

# Potential optischer Prozessanalyse im Kraftwerksbetrieb

Simon Busch, Josef Eiswirt, Reinhardt Kock, Clemens Lindscheid,  
Francesco Turoni  
EUtech Scientific Engineering GmbH, Aachen

## Kurzfassung

Zur Analyse, Überwachung und Optimierung von Verschlackungsprozessen im Kraftwerksbereich sind von EUtech zwei Lösungen in enger Zusammenarbeit mit führenden Energiekonzernen entwickelt worden. Beide Systeme nutzen die NI Vision Technologie in LabVIEW.

Das erste System wird in der Mineralogie eingesetzt und dient der Analyse und Optimierung von Verschlackungsprozessen. Es handelt sich dabei um einen Hochtemperaturofen, in dem Ascheproben einer definierten Wärmebehandlung unterzogen werden. Dabei wird in einem Durchlichtverfahren das Schattenbild der Probe mit einer Kamera aufgezeichnet und unter Verwendung von NI Vision ausgewertet, um die Veränderung der Probengeometrien während der Wärmebehandlung zu erfassen.

Das zweite System überwacht das tatsächliche Verschlackungsverhalten im Kraftwerkskessel während der Feuerung. Dabei handelt es sich um ein eigens entwickeltes Kamerasystem, das bei Betriebstemperaturen von bis zu 1.400 °C in den Kessel einfährt und Bildinformationen akquiriert. Aus dem gewonnenen Bildmaterial wird anhand einer optischen Schichtdickenmessung und einer thermografischen Auswertung der Verschlackungsgrad der Heizflächen bestimmt.

## Abstract

For analysis, monitoring and optimization of slagging processes in power plants EUtech has developed two solutions in cooperation with major energy suppliers. Both solutions are using NI Vision technology in LabVIEW.

The first system is used in mineralogy. Its purpose is the analysis and optimization of slagging processes. In a high temperature furnace samples of coal ash are heated in a defined procedure. The shadow image generated in a light transmission method is captured by a camera and evaluated with NI Vision. In this way changes of the sample geometry are measured during the procedure.

The second system monitors the actual slagging process in operating power plants under full load. It is a special camera system that can be driven into the boiler where it gathers visual information at operating temperatures of up to 1.400 °C. From these data the degree of slagging is determined by an optical measurement of layer thickness and thermographical analysis.

## **Aufgabenstellung**

Um fossile Brennstoffe zu schonen und gleichzeitig eine nachhaltige Elektrizitätsversorgung zu gewährleisten, ist die Steigerung des Nettowirkungsgrades von Kohlekraftwerken essentiell. Vor diesem Hintergrund rücken Verschlackungsprozesse immer stärker in den Fokus der Kraftwerksoptimierung. Ansätze an Wärmetauschern reduzieren den Wärmeübergang, begünstigen Korrosion an Kesselbauteilen und führen bei Herabfallen zu Schädigungen. Dabei kann sich das Verschlackungsverhalten von Brennstoffaschen, die aus verschiedenen Abbaubereichen stammen, stark voneinander unterscheiden [1]. Um verlässliche Informationen über das Verschlackungsverhalten zu erhalten, muss das Schmelzverhalten der Brennstoffaschen unter Kesselbedingungen untersucht werden.

## **Thermooptische Analyse**

### **Aufbau des Prüfstands**

Der Prüfstand zur Thermooptischen Analyse basiert auf TOMMI, einem vom Fraunhofer-Institut vertriebenen Prüfstand zur Untersuchung der Sinterung von Keramiken. Dieser Prüfstand wurde von unserem Kunden im Umfeld der Mineralogie zur Untersuchung des Schmelz- und Sinterungsverhaltens von Brennstoffascheproben verwendet, um daraus Abschätzungen über das Verschlackungsverhalten zu treffen.

Neben der Elektronik für die Regelung und Steuerung besteht der Prüfstand aus einem Hochtemperaturofen auf einer optischen Bank sowie einem PC zur Datenerfassung, Steuerung und Datenverarbeitung.

