

Kaiser, M.; Spiegel, W. (2021)

**Corrosion/Fouling Environment Evaluation in
MVA und Biomasseanlagen**

In: Beckmann, M. und Hurtado, A. (Hrsg.): Kraftwerkstechnik 2021
Power Plant Technology, Freiberg: SAXONIA Standortentwicklungs-
und -verwaltungsgesellschaft mbH, 2021
S. 119-129

Corrosion/Fouling Environment Evaluation in MVA und Biomasseanlagen

Autoren: Dipl.-Ing. (FH) Marie Kaiser, Dr. Wolfgang Spiegel

1.	Thermochemische Bedingungen auf Wärmetauscherflächen.....	1
2.	Messtechnik, Werkzeuge und Hilfsmittel der CEE-Maßnahmen.....	3
2.1.	Stillstandsbegleitende Maßnahmen	3
2.2.	Betriebsbegleitende Maßnahmen	4
2.3.	Kamera-Inspektion.....	7
2.4.	Betriebsdatenanalyse	8
3.	Nutzen der CEE-Maßnahmen.....	8
4.	Quellen	9

1. Thermochemische Bedingungen auf Wärmetauscherflächen

Die Maßnahmen der Corrosion/Fouling Environment Evaluation (CEE[®]) erfassen und bewerten die thermochemischen Bedingungen auf der rauchgasberührten Seite der Kesselrohre in einem Dampferzeuger. Warum ist die Anwendung dieser Maßnahmen ein relevanter Schritt zur Optimierung von Kraftwerken mit stofflich komplexen Brennstoffen, wie z. B. Abfall und Altholz? Der vorliegende Beitrag versucht, hierzu eine Einordnung und Antwort zu geben.

Vorgegeben durch das Design und die Betriebsweise der Feuerung werden bestimmte NebenkompONENTEN des Brennstoffs zusammen mit den Verbrennungsgasen in den Rauchgasstrom überführt und können so mit den Wärmetauscherflächen des Dampferzeugers in Kontakt und in Wechselwirkung kommen. Das Design, die eingesetzten Kesselwerkstoffe und die Betriebsweise des Dampferzeugers beeinflussen die Art, die Intensität und die Dynamik der Wechselwirkungen mit den Rauchgasinhaltsstoffen.

In Abhängigkeit dieser Randbedingungen entwickeln sich auf den Wärmetauscherflächen thermochemische Bedingungen, die im Laufe einer oder mehrerer Betriebsperioden (Reisezeiten) erheblichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit und Effizienz des Dampferzeugers haben können. Denn in Abhängigkeit dieser Bedingungen kann sich Korrosion und Belagsbildung (Verschmutzung) entwickeln. Je intensiver diese Prozesse wirken, also je stärker die Korrosion bzw. die Verschmutzung, desto nachteiliger sind die Auswirkungen. Dies äußert sich u. a. durch verkürzte Reisezeiten, ungeplante Stillstände, geringere Energieeffizienz, höhere Instandhaltungskosten, geringere Verfügbarkeit und höheren Verbrauch an Betriebsmitteln.

Das Zusammenwirken der Eigenschaften von Brennstoff, Feuerung und Dampferzeuger ist geprägt durch bestimmte Merkmale, u. a. die Art und die Proportionen der Inhaltsstoffe des Brennstoffs, die Feuerführung, die gegebenen Kesselwerkstoffe und deren jeweilige Temperaturen (Druckstufe und Überhitzung), die lokal übertragene Wärmemenge (Wärmestromdichte), die

Online-Reinigung, das Ausmaß instationärer Betriebszustände, die Last, die Reisezeit und nicht zuletzt die Präsenz von SO_3 im Rauchgas.

Die thermochemischen Bedingungen auf den Wärmetauscherflächen ändern sich entlang des Rauchgasweges, also mit zunehmender Abkühlung des Rauchgases. Zudem weisen viele Wärmetauscherflächen lokale Besonderheiten auf, die zu kleinräumigen Änderungen der thermochemischen Bedingungen beitragen können. Es ergibt sich daraus ein komplexes Wirkungsgeschehen in Bezug auf Korrosion und Verschmutzung.

Es handelt sich somit um orts- und zeitaufgelöste Wirkungen, wobei es sowohl generell wirksame Bedingungen gibt, die sich auf alle Wärmetauscherflächen eines Dampferzeugers und über die gesamte Reisezeit auswirken, als auch kleinräumige bzw. kurzzeitige Wirkungen.

Die Vielzahl der beeinflussenden Parameter und deren jeweilige Veränderung machen es schwer, mit verfahrenstechnischen oder werkstofflichen Konzepten die Auswirkungen von Korrosion und Verschmutzung auf einheitliche Weise von Betriebsbeginn an sicher zu beherrschen. Vielmehr zeigt die betriebliche Praxis, dass jeder Dampferzeuger, also u. a. eine Müllverbrennungsanlage (MVA), ein Ersatzbrennstoffkraftwerk oder eine Biomasseverbrennung, besondere thermochemische Bedingungen aufweist, auf die im Sinne einer Optimierung bzw. Minderung der nachteiligen Auswirkungen von Korrosion und Verschmutzung mit spezifischen Anpassungen zu reagieren ist.

