



MARTIN GmbH
für Umwelt- und Energietechnik

seit 1925



Mit Volldampf voraus

www.martingmbh.de

MARTIN Strahlungsüberhitzer Hohe Dampfparameter - Keine Korrosion



Restabfall hat ein großes Potential an Energie, die in modernen Restabfall-Verbrennungsanlagen zu weit mehr als 80% in Form von thermischer Energie zurück gewonnen werden kann. Aufgrund der im Abfall enthaltenen Elemente ist das Abgas mit korrosiven Substanzen versetzt, welche die Dampftemperatur bei akzeptablen Standzeiten für die Kesselflächen einschränken. Dies grenzt den Wirkungsgrad der Umwandlung in elektrische Energie stark ein.

MARTIN hat Lösungen erarbeitet, die eine Steigerung der Dampftemperatur ohne Korrosionsrisiko erlauben. Diese basieren auf dem seit vielen Jahren bewährten System der hinterlüfteten Platten. Hierbei werden SiC-Platten in einem definierten Abstand von Kesselflächen eingebaut; der Zwischenraum wird mit Sperrluft beaufschlagt, die das Eindringen von korrosiven Gasen verhindert. MARTIN baut in diesen Zwischenraum Überhitzerrohre ein, die so ebenfalls effizient vor Korrosion geschützt sind.

Der Wandüberhitzer wird in die Seitenwände im Feuerraum eingebaut, der Strahlungsüberhitzer (siehe Abbildung) in die Decke des 1. Zuges. Beide Lösungen wurden intensiv getestet und stehen in neuen aber auch bestehenden Anlagen für die kommerzielle Nutzung zur Verfügung. Je nach Anlage kann die Dampftemperatur um 40 - 50 °C ohne Korrosionsrisiko erhöht werden.

Ein Gemeinschaftsprojekt mit:



CheMin GmbH



Dieses Projekt wird von der Europäischen Union aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung und vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit kofinanziert.

Strahlungsüberhitzer im Feuerraum zur Effizienzsteigerung – Erste Erfahrungen am MHKW Rosenheim

Reinhold Egeler, Josef Schmidt, Johannes J. E. Martin und Toralf Weber

1.	Stand der Technik	398
2.	Ansätze für einen korrosionsgeschützten Strahlungsüberhitzer	400
3.	Realisierung im MHKW Rosenheim	404
4.	Ergebnisse nach 3.600 Betriebsstunden	407
5.	Fazit.....	409
6.	Literaturverzeichnis.....	410

Die in modernen Abfallverbrennungsanlagen realisierten Kesselkonzepte sind das Ergebnis langjähriger Erfahrungen im Umgang mit dem inhomogenen Brennstoff Abfall und den daraus für den Anlagenbetrieb entstehenden Konsequenzen. Die Einflüsse des Brennstoffes Abfall auf das Verschmutzungs- und Korrosionsverhalten eines Dampfkessels sind Herstellern und Betreibern hinlänglich bekannt. Lag in den 1970er und 1980er Jahren der Hauptfokus beim Betrieb einer Abfallverbrennungsanlage auf einer hohen Verfügbarkeit, der Reduzierung von Stillstandszeiten und Minimierung der Wartungskosten, so änderte sich das Bild in den 1990er Jahren. Neben der Einhaltung strengerer gesetzlicher Umweltauflagen (17. BImSchV) gewannen Aspekte zur Steigerung der Effizienz der Anlagen immer mehr an Bedeutung. Diese Entwicklung führte zu einem Ansteigen von durch Korrosion oder Verschmutzung hervorgerufenen Stillständen, die Verfügbarkeit der Anlagen nahm ab, die Aufwendungen zur Beseitigung von Korrosionsschäden hingegen erhöhten sich deutlich. Anlagenhersteller und Betreiber begannen neue Schutz- und Reinigungssysteme für den Dampferzeuger zu entwickeln. So wurden in diesem Zeitraum keramische und metallische Schutzsysteme entwickelt, die im Bereich der Verdampferwände heute Stand der Technik sind. Als typische Vertreter sind hier SiC-Plattensysteme (hintergossen bzw. hinterlüftet) bzw. das Cladding mit Chrom-Nickel-Basislegierungen zu nennen. Auch die Online Reinigungssysteme wurden konsequent weiterentwickelt (Klopfwerke, Rußbläser) bzw. neue Systeme, wie z.B. Online Wasserreinigung, wurden zur Marktreife entwickelt. Durch den Einsatz dieser Technologien sind wieder für den Betreiber zufriedenstellende Reisezeiten erreichbar.

