

## Air-Cooled Mobile High-Temperature Camera Probe for Flexible Use in Thermo-Chemical Processes

Dominik Schneider, Joos Brell, Andreas Lichtinger, Markus Müller and Fabian Riegel

Rising efficiency demands for power plants have increased the need for uninterrupted operation and optimized process control. Key to achieving these goals is real-time information about the plant's operational status, requiring effective monitoring and interpretation of thermochemical processes. The emerging need for more visual inspections of processes during operation led CheMin GmbH to develop a mobile, air-cooled high-temperature camera probe. This tool can be rapidly and flexibly deployed at multiple locations in the plant, offering direct visual insights into internal processes. These insights are valuable for proactive maintenance planning (e.g. early damage detection) and for evaluating operational adjustments such as firing configurations, cleaning procedures, and additive dosages.

Unlike traditional, permanently installed water-cooled cameras, this air-cooled camera probe is specifically designed for temporary, short-term applications with minimal setup. This feature enables quick visual assessments from various angles or simultaneous monitoring from different perspectives along the entire flue gas pathway in thermal power plants – from combustion zones to the cold end – and other thermal processes. The resulting optical data provides insights into process mechanisms, and supports decisions for process optimization (e.g. before-and-after analyses of combustion settings and fouling conditions).

Several case studies highlight the camera probe's diagnostic potential and illustrate its value in process documentation and optimization. The tool has proven highly effective, gathering information that can both help resolve acute issues and support maintenance planning. Continuous development has focused on versatility and ease of use, leading to broader applications in customer-directed diagnostics and partnerships.

## Luftgekühlte mobile Hochtemperatur-Kamerasonde zum flexiblen Einsatz in thermo-chemischen Prozessen

Dominik Schneider, Joos Brell, Andreas Lichtinger, Markus Müller und Fabian Riegel

1. Aufbau und Funktion der Hochtemperatur-Kamerasonde
2. Anwendungsbereiche und Potenziale
  - 2.1. Brenner- und Wirbelbetteinstellungen einer stationären Wirbelschichtanlage
  - 2.2. Feuerlage in einer Müllverbrennungsanlage
  - 2.3. Untersuchung der Betriebsstörung eines Entschlackers
  - 2.4. Detektion und Lokalisation eines Feuerfestschadens
  - 2.5. Begleitung und Bewertung einer Onlinesprengreinigung
  - 2.6. Begleitung und Bewertung eines Shower Cleaning Systems (SCS)
  - 2.7. Anfahrbegleitung zur Beobachtung neu angebrachter Feuerfestzustellung
  - 2.8. Bewertung der Verbrennung in einem Drehrohrofen
3. Zusammenfassung und Ausblick
4. Quellen

Vor dem Hintergrund steigender Effizienzanforderungen von Kraftwerksanlagen nehmen die Anforderungen an einen störungsfreien Betrieb und der Bedarf einer optimierten Prozessführung zu. Informationen über den Istzustand sind von fundamentaler Bedeutung. Eine der Voraussetzung hierfür ist, die ablaufenden Prozesse möglichst umfassend zu erfassen und zu interpretieren. In Bezug auf Kraftwerksanlagen wird bereits seit langem eine Vielzahl von Betriebsdaten erfasst und für die Prozessoptimierung verwendet [1].

Im Rahmen der marktunterstützenden, betriebsbegleitenden Maßnahmen seitens des Unternehmens, treten zunehmend Fragestellungen auf, die das Bedürfnis einer visuellen Inspektion der Gegebenheiten und ablaufenden Prozesse während des Betriebes aufzeigen. Zu diesem Zweck wurde seitens des Unternehmens eine mobile, luftgekühlte Hochtemperatur-Kamerasonde entwickelt [6]. Mit Hilfe dieses zusätzlichen Diagnosewerkzeugs ist es möglich, innerhalb kurzer Zeit und mit geringem Aufwand während des laufenden Betriebs an verschiedenen Positionen in das Innere des Kraftwerks zu blicken. Die dadurch erzeugten bildlichen Informationen können einen wertvollen Beitrag zum Verständnis der ablaufenden Prozesse leisten und als Hilfestellung bei der Bewertung

und Auswahl geeigneter Handlungsmaßnahmen dienen. Dies bezieht sich sowohl auf die Vorbereitung vorausschauender Instandhaltungsmaßnahmen (frühzeitiges Erkennen von Schäden) als auch die Bewertung von Ein- und Umstellungen verschiedener Prozessparameter (Feuerungseinstellungen, Reinigungen, Additivzugabe, usw.).

Im vorliegenden Beitrag werden der Aufbau und die Funktionsweise der Hochtemperatur-Kamerasonde erläutert und anhand von Anwendungsbeispielen die unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten aufgezeigt.