Der Probenkörper wird auf eine Aufnahme im Inneren des Ofens gestellt, die in der optischen Achse liegt. Während einer Messung werden der Ofen und die darin befindliche Probe erhitzt. Die Erfassung des Probenschmelzverhaltens geschieht über eine Kamera. Die Kamera ist an den Bedienrechner angeschlossen, der in definierten Intervallen Aufnahmen des Probenkörpers erfasst, diese dann auswertet und schließlich speichert.

### **Herausforderungen**

Die Ofengröße lässt eine Untersuchung von Proben zwischen 3 x 3 mm und 4 x 4 cm zu. Die Bildanalyse ist dahingehend zu optimieren, dass sie resistent gegen Bildstörungen ist, aber gleichzeitig in der Lage, auch kleine sowie komplexe Probenkörper zuverlässig zu vermessen.

Während des Versuchs kann es durch Luftflimmern oder durch ein Wandern der Probe zu Verschiebungen der Probe im Kamerabild kommen. Die Geometrie der Probe muss unabhängig von ihrer Position richtig erfasst werden.

Bei steigender Offentemperatur fängt die Ascheprobe je nach Zusammensetzung an zu glühen. Das führt vor dem hellen Hintergrund der Lampe zu einem Kontrastproblem, das durch eine intelligente Lampenschaltung minimiert werden muss. In jedem Fall muss aber die Konturanalyse bei schwankenden Kontrasten stabil funktionieren.

Um die Vergleichbarkeit zwischen unterschiedlichen Ascheproben herzustellen, muss die Prüfstandsoftware die Proben gemäß DIN 51730 klassifizieren.

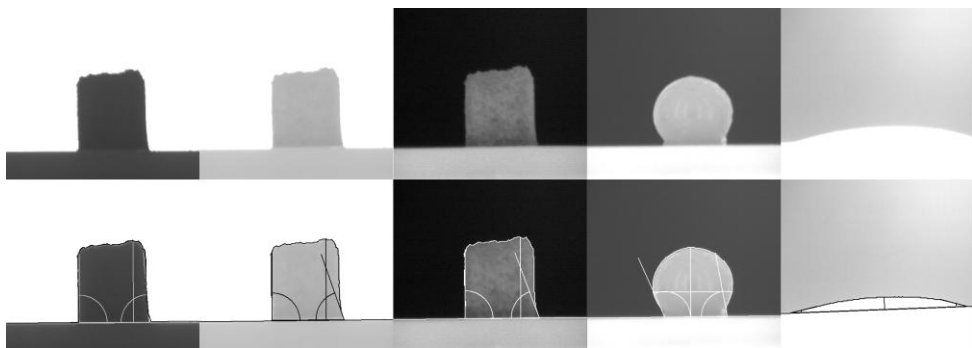
### Lösung

In LabVIEW wurde unter Verwendung von IMAQdx und NI Vision eine Prüfstandsoftware entwickelt, die eine stabile Probenanalyse unter oben genannten Anforderungen erfüllt.

Zwecks Analyse von Proben jeglicher Form und Größe, wurde mittels Konturanalyse der Vision Bibliothek die Kontur der Probenkörper ermittelt. Dabei wurden Konzepte und Routinen entwickelt, die auch bei sich stetig ändernden Kontrastverhältnissen eine optimale Probendetektion gewährleisten. Beispielsweise wurde eine Lampenansteuerung auf Basis einer histogrammischen Untersuchung des Kamerabildes implementiert.

Bis zu drei Proben unterschiedlicher Form werden innerhalb eines Kamerabildes erkannt und vermessen. Die Messdaten werden optional zur Klassifizierung herangezogen und abschließend gespeichert.

Ein Archivmodus sowie die automatisierte Generierung von Word Reports erlauben nach Versuchsabschluss die schnelle und komfortable Auswertung der Messdaten.



