



Thermo-chemische Prozesse verstehen und verbessern

Erfahrungen aus zwanzig Jahren Revisionsbegleitung

Wolfgang Spiegel und Dominik Molitor

1.	Dynamische Entwicklungen.....	215
2.	Revisionszeit: erkennen, verstehen, verbessern und vermeiden	216
3.	Lebenslaufakte	219
4.	Interaktives Wanddickenarchiv.....	220
5.	Belastungspläne.....	222
6.	Fazit.....	225
7.	Literatur.....	226

1. Dynamische Entwicklungen

Vor etwa zwanzig Jahren begann die Phase erhöhter Belastungen von Kesselwerkstoffen aufgrund der verschärften gesetzlichen Anforderungen an den Verbrennungsvorgang in Abfallverbrennungsanlagen (850 °C, 2 Sekunden). Die in den Jahrzehnten davor etablierten Erfahrungen mit feuerfesten Werkstoffen und warmfesten Kesselstählen waren in den nun zwangsweise heißeren Feuerungen und bei den höheren Abgastemperaturen in den Dampferzeugern nicht mehr zutreffend. Diese vergleichsweise plötzlichen Änderungen im Betriebsverhalten von Abfallverbrennungsanlagen erforderten rasche Anpassungsschritte und damit zusätzlichen Bedarf an Innovation und Diagnosemaßnahmen. In den Folgejahren haben sich verschiedene Innovationen erfolgreich in den Markt eingebracht, im Bereich der Werkstoffe u.a. das Auftragsschweißen mit Nickelbasislegierungen und die SiC-Plattensysteme (gemörtelt, hintergossen oder hinterlüftet). Der vorliegende Beitrag befasst sich mit der Weiterentwicklung und Intensivierung der Diagnosemaßnahmen, die sowohl als revisionsbegleitende, als auch als betriebsbegleitende Hilfestellungen für den MVA-Betreiber immer wichtiger werden.

Parallel zur Verschärfung der Ausbrandbedingungen wurden – mit dem Ziel einer wirksameren Nutzung der im Abfall gebundenen Energie – auch Feuerungen und Dampferzeuger weiterentwickelt. Die daran geknüpften Interessen nach besserer Energieeffizienz, längerer Reisezeit, höherer Verfügbarkeit und geringeren Instandhaltungskosten bestimmten die Anforderungen an technische Lösungen. Auch dies führte zu veränderten und damit oftmals erhöhten Belastungen für die eingesetzten Werkstoffe.

Und nicht zuletzt erreichten mit dem Gedanken der Kreislaufführung von Wertstoffen veränderte und auch neuartige Stoffströme die MVA-Kraftwerke. Neben Ersatzbrennstoffen sind hier auch die oft steigenden Heizwerte des Abfalls zu nennen, sowie höhere Frachten an potenziell korrosionsrelevanten Stoffen, wie Chlor, Brom, Schwermetalle, Alkalien und Calcium.

Aus Sicht der Autoren ergab sich aus diesen (und noch vielen weiteren) Einflüssen für die meisten Abfallverbrennungsanlagen die Notwendigkeit zu stetiger Anpassung und Optimierung. Dies veränderte auch den Charakter von Revisionszeiten. Sie entwickelten sich von routinemäßigen und planbaren Bestandteilen eines Betriebsjahres hin zu einem intensiven Diagnoseereignis mit kurzfristigen Reaktionen auf Befunde und der schnellen Umsetzung abwehrender Maßnahmen. Die Abläufe und Maßnahmen während Revisionszeiten erhielten damit zunehmende Bedeutung für das Erreichen wirtschaftlicher Ziele, d.h. Sichern von Verfügbarkeit und Reisezeit und Begrenzung von Verschleiß.

Dieser Bedarf für möglichst klare und effiziente Abläufe und Maßnahmen bei Revisionen ermöglichte es, spezifische revisionsbegleitende Hilfestellungen zu entwickeln, die diesen Anforderungen gerecht werden und die Erfahrungen aus vielen Standorten bündeln. Neben den im Revisionsablauf integrierten Hilfestellungen wurden auch betriebsbegleitende Hilfestellungen entwickelt. Denn letztere Maßnahmen können im laufenden Betrieb und damit im Vorlauf der anstehenden Revision wichtige Erkenntnisse zu den schadensverursachenden Zusammenhängen und zu den jeweils am besten geeigneten Schutzwerkstoffen bereitstellen. Die Anpassungs- und Optimierungsmaßnahmen während der Revision werden damit zielgerichteter.