## 1. Aufbau und Funktion der Hochtemperatur-Kamerasonde

Die Hochtemperatur-Kamerasonde (Bild 1), besteht im Wesentlichen aus drei Teilbereichen. Der hintere Bereich dient dem Anschluss an ein Druckluftsystem und besteht aus einem Druckluftrohr, welches vom Anschluss bis zum Kameramodul verläuft und die gesamte Sonde mit Druckluft kühlt. Den mittleren Bereich bildet der Grundkörper, in welchem das Druckluftrohr mit einer zusätzlichen Wärmedämmung versehen ist. Hierbei werden die Erfahrungen und in der Praxis bereits vielfach erprobte Funktionalität der Anwendungen mit den Temperature-Range-Probes genutzt [5]. Im vorderen Bereich sitzt der Sondenkopf mit integriertem Kameramodul und einer entsprechenden Halterung. Das Kameramodul und das Objektiv der Kamera werden mit einem Schutzglas vor Aschepartikeln oder anderen Rauchgasbestandteilen geschützt. Neben der Kühlung des gesamten Sondenkörpers, hat die Druckluft zusätzlich die Aufgabe, durch ihr Ausströmen rund um das Schutzglas, das Absetzen von Aschepartikeln und das Beschlagen der Glasoberfläche zu minimieren. Es stehen verschiedene Ausführungen der Sondenköpfe und Kameramodule bezüglich Blickwinkel und Blickrichtung zur Verfügung, um die Konfiguration an den Anwendungsfall anpassen zu können und somit jeweils optimal abgestimmte Aufnahmen zu ermöglichen. Für die Stromversorgung und Videodatenübertragung wird das Kameramodul über ein USB-Kabel, welches innerhalb des innenliegenden Druckluftrohres verläuft, mit einem mobilen Endgerät (Notebook, Tablet) verbunden.

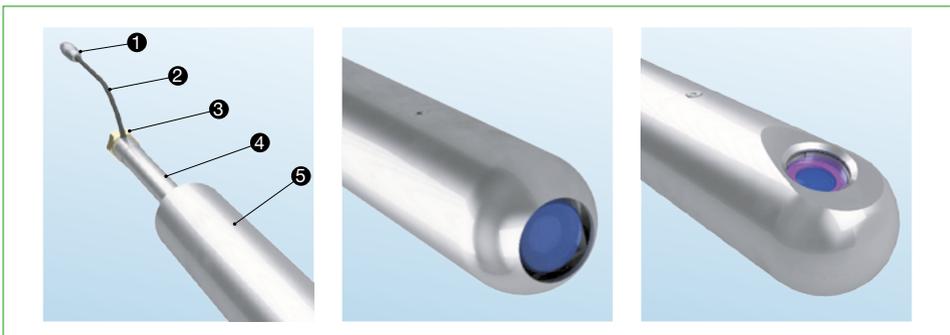


Bild 1: Darstellung der Hochtemperatur-Kamerasonde in verschiedenen Ausführungen: a) hinterer Bereich mit (1, 2) USB-Schnittstelle für Stromversorgung und Videoübertragung, (3) Druckluftanschluss, (4) Innenrohr für Druckluftversorgung, (5) Außenhülle; b) vorderer Bereich mit verschiedenen Blickwinkeln

In Abhängigkeit der an der jeweiligen Position herrschenden Bedingungen (Lichtverhältnisse, Staubbelastung, Maße und Geometrie, usw.), kann das für den jeweiligen Anwendungsfall passende System (ggf. mit zusätzlicher Beleuchtung) vor Ort modular zusammengestellt und eingesetzt werden, wobei ein hohes Maß an Flexibilität viele Beobachtungsmöglichkeiten (räumlich und zeitlich) erlaubt. Der prinzipielle Aufbau und die Funktionsweise der verschiedenen Varianten der Hochtemperatur-Kamerasonde sind hierbei bei allen Ausführungen grundsätzlich identisch.

Die technischen Daten der Standard-Kameraausführungen sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Technische Daten der Standard-Kameraausführung

Abmaße (Länge / Durchmesser)	etwa 1.500 mm / 62 mm (anpassbar)
Gewicht	etwa 5 kg
Spannungsversorgung	5 V DC (via USB)
Druckluftversorgung	5 bis 7 bar (trockene, saubere Versorgungsluft)
Sichtwinkel (diagonal)	70° bis 112°
Auflösung	5 Megapixel (2.560 x 1.440 Pixel)
maximale Einsatztemperatur	1.200 °C

## 2. Anwendungsbereiche und Potenziale

Im Gegensatz zu den sonst üblichen, fest zu installierenden und meist wassergekühlten Kameras, ist die dargestellte, druckluftgekühlte Hochtemperatur-Kamerasonde speziell für temporäre (kurzzeitige) Anwendungen mit kurzen Rüstzeiten entwickelt. Somit können visuelle Aufnahmen von Prozessabläufen von mehreren, verschiedenen Positionen und aus unterschiedlichen Blickwinkeln kurz hintereinander, oder durch mehrere Kamerasysteme auch gleichzeitig, erfolgen. Bisherige Anwendungsbereiche liegen in thermischen Kraftwerken über nahezu den gesamten Rauchgasweg von der Feuerung bis zum kalten Ende sowie in anderen (thermischen) Prozessabläufen.

Die dadurch entstehenden optischen Informationen können einerseits Hinweise zu akuten Frage- und Problemstellungen bei Betriebsabläufen geben, andererseits erlauben sie einen Einblick in Prozesse und können eine zusätzliche Hilfestellung bei der Bildung von Entscheidungsgrundlagen für die Herangehensweise zur Optimierung und Anpassung von Prozessen liefern (Auswirkungen von Prozessanpassungen, Vorher-Nachher Aufnahmen). Hierzu gehören beispielsweise die Einstellung der Feuerung, die Erfassung von Verschmutzungszuständen und Reinigungswirkungen sowie die Validierung von Prozessanpassungen [2, 6].

