

Optimale Regelung der Feuerung verringert die Schadstoffbildung und spart Brennstoff

Thomas Merklein

Bei fossilbefeuerten Kraftwerken hat die Qualität der Verbrennungsprozesse grundlegende Auswirkungen auf die Schadstoffbildung und die Wirtschaftlichkeit des Anlagenbetriebs. Mit dem neuen Verbrennungsdiagnosesystem von Siemens werden wichtige Kenngrößen der Verbrennung schnell, quantitativ und mit hoher örtlicher Auflösung gemessen. Die Verbrennung wird anhand dieser Daten zuverlässig bewertet, so daß notwendige Eingriffe vorgenommen werden können.

Die Regelung der Feuerung in fossilbefeuerten Kraftwerken erfolgt bisher über die erzeugte Frischdampfmenge bzw. bei Gasturbinen über die benötigte elektrische Leistung. Weder das Brennverhalten noch die Schadstoffbildung einzelner Brenner werden erfaßt und für die Regelung ausgewertet. Störungen oder Fehlleistungen einzelner Brenner werden somit nicht lokalisiert und können, wenn überhaupt, nur mit großer zeitlicher Verzögerung abgestellt werden.

Neuere Konzepte für die Regelung von Verbrennungsvorgängen

Mittels Ultraschall und Spektroskopie ist eine qualitative Bestimmung der Flammintensität in verschiedenen Ebenen des Brennraums möglich. Aus der Flammintensität kann auf charakteristische Größen der Verbrennung geschlossen werden, die dann für die Regelung genutzt werden.

Für Regelungsaufgaben werden heute häufig neuronale Netze und Fuzzy-Logik eingesetzt, um den Implementierungsaufwand gering zu halten. Solche Systeme müssen jedoch bei der Regelung von Verbrennungsprozessen individuell für jeden Brenner und jeden Brennstoff trainiert werden, da nur so die gemessenen Intensitätsverteilungen mit vorher definierten Betriebszuständen kor-

reliert werden können. Die Stabilität solcher Regelungen ist zudem nur bedingt nachweisbar, und die Funktion ist nicht bei allen Betriebsfällen gewährleistet. Beim Wechsel auf Brennstoffe mit anderen Eigenschaften beispielsweise können nicht trainierte Betriebszustände auftreten, die nicht vorhersehbare Regelzustände zur Folge haben.

Bei dem jetzt von Siemens entwickelten Verbrennungsdiagnosesystem (Bild 1) wird deshalb auf Standardkonzepte der Meß- und Regeltechnik zurückgegriffen. Möglich wird dies durch die Bestimmung der interessierenden Daten als allgemeingültige physikalische Kenngrößen, die als Zusatzinformationen in den konventionellen Regelsystemen bzw. vom Bedienpersonal zur Optimierung des Verbrennungsprozesses genutzt werden (Bild 2). Bei Änderungen der lokalen Gegebenheiten und des eingesetzten Brennstoffs können daher die Regelstrukturen erhalten bleiben. Ein Ausfall des Diagnosesystems hat auf die bestehenden Regelungen keinen Einfluß.

Aufbau und Funktionsweise des neuen Verbrennungsdiagnosesystems

Das Verbrennungsdiagnosesystem besteht aus der Verbrennungsanalysekamera, einer softwarebasierten Datenverarbei-

Bild 1
Aus den gemessenen Flammenintensitäten werden im Kamerasystem vier Frequenzabschnitte herausgefiltert und diese dann mit PC-Technik analysiert und visualisiert.