Aber auch außerhalb des Bereichs von Abfallbrennstoffen eingesetzte Dampferzeuger, z. B. zur energetischen Nutzung bei thermischen Prozessen der Kreislaufwirtschaft (u. a. Metallrecycling), unterliegen spezifischen thermochemischen Bedingungen auf den Wärmetauscherflächen. Auch bei diesen Anlagen kann Korrosion und Verschmutzung zu nachteiligen betriebswirtschaftlichen Auswirkungen führen.

Somit besteht Bedarf, den einzelnen Dampferzeuger individuell in Bezug auf Korrosion/Verschmutzung (*Corrosion/fouling*) anhand von dessen thermochemischen Bedingungen (*Environment*) zu bewerten (*Evaluation*) und daraus Optimierungsschritte abzuleiten. Dies leisten die CEE-Maßnahmen.

Die CEE-Maßnahmen erweitern den Informationsstand zu den betrieblichen Abläufen eines Dampferzeugers ergänzend zur Steuerung und Überwachung der Kernprozesse, also Brennstoffbehandlung, energetische Nutzung sowie die arbeitsschutz- und umweltschutzbezogenen Belange. Für den betrieblichen Praktiker öffnet sich mit dem Einsatz der CEE-Maßnahmen der Blick auf bestimmte Prozessmerkmale und ermöglicht so neue Handlungsoptionen.

Beispiele hierzu:

- In der Phase von Design und Errichtung des Kraftwerks kann der Brennstoff durch geeignete Testverbrennung einer thermochemischen Bewertung mittels CEE-Maßnahmen unterzogen werden. Dies ist insbesondere bei homogenen Brennstoffen, wie z. B. Biomassen oder Ersatzbrennstoffen ein sinnvoller Schritt. Auf diese Weise lässt sich u. a. das Korrosionspotenzial, das von einem Brennstoff ausgeht, erkennen. Darauf aufbauend kann die Auswahl von Werkstoffen bzw. Schutzschichten für bestimmte Kesselbauteile eingegrenzt werden.
- In der Phase nach der Inbetriebnahme (erste Reisezeit) lässt sich das konkrete Verhalten des Dampferzeugers in Bezug auf Korrosion und Verschmutzung anhand von CEE-Maßnahmen erstmalig aufzeigen und bewerten. Damit werden, so früh wie möglich, die thermochemischen Bedingungen auf den Wärmetauscherflächen transparent und können bei Bedarf angepasst bzw. optimiert werden. Dieser Schritt ist sowohl für den Anlagenerrichter relevant, da sich die Gewährleistungsverpflichtungen besser erfüllen lassen, als auch für den Betreiber der Anlage, der auf diese Weise frühzeitig das Verhalten des Dampferzeugers besser verstehen lernt und beeinflussen kann.

- In der Phase einer geplanten Veränderung des Brennstoffs bzw. der Betriebsweise eines Kraftwerks, das sich bereits im mehrjährigen Normalbetrieb befindet, lässt sich mit einem Vorher-Nachher-Vergleich, also Anwendung der CEE-Maßnahmen vor und nach der Veränderung, aufzeigen und bewerten, welche Risiken mit der Veränderung in Bezug auf Korrosion und Verschmutzung verbunden sind und welcher Anpassungsbedarf besteht. Bei diesen Veränderungen kann es sich z. B. auch um den Einsatz von Additiven handeln.
- Bei einer ungeplanten Veränderung, z. B. starke und häufige Lastwechsel oder ein unerwartet hinzukommender Brennstoff, ermöglichen kurzfristig durchgeführte CEE-Maßnahmen das Aufzeigen und Bewerten der Auswirkungen dieser Veränderung in Bezug auf Korrosion und Verschmutzung.
- Bei einer geplanten Anhebung der Energieeffizienz können im Vorfeld der Maßnahme die angestrebten Werkstofftemperaturen und die dafür geeigneten Werkstoffe durch CEE-Maßnahmen getestet werden.

2. Messtechnik, Werkzeuge und Hilfsmittel der CEE-Maßnahmen

Die CEE-Maßnahmen teilen sich auf in stillstandsbegleitende (Kapitel 2.1.) und betriebsbegleitende (Kapitel 2.2.) Maßnahmen.

Eine zu dieser Einteilung hybride Position nimmt die Inspektion während des Betriebs mithilfe einer Hochtemperatur-Kamera ein (Kapitel 2.3.).

Neben den stillstands- und betriebsbegleitenden Maßnahmen kann auch die am jeweiligen Kraftwerksstandort vorhandene Betriebsmesstechnik in die Bewertung der thermochemischen Bedingungen mit einbezogen werden (Kapitel 2.4.).

