
- Korrosionen am Rohr Stahl durch Chlor- und Schwefel-Verbindungen, wobei der Schwefel zumeist nur indirekt an den Korrosionen beteiligt ist;

- Korrosionen an keramischem Material: durch O<sub>2</sub>-Über- und -Unterschuss bei zu hohen Temperaturen und Alkalien; durch die Zusammenwirkung von physikalischen Vorgängen und Schmelzbildung.

Eine Zunahme besonders der Korrosionen an den Verdampferrohren im 1. Zug und den Überhitzern von kommunalen Hausmüllverbrennungsanlagen erfolgte Anfang der siebziger Jahre mit dem Anstieg des Heizwertes des verfeuerten Mülls.

### **3. Zu den Problemen im 1. und 2. Zug**

Die bisherigen Lösungswege für die feuer-/rauchgasseitigen Probleme besonders im 1. aber auch im 2. Zug sind bisher:

- die keramische Auskleidung immer wieder wechselnder Auslegung und Ausdehnung,
- das Cladden bzw. das Thermische Spritzen inzwischen bis ans Ende des 2. Zuges,
- gegen Verschlackungen und Verschmutzungen das
  - Reinigen mit Lanzen,
  - das Sprengen.

Über diese „Lösungen“ wird in den meisten Fällen versucht, die Auslegungsschwächen der Feuerungen auszugleichen.

### **4. Zu den Problemen an den End-Überhitzern**

Derzeit wird versucht, die Lösung der rauchgasseitigen Probleme im Wesentlichen durch:

- den Vierzug-Tailend-Kessel mit
- genügend großer „Wärmefalle“ und
- durch Klopfer abreinigbare Berührungsheizflächen

zu erreichen.

Weitere Schritte sind Maßnahmen bezüglich der Sekundärluft-Zugabe und dem Einblasen von Rezi-Gas.

## 5. Wirtschaftliche Betrachtungen zu den Problemen im 1. und 2. Zug

Wird als Beispiel für eine Kostenbetrachtung zur Lösung der Probleme hauptsächlich in Bezug auf die Vermeidung von Rohrwand-Korrosionen eine 8,5 t<sub>Müll</sub>/h Anlage genommen, so hat diese

- ca. 270 m<sup>2</sup> Wandfläche im 1. Zug
- ca. 190 m<sup>2</sup> Wandfläche im 2. Zug.

Die Kosten für schützende Auskleidungen sind derzeit folgendermaßen zu veranschlagen:

- SiC	:	1000 €/m <sup>2</sup> (geklebt)
- Hintergossene Platten	:	1100 €/m <sup>2</sup>
- Hinterlüftete Platten	:	1200 €/m <sup>2</sup>
- Cladding	:	4800 €/m <sup>2</sup>
- Thermische Spritzen	:	2000 €/m <sup>2</sup>

Diese Zusammenstellung zeigt, dass wie in vielen Fällen aufgetreten, nach Inbetriebnahme bzw. nach Ablauf von Garantiezeiten hohe Kosten auf einen Betreiber zukommen können: bei Cladden z.B.: 200 m<sup>2</sup> x 4.800 € = 960.000 €.

## 6. ASP-Methode versus Belagkennzahlen

Die ASP-Methode zur Bewertung der Problem-Gefährdung von MVA [Spiegel W., 2005] wird wie folgt beschrieben:

„Chemische Signale des Rauchgas-Partikelstroms sind die grundlegende Informationsquelle für diesen Optimierungsansatz, d. h., es soll die Korrosionsrelevanz der betrieblichen Prozesse – aus der Wechselwirkung von Brennstoff und Feuerung – durch die chemische Analyse der Feststofffracht des Rauchgasstroms (entnommen am Kesselende) bewertet werden. Diese Herangehensweise bzw. Methode wird mit dem Kürzel „ASP“ (Asche-Salz-Proportionen) bezeichnet.“

Weiterhin wird ausgesagt:

„Aus den Bewertungen der Betriebszahlen vs. ASP-Zahl wird im Ansatz deutlich, dass es u. U. für einzelne MVA-Standorte die Möglichkeit gibt, die üblicherweise erfassten betrieblichen Kenngrößen auch im Sinne von betrieblicher Korrosionsminderung einzusetzen. Die Hülsenentnahmen wären dann eine Art „Kalibrierhilfe“. Allerdings lassen sich die so gefundenen Zusammenhänge offensichtlich nicht von einer MVA auf die nächst ohne weiteres übertragen. Dies erscheint auch einsichtig, angesichts der vielfältigen Unterschiede zwischen den MVA-Standorten in Bezug auf deren technische Ausgestaltung und deren Brennstoffe“.

Zu den Belagkennlinien [Warnecke, 2002] bzw. der Bewertungsmethode von Anlagen auf der Basis chemischen Analysen des Belages entlang dem Rauchgasweg beginnend mit dem 1. Zug ist folgendes zu sagen:

Eine Vielzahl von Untersuchungen nach rauchgasseitigen Stör- und Schadensfällen in Hausmüllverbrennungsanlagen hat gezeigt, dass diese mit bestimmten Gehalten an chemischen Komponenten in den Belägen der betroffenen Kesselbauteile in Verbindung gebracht werden können bzw. müssen. Es sind dieses:

- Si-Verbindungen in schmelzflüssiger Form (Feuerraum und unterer Teil des ersten Zuges) und gas- und aerosolförmige Verbindungen (z. B.  $\text{SiCl}_4$ ) im Bereich der Konvektionsheizflächen; hierbei geht  $\text{SiO}_2$  in den Analysen der Beläge zumeist parallel zu  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;
- Chloride, die sich aus der Gasphase zumeist als Alkali- und Schwermetallchloride oder als Aerosole auf den Wärmetauscherflächen abcheiden.