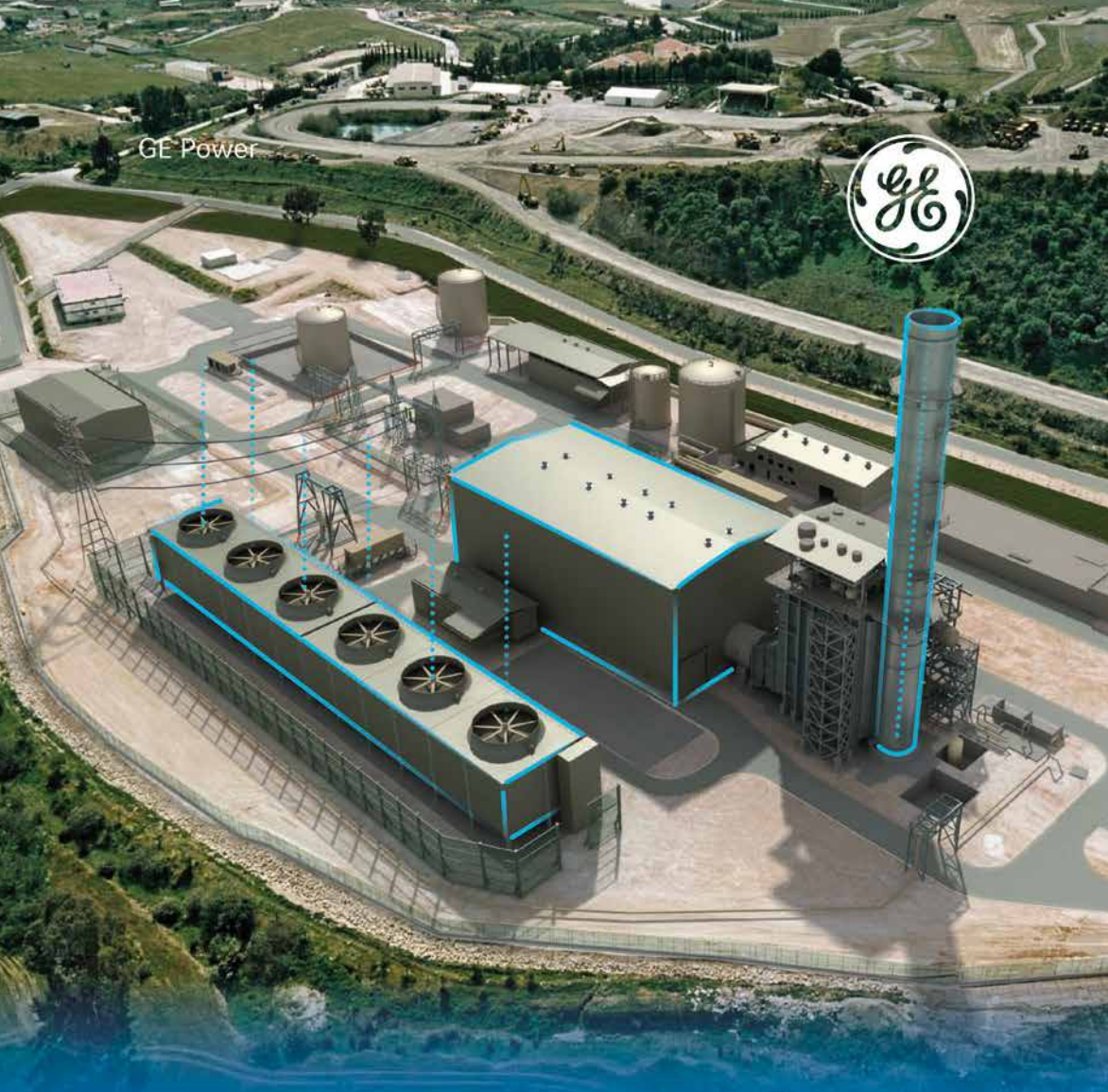
Am Beispiel der durch CheMin entwickelten Hilfestellungen werden nachfolgend revisionsbegleitende und betriebsbegleitende Maßnahmen beschrieben.