2.1. Stillstandsbegleitende Maßnahmen

Für die Aussagekraft der stillstandsbegleitenden Maßnahmen ist es optimal, wenn der Kessel in allen relevanten Bereichen im noch verschmutzten Zustand so eingerüstet wird, dass alle Wärmetauscherflächen für eine Inspektion erreichbar sind.

Die Inspektion, also die Begehung des Kessels durch Experten, erfolgt zunächst im verschmutzten Zustand und anschließend im von Belägen abgereinigten Zustand.

Beide Begehungszustände erbringen relevante Befunde und ergänzen sich wechselseitig. Die Begehung im noch verschmutzten Zustand erlaubt Zugriff auf die thermochemischen Bedingungen auf den Wärmetauscherflächen. Die Begehung im saubereren Zustand bezieht sich vor allem auf die Korrosionsphänomene und die Belastungen der Werkstoffe durch Korrosion bzw. Erosion, also das Ausmaß an Abzehrung.

Abhängig von den vorgefundenen Phänomenen werden im Zuge der Begehungen verschiedene Maßnahmen durchgeführt. Wichtige Elemente sind u. a. die optische Befundung der Belagssituation, die fotografische Dokumentation, die Interpretation der Belagsstrukturen als Abbild der Rauchgasströmung, die Beprobung von Belägen bzw. Korrosionsprodukten, die flächige Beschau der Korrosionsauswirkungen, die selektive Messung von Restwanddicken bzw. Schichtdicken und die Dokumentation der Messungen in Form von Diagrammen oder eingebettet in eine Datenbankstruktur. Die Befunde können direkt zur reaktiven Instandhaltung genutzt werden, d. h. die Experten geben zeitnah entsprechende Handlungsempfehlungen.

Zur Minderung der Risiken für ungeplante Stillstände in der folgenden Reisezeit ist es insbesondere wichtig, dass die Experten möglichst alle besonders abgezehrten Positionen der Wärmetauscherflächen aufspüren und zur Nachbesserung kennzeichnen.

Die Stillstandsbefunde ergeben ein Bild für die generelle und lokale Belastung durch Korrosion und Verschmutzung, summarisch nach einer Reisezeit. Werden diese Befunde nach jeder Reisezeit erhoben, leitet sich daraus – im Laufe von mehreren Reisezeiten – die Strategie einer vorausschauenden Instandhaltung ab. Dabei werden die bei den Begehungen erhobenen Befunde jahresübergreifend aufbereitet und mit weiteren Informationen verknüpft (Austauschpläne, Rastermessungen, Betriebsdaten etc.).

Dieses Vorgehen bietet besondere betriebswirtschaftliche Vorteile, da Pflege- und Ersatzmaßnahmen auf mehrere Jahre verteilt bzw. vorgeplant werden können. Dies hilft, lange Revisionszeiten und komplexe Revisionsabläufe zu vermeiden und ein konstant hohes Niveau an Jahresbetriebsstunden zu erzielen.

Die stillstandsbegleitenden Maßnahmen entfalten ihre Aussagekraft vor allem in Abhängigkeit der Erfahrung und Expertise, die die ausführenden Experten haben. Die daraus ableitbaren Handlungsoptionen bilden die Basis für betriebsbegleitende Maßnahmen während der nächsten Reisezeit.

2.2. Betriebsbegleitende Maßnahmen

Bei den betriebsbegleitenden Maßnahmen stehen unterschiedliche Sonden und Sensoren zur Verfügung, die temporär an dafür geeigneten Positionen in den Dampferzeuger eingeführt werden, um Informationen zu sammeln oder Daten zu erheben. Im Unterschied zu den stillstandsbegleitenden Maßnahmen besteht hier der Vorteil, dass der Zeitpunkt bzw. Zeitraum der Maßnahme frei gewählt werden kann. Auf diese Weise lassen sich typische, untypische, gezielt herbeigeführte und unvorhergesehene Betriebssituationen bewerten und interpretieren. Dies kann z. B. im Vergleich zu anderen Anlagen geschehen oder durch zu verschiedenen Zeitpunkten eingesetzte Sensorik/Sonden.

Neben der vorteilhaften Zeitauflösung von thermochemischen Bedingungen bieten die betriebsbegleitenden Maßnahmen auch die Option einer guten Ortsauflösung. Denn der Anwendungsort von Sensoren oder Sonden kann frei vorgegeben werden (je nach verfügbaren bzw. nachgerüsteten Öffnungen am Kessel oder zugänglichen Außenpositionen der Wärmetauscher).