Es erscheint daher logisch, wenn überhaupt, Anlagenkennlinien auf den beiden Belag-Komponenten Chlorid und  $\text{SiO}_2$  basieren zu lassen. Alle anderen Belagkomponenten sind besonders vor dem „verwirrenden“ Hintergrund der Vielzahl der vorhandenen/betriebenen Anlagenkonzepte mit häufigen Nachinbetriebnahme-Modifikationen als nicht genügend aussagekräftig abzulehnen und auch sehr Müll abhängig.

Die bisher durchgeführten ersten Untersuchungen zu Belagkennlinien haben gezeigt, dass Anlagen-spezifische Aussagen in Bezug auf Anlagenprobleme und deren Verbesserbarkeit möglich sind.

Die Anlagenkennlinien erlauben weiterhin auch erste Empfehlungen, besonders für Anlagenhersteller, bezüglich belagseitig einzuhaltender/zu garantierender Belagwerte als Basis zur Festlegung von Reisezeiten zwischen zwei mechanischen Grundreinigungen und von Standzeiten von z.B. End-Überhitzern.

Eine endgültige Bewertung der beiden Methoden muss der Zukunft vorbehalten bleiben. Es kann jetzt aber bereits gesagt werden, dass:

- eine Methode die Stäube am Ende einer Anlage bewertet nur die Summe aller Einflüsse erfasst,

während:

- eine Methode welche die Einflüsse „schrittweise“ entlang dem Rauchgas erfasst, auch Teileinflüsse berücksichtigt und hier den „alleinigen“ Einfluss der Feuerung.

## 7. Zusammenfassung

Auf der Basis der durchgeführten Analysen, Datenerfassungen und Diskussionen können folgende technische Aussagen getroffen werden:

1. Ein besonders wichtiger Faktor bei der Auslegung einer möglichst störungsarmen Anlage ist die „Feuerung“,
2. die Auslegung des Dampferzeugers scheint Mängel in der Feuerung bezüglich Überhitzer-Korrosion nur dann kompensieren zu können, wenn diese nicht zu „groß“ sind und auch nur dann, wenn:
3. genügend lange Rauchgaswege mit „moderaten“ Rauchgas-Geschwindigkeiten und/oder „sekundären“ Abreaktionszonen (Wärme-fallen) vor Erreichen der Endüberhitzer vorhanden sind;
4. in Bezug auf Korrosion an Wärmetauscher-Wänden im 1. und 2. Zug kann primäre Abhilfe nur über die richtige Auslegung der Feuerung, d.h. insbesondere SL-Verteilung, gefunden werden.
5. Wenn dieses nicht möglich ist, müssen kostenträchtige Auskleidungen in Kauf genommen werden.

Was die Rauchgaschemie betrifft, ist es wichtig, ihre „primäre“ Bildung von Chloriden so niedrig wie möglich zu halten:

- besonders auch wegen der Gefahr von Korrosion im 1. und 2. Zug.

Und die „sekundäre“ Umwandlung in „unschädliche“ Sulfate vor Erreichen der gefährdeten Wärmetauscher so zu optimieren, dass zumindest chloridische Schmelzen-Korrosion vermieden wird, wobei einmal gebildetes Calciumchlorid nicht mehr sulfatisiert werden kann und zu starken Korrosionen neben Verschmutzung beiträgt.

Zusammengefasst kann daher gesagt werden:

- Mängel in der Auslegung der Feuerung können, wenn sie nicht „zu groß“ sind bezüglich der Minimierung der Probleme an den Berührungsheizflächen durch die Dampferzeugerkonzeption „kompensiert“ werden.

- Probleme im 1. und im 2. Zug können nur durch kostenträchtige Maßnahmen wie keramische Zustellung oder Cladding vermindert werden.

## Literatur

[Warnecke, 2002] Warnecke, R., Kautz, K.: Belagkennwerte zu Müllverbrennungsanlagen – Teil I: Belagkennlinien und Empfehlungen zu Belag-Grenz- bzw. – Garantiewerten, in Ersatzbrennstoff-Aufbereitung, Müllverbrennung und Monoverbrennung von festen Siedlungsabfällen, Springer-Verlag (2002)

[Kautz, 2003] Kautz, K., Warnecke, R.: Belagkennwerte zu Müllverbrennungsanlagen – Teil II: Zusammenhänge zwischen Belagkennzahlen für Verschmutzungs- und Korrosionsgefährdung und Anlagenkonzepten, VDI-Wissensforum 430503 – Tagung Göttingen 23./24.06.2003

[Kautz, 2004] Kautz, K., Warnecke, R.: Belagkennwerte in Müllverbrennungsanlagen – Teil III: Einflüsse von Feuerraum- und Kesselgestaltung auf Beläge und Korrosionen, VDI-Wissensforum 430504 – Tagung Göttingen 04./05.05.2004

[Kautz, 2005] Kautz, K., Warnecke, R.: Belagkennwerte in Müllverbrennungsanlagen – Teil IV: Bisherige Erkenntnisse zur Bildung von korrosions- und verschmutzungsgefährdenden chemischen Komponenten im Feuerraum und ihre Umwandlungen im Rauchgasweg, sowie über Auswirkungen auf Korrosionsraten an Überhitzern, VDI-Wissensforum 430505, Tagung Hannover 14./15.06.2005

[Spiegel W.; 2005] Spiegel, W. et al.: Charakterisierung von Korrosionsvorgängen im Müllkessel auf der Basis von Flugstäuben, VDI-Wissensforum 430505, Tagung Hannover 14./15.06.2005