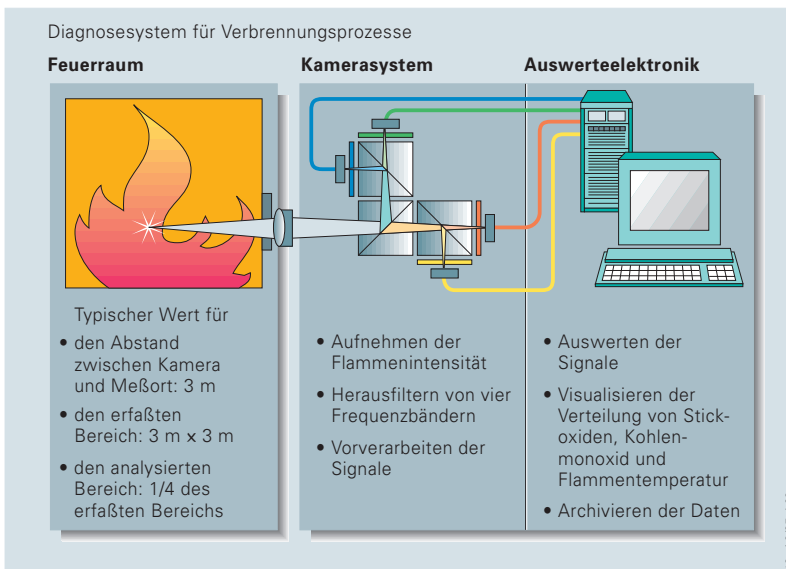


Bild 2
Die Analyseergebnisse werden der Kraftwerksleittechnik zugeführt und dort für die Optimierung des Verbrennungsvorgangs genutzt bzw. dem Betriebspersonal zur Verfügung gestellt.

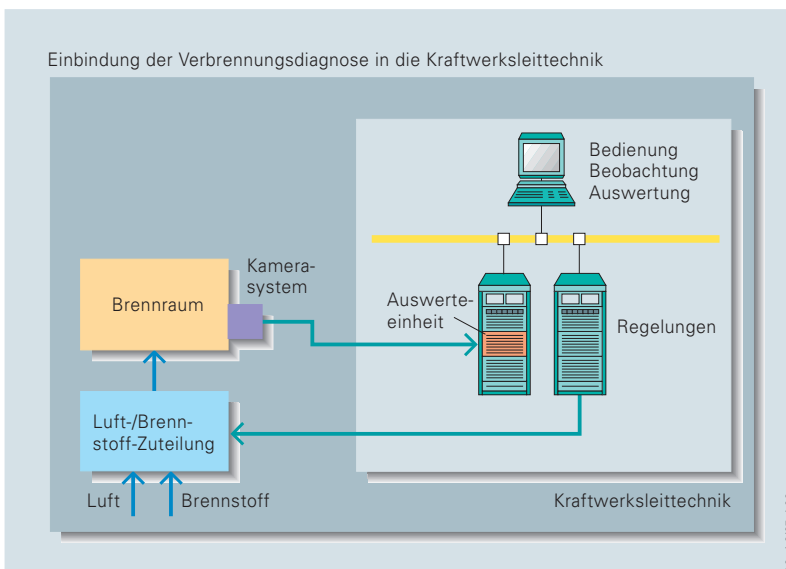
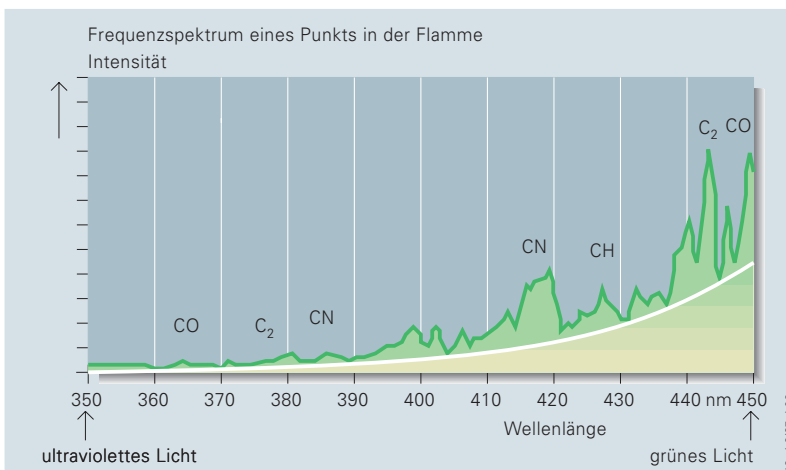


Bild 3
Ausschnitt aus dem Emissionsspektrum einer Flamme. Die Temperaturstrahlung zeigt sich als ein langsam mit zunehmender Wellenlänge ansteigender Untergrund. Diesem sind Spektrallinien überlagert, die charakteristisch für bestimmte chemische Verbindungen sind.



tungs- und Auswertungseinheit sowie einer Visualisierungs- und Archivierungssoftware. Das System erfaßt bei einem typischen Abstand von 3 m zwischen Kamera und Meßort einen Bereich von etwa 3 m x 3 m, von dem wiederum rund ein Viertel der Analyse unterzogen wird.

