

Optische Diagnosesysteme zur Analyse des Verschmutzungsverhaltens in Dampferzeugern

M. Haug, M. Schreiber, H.-J. Schulpin, EUtech Scientific Engineering GmbH, Aachen

W. Derichs, K. Brückner, RWE Rheinbraun AG, Köln

1 Zusammenfassung

Die Analyse des Verschmutzungsverhaltens in Dampferzeugern kann durch eine kontinuierliche optische Analyse der Ansatzdicke und dem Verhalten der Feuerraumatmosphäre unterstützt werden. Durch die direkte Beobachtung und Bewertung der Ansatzbildung im Feuerraum und auf den Bündelheizflächen in Verbindung mit der strahlungspyrometrischen Analyse der Feuerraumtemperatur und deren Verteilung sowie der Transparenz der Feuerraumatmosphäre können Rückschlüsse auf das Verschmutzungspotential gezogen werden. Auf diese Weise können zu einem sehr frühen Zeitpunkt Gegenmaßnahmen eingeleitet werden. Dazu gehören Änderungen in der Feuerungsführung sowie die gezielte Einbindung - und abhängig von Verschmutzungsart und -zustand - eine situationsangepaßte Betriebsweise der Reinigungseinrichtungen.

2 Einleitung

Der Einsatz von Braunkohlen mit einem hohen Anteil verschlackungsfördernder Komponenten beeinträchtigt maßgeblich den störungsfreien Betrieb der Kraftwerksdampferzeuger im rheinischen Revier. Die Ursachen für die mitunter innerhalb kurzer Zeit auftretenden starken Verschmutzungen sind auf Grund der nicht online erfassten Einflussfaktoren – Kohleeigenschaften, Feuerungsparameter – nur unzureichend bekannt. Die Analyse des Verschmutzungsverhaltens auf Basis der integralen Betriebsdaten der konventionellen Kesseldiagnosesysteme kann nur bedingt einen Beitrag zur Früherkennung von Verschmutzungen und zur Bewertung von Gegenmaßnahmen leisten.

Optische Meßtechniken eignen sich hervorragend, auf direktem Wege die im Kessel herrschenden Vorgänge zu erfassen und zu analysieren. Durch die Kombination dieser Techniken mit bestehenden Betriebsdatenerfassungssystemen und einer systematischen Auswertung können wertvolle Erkenntnisse über die Wirkzusammenhänge bei der Verschmutzung der Dampferzeuger gewonnen werden. Zur Optimierung der Reinigungsstrategien und der Betriebsparameter werden an verschiedenen Dampferzeugern optische Diagnosesysteme eingesetzt.

3 Ansatzbildung

Die Verschmutzung in den Kraftwerksdampferzeugern ist im wesentlichen geprägt durch die Ansatzbildung an Kesselwänden und im Bereich der Nachschaltheizflächen. Durch diesen Ansatz kommt es zu einer Verschlechterung des Wandwärmeübergangs, der sich negativ auf den Wirkungsgrad und die Verfügbarkeit des Kessels auswirkt.

Wesentlicher Einflußfaktor auf die Verschmutzung ist die Zusammensetzung der eingesetzten Kohlen. Je nach Anteil von verschlackungsneigenden Komponenten und der durch die Aufbereitung und die Betriebsweise vorgegeben Randbedingungen können völlig unterschiedliche Verschmutzungsverhalten beobachtet werden. Diese können von locker gesinterten Ansätzen bis hin zum Schlackefluß reichen. Aufgrund der unterschiedlichen Ansatzbildungen muß eine situationsangepaßte Reinigung vorgenommen werden.

Derzeit steht keine geeignete Meßtechnik für die Bestimmung der Kohlequalität und keine ausreichend abgesicherte Datenbasis zur Verfügung, die eine zuverlässige Prognose und frühzeitige Erkennung auf Basis von gemessenen Kohledaten erlaubt. Erst durch die optische Begutachtung der Ansatzdicke und Ansatzgeschwindigkeit an den Kesselwänden und Rohrbündeln kann eine Beurteilung des Verschmutzungsverhaltens direkt und unmittelbar vorgenommen werden.