Eine Steigerung der Effizienz ist hingegen nur über eine Anhebung der Dampfparameter Druck und/oder Temperatur und durch die Anwendung neuer Anlagenkonzepte erreichbar. Aufgrund der bisherigen Korrosionserfahrungen in Abfallverbrennungsanlagen werden diese meist mit den Frischdampfparametern von 40 bar und 400 °C

betrieben. Eine Erhöhung dieser Frischdampfparameter führt bei den meisten Anwendungsfällen zu einem, teils massiven Ansteigen der Korrosionserscheinungen, für die es im Moment keine werkstoffliche Lösung gibt. Eine signifikante Effizienzsteigerung ist zurzeit nur über den Weg neuer Anlagenkonzepte erreichbar. Zu nennen sind hier die Ansätze zur Zwischenüberhitzung oder der Einsatz von Kühltürmen oder Frischwasserkondensatoren. Diese Konzepte sind jedoch kostenintensiv und nicht an jedem Standort realisierbar.

Im folgenden Beitrag wird ein neuer Ansatz aufgezeigt, der es ermöglicht, höhere Dampftemperaturen in Abfallverbrennungsanlagen zu realisieren und den Überhitzer dabei so zu schützen, dass er nicht den korrosiven Abgasen ausgesetzt ist.

1. Stand der Technik

Strahlungsüberhitzer in Feuerräumen zählen bei der Verbrennung von Regelbrennstoffen zum Stand der Technik. Bedingt durch die Eigenschaften und Inhaltsstoffe dieser Brennstoffe sind Korrosionsangriffe auf diese Überhitzerheizflächen eher unbekannt. Anders verhält es sich bei Abfallverbrennungsanlagen. Anlagenkonzepte in den 1970er und 1980er Jahren sahen einen Strahlungsüberhitzer im Übergang vom ersten zum zweiten Zug bzw. nur im zweiten Zug vor. Ein Vorteil dieser Anordnung ist die kompakte Bauart der Überhitzer, da aufgrund des großen Temperaturgradienten die für die Überhitzung des Dampfes benötigte Wärmetauscherfläche im Vergleich zu konvektiven Überhitzern deutlich verkleinert werden konnte. Mit den damals vorherrschenden Abfallzusammensetzungen und -heizwerten wurden zufriedenstellende Standzeiten der Strahlungsüberhitzer erreicht. Durch die Änderungen gesetzlicher Rahmenbedingungen sowie durch die Einführung getrennter Erfassungssysteme für verschiedene Abfallfraktionen änderte sich das Bild zusehends. Die Korrosionsangriffe auf diese Bauteile wurden immer stärker, Standzeiten von weniger 2 Jahren waren für viele Anlagenbetreiber bittere Realität.



Bild 1:

Massive Korrosionsspuren an einem Überhitzer im zweiten Zug nach 12.000 Betriebsstunden (links oben), Rohrreißer auf Materialabzehrung an einem Überhitzerrohr (rechts oben), Korrosionsangriff auf ein Überhitzerrohr nach 8.000 Betriebsstunden (links unten), dazugehörige Korrosionsschicht mit Belag (rechts unten)

Ansätze, die Korrosionsproblematik materialtechnisch zu lösen, führten nicht zum Erfolg. Testflächen mit auftragsgeschweißten oder thermisch gespritzten Materialien, meist Nickelbasislegierungen, wiesen ebenfalls nach kurzer Einsatzdauer Korrosionsspuren auf, die zwar geringer ausfielen als an ungeschützten Überhitzerrohren, aber in absehbarer Zeit dennoch zu einem Rohrschaden führten.



Bild 2: Punktuelle Schäden an thermisch gespritzten (links) und auftragsgeschweißten (rechts) Schutzschichten

Auch ein Schutz mit keramischen Massen brachte keine signifikante Verbesserung des Korrosionsschutzes und führte letztendlich aufgrund längerer Abbruch- und Reinigungsarbeiten zu längeren Stillstandszeiten. Diese, in den meisten Anlagen nur marginalen Verbesserungen des Korrosionsverhaltens stehen in keinem Verhältnis zu den dafür notwendigen finanziellen Aufwendungen.

Moderne Kesselkonstruktionen für Abfallverbrennungsanlagen verfolgen das Konzept, den Überhitzer so zu platzieren, dass die Abgastemperaturen am Eintritt des Überhitzers den Wert 650 °C bis 700 °C nicht überschreiten. Bei Vertikalzugkesseln werden die Überhitzerbündel meist liegend im dritten Zug platziert, bei Horizontalzugkesseln sind die Überhitzer meist hängend im Dackelzug nach dem dritten Leerzug angeordnet. Bedingt durch die niedrigeren Abgastemperaturen im Bereich der Überhitzer muss die Wärmetauscherfläche bei dieser Anordnung stark vergrößert werden, um die gleiche Wärmemenge auszukoppeln wie bei den oben aufgeführten Strahlungsüberhitzern, was Bauweise und Kosten des Dampfkessels deutlich vergrößert [1, 2]. Die Überhitzer bei diesen Kesselkonzepten sind weitaus weniger korrosiv belastet, als die oben aufgeführten Strahlungsüberhitzer. In der Regel besitzen diese Überhitzer eine Standzeit von 5 – 8 Jahren, bevor sie erneuert werden müssen. Tendenziell kürzere Standzeiten sind bei EBS-Anlagen und bei Abfallverbrennungsanlagen mit einem hohen Anteil an Gewerbe- und Industrieabfall im Brennstoff zu beobachten. In den letzten Jahren wurde die Erfahrung gemacht, dass durch Nickelbasislegierungen die Standzeiten der Überhitzer deutlich verlängert werden können, sofern die Heißdampftemperaturen etwa 430 °C nicht überschreiten [3].