2. Revisionszeit: erkennen, verstehen, verbessern und vermeiden

Das Unternehmen bündelt in seinen Hilfestellungen die vor-Ort-Erfahrung aus etwa 1.000 Manntagen pro Jahr revisions- und betriebsbegleitender Maßnahmen oder gutachterlicher Tätigkeit in Abfallverbrennungsanlagen und anderen thermochemischen Prozessen. Diese Hilfestellungen werden pro MVA-Standort zu passenden Leistungspaketen zusammengesetzt, auf der Grundlage der jeweiligen Ist-Situation, der Eigenerfahrung der Betriebsmannschaft und der konkreten Zielvorstellungen des Betreibers.

Die Erfahrung zeigt, dass für das Zusammenstellen von Leistungspaketen als erster Schritt immer Gespräche sinnvoll, und auch notwendig sind. Zum einen besteht in vielen Fällen auf Seiten des Betreibers eine gewisse Zurückhaltung und Skepsis, inwieweit diese Hilfestellungen betriebswirtschaftliche Vorteile ergeben (also *mehr bringen als sie kosten*). Zum anderen muss verstanden werden, dass einige der Hilfestellungen erst bei mehrjähriger (langjähriger) Anwendung zu Vorteilen führen, dass bestimmte Ziele also eine längerfristige Einbeziehung der Hilfestellungen erfordern.

GE Power



Fleet360* Total Plant Service Solutions

Through the integration of GE and Alstom technologies and expertise, our portfolio stretches across the horizon of total gas and steam power plant capabilities. This is innovation and collaboration, multiplied and amplified. This is knowledge applied in ways it has never been before. We are smarter together. We are stronger together. We are better together for you, our customers.



@GEPowerServices

| powergen.gepower.com



@GE Power Services

*Fleet360 is a trademark of General Electric Company.

Häuser & Co GmbH

– Beschichtung von Membranwänden im Laserspritzverfahren –

Beim Laserspritzen wird der mit Hilfe eines Argon-Gasstromes zugeführte, pulverförmige Beschichtungswerkstoff im Moment des Auftreffens auf die Bauteiloberfläche mittels eines Laserstrahls aufgeschmolzen und bildet nach dem Erstarren eine homogene Schicht mit anforderungsspezifischen Eigenschaften.

Durch die thermische Energie des Aufschmelzvorganges erfolgt parallel ein metallurgischer Verbund mit der Oberfläche des Grundmaterials, der ein späteres Schichtversagen aufgrund von Unterwanderung oder Ablösung verhindert.

Werkstofflegierungen, wie z.B. Inconel 625, Hastelloy C, Stellite 21 und SKWAM können mittels Laserspritzen verarbeitet werden und zeichnen sich durch eine hohe Homogenität und Gleichmäßigkeit sowie einen sehr geringen Fe-Anteil aus.

Das Verfahren ist somit in der Lage, die positiven Eigenschaften auftragsgeschweißter Plattierungen mit den Vorteilen thermisch gespritzter Schichten zu kombinieren.



Selbstverständlich lassen sich lasergespritzte IN625-Schichten mit herkömmlichen IN625-Auftragschweißungen kombinieren, um einen nahtlosen Übergang und Schutz zu bestehenden Flächen zu gewährleisten.

Ebenso ist die Kombination mit plasmagespritzten Schichten möglich, um eine möglichst große Flexibilität bei der Auswahl des geeigneten Korrosionsschutzes sicherzustellen.

Häuser & Co GmbH

Vohwinkelstraße 107 • 47137 Duisburg

Tel.: +49 (0)203-606-66934 • Fax: +49 (0)203-606-66933

www.haeuser-co.de



Zudem sind die Schnittstellen zum Betrieb (Kommunikation, Zuständigkeiten usw.) und die verfügbaren bzw. zur Verfügung gestellten Ressourcen (Revisionszeit, Zugänglichkeit aller Kesselteile) wichtige Randbedingungen und beeinflussen erheblich die Art und den Umfang an Hilfestellungen.