4 Meßtechniken

Großen Stellenwert in der Diagnose der Verschmutzungsvorgänge und der Bewertung von Gegenmaßnahmen haben Systeme zur optischen Überwachung des Feuerraums und der Bündelheizflächen. Ein direkter Zugang und eine unmittelbare Beobachtung der Abläufe in den gefährdeten Bereichen des Kessels ist durch den Einsatz eines Kamerasystems mit automatischer, kontinuierlicher Bilderfassung, -erkennung und -archivierung in Verbindung mit einer strahlungs-pyrometrischer Bestimmung der Flammentemperatur und der optischen Dicke der Feuerraumatmosphäre möglich.

4.1 Optische Diagnose der Ansatzbildung

Die optische Diagnose der Ansatzbildung basiert auf einem an die Bedingungen des Kraftwerkskessels angepassten Kamerasystem. Dieses System wird u.a. am Kessel E des Kraftwerk Neurath (600 MW) im kritischen Bereich in der Höhe des Überhitzers 3 eingesetzt. In der gewählten Ausrichtung kann ein Segment des verschmutzungskritischen Bereichs eingesehen werden.

Das System erfaßt kontinuierlich die jeweils aktuelle Situation der Ansatzbildung und des Feuerraums. Jede Aufnahme wird bezüglich der Ansatzdicke an einer frei wählbaren Bündelheizfläche automatisch ausgewertet. Dazu stehen entsprechende Bildverarbeitungs-routinen zur Verfügung. Die Aufnahmen werden auch hinsichtlich der erfaßten Intensitäten ausgewertet, um einen Rückschluß auf das Flammenverhalten zu ermöglichen. Zugleich wird dieses Signal auch genutzt, um fortlaufend die Kamera-intensivierung an die Flammensituation anzupassen.

Die Daten werden dem Leitstand in einer benutzerfreundlichen Umgebung zur Verfügung gestellt und in regelmäßigen Abständen abgespeichert. Mit Hilfe eines Zeitraffermodus, kann auf die Daten der zurückliegenden Zeiträume zurückgegriffen werden und diese in animierter Form visualisiert werden. Für die direkte optische Analyse stehen Routinen zur Kontrastoptimierung zur Verfügung. Auf diese Weise kann die Entwicklung eines Verschmutzungsvorgangs anschaulich gemacht werden und das Verhalten des Dampferzeugers bzw. die Reinigungswirkung der Bläsereinheiten analysiert werden. Die Softwarelösung ist netzwerkfähig und erlaubt den Zugriff auf alle Daten und die Steuerung des Systems von jedem ans Netzwerk angeschlossenen Arbeitsplatz.

Abbildung 1 zeigt den Aufbau der Beobachtungseinheit am Kessel. Die Meßdaten werden über einen Steuer-PC und Netzkabel auf den Leitstand übertragen und ausgewertet. Dem Leitstand steht das jeweils aktuelle Bild, die ausgewerteten Daten sowie die Archivbilder zur Analyse zur Verfügung.