2. Ansätze für einen korrosionsgeschützten Strahlungsüberhitzer

Mitte der 1990er Jahre wurde von Jünger+Gräter [4] ein hinterlüftetes Plattensystem entwickelt, welches mit großem Erfolg in einer Vielzahl von Abfallverbrennungsanlagen eingesetzt wird. Bei diesem System wird vor der Membranwand ein gebrannter SiC-Formstein so angeordnet, dass sich zwischen dem SiC-Formstein und der Membranwand ein Spalt von etwa 10 mm ausbildet. Durch die spezielle Art der Ankerung des SiC-Formsteines kann sich dieser unabhängig von der Membranwand flexibel bewegen und bedingt durch die Gestaltung der Fugen auch ausreichend ausdehnen. Während des Betriebes wird der zwischen dem Formstein und der Membranwand gebildete Spalt mit einer Sperrluft beaufschlagt, die verhindert, dass korrosive Gase aus dem Feuerraum an die Membranwand gelangen.

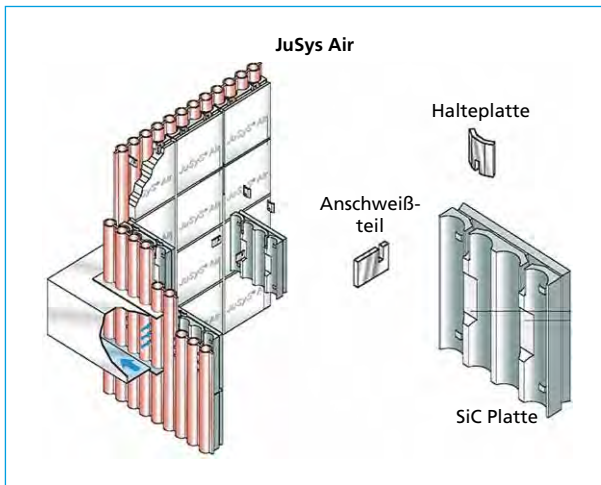


Bild 3:

Aufbau des hinterlüfteten Plattensystems

Quelle: Horn, M.; Schuierer, F.; Drexler, J.; Beul, H.-G.: Acht Jahre hinterlüftetes Plattensystem – JuSys Air. In: Thomè-Kozmiensky, K. J.; Beckman, M.: Optimierung der Abfallverbrennung Band 6. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomè-Kozmiensky, 2009

Diese Sperrluft wird kontinuierlich zugeführt und gelangt über die Fugen in den Feuerraum. Somit wird gewährleistet, dass sich die Membranwände und das Haltesystem der SiC-Formsteine in einer korrosionsfreien Atmosphäre befinden.

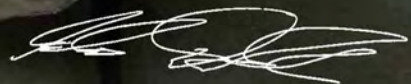
Ausgehend von dem hinterlüfteten Plattensystem wurde 1999 im MKW Schwandorf ein Konzept realisiert, das vorsah, Überhitzerrohre zwischen der Membranwand und dem SiC-Formstein zu platzieren [5 und 6], der sogenannte *Wandüberhitzer*. In einem 4 x 4 m großen Testfeld wurden an der Vorderwand des Müllkessels II zwei Überhitzerschlangen eingebaut und über einen Zeitraum von etwa 22.000 Stunden betrieben.

Es zeigte sich sehr schnell, dass ein ausreichender Sperrluftdruck im Spalt essentiell für den Wandüberhitzer ist. So wurde anfänglich der Sperrluftdruck zu niedrig eingestellt, und korrosive Gase konnten durch die Fugen auf die Überhitzerrohre gelangen und eine punktuelle Korrosion hervorrufen. Bedingt durch eine zu starke punktuelle Abzehrung an einer Rohrschlange wurde diese nach 8.000 Stunden nicht weiter mit Dampf beaufschlagt. Im weiteren Verlauf des Testbetriebes wurde der Sperrluftdruck deutlich erhöht



J+G
REFRACTORIES

Wir sind die Guten!