*Bild 1: Messreihe von 800 °C bis 1420 °C (Zeile 1)– Messreihe mit Ergebnissen der Geometrieerkennung (Zeile 2)*

## Intelligente Kesselzustandsüberwachung

### Herausforderung

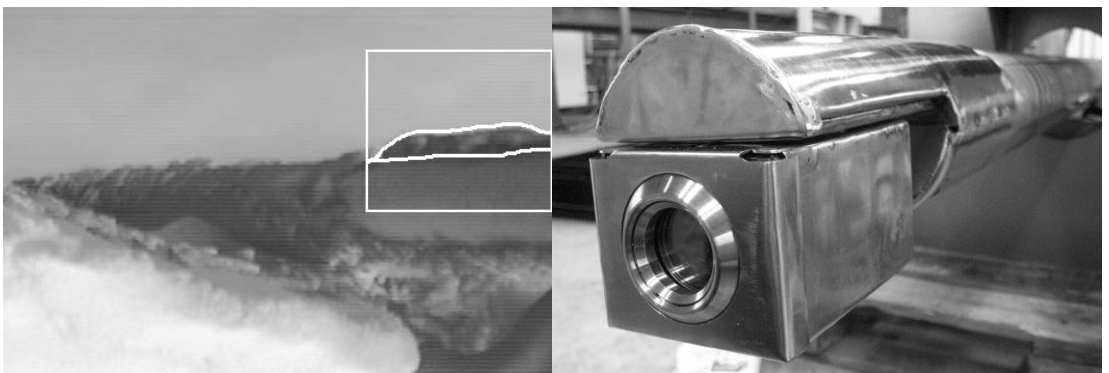
Um Rückmeldung über die reale Verschlackungssituation im Kraftwerkskessel zu erhalten, ist eine unmittelbare Untersuchung des Kesselinnenraumes nötig ohne dabei den Kraftwerksbetrieb einzuschränken. Es ist notwendig, die Verschlackung auch in schwer zugänglichen Bereichen des Kessels unter Betriebsbedingungen zu überwachen. Da sich Verschlackungen innerhalb von Minuten bilden können, müssen die Informationen zu jeder Zeit von diversen Orten im Kraftwerk abrufbar sein.

### Lösung

EUvis insitu ist ein einzigartiges Kamerasystem, das in den Kessel eingefahren werden kann, ohne den Betrieb negativ zu beeinflussen. Dazu verwendet das System eine dreh- und einfahrbare Lanze (6 m Länge) mit drehbarem Sensorkopf (2 Achsen) und Vario-Zoom mit einem optimierten Filter.

Das System kann mittels kombinierter Wasser- und Luftkühlung bei Temperaturen von bis zu 1.400 °C eingesetzt werden. Dies ermöglicht eine umfassende Untersuchung der Vorgänge im Kessel.

Die Steuerung des Systems wurde echtzeitfähig umgesetzt, um die Ausführung sicherheitsgerichteter Funktionen zu gewährleisten. In der LabVIEW Bedienapplikation werden mittels NI IMAQdx und NI Vision die Kamerabilder erfasst, analysiert und archiviert. Die Daten werden zur Lokalisierung und Quantifizierung von Ablagerungen und Erosionen verwendet. Mit diesen Informationen können Reinigungs- und Wartungsstrategien zielgerichtet angepasst werden.



*Bild 2: Schlackemessung im Kessel (links) – EUvis insitu Sensorkopf (rechts)*

## **Zusammenfassung**

Unter Einsatz der optischen Prozessanalyse im Kraftwerk können Verschlackungsprozesse vorhergesagt und während des Betriebs erfasst werden. Die exakte Analyse der verwendeten Brennstoffqualitäten erlaubt eine optimale Abstimmung der Feuerungsstrategien und Wartungspläne. Dadurch werden Effizienzeinbußen und Beschädigungen im Kessel minimiert, was zu einer entscheidenden Steigerung des Nettowirkungsgrades führt.

## **Literaturverzeichnis**

- [1] Annette Schlüter: Untersuchungen zum Verschmutzungsverhalten rheinischer Braunkohlen in Kohledampferzeugern