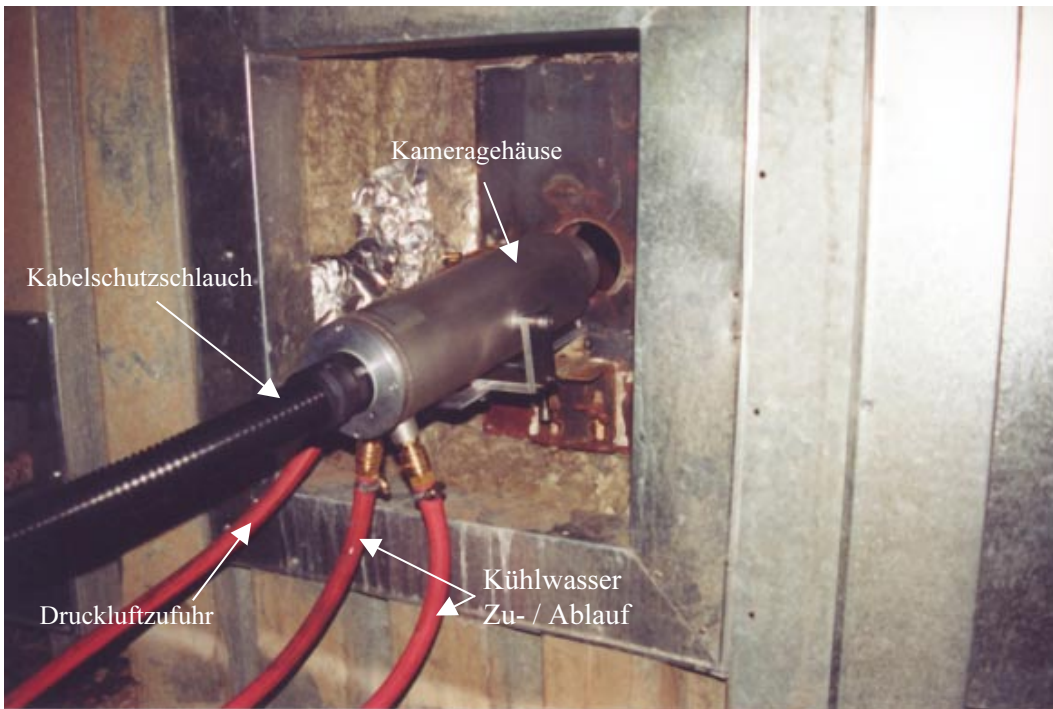


Abbildung 1: Aufbau des Systems am Kessel

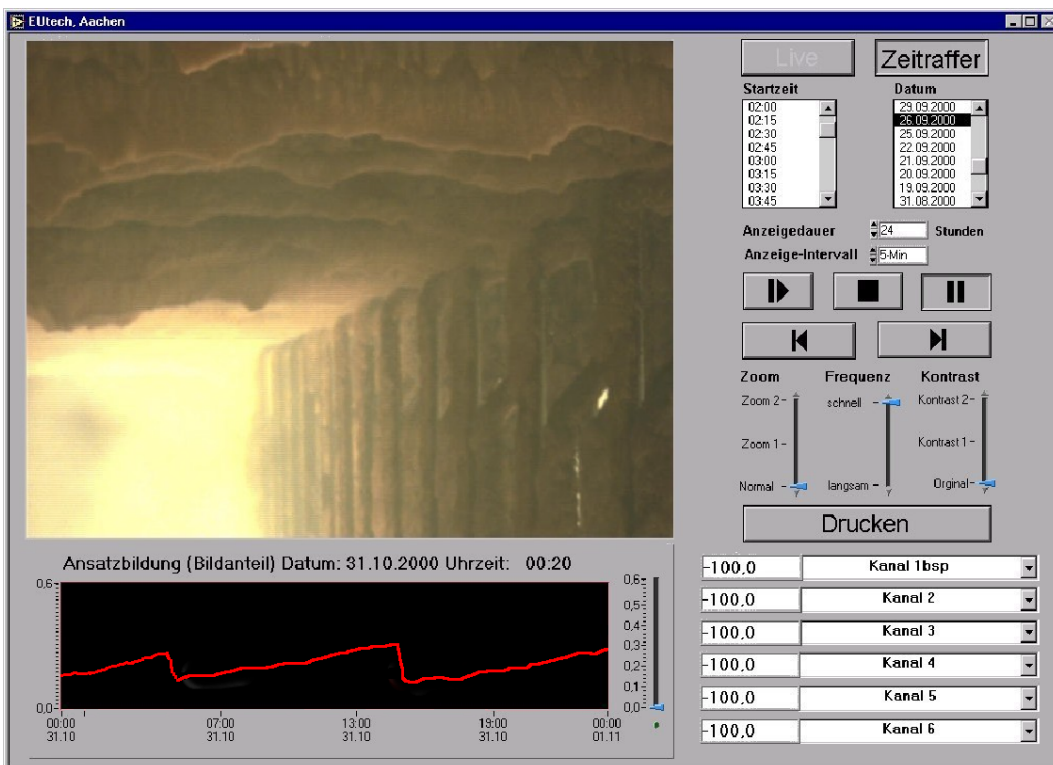


Abbildung 2: Oberfläche des Überwachungsystems auf dem Leitstand – Aktuelle Bildinformation und Schichtdickenauswertung

4.2 Temperatur- und Feuerraumüberwachung

Die Verlagerung des Ausbrands sowie der durch die Verschmutzung veränderte Wärmeübergang äußern sich in einer Änderung der Feuerraumtemperatur. Daher unterstützt neben der optischen Analyse der Ansatzbildung die pyrometrische Temperaturerfassung die Überwachung der Feuerraumatmosphäre.