Bei den **Sensoren** gibt es zwei Anwendungsarten:

- Für Verdampferwände: Thermoelement-Paare werden auf benachbarte Rohr-Steg-Positionen auf der Außenseite der Rohrwand aufgepunktet. Damit lässt sich die lokale Wärmestromdichte ermitteln, also die Wärmemenge, die über das Kesselrohr aus dem Rauchgas in das Medium übertragen wird. Die Wärmestromdichte ist neben der Werkstofftemperatur ein relevanter thermischer Parameter der thermochemischen Bedingungen.
- Für Überhitzerrohre: Thermoelemente werden auf Berührungsheizflächen aufgepunktet. Pro Überhitzerschlange werden vor dem Eintritt in den Kessel und nach dem Austritt aus dem Kessel, also an nicht rauchgasberührten Positionen, je ein Thermoelement aufgepunktet. Damit lässt sich die Wärmeaufnahme für jede Schlange bzw. einen Abschnitt der Schlange ermitteln. Auf diese Weise ergibt sich ein ortsaufgelöstes Bild der Verschmutzung. Dies ermöglicht gezielte Reinigungsmaßnahmen.

Die **Sonden** erfassen ergänzend dazu die chemischen Bedingungen. Je nach Art der Sonde können verschiedene Aspekte dieser Bedingungen aufgezeigt und bewertet werden, u. a. Korrosionsprozesse, Belageigenschaften (alle stofflichen Zustände, wie Schichtung, Zonierung, Stoff-Stoff-Reaktionen), die Sättigung von Salzen, die Art bzw. Fracht und Proportionen von Rauchgasinhaltsstoffen sowie die Sulfatierungsleistung.

Aktuell stehen für die CEE-Maßnahmen folgende Sondentypen zur Verfügung:

- **Temperature-Range-Probe (TRP)**, ausgeführt als Verdampfer-Sonde bzw. Überhitzer-Sonde (Abbildung 1 und 2)
- Gitternetz-Sonde
- ASP-Sonde (**A**sche-**S**alz **P**roportionen)
- Sulfatierungs-Sonde

Die jeweiligen Sonden charakterisieren die chemischen Bedingungen in spezifischer Weise.

TRP-Sonde: Diese Sonde erfüllt den Anspruch eines individuell designten, temporären Wärmetauschers, der zu einem bestimmten Zeitpunkt in den Rauchgasstrom eingeführt wird, einen bestimmten Zeitraum verweilt und dabei alles so *erlebt* wie die umgebenden Kesselrohre. Sonde und Kesselrohre sind den gleichen thermochemischen Bedingungen ausgesetzt. Die Sonde ist somit ein realer Teststand (Abbildung 1 und 2). Nach der Einsatzzeit der Sonde im Kessel liegen alle relevanten Informationen auf dem Sondenkörper bereit und können durch Laboruntersuchungen gezielt ausgewertet werden. Je nach Fragestellung liegt der Schwerpunkt der Untersuchung bei den eingesetzten Werkstoffen (z. B. verschiedene Werkstoffzusammensetzungen oder verschiedene Schutzschichten), bei den Korrosionsprozessen und -ursachen oder bei den Belageigenschaften. Die meisten Sonden werden nur einmal eingesetzt, da sie anschließend im Labor zerstörend untersucht werden.

Bei der Planung, dem Design und der Anwendung von TRP-Sonden fließt auch die Erfahrung aus Stillstands- und Schadensuntersuchungen ein, um die relevanten thermochemischen Bedingungen gezielt zu erfassen und durch Laboruntersuchungen darlegen und bewerten zu können.

Aus den Anwendungserfahrungen von TRP-Sonden zeigt sich, dass insbesondere vergleichende Sondentests zu wertvollen Erkenntnissen führen. Hierzu gehören u. a. vergleichende Werkstofftests oder Vorher-Nachher-Studien im Zuge von gezielt veränderten Brennstoff- und/oder Betriebsbedingungen.

Das besondere Merkmal der TRP-Sonde ist, dass der frei wählbare Temperaturbereich auf dem Sondenkörper bei Werkstofftests zudem die Option bietet, die Schwellentemperaturen für sich ändernde Korrosionsraten zu ermitteln bzw. Temperaturfenster für besondere Korrosionsprozesse wie z. B. Salzschnmelzen zu erkennen. Dies sind wertvolle Informationen bei der Auslegung bzw. Veränderung von Kesselparametern und bei der Werkstoffwahl.

Gitternetz-Sonde: Diese Sonde wurde konzipiert, um die Sättigung von im Rauchgas gelösten Salzen (insbesondere Chloride, Bromide) erfassen zu können. Die Salzsättigung erfolgt aufgrund der Temperaturabsenkung des Rauchgases beim Durchströmen des Kessels bzw. bei lokaler Abkühlung kleiner Rauchgasvolumina beim Berühren von Wärmetauscherflächen (Kältefalleneffekt). Salze sättigen sich in Abhängigkeit von ihrer Fracht im Rauchgas und der Rauchgastemperatur. Beim Sättigen bilden sich Aerosole, also sehr feine Partikel.

Da diese Salze sowohl für viele Korrosionsprozesse als auch für die Belagsbildung von großer Bedeutung sind, trägt deren Verhalten erheblich zu den thermochemischen Bedingungen auf den Wärmetauscherflächen bei. Mithilfe der Gitternetz-Sonde lassen sich die Merkmale dieser Salze detektieren.