Im Folgenden werden mehrere unterschiedliche Anwendungsbeispiele aus durchgeführten Untersuchungen in der Praxis vorgestellt. Dabei wurde darauf geachtet eine möglichst große Bandbreite sowohl hinsichtlich der Fragestellungen als auch der Prozess- und Einsatzbedingungen darzustellen. Die dargestellten Abbildungen der Anwendungsbeispiele sind Standbilder aus den Videoaufnahmen.

## 2.1. Brenner- und Wirbelbetteinstellungen einer stationären Wirbelschichtanlage

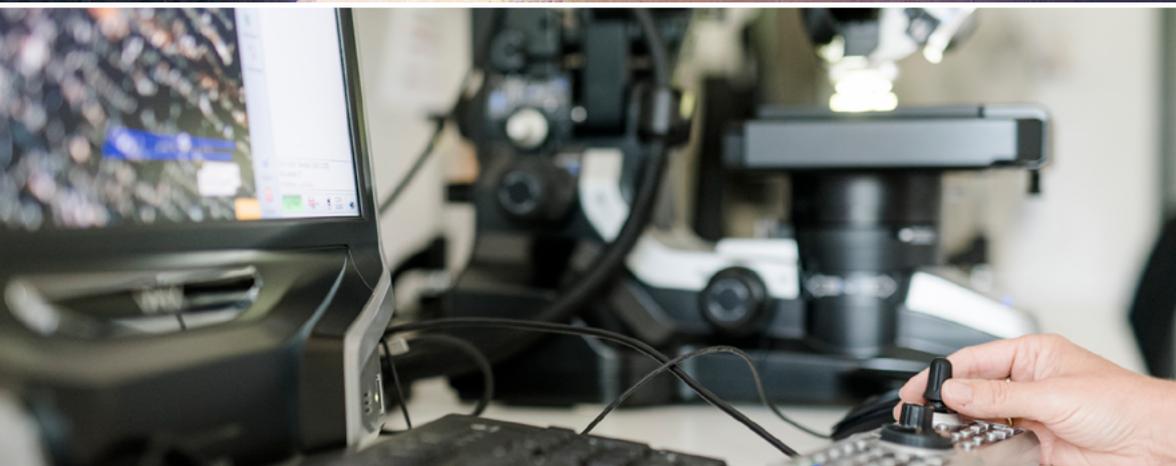
In einer stationären Wirbelschichtanlage, die mit Spuckstoffen befeuert wird, werden zu verschiedenen Zeitpunkten die Bettverwirbelung sowie die Auswirkungen der Brennerereinstellungen visuell beobachtet (Bild 2). (Anmerkung: Allgemein sind Aufnahmen in Wirbelschichtanlagen nur im Brennerbetrieb möglich, da andernfalls die hohe Partikelfracht im Rauchgas die Sicht behindert.)

Die Bettverwirbelung wurde zunächst beim Wiederanfahren nach einem Stillstand beobachtet. Die Brenner waren zu diesem Zeitpunkt in einem Teillastbetrieb, wodurch ein guter Blick auf das Wirbelbett gegeben ist. Dieses zeigt eine gleichmäßig gute Verwirbelung ohne erkennbare Totbereiche. Im Teillastbetrieb der Brenner zeigt das Flambild des Brenners der linken Seitenwand (rechts im Bild) deutlich zur Rückwand. Die Flamme des Brenners der rechten Seitenwand verläuft gerade in den Brennraum. Diese Befunde ergeben sich auch nach der Umstellung in den Volllastbetrieb der Brenner zu diesem Zeitpunkt. Hier zeigt sich außerdem, dass die Flamme der linken Seitenwand deutlich länger ist, als die Flamme des Brenners der rechten Seitenwand. Im Abstand von mehreren Monaten und zwischenzeitlichen Anpassungen wurden zu zwei weiteren Zeitpunkten Aufnahmen der Brenner gemacht. Dabei ist erkennbar, dass das Flambild der Brenner zwar etwas vergleichmäßigt werden konnte, die Flamme des Brenners der rechten Seitenwand jedoch weiterhin verstärkt an der Rückwand anliegt.



Bild 2: Aufnahmen des Wirbelbetts und der Flambilder der Brenner zu verschiedenen Zeitpunkten: a) Teillastbetrieb der Brenner (9 MW), Anfahrbetrieb mit guter Bettverwirbelung ohne Totbereiche; b) bis d) Volllastbetrieb der Brenner (27 MW) zu verschiedenen Zeitpunkten mit verschiedenen Einstellungen

# Thermochemische Prozesse verstehen und verbessern



## 2.2. Feuerlage in einer Müllverbrennungsanlage

In einer Müllverbrennungsanlage wurden während Revisionsbegleitungen unterschiedliche Zustandsbefunde, hinsichtlich des Verschmutzungs- und Abzehrungsverhaltens, der Kesselwände im unteren Bereich des Feuerraums festgestellt. Im Rahmen der Ursachenforschung wurde auch eine visuelle Inspektion der Feuerlage in der Brennkammer, mithilfe der mobilen Kamerasonde, durchgeführt. Die Aufnahme (Bild 3, a) zeigt sowohl eine deutlich asymmetrische Feuerlage sowie auch eine Zweiteilung des Feuers mit den gewählten Betriebsparametereinstellungen der Sekundärluft-Verteilung von 62 % zur Rückwand und 38 % zur Vorderwand. Während der Videoaufnahmen ist zu beobachten, dass sich das überwiegende Feuer meist in der rechten Kesselhälfte, nahe der rechten Seitenwand befindet und die Flamme dort bis in die Nachbrennkammer eindringt. Nahe der linken Seitenwand ist die Flamme deutlich kleiner. Dazwischen zeigt der Blick von oben einen Bereich in dem kaum eine Nachverbrennung stattfindet. Zudem ist zu erkennen, dass die Flammen stärker an der Vorderwand als an der Rückwand anliegen.