Bei klar definierten Schnittstellen kann eine optimale Ausnutzung der Potenziale von revisions- und betriebsbegleitenden Hilfestellungen z.B. folgendes Leistungspaket ergeben:

Revisionsbegleitend

- Begehung der Ofenlinie(n) im verschmutzten und sauberen Zustand
- Zustandsbewertung Feuerfest, Austauschempfehlungen und Dokumentation der Austauschflächen (u.a. Belastungspläne)
- Dokumentation, Sicherung und Analytik von Kesselbelägen
- Zustandsbewertung, Schichtdickenmessung und Dokumentation von Schutzschichten (Cladding, thermische Spritzschichten usw.)
- Zustandsbewertung von ungeschützten Kesselrohren und Korrosionsbegutachtung
- Selektive Wanddickenmessungen, Eingabe und Auswertung im Wanddickenarchiv
- Gutachterliche Begleitung und Bewertung bei Schäden.

Betriebsbegleitend

- Installation von Temperatursensoren
- Einsatz von Sonden für die Wahl von (Schutz-)Werkstoffen, zur Ermittlung von Korrosions- und Verschmutzungsursachen, bei Taupunktkorrosion
- Plan- und Konzeptionserstellungen als Entscheidungshilfe für Ausschreibungen.

Am Beispiel von drei Bausteinen aus dem Leistungspaket der revisionsbegleitenden Maßnahmen – dem interaktiven Wanddickenarchiv, den Belastungsplänen und der Lebenslaufakte – sollen nachfolgend die dabei durchzuführenden Maßnahmen erläutert und die damit erreichbaren Zielsetzungen beschrieben werden. Auf die betriebsbegleitenden Maßnahmen wird in diesem Beitrag nicht näher eingegangen. Sie wurden bereits in mehreren aktuellen Veröffentlichungen [1, 2, 4] vorgestellt (alle auf chemin.de verfügbar).

3. Lebenslaufakte

Über Kontinuität in der Begleitung und das stetige Erheben von Daten während der Revisionszeiten ergibt sich eine Möglichkeit aus einzelnen Berichten eine sogenannte Lebenslaufakte über eine Verbrennungslinie anzulegen. Der Unterschied zwischen einer Ansammlung einzelner Berichte (zu bspw. bestimmten Ereignissen wie einem Schaden im Druckteil) und einer Lebenslaufakte besteht hauptsächlich in der Verknüpfung der zu verschiedenen Zeiten aufgenommenen Daten und Befunde (Beispiele hierfür

sind die in den nächsten Kapiteln vorgestellten interaktiven Wanddickenarchive und Belastungspläne). Darüber hinaus können mit Hilfe des Betreibers der Anlage auch weiterreichende Verknüpfungen hergestellt werden, wenn das Wissen beider Parteien miteinander verschnitten wird. Durch diese Schnittmenge ergeben sich, nach Meinung der Autoren, oftmals Möglichkeiten, um bestimmte Ereignisse zu erklären oder Lösungsansätze gemeinsam zu erarbeiten, weil nur der Betreiber den Prozess das ganze Jahr über begleitet und die Ereigniskette kennt. Die nachfolgenden Kapitel *Interaktives Wanddickenarchiv* und *Belastungspläne* können als beispielhafter Auszug aus einer Lebenslaufakte angesehen werden. Aus den dargestellten Daten lassen sich Schlussfolgerungen in punkto Standzeit ziehen, doch das *Warum* und *Wie* ist nur durch die Begehung und die Befunde vor Ort zu ermitteln.

4. Interaktives Wanddickenarchiv

Das Wanddickenarchiv ist eine Datensammlung gemessener Wanddicken von Bauteilen, die einer Wanddickenabnahme durch bspw. Korrosion oder Abrasion unterliegen. Die Wanddickenmessungen erfolgen zu bestimmten Zeitpunkten über die Produktlebenszeit hinweg, d.h. beispielsweise beim Einbau, während geplanter oder auch ungeplanter Stillstände. Die Messwerte können zeitlich eingeordnet und die Entwicklung der Wanddicke eines bestimmten Bauteils oder auch nur Teilen eines Bauteils über die Zeit betrachtet werden, Bild 1.

Die fallende Steigung der Restwanddicken entspricht einer gemittelten Abzehrrate, die z.B. auf Millimeter pro 1.000 h umgerechnet werden kann. Mit Hilfe der ermittelten Abzehrrate kann dann der Zustand der Bauteile in der Zukunft abgeschätzt werden.