Markus Dworschak
Feuerungsmaurer, 27 Jahre bei J+G

Als Experten im Feuerfestbau schaffen wir innovative Lösungen für alle Industriebereiche. Seit mittlerweile 75 Jahren. Weltweit. Dabei hat uns immer die Nähe zu unseren Kunden stark gemacht. Denn wir konzentrieren uns auf die individuellen Bedürfnisse unserer Geschäftspartner und beantworten diese mit maßgeschneiderten Gesamtlösungen. Greneten im Feuerfestbau kennen wir nicht. In diesem Sinne sind wir gerne uneingeschränkt für Sie da. Jünger+Gräter GmbH • D-68723 Schwetzingen • www.jg-refractories.com

J+G
REFRACTORIES

Waste Management



Waste Management, Volume 1

Publisher: Karl J. Thomé-Kozmiensky, Luciano Pelloni
ISBN: 978-3-935317-48-1
Company: TK Verlag
Karl Thomé-Kozmiensky
Released: 2010
Hardcover: 623 pages
Language: English, Polish and German
Price: 35.00 EUR

Waste Management, Volume 2

Publisher: Karl J. Thomé-Kozmiensky, Luciano Pelloni
ISBN: 978-3-935317-69-6
Company: TK Verlag
Karl Thomé-Kozmiensky
Release: 2011
Hardcover: 866 pages, numerous coloured images
Language: English
Price: 50.00 EUR

CD Waste Management, Volume 2

Language: English, Polish and German
ISBN: 978-3-935317-70-2
Price: 50.00 EUR

Waste Management, Volume 3

Publisher: Karl J. Thomé-Kozmiensky, Stephanie Thiel
ISBN: 978-3-935317-83-2
Company: TK Verlag
Karl Thomé-Kozmiensky
Release: 10. September 2012
Hardcover: ca. 780 pages, numerous coloured images
Language: English
Price: 50.00 EUR

CD Waste Management, Volume 3

Language: English
ISBN: 978-3-935317-84-9
Price: 50.00 EUR

110.00 EUR
save 125.00 EUR

Package Price

Waste Management, Volume 1 • Waste Management, Volume 2 • CD Waste Management, Volume 2
Waste Management, Volume 3 • CD Waste Management, Volume 3



Order now on www.vivis.de
or

Dorfstraße 51
D-16816 Nietwerder-Neuruppin
Phone: +49.3391-45.45-0 • Fax +49.3391-45.45-10
E-Mail: tkverlag@vivis.de

vivis
TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky



Bild 4: Wandüberhitzer MK II, MSB Schwandorf

und eine zusätzliche Gasanalyse eingebaut, die ein Eindringen von Gasen aus dem Feuerraum detektiert. Während des anschließenden weiteren Betriebes traten keine weiteren Korrosionserscheinungen an den Überhitzerrohren mehr auf. Die nach 22.000 Betriebsstunden ermittelten Abzehrungsraten bewegten sich bei der ungekühlten Rohrschlange (Temperatur etwa 550 °C) zwischen 0,24 mm/Jahr bis 0,59 mm/Jahr. Die weiterhin mit Dampf gekühlte Rohrschlange war Temperaturen zwischen 400 °C bis 475 °C ausgesetzt, die Abzehrungsraten lagen hier zwischen 0,2 mm/Jahr und 0,26 mm/Jahr.

Mit diesem Test konnte demonstriert werden, dass eine wirksame Überhitzung des Dampfes auf bis zu 475 °C mittels eines Wandüberhitzers realisierbar ist, ohne dass es zu gravierenden Korrosionsangriffen auf die Überhitzerrohre kommt. Es zeigte sich weiterhin, dass der Sperrluftdruck im Spalt für den Korrosionsschutz des Wandüberhitzers essentiell ist und hinreichend überwacht werden muss.

Auf Grundlage der Versuchsdaten wurde für ein MVA-Projekt in Dänemark ein Konzept entwickelt, in dem mittels konventioneller Überhitzer der Dampf auf 435 °C überhitzt, und anschließend in einem Wandüberhitzer die Dampftemperatur auf 480 °C erhöht wird. Es zeigte sich bei der Projektierung, dass die zur Verfügung stehenden Einbauflächen den Umfang der Überhitzung auf die genannte Größenordnung limitiert. So ist der Einsatz des Wandüberhitzers nur an der Vorderwand und den beiden Seitenwänden außerhalb der Öffnungen der Stützbrenner, Sekundärluftdüsen und großer Schauluken bzw. Mannlöcher realisierbar. Ein Einsatz an der Rückwand wäre nur mit großem technischen Aufwand realisierbar. Weiterhin ist zu beachten, dass eine ausreichende Isolation zwischen den Überhitzerrohren und der Membranwand vorzusehen ist, um den Wärmeabfluss in die Membranwand zu minimieren. Des Weiteren ist anzumerken, dass hier die Überhitzerrohre nur von einer Seite effektiv mit Wärme bestrahlt werden.

Ausgehend von diesen Grundgedanken wurde überlegt, den Strahlungsaustausch vom Abgas an die Überhitzerheizflächen zu intensivieren, ohne durch Wärmeabfluss an die Membranwände Wirkungsgrad der Heizfläche zu verlieren. Zu realisieren ist dies durch im Feuerraum freihängende Überhitzerrohre, die über den gesamten Rohrumfang der Wärmestrahlung ausgesetzt sind und einen entsprechenden Abstand zu den Membranwänden aufweisen.