Im Vergleich zur TRP-Sonde, die Stunden bis Wochen im Rauchgas verbleibt und die Effekte der Belagsbildung kumuliert, dokumentiert die Gitternetz-Sonde ein sehr kurzes Zeitfenster der Belagsbildung von wenigen Sekunden. Dies ermöglicht es, einzelne Partikel und die Salz-Aerosole nach optischen und chemischen Merkmalen zu untersuchen.

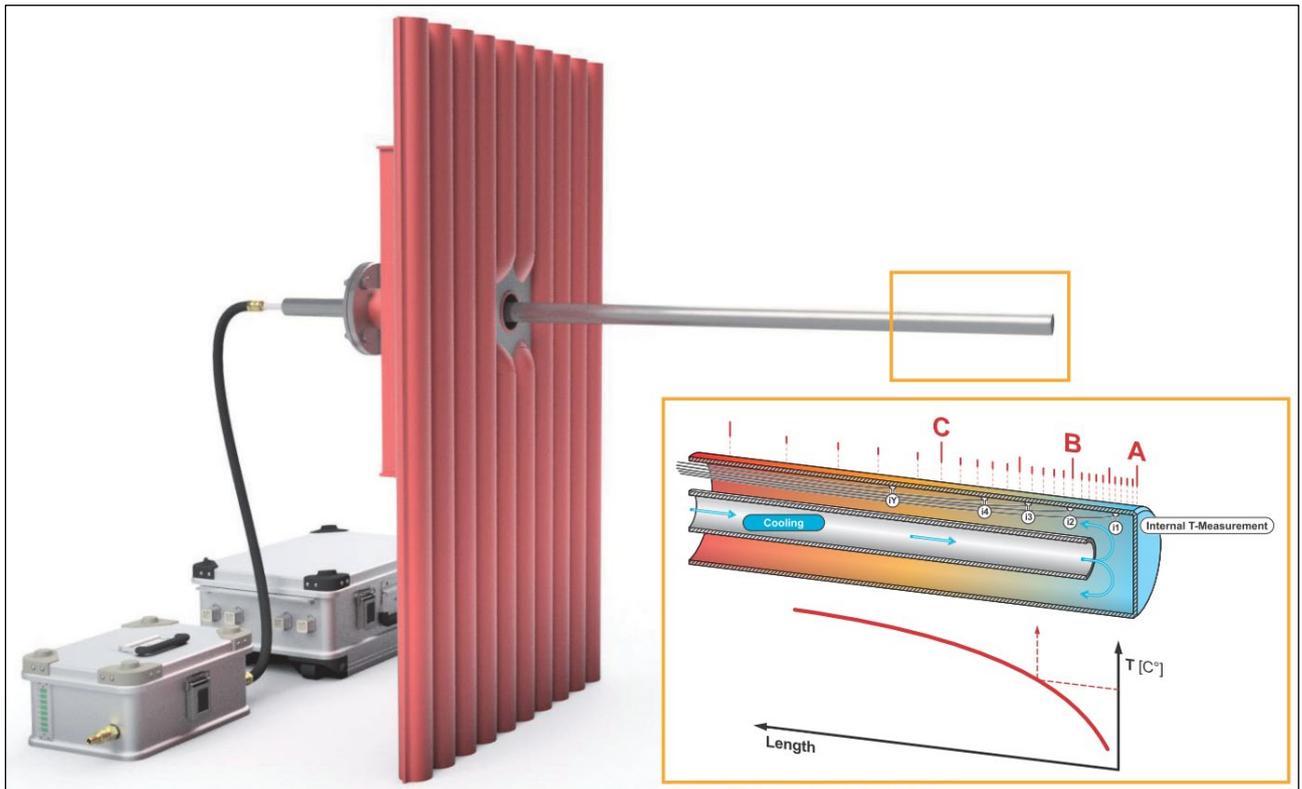


Abbildung 1: TRP-Sonde für die Anwendung im Berührungsteil von Dampferzeugern bzw. für Schottwände und Überhitzerbauteile. Aufgrund der Kühlung durch Druckluft ergibt sich entlang des Sondenkörpers ein Temperaturgradient (A bis C).