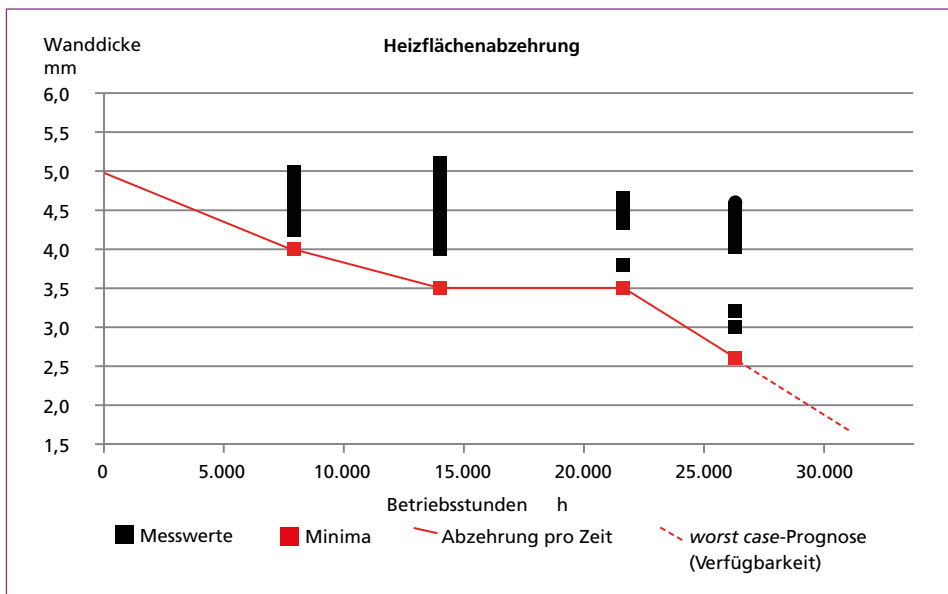


Bild 1: Zeitliche Wanddickenabnahme eines Bauteils

Jede neue Messung bildet eine neue Stützstelle mit einer spezifischen Steigung. Verläuft die aktuelle Steigung steiler als alle anderen zuvor, dann ist sie wichtig für die künftigen Verfügbarkeitsbetrachtungen (*worst case*-Betrachtungen der Wanddickenentwicklung). Verläuft sie flacher, dann waren die Bedingungen in der betrachteten Betriebsphase weniger korrosiv und der aktuelle Minimalwert kann als Ausgangspunkt für eine aktualisierte Standzeiterwartung herangezogen werden. Dies zeigt, wie sehr die Qualität der prognostizierten Restwanddicken von der Qualität der Messungen und von den Randbedingungen für das Bauteil in der künftigen Betriebsphase abhängig sind. Weil der Brennstoff meist nicht an die eigenen Bedürfnisse angepasst werden kann, sollte ein besonderes Augenmerk auf die Art und Weise gelegt werden, wie die Wanddickenmessungen durchgeführt werden, um von soliden Ausgangswerten für die Prognosen ausgehen zu können. Wie dies aussehen kann, wurde bereits an anderer Stelle beschrieben und wird deshalb hier nicht näher erläutert [3].

Das *Interaktive* am Wanddickenarchiv ergibt sich durch die Funktionalität in der digitalen Version dieses Archivs. Über entsprechende Verlinkungen kann sich der Nutzer schnell einen Überblick über ein bestimmtes Bauteil verschaffen und sich speziell die Historie und die Prognosen dieses einen Bauteils ansehen, oder aber beispielsweise einen Überblick über den aktuellen Zustand aller konvektiver Heizflächen verschaffen, die auf der Startseite mit der Abschätzung der jeweiligen Zeitspanne bis zur nächsten Austausch- oder Reparaturmaßnahme zusammengefasst sind, Bild 2. Auch diese Tabelle wiederum ist mit den einzelnen Komponenten verlinkt, so dass die gewünschten Positionen schnell erreicht werden können.