Aufgrund der bisher gesammelten Erfahrungen bei Strahlungsüberhitzern in Feuerräumen ist deren Einsatz ohne wirksames Schutzsystem aufgrund der zu erwartenden hohen Korrosionsraten nicht realisierbar. Als Grundlage für die Entwicklung eines wirksamen Korrosionsschutzes wurde das hinterlüftete Plattensystem verwendet, welches auf die speziellen Anforderungen für den Einsatz als Verkleidung des Strahlungsüberhitzers angepasst wurde. Grundlegende Eigenschaften des Plattensystems, wie z.B. die Ausführung des Ankersystems, die Ausbildung der Fugen und der Luftspalt wurden beibehalten. Konstruktive Änderungen erfolgten bei der Geometrie des SiC-Formsteines und der von Martin eigens entwickelten Zuführung der Sperrluft. Für den unteren Rohrbogen wurde von Jünger+Gräter ein spezieller SiC-Formstein konstruiert, der fest mit den Überhitzerrohren verschraubt ist. Jeweils eine Überhitzerschleife wird bei diesem Konzept durch eine Plattenreihe verkleidet und separat mit der Sperrluft versorgt.

Der obere Bereich des Strahlungsüberhitzers wird durch die Kesseldecke geführt und gasdicht mit dem Kessel verbunden. Die für die Halterung des Strahlungsüberhitzers notwendigen Bauteile liegen somit korrosionsgeschützt außerhalb des Feuerraumes. Auch die Zuführung der Sperrluft erfolgt über dem Zugang auf der Kesseldecke.

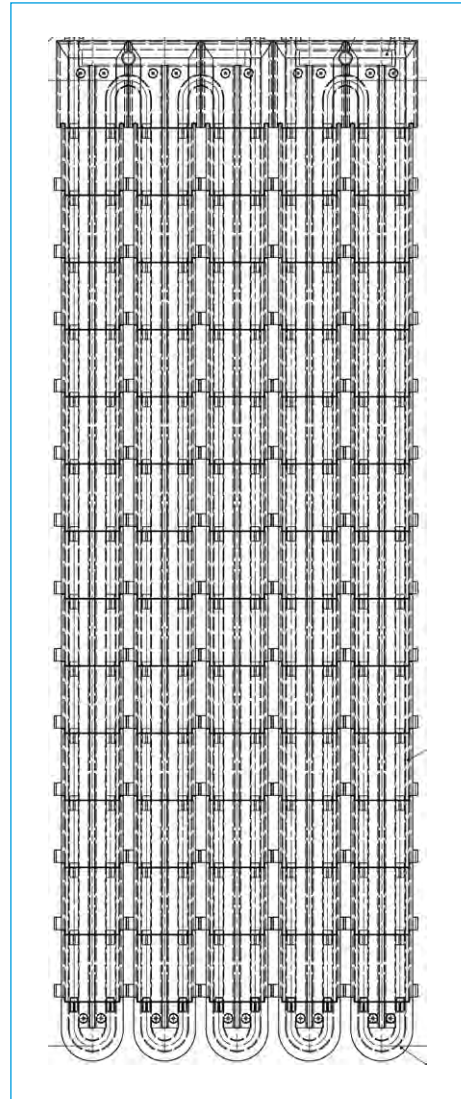


Bild 5: Prinzipskizze einer Überhitzerschleife mit einer Verkleidung aus SiC-Formsteinen

3. Realisierung im MKW Rosenheim

Im April 2012 wurde im MKW Rosenheim während einer geplanten Revision der Strahlungsüberhitzer eingebaut und konnte mit dem Anfahren der Anlage am 30. April erfolgreich in Betrieb genommen werden. Während des geplanten zweijährigen

Testbetriebes wird durch die Heizfläche ein kontinuierlicher Dampfmassenstrom von etwa 1,1 t/h überhitzt. Der Dampf wird dabei an einer Anzapfung nach dem ersten konventionellen Überhitzer mit etwa 300 °C entnommen und mit einer Temperatur von bis zu 480 °C in die Heißdampfleitung der Anlage zurückgeführt. Die erreichten Temperaturen am Ausgang des Strahlungsüberhitzers variieren je nach Last und Verschmutzungszustand des Kessels zwischen 400 °C und 480 °C. Werden Temperaturen größer 480 °C erreicht, wird in der Testinstallation der Dampf mit Hilfe eines Bypasssystems über den Schalldämpfer abgeleitet, um thermische Schäden am Dampfsystem der Anlage auszuschließen.