Zum Einsatz kommt ein kombiniertes Spektral-/Quotientenpyrometer, das eine zeitgleiche Bestimmung der Flammentemperatur und der optischen Dicke ermöglicht. Die Flammentemperatur, die aus der Messung der Spektral- und der Quotiententemperatur bestimmt wird, entspricht der im Feuerraum vorliegenden Rauchgastemperatur. Mit der optischen Dicke als Maß für die Transparenz der Flamme steht ein weiterer Parameter zur Diagnose zur Verfügung. Alle Meßdaten werden über eine serielle Schnittstelle ausgelesen und vom Betriebsdatenerfassungssystem erfaßt und gespeichert.

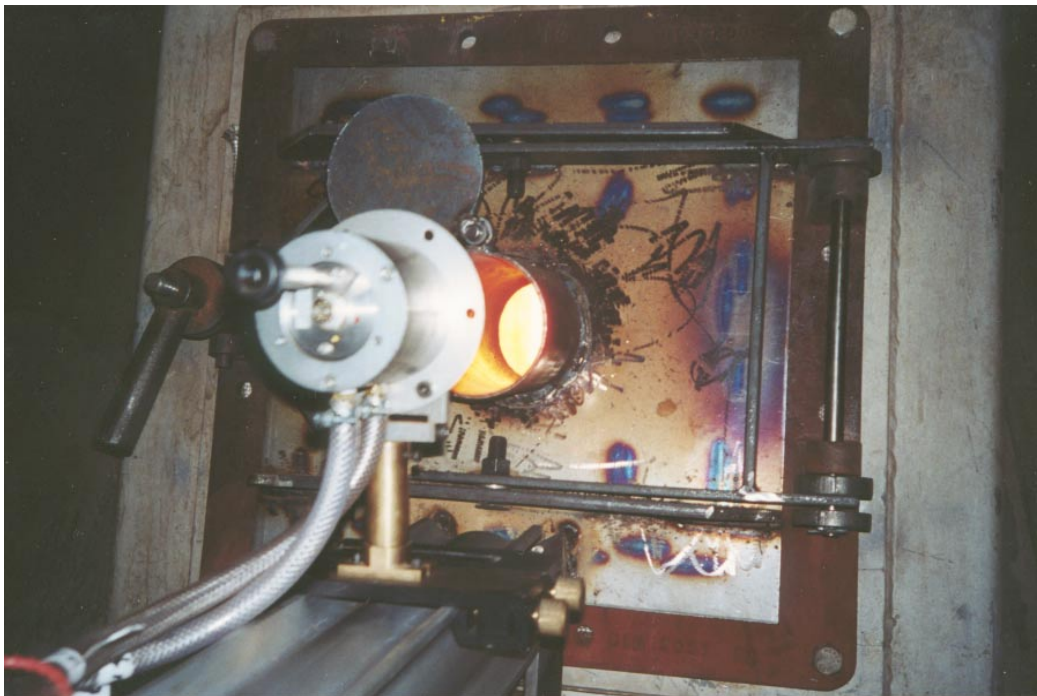


Abbildung 3: Einsatz des kombinierten Spektral-/Quotienten-Pyrometers am Kessel

Abbildung 3 zeigt den Aufbau des Pyrometers am Kessel. Die geringe Abmessung der erforderlichen Kesselöffnung und der kleine Bauraum erlaubt einen flexiblen Einsatz an unterschiedlichen Meßorten.

5 Betriebserfahrung und -ergebnisse

Ein Vergleich zu Kesseldiagnosesystemen, die im wesentlichen eine thermodynamische Bilanzierung des gesamten Kessels vornehmen, kann mit Hilfe der optischen Analyse ein direkter Überblick der tatsächlichen Verschmutzungssituation geschaffen werden. Bei der Analyse ist zu beachten, daß das optische Diagnosesystem nur einen Bereich der Bündelheizflächen erfaßt.