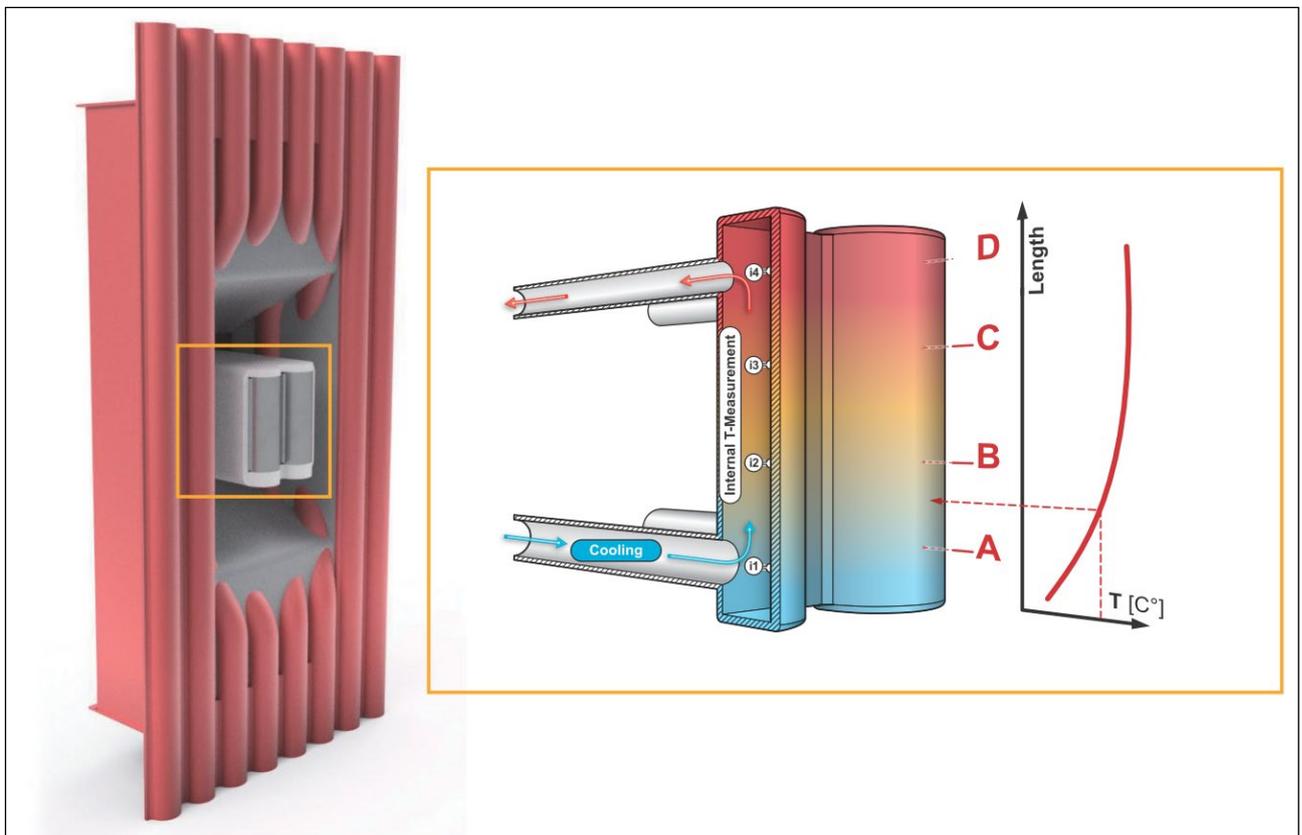


Abbildung 2: TRP-Sonde für die Anwendung im Strahlungsteil von Dampferzeugern bzw. für Verdampferwände. Aufgrund der Kühlung durch Druckluft ergibt sich entlang des Sondenkörpers ein Temperaturgradient (A bis D).

ASP-Sonde: Ein für die Art und Dynamik von Korrosions- und Verschmutzungsprozessen bedeutsamer summativer Parameter ist die Fracht an Salzen im Rauchgas im Verhältnis zur Fracht an Nicht-Salzen, also inerte Partikel (u. a. Oxide, Silikate, Gläser). Die ASP-Sonde erfasst alle partikelgebundenen Inhaltsstoffe des Rauchgases am Kesselende. Aus der chemischen Analyse dieser Partikel lassen sich die Frachten an bestimmten Salzen und die Frachten der inerten Komponenten abschätzen, so auch deren Proportionen zueinander.

Je höher der relative Salzanteil im Verhältnis zum inerten Anteil ist, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit für Korrosions- und/oder Verschmutzungsprozesse.

Aus der Vielzahl von verfügbaren ASP-Datensätzen lassen sich Trends ableiten, welche Frachten und Proportionen günstiger oder ungünstiger für Korrosion bzw. Verschmutzung sind. Zudem bilden die ASP-Datensätze für jedes chemische Element ein Spektrum ab (minimale und maximale Frachten), in das eine aktuelle Untersuchung vergleichend eingeordnet werden kann. Damit lässt sich ein generelles Potential bzw. eine Neigung für Korrosion oder Verschmutzung für den jeweils betrachteten Dampferzeuger ableiten.

Sulfatierungs-sonde: Seit Längerem ist bekannt, dass gasförmige Schwefelverbindungen im Rauchgas, insbesondere in Form von SO_3 , die Korrosion und auch die Verschmutzung mildernd beeinflussen können. Aus diesem Grund werden z. T. Schwefel bzw. Schwefelverbindungen als Additiv eingesetzt, also entweder dem Brennstoff beigefügt oder direkt in den Rauchgasstrom eingedüst. Von besonderer Bedeutung ist hierbei, dass alle Wärmetauscherflächen mit ausreichend SO_3 versorgt werden. Um eine dafür geeignete Rezeptur zu ermitteln, muss der Zusammenhang zwischen zugeführter Schwefeladditivmenge und der jeweiligen Wirkung an Wärmetauscherflächen entlang des Rauchgasweges quantifiziert werden. Diesen Zweck erfüllt die Sulfatierungs-sonde, die die Sulfatierungsleistung an der jeweiligen Installationsposition ermittelt. Die Sulfatierungs-sonde erfasst somit eine bedeutsame thermochemische Bedingung. Die Sonde lässt sich auch unabhängig von Additiven anwenden, um die primär aus dem Brennstoff bzw. der Feuerung kommende Sulfatierungsleistung zu ermitteln.