Zur Optimierung der Feuerlage und um die Belastung der Kesselwände gleichmäßiger zu gestalten, wurden Umstellungen an der Sekundärluftzufuhr vorgenommen. Die daraus resultierenden Veränderungen der Feuerlage wurden erneut mittels Kamerasonde visuell begleitet (Bild 3, b).

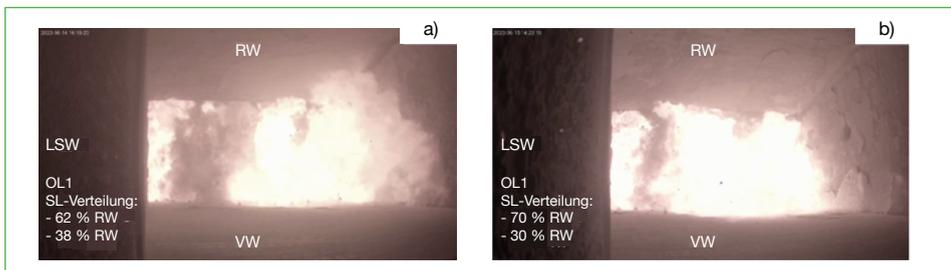


Bild 3: Standbild aus Videoaufnahmen von oben in die Brennkammer einer MVA auf die Feuerlage; a) asymmetrische Feuerlage zur RSW bei gewählter Sekundärluftverteilung (62 % RW, 38 % VW); b) Feuerlage bei geänderter Sekundärluftverteilung (70 % RW, 30 % VW)

## 2.3. Untersuchung der Betriebsstörung eines Entschlackers

In einer Müllverbrennungsanlage mit Rostfeuerung kam es zu Problemen bei der Funktion eines Entschlackers. Zur Ursachenforschung wurde die Hochtemperatur-Kamerasonde in der Brennkammer eingesetzt. Hierfür konnte eine Öffnung am Einstieg in der Rückwand genutzt und von dort nach unten in den Eintritt des Entschlackers geblickt werden. Bild 4 zeigt die visuellen Befunde der Aufnahmen in verschiedene Bereiche des Entschlackerschachtes. Die Ursache der eingeschränkten Funktion des Entschlackers ist eine Metallstange, die sich am Eintritt in den Schacht verklemmt hat und diesen teilweise blockierte. Daraufhin konnten sich weitere unverbrannte Reststoffe ansammeln wodurch sich die Blockade ausweitet hat. Aufgrund der Detektion und insbesondere auch der genauen Beschaffenheit und Lokalisation der Ursache, war es im Anschluss möglich, die Blockade während des laufenden Betriebs über die

Öffnung am Einstieg zu entfernen und die Funktionalität des Entschlackers wieder herzustellen. Ein vollständiges Abfahren des Kessels war aufgrund der Befunde des Kameraeinsatzes somit nicht notwendig.

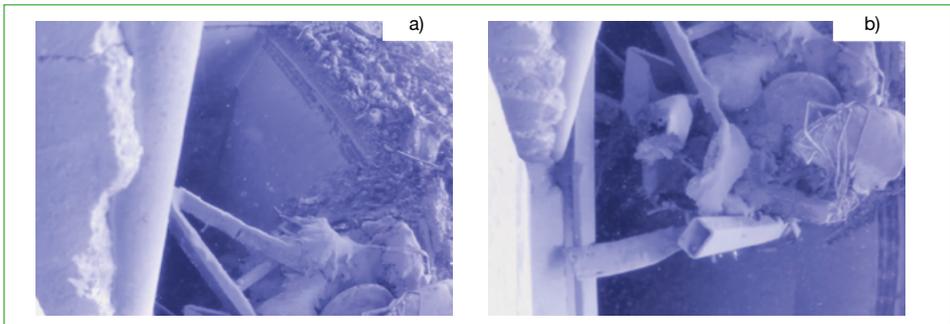


Bild 4: Standbilder aus Videoaufnahmen des Eintrittsschachts eines funktionsuntüchtigen Entschlackers in der Brennkammer einer MVA; a) Blick in den rechten Teil des Entschlackers mit Blockade durch eine Metallstange; b) Blick in den mittleren Bereich des Entschlackers mit eingeklemmter Metallstange und weiteren angesammelten Reststoffen