Grundsätzlich ergibt sich eine sehr gute Übereinstimmung zwischen den global bestimmten Effektivitätswerten der Bündelheizflächen und der Ansatzstärke im Bereich des Überhitzers 3. Abbildung 4 zeigt den Zusammenhang zwischen der mit dem Kesseldiagnosesystem ermittelten Effektivität bzw. der optisch bestimmten Schichtdicke mit den Reinigungszyklen. Neben der Selbstreinigung durch abfallenden Ansatz ist auch die Auswirkung der Kesselreinigung mit Dampfbläsern erkennbar.

Während mit der thermodynamischen Kesseldiagnose keine Aussage über die Art der Ansatzbildung getroffen werden kann, erlaubt das Bild eine Beurteilung der Art des Ansatzes und dessen räumlichen Verteilung. Dadurch kann eine selektive, zielgerichtete Steuerung der Reinigungseinrichtung sowie die Erfolgskontrolle vorgenommen werden.

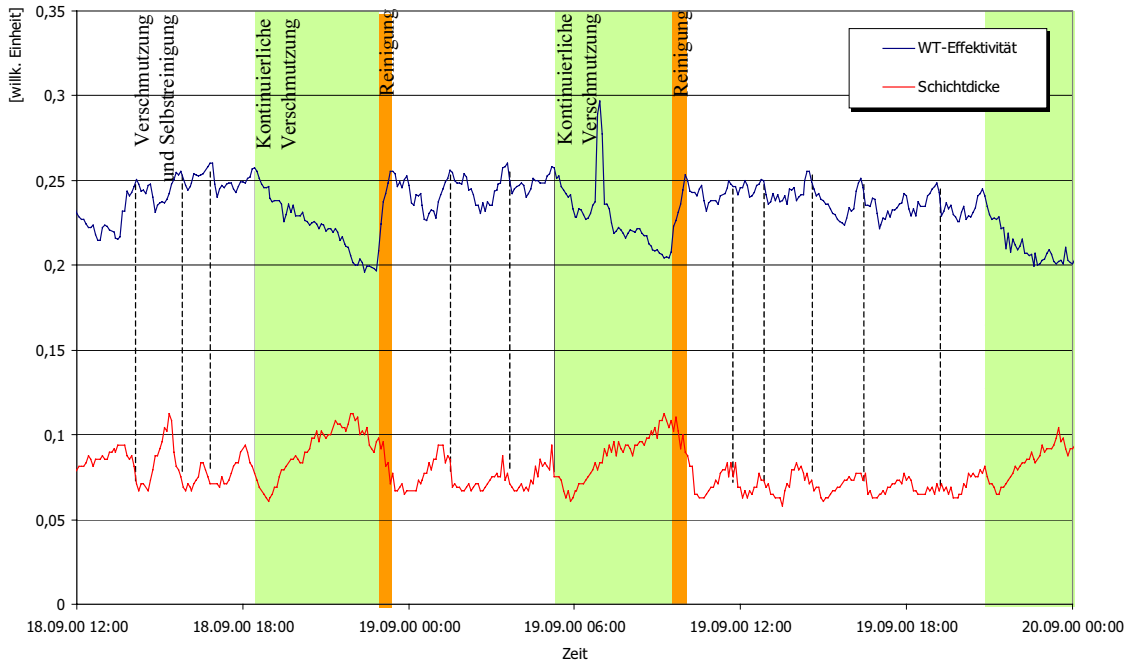


Abbildung 4: Vergleich der Ansatzdicke mit der Bündelheizflächeneffektivität

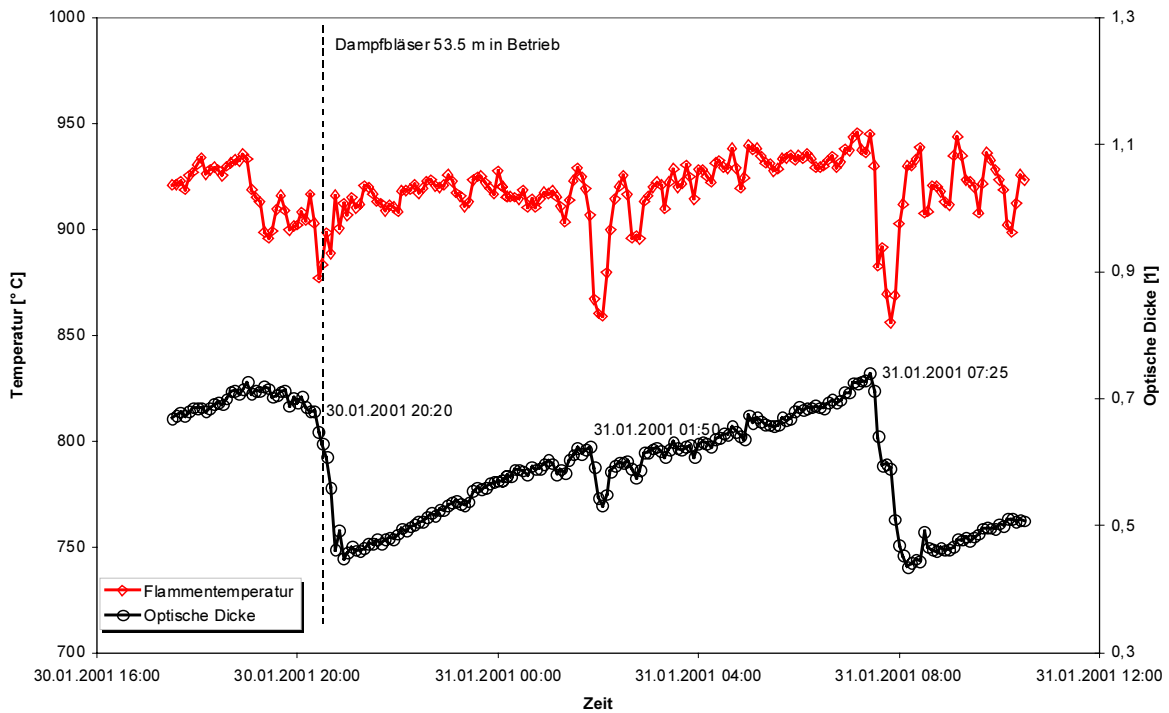


Abbildung 5: Veränderung der optischen Dicke beim Einsatz der Rußbläser (300 MW Block)

Zusätzlich unterstützt die Pyrometermessung die Beurteilung der Verschmutzungssituation. Insbesondere die optische Dicke zeigt eine sehr gute Korrelation mit dem aktuellen Verschmutzungszustand (siehe Abbildung 5). Im Temperaturverlauf ist beim Einsatz der Dampfbläser eine Absenkung der Feuerraumtemperatur erkennbar. Zwischen den Reinigungszyklen kommt es zu einem