Die Wirkung anderer Additive, die u. a. zur Minderung der Verschmutzung eingesetzt werden, lässt sich mittels der oben beschriebenen TRP-Sonde darstellen und bewerten.

2.3. Kamera-Inspektion

Zur Unterstützung der CEE-Maßnahmen wurde eine sondenförmige Hochtemperatur-Kamera (HT-Kamera) entwickelt, die in allen Bereichen des Dampferzeugers, von der Nachverbrennungszone bis zum Kesselende, betriebsbegleitend einsetzbar ist. Die Kühlung erfolgt ausschließlich durch Pressluft. Die Blickrichtung und die Blickweite der Kamera lassen sich leicht den Anforderungen anpassen. Zudem kann – für optisch dunkle Bereiche bzw. zur Abschätzung von Oberflächentemperaturen – der infrarote Wellenlängenbereich genutzt werden sowie eine LED-Zusatzbeleuchtung.

Die Inspektion mit der HT-Kamera ermöglicht betriebliche Beobachtungen, die für die Ausbildung thermochemischer Bedingungen auf den Wärmetauscherflächen von Bedeutung sind. Hierzu gehören u. a. die Lage und Intensität der primären und sekundären Feuerung, Flammenschlag in der Nachverbrennung, Eindüsung von Hilfsstoffen (Additive, SNCR), die Wirkung der Online-Reinigung und die Verschmutzungssituation, bis hin zu Zuwachsungen in den Berührungsheizflächen. Die Informationen der HT-Kamera ermöglichen ein unmittelbares Kontrollieren und Optimieren von Verfahrensabläufen. Als wichtige Voraussetzung für eine erfolgreiche Kamerainspektion haben sich genaue Zielabsprachen zwischen Betreiber, ggf. Kesselerrichter und dem Kameraoperateur herausgestellt. Besonders vorteilhaft ist, wenn der Kameraoperateur auch über Erfahrung aus Stillstandsinspektionen verfügt.

Die Anwendung der HT-Kamera erlaubt insbesondere ein Screening der betrieblichen Zustände und Abläufe. Die damit erzielbaren Informationen eignen sich auch für die Planung und Realisierung von Sonden- und Sensorapplikationen.

2.4. Betriebsdatenanalyse

Auch die am jeweiligen Kraftwerksstandort vorhandene Betriebsmesstechnik liefert Informationen, die für die Bewertung von Korrosion und Verschmutzung wertvoll sind. Hierzu gehören u. a. Aussagen zur Feuerführung (primäre und sekundäre Feuerung), zur Wärmeauskopplung der verschiedenen Kesselbauteile und zu Online-Reinigungsverfahren. Die Rohdaten der Betriebsmesstechnik werden dafür in Modelle zur Massen-, Energie- und Stoffbilanz des Kraftwerksprozesses eingebunden und zu Kennzahlen verarbeitet.

Diese Informationen und Kennzahlen stehen betriebsbegleitend zur Verfügung. Dementsprechend können zeitaufgelöst die Entwicklungen über eine oder mehrere Reisezeiten bzw. auch zu bestimmten Zeitfenstern (z. B. mit Sonderereignissen) betrachtet und bewertet werden.

3. Nutzen der CEE-Maßnahmen

Erfahrungen mit dem Einsatz von CEE-Maßnahmen liegen von vielen Dampferzeugern vor. Dies schließt vielfältige Brennstoffe und Kesseldesigns an europäischen Standorten ein.

Die Entwicklung der CEE-Maßnahmen fußt u. a. auf Erfahrungen mit Sensoren und Sonden der CheMin GmbH. Diese Werkzeuge und ihre Anwendung wurden bereits ausführlich in Veröffentlichungen beschrieben [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11] [12] bzw. sind unter www.chemin.de nachzulesen. Für die meisten der hier beschriebenen Sonden und Sensoren inkl. HT-Kamera besteht Patentschutz.

Die Motivation zur Durchführung dieser Maßnahmen ergibt sich in der Regel aus einer konkreten betrieblichen Belastung, deren Auswirkungen minimiert werden sollen. Die damit verfolgten Ziele können sich auf die Werkstoffwahl konzentrieren oder auf Effizienzsteigerung oder Verfügbarkeitserhöhung. Hier spielen die spezifischen Randbedingungen eines Standorts eine erhebliche Rolle.