## 2.4. Detektion und Lokalisation eines Feuerfestschadens

Bei den Revisionsbegehungen einer Ofenlinie einer Müllverbrennungsanlage wurde ein Plattenschaden festgestellt. Auffällig war, dass die geschädigten Platten alle aus einer gewissen Zustellungsgeneration waren, während an den restlichen Platten anderer Generationen nur geringe Schädigungen erkennbar waren. Aufgrund der Tatsache, dass in der baugleichen, benachbarten, aktuell im Betrieb befindlichen Ofenlinie ebenfalls Felder aus dieser Zustellungsgeneration verbaut sind, gab es den Verdacht, dass hier ebenfalls Schädigungen vorliegen könnten. Daraufhin wurde durch eine Öffnung in der rechten Seitenwand im oberen Bereich des ersten Zuges eine visuelle Inspektion der Feuerfestzustellung mittels der Kamerasonde vollzogen. Hierbei konnte der Verdacht einer Schädigung der Feuerfestzustellung bestätigt werden. Bild 5 zeigt Standbilder aus den Videoaufnahmen, in denen deutlich ein rechteckiges Feld mit fehlenden

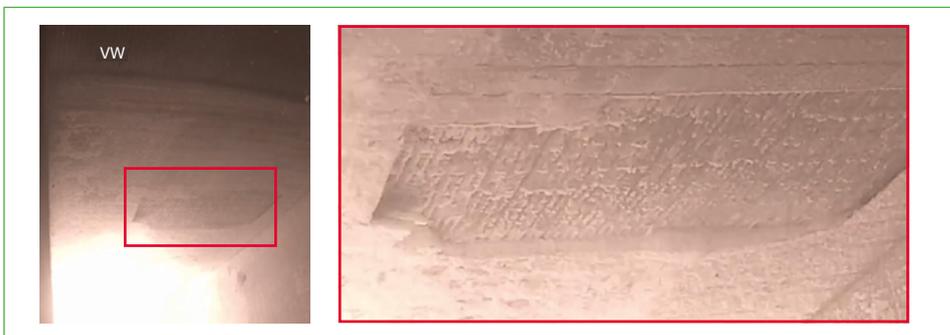


Bild 5: Standbilder aus Videoaufnahmen der Vorderwand einer MVA im 1. Zug; Überblicks- und Detailaufnahme eines Plattenschadens an der Vorderwand nahe der linken Seitenwand

Platten an der Vorderwand nahe der linken Seitenwand zu erkennen ist. Anhand unserer Zustellungsdokumentation konnte bestätigt werden, dass auch dieser Bereich hauptsächlich aus dieser Zustellungsgeneration stammt. Die umliegende Feuerfestzustellung ist intakt und zeigt keine Auffälligkeiten. Durch die Detektion und Lokalisation des Plattenschadens konnten anschließend zielgerichtete Reparaturmaßnahmen eingeleitet werden.

## 2.5. Begleitung und Bewertung einer Onlinesprengreinigung

In einer Rostfeuerungsanlage zur EBS-Verbrennung sollen im laufenden Betrieb Sprengreinigungsarbeiten im Bereich des ersten Zuges durchgeführt werden. Die Sprengreinigung erfolgt über einen Kesselstutzen in der Seitenwand etwa 6 m unterhalb der Kesseldecke (Bild 6). Um die Reinigungseffekte visuell bewerten zu können, wurden zu verschiedenen Zeitpunkten Aufnahmen der Rohrwände mittels der Kamerasonde vorgenommen. An der Kesselaußenseite dieser Anlage sind zudem CheMin-Sensoren zur Ermittlung des Wärmeübergangs im Bereich der Rohrwand oberhalb der Feuerfestzustellung im 1. Zug installiert [3]. Dadurch ist eine Verknüpfung der visuellen Befunde der Kamerasonde mit den Messdaten der Sensoren und somit sowohl eine qualitative als auch quantitative Bewertung der Reinigungseffekte möglich.

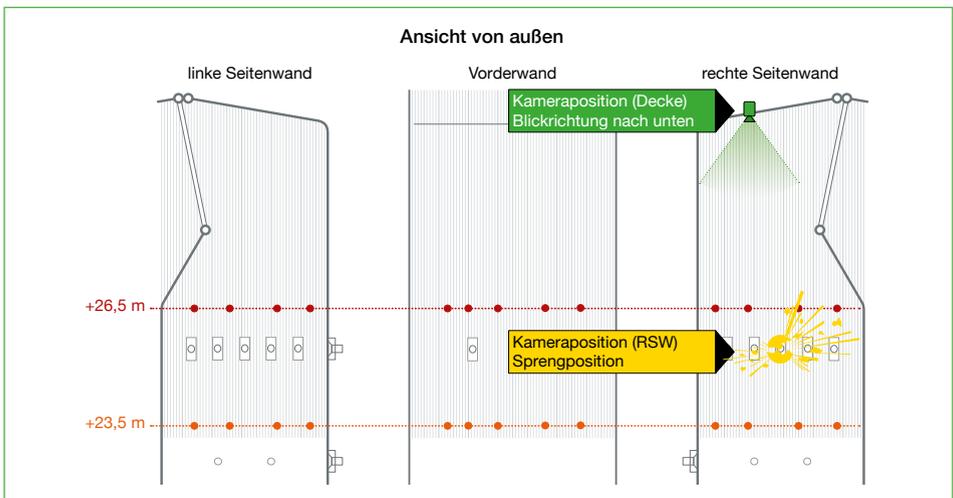


Bild 6: Kesselskizze des oberen Bereichs des ersten Zugs einer MVA mit Übersicht der Kamerapositionen und angebrachten Sensoren