kontinuierlichen Ansteigen der optischen Dicke. Verantwortlich hierfür ist vermutlich eine Zunahme der Partikelbeladung aufgrund der Ablagerungen an den Kesselwänden bzw. die erneuten Anlagerung und die damit verbundene Absenkung der optischen Dicke nach dem Reinigungsvorgang.

6 Ausblick

Die hier beschriebenen optischen Techniken weisen ein erhebliches Potential zur weitergehenden Analyse des Feuerraums auf. Durch die Integration in die bestehende Kesseldiagnostik können weitere, wichtige Ergebnisse über das Verschmutzungsverhalten gewonnen werden.

Insbesondere mit der Einbindung in das Reinigungsmanagement ergeben sich Möglichkeiten zur Verbesserung des Wirkungsgrades und der Verfügbarkeit, da mit einem bedarfs- und situationsgerechten Einsatz der Dampfbläser bzw. anderen Reinigungseinrichtungen.

Um diese Integration zu ermöglichen, sind in weiteren Untersuchungen die Kriterien für eine reproduzierbare und zuverlässige Beurteilung der Verschmutzung zu schaffen. Dies kann z.B. durch die Erweiterung der Software mit Bildauswertungsalgorithmen zur Mustererkennung erfolgen. Durch eine flächendeckende Überwachung mit spez. angepaßten Kamerasystemen kann somit eine automatische Überwachung der Wände und der Nachschaltheizflächen vorgenommen werden. Ergebnis wäre eine lokal aufgelöste Beurteilung des Verschmutzungszustands verbunden mit der selektiven, direkten Ansteuerung der Reinigungseinrichtungen.