Aus Sicht der Autoren beginnen CEE bezogene Maßnahmen am jeweiligen Standort meist mit konkreten Fragestellungen und weiten sich dann sukzessive zu einer breiteren Erfassung der Auswirkungen thermochemischer Bedingungen aus. Im optimalen Fall sind die CEE-Maßnahmen ein Routinebestandteil des Betriebs und dessen kontinuierlicher Optimierung. Alle aufkommenden Fragestellungen oder Veränderungen der betrieblichen Abläufe können dann bei Bedarf in Bezug auf die Risiken für Korrosion und Verschmutzung beurteilt werden.

Aus dem Blickwinkel des Risikomanagements, also insbesondere das Vermeiden ungeplanter Stillstände, sind die CEE-Maßnahmen ein Monitoring-Prozess zur Kontrolle und Minderung von Korrosion und Verschmutzung eines Dampferzeugers.

Es zeigt sich, dass bei konsequenter routinemäßiger Anwendung der CEE-Maßnahmen die Performance des Dampferzeugers profitiert und entsprechende betriebswirtschaftliche Vorteile sichtbar werden.

4. Quellen

- [1] Spiegel, W.; Kaiser, M. (2020): Corrosion/Fouling Environment Evaluation in WTE and Biomass Fired Boilers. IRRC Waste-to-Energy, 16.10.2020, Online-Conference.
- [2] Spiegel, W.; Kaiser, M.; Magel, G.; Müller, W.; Schmidl, W. (2019): Trend of Technology of Corrosion Evaluation in WTE and Biomass Plant Construction and Operation in Terms of High Efficiency in EU. Yokohama: NACE EAP, 2019/11/12.
- [3] Spiegel, W.; Kaiser, M.; Schmidl, W. (2019): Fouling textures and micro-milieus determine high temperature chlorine corrosion in power plants fired with waste or biomass. IRRC Waste-to-Energy, 15.10.2019, Vienna, In: Thiel, S.; Thomé-Kozmiensky, E.; Winter, F.; Juchelková, D. (Eds.): Waste Management, Volume 9, Waste-to-Energy, Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH, Neuruppin 2019, pp. 549-560.
- [4] Müller, W.; Spiegel, W.; Hemrich, R. (2019): Diagnose und Monitoring von elektrolytisch bedingter Korrosion – insbesondere Deliqueszenzkorrosion. In: Thiel, S.; Thomé-Kozmiensky, E.; Quicker, P.; Gosten A. (Hrsg.): Energie aus Abfall, Band 16, Neuruppin: TK Verlag, 2019, S. 459-465.
- [5] Kaiser, M., Brell, J., Molitor, D., Schneider, D. (2017): Effizienzsteigerung durch Einbindung thermochemischer Prozessparameter. In: Thomé-Kozmiensky, E. und Thiel, S. (Hrsg.): Energie aus Abfall, Band 15, Neuruppin: TK Verlag, 2018, S. 333-344.
- [6] Spiegel, W., Kaiser, M., Magel, G., Schmidl, W. (2018): Relevant Thermochemical Processes in Biomass Fired Power Plants. In: IRRC Wien 2018.
- [7] Kaiser, M., Spiegel, W. (2017): Thermochemische Prozesse verstehen und verbessern. In: Beckmann, M. und Hurtado, A. (Hrsg.) Kraftwerkstechnik 2017 Strategien, Anlagentechnik und Betrieb, S. 329-341.
- [8] Molitor, D.; Spiegel, W. (2017): Erfahrungen aus zwanzig Jahren Revisionsbegleitung. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. und Beckmann, M. (Hrsg.): Energie aus Abfall, Band 14. Neuruppin: TK Verlag, 2017, S. 215-226.
- [9] Magel, G. (2017): Get to know the Corrosion Mechanisms in Waste-to-Energy-Plants. In: IRRC Wien 2017.
- [10] Kaiser, M.; Schneider, D.; Brell, J.; Kuttner, T.; Spiegel, W.: Temperature-Range-Probe (TRP): Korrosion erkennen, vermindern, vermeiden. In: Beckmann, M. und Hurtado, A. (Hrsg.): Kraftwerkstechnik 2016 Strategien, Anlagentechnik und Betrieb, S. 381-393.
- [11] Kaiser, M., Schneider, D., Brell, J., Molitor, D., Kuttner, T.: Effizienzsteigerung – Anwendung der Temperature-Range-Probe zur Optimierung der Werkstoffwahl in Kraftwerken. In: VGB Powertech, Ausgabe 10/2015, S. 53-58.
- [12] Spiegel, W.; Brell, J.; Taubner, S. (2015): Temperatursensorik: Neue Wege zur Prozessoptimierung. In: Pohl, M. (Hrsg.): Dampferzeugerkorrosion 2015 Wechselwirkungen – Diagnosemethoden – Minderungsstrategien – Erfahrungen, Freiberg: SAXONIA Standortentwicklungs- und -verwaltungsgesellschaft mbH, 2015, S. 41-50.