Bild 7 zeigt die Gegenüberstellung der Messdaten mit den optischen Befunden. Vor der Sprengreinigung zeigen die Messwerte der installierten Temperatursensoren eine relativ geringe Wärmeübertragung und die Kameraaufnahmen entsprechend deutliche Belagsbildung auf der Rohrwand. Nach Durchführung einer ersten Sprengung zur Abreinigung der Beläge, wobei die Kamerasonde weiterhin installiert war, zeigte sich bereits sowohl anhand der Datenlage als auch anhand des Bildmaterials ein guter Abreinigungseffekt mit einem entsprechenden Anstieg des Wärmeübergangs. Die optischen

Befunde zeigen jedoch auch, dass in Teilbereichen noch Restbeläge auf der Rohrwand anhaften. Auf Grundlage dieses Befundes wurde entschieden weitere Sprengungen durchzuführen. Insgesamt wurden drei Sprengungen durchgeführt, nach deren Abschluss sich sowohl messtechnisch als auch visuell ein sehr guter Abreinigungszustand der Rohrwände oberhalb der Feuerfestzustellung darstellt. Die Erkenntnisse aus dem Zusammenspiel dieser Befunde werden zukünftig als Grundlage für den Einsatz einer gezielten Anwendung der Sprengreinigung und der Interpretation der Sensorikdaten verwendet. Eine dauerhafte Installation der Kamera ist hierfür nicht notwendig.

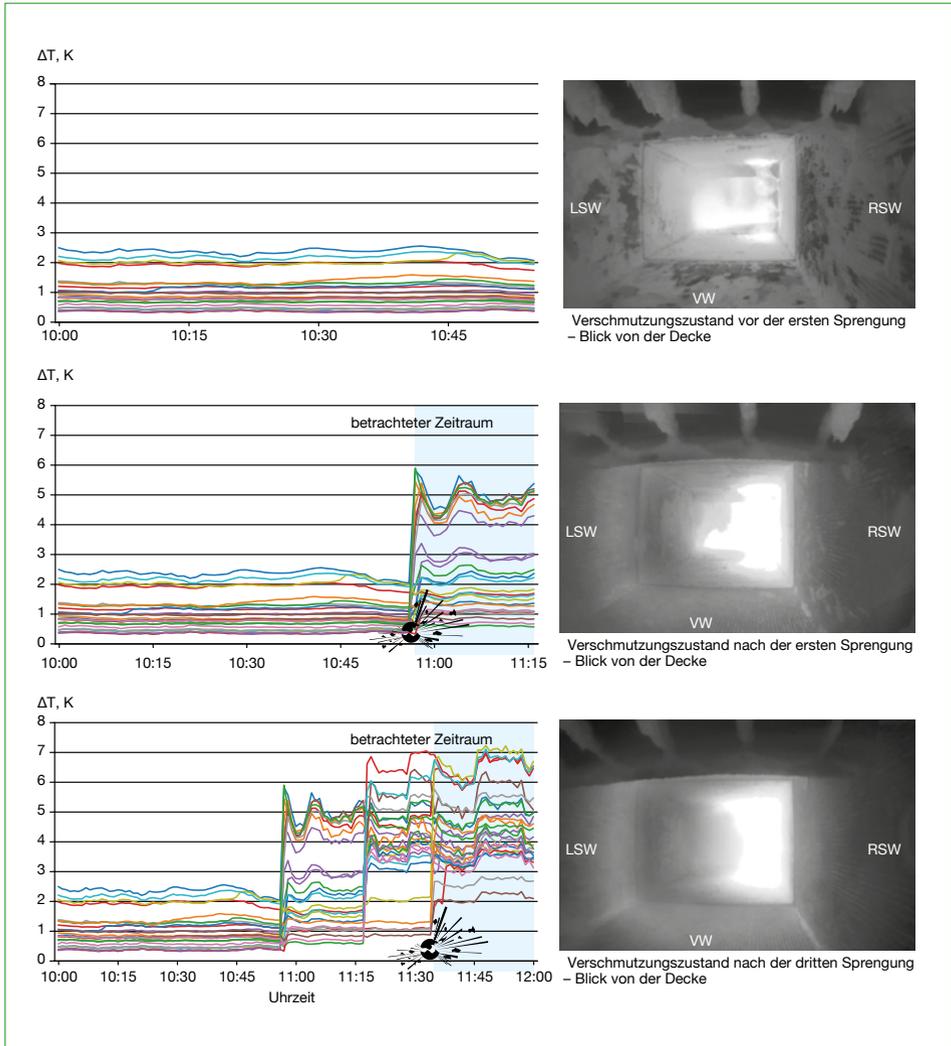


Bild 7: Gegenüberstellung der Messdaten und der visuellen Befunde im 1. Zug einer MVA; a) deutliche Verschmutzung und geringer Wärmeübergang vor Beginn der Reinigung; b) verbesserter Wärmeübergang nach erster Sprengreinigung; c) weitere großflächige Verbesserung des Wärmeübergangs nach drei Sprengreinigungen