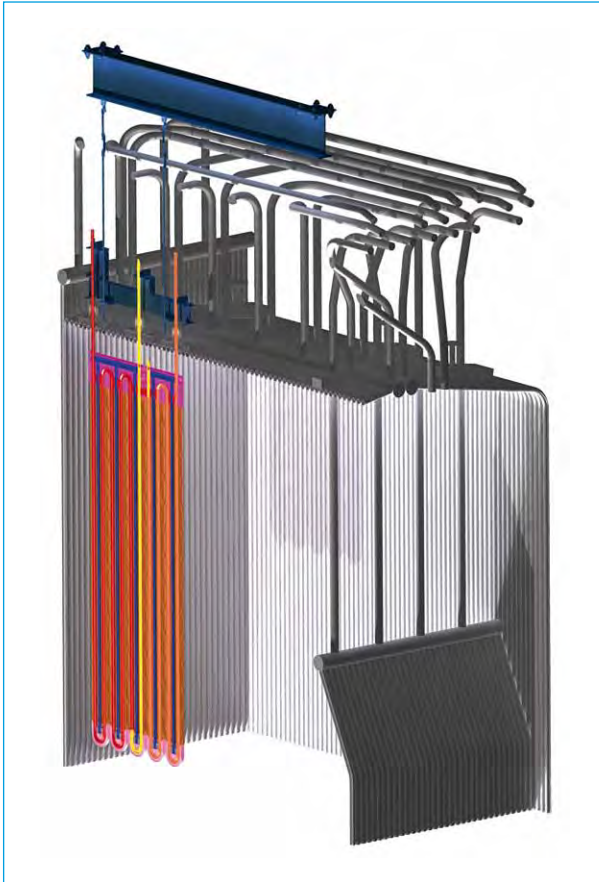


Bild 6:

3-D Darstellung der Einbauposition des Strahlungsüberhitzers

Während des Anfahrprozesses erzeugt der Dampfkessel keinen Dampf, der zur Kühlung des Strahlungsüberhitzers genutzt werden kann. Der Strahlungsüberhitzer ist im Feuerraum während dieser Zeit der Flammenstrahlung durch die Brenner ausgesetzt und würde ohne Kühlung durch die direkte Flammeneinwirkung Schaden nehmen. Aus diesem Grund wird der Strahlungsüberhitzer während des Anfahrprozesses mit Fremddampf (ND-Dampf, 4,5 bar) zur Sicherstellung einer ausreichenden Kühlung beaufschlagt. Erst wenn der Dampferzeuger selbst in der Lage ist, Dampf zu erzeugen

und eine Druckstufe von 4,5 bar erreicht hat, erfolgt eine stoßfreie Umschaltung der Dampfeinspeisung. Während des Abfahrprozesses ist eine Kühlung des Strahlungsüberhitzers mittels Fremddampf nicht notwendig.

Das Sperrluftsystem wurde redundant mit zwei Ventilatoren ausgeführt. Es ist weiterhin möglich, beide Ventilatoren gleichzeitig zu betreiben und so die zur Verfügung stehende Sperrluftmenge zu verdoppeln, z.B. bei einem Schaden an den SiC-Formsteinen. Eine Druckmessung zur Überwachung der Sperrluftmenge erfolgt in der Druckleitung sowie im Luftspalt des Strahlungsüberhitzers.



Bild 7:

Montage des Strahlungsüberhitzers, Bogenplatte (links oben) und Standardformstein (rechts oben), Montage der ersten SiC-Formsteine (links unten), Fixierung der SiC-Formsteine (rechts unten)



Bild 8:

Strahlungsüberhitzer, fertig montiert

Der im MHKW Rosenheim eingebaute Strahlungsüberhitzer ist 4,1 m lang, 1,4 m breit und besteht aus 10 Einzelrohren, die über Rohrbögen mäanderförmig verbunden sind. Inklusiv der SiC-Formsteine wiegt der Strahlungsüberhitzer 2 t und ist im bestehenden Kesselgerüst verankert. Die Aufhängung erfolgte derart, dass die unterschiedlichen Längenänderungen der Überhitzerrohre im Betrieb aufgefangen werden.

Bedingt durch die konstruktive Gestaltung der Kesseldecke war es in Rosenheim nicht möglich, den Strahlungsüberhitzer mit der keramischen Verkleidung aus dem Kessel herauszuführen. Sämtliche Anschlüsse für die Dampf- und Sperrluftversorgung mussten über Einzelrohre in den Feuerraum separat eingeführt werden. Abweichend von den ursprünglichen Überlegungen, den gesamten Strahlungsüberhitzer durch ein hinterlüftetes Plattensystem zu schützen, musste der obere Bereich mit Stampfmassen und mit speziell angefertigten SiC-Formsteinen ausgeführt werden.

Alle für den Betrieb des Strahlungsüberhitzers notwendigen Armaturen, Messeinrichtungen und Vorort-Anzeigen sind auf dem Kesseldach montiert. Die Anordnung der Armaturen erfolgte so, dass bei einer Beschädigung der Überhitzerrohre der Strahlungsüberhitzer komplett aus dem Dampfsystem der Anlage abgekoppelt werden kann und eine weitere Kühlung mittels ND-Dampf erfolgen kann.