Konvektive Heizflächen, Minimalwerte							
Bauteil	Position Höhe	Nullwanddicke mm	Betriebszeit h	Minimum mm	Abzehraten mm/1.000 Bh	Standzeitprognose	
VD1	AGein +17 m	5,0	80.000	4,2	0,01	●○○	>56.000 h
	AGaus +17 m	5,0	80.000	4,5	<0,01	●○○	>56.000 h
	AGein +21 m	5,0	80.000	4,1	0,01	●○○	>56.000 h
	AGaus +21m	5,0	80.000	4,4	<0,01	●○○	>56.000 h
ÜH3	AGein +17 m	5,0	40.000	4,2	0,02	●○○	>56.000 h
	AGaus +17 m	5,0	40.000	4,2	0,02	●○○	>56.000 h
	AGein +21 m	5,0	40.000	3,2	0,05	○○●	8.000 h
	AGaus +21 m	5,0	40.000	3,7	0,03	○○●	<24.000 h
ÜH2	AGein +17 m	5,0	40.000	4,2	0,02	●○○	>56.000 h
	AGaus +17 m	5,0	40.000	4,3	0,02	●○○	>56.000 h
	AGein +21 m	5,0	40.000	2,8	0,06	○○●	8.000 h
	AGaus +21 m	5,0	40.000	2,5	0,06	○○●	8.000 h
ÜH1	AGein +17 m	5,0	80.000	4,3	<0,01	●○○	>56.000 h
	AGaus +17 m	5,0	80.000	4,5	<0,01	●○○	>56.000 h
	AGein +21 m	5,0	80.000	4,1	0,01	●○○	>56.000 h
	AGaus +21 m	5,0	80.000	4,4	<0,01	●○○	>56.000 h
Eco2	AGein +17 m	4,5	80.000	4,1	0,01	●○○	>56.000 h
	AGaus +17 m	4,5	80.000	4,1	0,01	●○○	>56.000 h
	AGein +21 m	4,5	80.000	4,0	0,01	●○○	>56.000 h
	AGaus +21 m	4,5	80.000	4,2	0,01	●○○	>56.000 h
Eco1	AGein +17 m	4,5	80.000	4,0	0,01	●○○	>56.000 h
	AGaus +17 m	4,5	80.000	4,0	0,01	●○○	>56.000 h

●●● Austausch voraussichtlich bei nächster Revision nötig
 ●○○ Austausch voraussichtlich in 2-3 Jahren nötig
 ●○○ Austausch nach 4 oder mehr Jahren nötig

} gemäß momentaner Abzehraten und einer geforderten Wanddicke von 3 mm

Bild 2: Tabellarische Zusammenfassung der Wanddicken mit Standzeitprognosen zu einzelnen Teilbereichen – beispielhaft für einen Rohrtausch ab 3 mm Restwanddicke berechnet

5. Belastungspläne

Die feuerfesten, keramischen Erzeugnisse verschleifen in Abhängigkeit der ihnen aufgeprägten Belastung durch den Verbrennungsprozess und dem Widerstand, den das jeweilige, feuerfeste Material in Dicke und Qualität dem entgegensetzt. Das Material unterliegt mechanischen Beanspruchungen infolge der instationären Temperaturverhältnisse zwischen Abgas und Rohrwand und chemischen Beanspruchungen durch die Beläge und das Abgas. Dies kann früher oder später zum Versagen der feuerfesten Zustellung führen, weil diese derart reißt, dass sie zum Teil oder über die komplette Dicke ausbricht oder durch schmelzflüssige Beläge reduziert wird. An solchen Stellen muss ein neues, feuerfestes Material eingebracht werden, um die Verfügbarkeit für die nächste Betriebsphase zu gewährleisten. Dies wird durch einen *Feuerfest-Austauschplan*, der die Austauscharbeiten an der Gesamtheit der feuerfesten Zustellung innerhalb eines Stillstandes graphisch darstellt (Bild 3), dokumentiert.