## 2.6. Begleitung und Bewertung eines Shower Cleaning Systems (SCS)

Zur Bewertung eines Shower Cleaning Systems (SCS) in den Leerzügen einer Müllverbrennungsanlage wurde der Abreinigungsverfahren von einer Öffnung in der Decke aus optisch begleitet. Neben der Abreinigungsleistung der Membranwände soll hierbei auch der Einfluss der Nassabreinigung auf den Schutzverdampfer im Übergang zum konvektiven Teil beobachtet und bewertet werden. Bild 8 zeigt die Reinigungsdüse mit ihrem Sprühbild und die Reinigungseffekte. Über den Nahinfrarotanteil der Kamera lassen sich die Auswirkungen der Reinigung an der Membranwand sehr gut visualisieren, da durch das Auftreffen des Wassers die abgekühlten Bereiche dunkler wirken. Die Wände werden grundsätzlich über die ganze Breite von der Reinigung erfasst, jedoch zeigt sich im 3. Zug direkt unterhalb der Decke auch eine Zone die nicht von der Reinigung getroffen wird. Durch Einkürzen des Stutzens und früherem Start der Wassereindüsung kann diese Zone verkleinert werden. Um Bedenken des Betreibers zu überprüfen, ob das Einbringen von Wasser bei der Reinigung des Leerzuges vor dem konvektiven Teil zu Verklebungen oder Anhaftungen am Schutzverdampfer führt, wurden auch von diesem Bauteil zu verschiedenen Zeitpunkten Aufnahmen gemacht. Hinweise auf negative Auswirkungen auf den Schutzverdampfer konnten dabei nicht festgestellt werden. Das Belagsbild ist über die gesamte Bauteilbreite relativ gering und gleichmäßig ausgeprägt.



Bild 8: Standbilder aus Videoaufnahmen der Begleitung eines Shower Cleaning Systems; a) Blick in die Rohrgassen des Schutzverdampfers; b) Reinigungsvorgang und Reinigungseffekt

## 2.7. Anfahrbegleitung zur Beobachtung neu angebrachter Feuerfestzustellung

In einer Müllverbrennungsanlage kam es beim Wiederauffahren zu Schädigungen an einer neu angebrachten Feuerfestzustellung. Nach Reparaturmaßnahmen wird das erneute Anfahren visuell begleitet um etwaige Auswirkungen auf die neu angebrachte Feuerfestzustellung beobachten und dokumentieren zu können. Bild 9 zeigt Aufnahmen der Brennkammer zu verschiedenen Zeitpunkten und das Verhalten und Einwirken der Brenner auf die Feuerfestzustellung. Die Aufnahmen erfolgten dabei von der Decke im 1. Zug. Die Inbetriebnahme der beiden Seitenwandbrenner erfolgte mit einem zeitlichen

Versatz von etwa 2,5 h, zuerst der Brenner der RSW und dann der der LSW. Im beobachteten Anfahrprozess kam es zu keiner Schädigung der Feuerfestzustellung. Auffällig sind jedoch die unterschiedlichen Flambilder der Brenner. Die Flamme des Brenners der rechten Seitenwand ist deutlich länger und ohne wesentliche Rußbildung, während die Flamme des Brenners der linken Seitenwand kürzer und mit deutlich unsaubererer Verbrennung und entsprechender Rußbildung einhergeht.



Bild 9: Standbilder aus Videoaufnahmen der Anfahrbegleitung und Beobachtung des Verhaltens neuer Feuerfestzustellung; a) neu angebrachte Feuerfestzustellung und Brennerstart; b) Brennerbetrieb

## 2.8. Bewertung der Verbrennung in einem Drehrohrföfen

In einer Sondermüllverbrennungsanlage mit Drehrohrkessel wurden von der Decke der Nachbrennkammer aus im regulären Betrieb die Flammen der Kombibrenner (zur Eindüsung flüssiger Abfallstoffe) beobachtet. Die Aufnahmen (Bild 10) zeigen ein deutlich unterschiedliches Flambild der gegenüberliegenden Brenner. Die Flammen eines Brenners sind hell weiß (sehr heiß) und reichen bis auf das gegenüberliegende Feuerfest. Der andere Brenner zeigt eine kurze, gelbliche Flamme (kälter) und ein stark pulsierendes Flambild, wobei die Flamme lediglich bis zur Mitte der runden Nachbrennkammer reicht. Es ergibt sich daraus eine sehr unterschiedliche Belastung des Ofens.

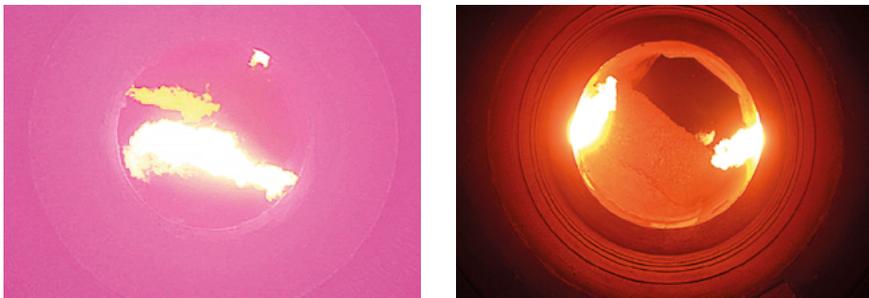


Bild 10: Standbilder aus Videoaufnahmen eines Drehrohrföfens; a) unterschiedliches Flambild der Kombibrenner; b) Feuerfestauskleidung im Stützbrennerbetrieb gut bewertbar und intakt

In der baugleichen Linie wurde der Betrieb mit den Stützbrennern, ebenfalls von der Deckenposition der Nachbrennkammer aus, beobachtet um eine Bewertung der Feuerfestzustellung im unteren Bereich der Nachbrennkammer vornehmen zu können. In dieser Konfiguration ist die Auskleidung gut sichtbar, schadhafte Stellen sind nicht zu erkennen.