Meßprinzip

Die bei der Verbrennung vorhandenen Staub- und Rußpartikel emittieren aufgrund ihrer hohen Temperatur eine Wärmestrahlung, die sogenannte Planck-Strahlung. Sie wirkt sich in dem für die Messungen verwendeten sichtbaren Spektralbereich als ein langsam mit zunehmender Wellenlänge ansteigender Untergrund aus. Diesem Untergrund sind einzelne Linien überlagert (Bild 3). Sie stammen von chemischen Verbindungen – Molekülen und Radikalen –, die aufgrund von chemischen Reaktionen zum Aussenden einer Strahlung angeregt wurden. Die Wellenlängen, bei denen derartige Spektrallinien auftreten, sind charakteristisch für bestimmte Substanzen.

Durch eine Messung der Intensität in Bereichen, in denen keine Spektrallinien vorhanden sind, ist die Temperatur der Flammen bestimmbar. Die Spektrallinien werden zur Ermittlung der Konzentration von charakteristischen Verbrennungsprodukten bzw. Zwischenprodukten der Verbrennung herangezogen.

Verbrennungsanalysekamera

Die Flammen im Brennräum werden, um die Temperatur der Flammen und die Konzentrationen bestimmter chemischer Verbindungen verfolgen zu können, mittels Spektralanalyse untersucht. Die Kamera enthält hierzu eine optische Vorverarbeitungseinheit sowie die für die Signalaufberei-

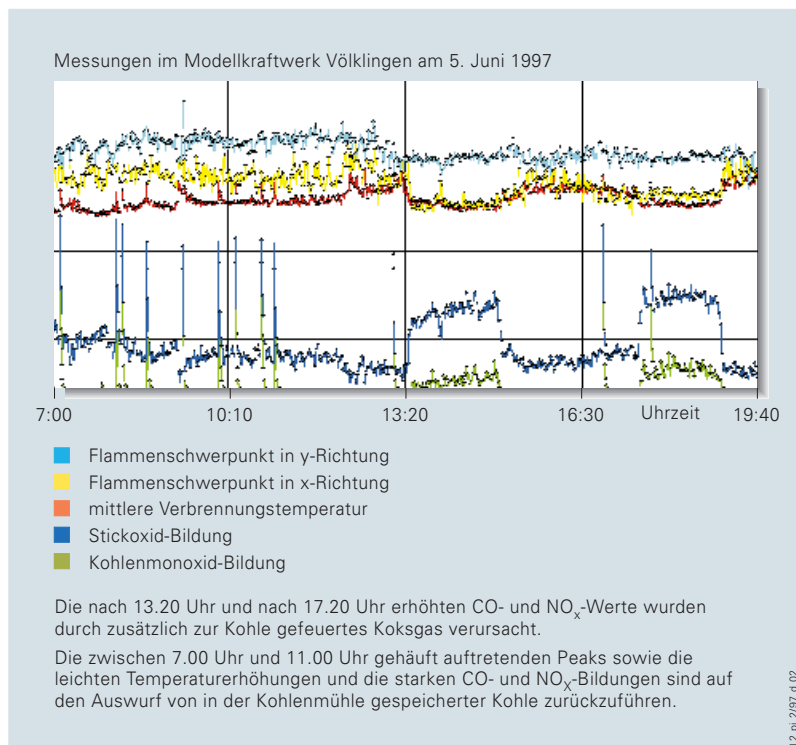
tung erforderliche Elektronik (s. Bild 1).

In der optischen Vorverarbeitungseinheit werden aus dem

schaffen werden; Ausbiegungen der Berohrung sind in den meisten Fällen nicht nötig. Für das Kameragehäuse, das starr mit dem Kessel verbunden ist, muß

Integration in bestehende Prozeßleitsysteme ist leicht möglich, ebenso die schrittweise Ausrüstung vom Kleinstsystem zur Überwachung eines Brenners hin zum Großsystem zur Überwachung eines ganzen Kessels.