4. Ergebnisse nach 3.600 Betriebsstunden

Während der ersten 3.600 Betriebsstunden erfolgte in regelmäßigen Abständen eine visuelle Kontrolle des Strahlungsüberhitzers mittels einer Endoskopkamera. Befürchtungen, der Strahlungsüberhitzer würde während des Betriebes schwingen, konnten mit diesen Aufnahmen nicht bestätigt werden. Auch wurden keine gravierenden Anbackungen an den SiC-Formsteinen festgestellt. Anfang Juni war zu erkennen, dass an einer unteren Bogenplatte eine Veränderung eintrat, die auf einen Schaden hindeutete. Während der Revision im Oktober wurde festgestellt, dass diese Bogenplatte aufgrund eines Fertigungsmangels gerissen war, und sich ein etwa 10 mm breiter Spalt bildete, der das Überhitzerrohr freilegte. Obwohl dieses Überhitzerrohr nicht mehr optimal geschützt wurde, wurden keine Korrosionsspuren am Rohr festgestellt. Durchgeführte Wanddickenmessungen ergaben keine Wanddickenabnahme in diesem Bereich. Somit wird deutlich, dass die Sperrluft selbst bei einer Schädigung des SiC-Formsteins einen funktionierenden Korrosionsschutz sicherstellt.



Bild 9: Gebrochene Bogenplatte (links), darunterliegendes Überhitzerrohr (rechts), keine Korrosionsspuren

Weiterhin wurden verschiedene SiC-Formsteine entfernt und das darunterliegende Überhitzerrohr zur Überprüfung freigelegt. Es zeigte sich, dass die kalten Rohrabschnitte (bis etwa 400 °C Mediumtemperatur) frei von Korrosions- und Zunderschichten waren. Erst bei Mediumtemperaturen von 400 °C waren deutliche Zunderschichten erkennbar, die sich mit steigender Mediumtemperatur verstärkten. Anzeichen eines korrosiven Angriffes wurden jedoch nicht festgestellt.



Bild 10: Überhitzerrohre im Bereich 420 °C (linke Bildhälfte) und 465 °C (rechte Bildhälfte)

Mit dem Beginn des Müllfeuers konnten am Strahlungsüberhitzer stabile Betriebszustände erreicht werden. Die während der Auslegung des Strahlungsüberhitzers berechneten Kennwerte der Durchflussmenge, der Austrittstemperatur und des Wärmedurchganges wurden erreicht. Während des weiteren Versuchsbetriebes kam es zu einem deutlichen Anstieg der Austrittstemperatur des Strahlungsüberhitzers. Ursache für dieses Ansteigen der Austrittstemperatur ist in einem Fortschreiten der Verschmutzung im unteren Feuerraum zu nennen, die zu einer deutlichen Temperaturverschiebung im Feuerraum führte. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass es sich beim MHKW Rosenheim um eine Bestandsanlage, Baujahr 1987, handelt. Somit wurden nach relativ kurzer Betriebszeit Dampftemperaturen von 480 °C erreicht. Um ein Überschreiten der Genehmigungstemperatur von 480 °C zu vermeiden, musste teilweise die Kesselleistung reduziert werden, bzw. der Bypass wurde geöffnet, und ein Teil des Dampfes wurde atmosphärisch entspannt. Dadurch konnte kurzfristig die Durchflussmenge durch den Strahlungsüberhitzer erhöht werden, was zu einer deutlichen Reduzierung der Austrittsdampftemperatur führte.



Bild 11: Verschmutzungszustand des Strahlungsüberhitzers

Der Betrieb des Strahlungsüberhitzers führte zu keiner negativen Beeinflussung des Anlagenbetriebes. Auch bei den Revisionsarbeiten war der zusätzliche Aufwand zur Absicherung des Strahlungsüberhitzers nur marginal. Um eine ausreichende Arbeitssicherheit beim Aufbau des Gerüsts sicherzustellen, wurde ein Sicherungsnetz in den Feuerraum eingehängt und um den Strahlungsüberhitzer gezogen.

Bis auf die schon oben aufgeführte Bogenplatte wurden keine weiteren Schäden an den SiC-Formsteinen festgestellt. Anhaftende Aschen waren lockerer bzw. leichtverkrusteter Natur und einfach abreinigbar. Größere Wechten bzw. fest verkrustete und geschmolzene Anbackungen, die eine Reduzierung der Wärmeübertragung nach sich ziehen, waren nicht vorhanden. Eine thermische Überbeanspruchung der SiC-Formsteine war nicht festzustellen, optisch zeigten sie sich wie im Auslieferungszustand.