### 3. Zusammenfassung und Ausblick

Bei verschiedenen Fragestellungen zu Prozessabläufen in thermischen Kraftwerken hat es sich als sehr hilfreich erwiesen, diese visuell beobachten und dokumentieren zu können. Die dadurch erhaltenen Informationen liefern einen wertvollen Einblick in die Prozesse und können sowohl als Hilfestellungen bei akuten Fragestellungen als auch für Bewertungen von Betriebseinstellungen im Rahmen der weiter voranschreitenden Prozessoptimierungen dienen. Des Weiteren können damit erhobene Befunde auch für vorausschauende Instandhaltungsplanungen herangezogen werden.

Hierzu wurde die Hochtemperatur-Kamerasonde mittlerweile häufig als Diagnosewerkzeug bei verschiedenen Untersuchungen eingesetzt und dabei stetig optimiert. Hieraus haben sich verschiedene Ausführungen entwickelt, wobei insbesondere eine unkomplizierte, möglichst vielseitige und flexible Anwendung mit kurzen Rüstzeiten im Vordergrund stand. Daraus haben sich neben der Anwendung als Diagnosewerkzeug im Rahmen von Beratungs- und Dienstleistungen, zunehmend auch Kooperationen für selbständige, kundenseitige Kameraanwendungen entwickelt. Über viele Jahre wurde die heiße Kamera erfolgreich in der Beratung von Kunden eingesetzt, inzwischen ist die Entwicklung soweit fortgeschritten, dass eine CE-Kennzeichnung vorliegt und die Kamera dadurch auch von Kunden selbst eingesetzt werden kann. Die Vorteile der niederschweligen, kurzfristigen Einsatzmöglichkeiten kommen hierdurch nochmals stärker zum Tragen.

### 4. Quellen

- [1] Beckmann, M.; Rostkowski, S.: Optimierung von Biomasse- und Abfallverbrennungsanlagen durch Monitoring. In: Thomé-Kozmiensky, K.J.; Beckmann, M. (Hrsg.): Energie aus Abfall – Band 7. Neuruppin: TKVerlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2010, S. 3–18. ISBN 978-3-935317-46-7
- [2] Brell, J.; Hohmuth, S.; Molitor, D.; Magel, G.: Transparenz für den heißen Teil des Kessels. In: Pohl, M. (Hrsg.): Dampferzeugerkorrosion 2019, Wechselwirkungen – Diagnosemethoden – Minderungsstrategien – Erfahrungen, Freiberg: SAXONIA Standortentwicklungs- und Verwaltungsgesellschaft mbH, 2019, S. 93-106
- [3] Brell, J.; Kaiser, M.; Schneider, D.; Hohmuth, S.; Taubner, S.: Temperatursensorik an realen und temporär eingebauten Bauteilen in Dampferzeugern mit schwierigen Brennstoffen. In: VGB PowerTech, Ausgabe 6/2017, S. 33–36.
- [4] Kaiser, M.; Spiegel, W.: Effizienzsteigerung durch Einbindung thermochemischer Prozessparameter – Teil II. 50. Kraftwerktechnisches Kolloquium, 23.–24. Oktober 2018, Dresden, In: Beckmann, M.; Hurtado, A. (Hrsg.): Kraftwerktechnik 2018, Power Plant Technology, Freiberg: Saxonia Standortentwicklungs- und Verwaltungsgesellschaft mbH, S. 569–576.

- [5] Kaiser, M.; Schneider, D.; Brell, J.; Molitor, D.; Kuttner, T.: Effizienzsteigerung – Anwendung der Temperature-Range-Probe zur Optimierung der Werkstoffwahl in MVA. VGB PowerTech, Ausgabe 10/2015, S. 53–58
- [6] Lichtinger, A.; Brell, J.; Hohmuth, S.: Luftgekühlte mobile Hochtemperatur-Kamerasonde zur Prozessdiagnose. Berliner Abfallwirtschafts- und Energiekonferenz am 10.–11. Juni 2021 [online], Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH

## **Ansprechpartner**



**Dipl.-Ing. (FH) Dominik Schneider**  
CheMin GmbH  
Senior Expert  
Leitung Technikum  
Am Mittleren Moos 46 A  
86167 Augsburg, Deutschland  
+49 821 74839 48  
d.schneider@chemin.de

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar

Stephanie Thiel, Elisabeth Thomé-Kozmiensky, Peter Quicker,  
Alexander Gosten, Ella Stengler (Hrsg.):

### **Abfallwirtschaft und Energie, Band 2**

ISBN 978-3-911006-86-6 Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH

Copyright: Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc., Dr.-Ing. Stephanie Thiel  
Alle Rechte vorbehalten

Verlag: Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH • Neuruppin 2025  
Redaktion: Dr.-Ing. Stephanie Thiel, Dr.-Ing. Olaf Holm  
Erfassung und Layout: Julia Joschko, Carolin Pawet, Janin Burbott-Seidel, Roland Richter,  
Cordula Müller, Lena Stucke

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.