Bild 4
Wichtige Kenngrößen der Verbrennung werden mit dem neuen Verbrennungsdiagnosesystem schnell und mit hoher örtlicher Auflösung bestimmt.



Emissionsspektrum vier Ausschnitte herausgefiltert und der Verarbeitungs- und Auswertungssoftware zur Verfügung gestellt. Die geometrischen Daten der Flamme, das Zünden, die Temperaturentwicklung, die Kohlenmonoxid- und Stickoxidbildung der Brenner werden berechnet und mittels Visualisierungs- und Archivierungssoftware angezeigt (Bild 4) und dokumentiert sowie zusätzlich für Regeleinriffe zur Verfügung gestellt.

Für die Kameras müssen an geeigneten Beobachtungspositionen am Kessel Öffnungen mit einem Durchmesser von 10 mm ge-

eine entsprechende Aussparung in der Isolation der Kesselwand vorgesehen werden.

Hohe Modularität ermöglicht drei verschiedene Konfigurationen

Aufgrund seiner Modularität kann das Verbrennungsdiagnosesystem als mobiles bzw. Vor-Ort-Meßsystem, als kompaktes System mit Kommunikation der Software-Komponenten über einen Bus und als verteiltes System unter Nutzung der Busstruktur von TELEPERM XP mit Terminalbus und Anlagenbus betrieben werden (Bild 5). Die nachträgliche

Verminderte Schadstoffbildung und Brennstoffeinsparungen

Das neue Verbrennungsdiagnosesystem ermöglicht es, einen besseren Einblick in die bei der Verbrennung ablaufenden Vorgänge zu bekommen, da Kenngrößen wie z. B. geometrische Daten der Flamme und die Größe der Turbulenzzellen ermittelt werden. Durch die Visualisierung des Verbrennungsverlaufs werden Störungen, wie z. B. Strahlenbildungen im Kohlestrom oder glühende Leitbleche am Brennermund, eindeutig erkannt, so daß die entsprechenden verfahrenstechnischen bzw. regelungstechnischen Konsequenzen gezogen werden können. Auf diese Weise werden Stillstandszeiten verkürzt oder vermieden. Neben schonender Kesselfahrweise werden die Flammen optimiert, die Schadstoffbildung reduziert und der Brennstoffverbrauch um bis zu 1% verringert.

Erhöhung des Anlagenwirkungsgrads um bis zu 1%

Mit dem Verbrennungsdiagnosesystem wird die Brennstoff- und Luftzuteilung für jeden Brenner nach den Vorgaben der Gesamtverbrennung kontinuierlich optimal eingestellt. Damit kann beispielsweise auf Änderungen beim Heizwert der Kohle etwa zehnmal schneller reagiert werden als bei den bisher eingesetzten Regelungskonzepten.

Bei Neuanlagen erhöht sich beim Einsatz des neuen Systems der Kraftwerkswirkungsgrad um bis zu 1%. Dazu trägt im wesentlichen der um etwa 1% verbesserte Kesselwirkungsgrad bei, der eine Erhöhung des Anlagenwirkungsgrads um etwa 0,45% bewirkt. Bei einem Kohlekraftwerk mit einer thermischen Leistung von 1800 MW bringt eine Verringerung des Luftüberschusses um 0,1, die durch eine gleichmäßigere Einstellung der Brenner erreicht werden kann, einen um 6,75 t/h geringeren Kohlebedarf und somit um 1,3 Mio. DM niedrigere Brennstoffkosten im Jahr. Der gleichmäßigere Betrieb wirkt sich auch günstig auf den Verschleiß der verbrennungstechnischen Baugruppen aus. Dadurch können z. B. die Wartungsintervalle verlängert werden.

Aufgrund des einfachen Einbaus und Ausbaus eignet sich das Verbrennungsdiagnosesystem sowohl für Neuanlagen als auch für Nachrüstungen an älteren Kesselanlagen. Für Braunkohle- und Steinkohlekraftwerke beträgt die Amortisationszeit ein bis zwei Jahre.