Mit der Installation eines korrosionsgeschützten Strahlungsüberhitzers im Feuerraum des MKW Rosenheim wurde ein Weg aufgezeigt, wie sich die Dampftemperaturen in Abfallverbrennungsanlagen deutlich erhöhen lassen, ohne dabei in eine „Korrosionsfalle“ zu gelangen. Die ersten 3.600 Betriebsstunden haben gezeigt, dass Heißdampftemperaturen von 480 °C zu erreichen sind, und das Konzept des Korrosionsschutzes der Überhitzerrohre durch eine Sperrluft funktioniert. Aufgrund der physikalischen Gesetzmäßigkeit der Wärmeübertragung durch Strahlung kann von einer *intelligenten* Heizfläche gesprochen werden, die in Abhängigkeit von den Feuerraumtemperaturen automatisch mehr (bei heißen Feuerräumen) oder weniger (bei kalten Feuerräumen) Wärme abbaut.

5. Fazit

Durch den Einsatz eines korrosionsgeschützten Strahlungsüberhitzers im Feuerraum ist es möglich, die Endüberhitzung des Dampfes in den Feuerraum zu verlegen und das dort vorherrschende hohe Temperaturgefälle effektiv zu nutzen. Als Folge kann die Kesselgröße bei Neuanlagen deutlich reduziert werden. Auch bei bestehenden Anlagen ergeben sich mit diesem System weitreichende Optimierungsansätze. So können durch das Einbringen zusätzlicher Heizflächen in dem Feuerraum die Abgastemperaturen im weiteren Kesselverlauf deutlich gesenkt werden, was zu einer Minderung der Korrosionsanfälligkeit in den nachfolgenden Kesselbauteilen führt. Auch eine Erhöhung des Mülldurchsatzes bei Beibehaltung des normalen Temperaturprofils ist realisierbar, sofern das Verbrennungssystem und die Kesselanlage dies zulassen.

Der Einsatz des korrosionsgeschützten Strahlungsüberhitzers beschränkt sich nicht nur auf rostbasierte Abfallverbrennungsanlagen, es ist adaptierbar auf andere Feuerungssysteme und kann bei unterschiedlichen Brennstoffen (z.B. EBS- und Biomasseanlagen) eingesetzt werden.

Danksagung

Das Gemeinschaftsprojekt *Steigerung der Energieeffizienz von Verbrennungsanlagen für Nicht-Regelbrennstoffe durch Strahlungsüberhitzer im ersten Kesselzug* wird gemeinsam durch die Stadtwerke Rosenheim GmbH & Co. KG., die Jünger + Gräter Feuerfestbau

GmbH, die Martin GmbH für Umwelt- und Energietechnik, die Chemin GmbH, die Technische Universität Dresden und das BfA Umweltinstitut realisiert.

Dieses Projekt wird von der Europäischen Union aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung und vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit cofinanziert.

6. Literaturverzeichnis

- [1] Dräger, R.: Effiziente Kesselkonzepte bei unterschiedlichen Randbedingungen: Uhlig-Symposium Goslar 2011
- [2] Dräger, R.: Einfluss der Kesselkorrosion auf die Entwicklung moderner Dampferzeugerkorrosion, In: Dampferzeugerkorrosion 2011, SAXONIA Standortentwicklungs- und -verwaltungsgesellschaft mbh, Freiberg 2011, S. 87-92
- [3] Hoffmeister, W.; Bartels, M.: Technischer Stand beim Schweißplattieren – neuste Entwicklungen. In: Thomè-Kozmiensky, K. J.; Beckman, M.: Energie aus Abfall Band 8. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomè-Kozmiensky, 2011
- [4] Horn, M.; Schuierer, F.; Drexler, J.; Beul, H.-G.: Acht Jahre hinterlüftetes Plattensystem – JuSys Air. In: Thomè-Kozmiensky, K. J.; Beckman, M.: Optimierung der Abfallverbrennung Band 6. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomè-Kozmiensky, 2009
- [5] Schumacher, U.; Metschke, J.: Feuerfeste Abkleidung eines vorgeschalteten Wandüberhitzers im ersten Zug in MK II bei MHKW Schwandorf: VGB-Konferenz Thermische Abfallverwertung 2000, Essen
- [6] Rüegg, H.; Krüger, J.: A new solution for the construction of the final superheater of waste incineration boilers for high live steam temperatures with minimised corrosion risk: VGB-Konferenz Thermische Abfallverwertung 2000, Essen

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Energie aus Abfall – Band 10

Karl J. Thomé-Kozmiensky, Michael Beckmann.

– Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2013

ISBN 978-3-935317-92-4

ISBN 978-3-935317-92-4 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 2013

Redaktion und Lektorat: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky,

Dr.-Ing. Stephanie Thiel, M.Sc. Elisabeth Thomé-Kozmiensky

Erfassung und Layout: Petra Dittmann, Sandra Peters,

Martina Ringgenberg, Ginette Teske, Ulrike Engelmann, LL. M., Ina Böhme

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.