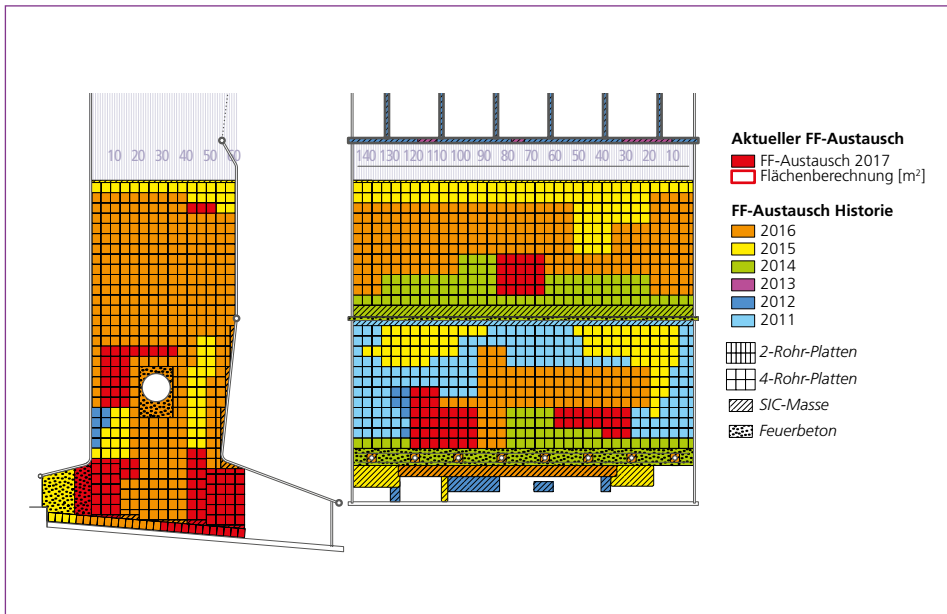


Bild 3: Graphische Darstellung der Reparatur- und Austauschflächen feuerfester Werkstoffe anhand einer linken Seitenwand und einer Rückwand. Jede Farbe entspricht dabei einer bestimmten Revision (Legende: 2011 bis 2017). Die Austauschflächen können sich überlagern, so dass nur die zeitlich *jüngste* Fläche sichtbar ist.

Werden über mehrere Stillstände hinweg diese Austauschflächen aufgenommen, dann ist auch die Erstellung eines Belastungsplans möglich, der die relativen Unterschiede in den Austauschraten innerhalb der feuerfesten Zustellung sichtbar macht und mögliche *Schwachstellen* aufzeigt (Bild 4).



J+G
REFRACTORIES

Wir sind die Guten!

3M
8835 M/L
20148 2000 PFFP50
CE 0086

Markus Dworschak
Feuerungsmaurer, 29 Jahre bei J+G

Als Experten im Feuerfestbau schaffen wir innovative Lösungen für alle Industriebereiche. Seit mittlerweile mehr als 80 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. Grenzen 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

+ SEIT 1977 – INNOVATIV UND EINZIGARTIG

Mokesa



HINTERLÜFTET
Mokesys® Air 2E



HINTERFÜLLT
Mokesys® Granulat



HINTERGOSEN
Mokesys® Standard



Bereits in mehr als 180 Kesseln an über 80 Standorten sorgen die keramischen Rohrwandschutzsysteme von Mokesys® für eine effiziente Energierückgewinnung. Wir bieten innovative Feuerfestkonzepte, kompetente Beratung und umfassende Serviceleistungen. Das ganze Jahr, rund um die Uhr: schnell, zuverlässig und präzise.

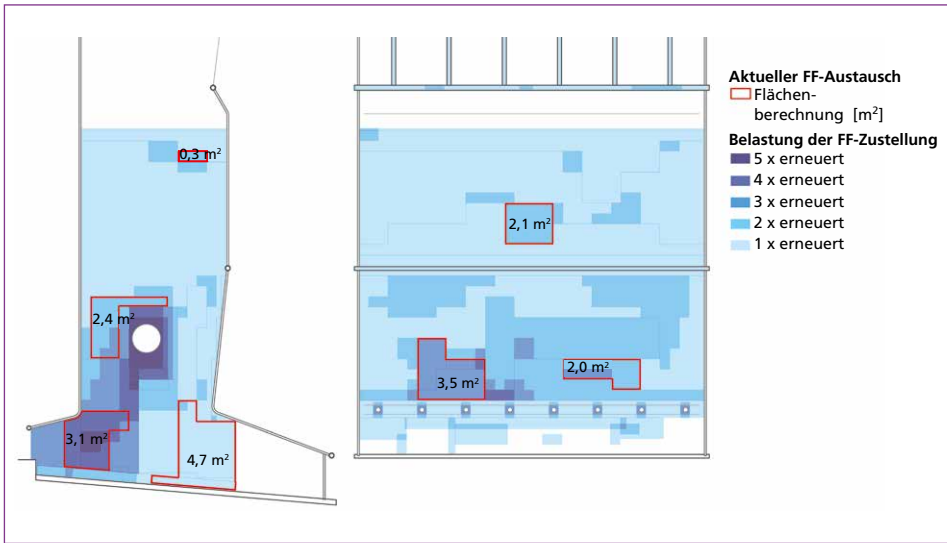


Bild 4: Belastungsplan, der sich aus der Überlagerung der Reparatur- und Austauschflächen über die Zeit ergibt. Rot umrahmt ist der aktuelle Austausch mit dem aktuellen Austauschbedarf in Quadratmeter. Aufgrund der Überlagerung können beispielsweise die vordere, linke Seitenwand auf der Rostebene und der Brenner als höchstbelastete Bereiche identifiziert werden.