Erste Einsätze des Systems

Seit März 1997 wird das Verbrennungsdiagnosesystem erfolgreich in verschiedenen Anlagen erprobt:

- Kraftwerk Franken II (Steinkohle-Schmelzfeuerung)
- Stadtwerke Erlangen (Steinkohle-Trockenaschefeuerung und Ölfeuerung)
- Kraftwerk Schwarze Pumpe (Braunkohlefeuerung)
- Modellkraftwerk Völklingen (Kombibrenner für Kohle, Öl und Koksgas)

Bei Gasturbinen im Vormischbetrieb mit Gas werden nur wenige Rußpartikel gebildet, so daß hier die Temperaturmessung wegen der geringen Intensität des Unter-

grunds nicht möglich ist. Die anderen Meßgrößen werden davon jedoch nicht beeinflusst und können wie beschrieben bestimmt werden. ■

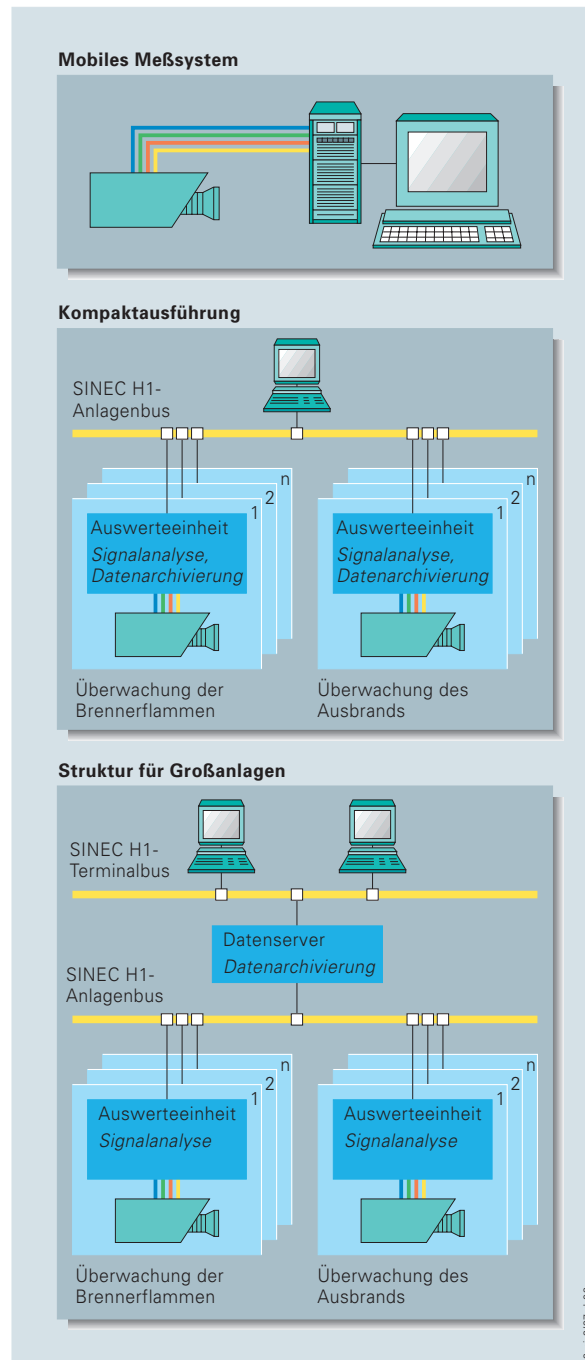


Bild 5
Aufgrund der hohen Modularität ist das Verbrennungsdiagnosesystem sehr breit einsetzbar: als Kleinstsystem für einzelne Brenner bis hin zum Großsystem für ganze Kessel, für die Neuinstallation ebenso wie für die nachträgliche Ausrüstung.



Dipl.-Phys.
Dr. rer. nat.
Thomas Merklein

ist für das F&E-Thema Optische Verbrennungsanalyse für die Kesselregelung fossilbefuerter Kraftwerke zuständig. Zuvor wirkte er an der Erarbeitung von Leittechnikkonzepten für ein modernes Prozeßleitsystem mit. Schwerpunkt seines Studiums war Optik.

12_pj_2/97_a 02