6. Fazit

Die hier vorgestellten revisions- und betriebsbegleitenden Hilfestellungen für Abfallverbrennungsanlagen befassen sich im Wesentlichen mit dem Verschleiß von Werkstoffen und der Kesselverschmutzung. Beim Verschleiß ist Korrosion die Hauptursache, neben Erosion und Schlackenangriff. Die Korrosion wiederum ist überwiegend durch Hochtemperatur-Chlorkorrosion geprägt, daneben auch durch Salzschmelzenkorrosion und unterschiedliche Mechanismen der Taupunktkorrosion.

Viele der Hilfestellungen beziehen sich somit auf das erkennen, vermindern und vermeiden von Hochtemperatur-Chlorkorrosion. Aufgrund der komplexen Ursachen dieser Prozesse, es können Brennstoff- und/oder Feuerungs- und/oder Dampferzeugermerkmale eine bedingende Rolle einnehmen, reichen standardmäßige – d.h. aus Kohlekraftwerken abgeleitete – revisionsunterstützende Maßnahmen nicht aus.

Die Auswirkungen von Hochtemperatur-Chlorkorrosion sind vielfältig, kleinräumig wirksam und in ihrem Verhalten oftmals dynamisch. Jeder Kessel entwickelt in Bezug auf Verschleiß von Werkstoffen und Verschmutzung eine eigenständige Charakteristik. Die oben beschriebenen revisions- und betriebsbegleitenden Hilfestellungen und Leistungspakete tragen diesem Umstand Rechnung. Die stete Anwendung dieser Methoden in Abfallverbrennungsanlagen in ganz Europa stellt sicher, dass aktuelle Trends im Belastungsprofil der Kessel, z.B. ausgelöst durch Brennstoffe, frühzeitig erkannt werden und dass Innovationen, z.B. neue Schutzschichtwerkstoffe, für den

jeweiligen Standort in ihrem Potenzial gewichtet werden können. Die durch CheMin bereitgestellten revisions- und betriebsbegleitenden Hilfestellungen unterliegen damit einem dauerhaften *update*.

In gleicher Weise wie hier für Abfallverbrennungsanlagen beschrieben, gehören auch Ersatzbrennstoffkraftwerke und Biomasseanlagen in dieses Portfolio.

7. Literatur

- [1] Brell, J.; Kaiser, M.; Schneider, D.; Taubner, S.: Prozessdiagnose und -optimierung mit Sonden und Sensoren. Unter: www.chemin.de/Publikationen/publikationen.php (abgerufen am 04.12.2016)
- [2] Kaiser, M.; Schneider, D.; Brell, J.; Kuttner, T.; Spiegel, W.: Temperature-Range-Probe (TRP): Korrosion erkennen, vermindern, vermeiden. In: Beckmann, M.; Hurtado, A. (Hrsg.): Kraftwerkstechnik 2016 Strategien, Anlagentechnik und Betrieb. Freiberg: SAXONIA Standortentwicklungs- und -verwaltungsgesellschaft mbH, 2016, S. 381-393
- [3] Molitor, D.; von Trotha, G.; Herzog, T.; Koch, M.; Spiegel, W.: Erhöhung der Verfügbarkeit – Untersuchung der Abzehrung mittels selektiver Messungen der Restwanddicke. In: Thomé-Kozmiensky, K. J.; Beckmann, M. (Hrsg.): Energie aus Abfall, Band 13. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2016, S. 205-219
- [4] Spiegel, W.; Brell, J.; Taubner, S.: Temperatursensorik: Neue Wege zur Prozessoptimierung. In: Pohl, M. (Hrsg.): Dampferzeugerkorrosion 2015. Freiberg: SAXONIA Standortentwicklungs- und -verwaltungsgesellschaft mbH, 2015, S. 41-50