



**Experimentelle Untersuchung der Integration von
Sensoren in die Steuerung industrieller
Feuerungsprozesse zum Zweck der Erkennung
wechselnder Erdgasbeschaffenheiten**

Christian Storm

**Kurzfassung des
Abschlussberichts zum AiF-Forschungsvorhaben Nr. 13108 N**


November 2004

Gaswärme-Institut e.V. Essen

Hafenstr. 101 • D-45356 Essen
Phone: +49 (0)201-3618-0 • Fax: +49 (0)201-3618-238
Internet: www.gwi-essen.de • Email: info@gwi-essen.de

Experimentelle Untersuchung der Integration von Sensoren in die Steuerung industrieller Feuerungsprozesse zum Zweck der Erkennung wechselnder Erdgasbeschaffenheiten

Storm, Christian

Kurzfassung des Abschlussberichts zum AiF-Forschungsvorhaben-Nr.: 13108 N.  Das diesem Bericht zugrunde liegende Forschungsvorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit BMWA durch die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen ‚Otto von Guericke‘ e.V. (AiF), Köln, gefördert.

1 Problemstellung und Zielvorgabe

Im Gegensatz zum Strom, der in der Umwandlung auf bestimmte einheitliche Produkteigenschaften, wie Spannung und Frequenz, konditioniert wird, ist Erdgas ein Naturprodukt. Dort, wo es vorkommt, wird es mit der für die geologische Struktur jeweils charakteristischen chemischen Zusammensetzung gefördert. Methan ist Hauptbestandteil der Erdgase. Daneben sind höhere Kohlenwasserstoffe, Stickstoff, Kohlendioxid sowie Gasbegleitstoffe enthalten. Aufgrund der Liberalisierung des Erdgasmarktes und einer Diversifizierung der Erdgasbezugsquellen können beim Endverbraucher Gasbeschaffenheitswechsel auftreten. Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung beeinflussen jedoch die Eigenschaften und Merkmale von Erdgas, insbesondere das Verbrennungsverhalten. Dadurch kann es zu Störungen im Ablauf industrieller Feuerungsprozesse durch Änderungen der Verbrennungstemperatur, der Luftzahl oder des Wärmeeintrages kommen. Die Gasbeschaffenheit wird deswegen im Wesentlichen aus dem Blickwinkel der Effizienz und des Verbrennungsverhaltens beurteilt. Die Wechsellmöglichkeit zwischen Gasen bestimmt sich dann durch die verschiedenen Eigenschaften, die sich im Hinblick auf Energieeinsatz, Luftbedarf, Flammenstabilität und Emissionsverhalten einstellen. Bei sensiblen erdgasbetriebenen Thermoprozessanlagen muss eine Nachregulierung der Verbrennungseinstellungen beim Wechsel der Erdgasbeschaffenheit erfolgen. Zur Charakterisierung dieser Eigenschaften von Erdgas werden insbesondere die Größen Brennwert und Wobbe-Index herangezogen. Der Wobbe-Index ist ein Maß für die thermische Belastung der Brenner bei Gasanwendungen. Gase mit gleichem Wobbe-Index bewirken trotz unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung eine gleiche Wärmebelastung, so dass sie ausgetauscht werden können. Sowohl bei der Anwendung des konstanten erweiterten Wobbe-Indexes als auch bei der Konditionierung des Erdgases ist die Kenntnis der Erdgasbeschaffenheit erforderlich. Die zurzeit verfügbare Messtechnik zur Bestimmung der Gaszusammensetzung ist jedoch verhältnismäßig teuer. Ziel des Forschungsvorhabens ist es deshalb, kostengünstige Alternativen bereitzustellen.

2 Ergebnisse

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens galt es, kostengünstige Sensoren zur Detektion der Gasbeschaffenheit in Standardbrennerregelungen zu integrieren. Hierzu wurden drei verschiedene Sensoren für experimentelle Untersuchungen herangezogen. Die drei Sensoren beruhen auf unterschiedlichen Analyseverfahren. Die ursprünglich geplante Ausweitung der Tests auf andere Analysemethoden bzw. Sensoren musste aufgrund der mangelnden Marktverfügbarkeit und des unzureichenden Entwicklungsstands der vorgesehenen weiteren Sensoren entfallen. Erst in den letzten Monaten sind günstige Sensoren zur marktreife entwickelt worden und werden zur Erkennung von Gasbeschaffenheiten seit kurzem kommerziell angeboten.

Zur Erkennung der Gasbeschaffenheit wurden drei auf unterschiedlichen Messverfahren beruhende Sensoren ausgewählt. Das Messgerät der Fa. Reineke bestimmt die Dichte des Gases mit einem akustischen Sensor, der Mindestluftbedarf wird mittels ZrO_2 -Sensor zur Restsauerstoffbestimmung an einer Pilotflamme ermittelt. Das Gerät stellt direkt oder korrelativ bestimmte Werte für den Wobbe-Index, den Heizwert, den Luftbedarf und die Gasdichte zur Verfügung. Der Methanzahl-Controller der Ruhrgas AG wurde zur Steuerung von Erdgasmotoren bei wechselnden Gasbeschaffenheiten entwickelt. Er ermittelt die Infrarot-Absorption des Gases in für die Komponenten Methan, Ethan, Propan und Butan charakteristischen Wellenlängenbereichen. Die Absorption ist ein Maß für den Gehalt der Kohlenwasserstoffe, woraus sich die Methanzahl korrelieren lässt. Als dritter Sensor wird ein vom GWI entwickeltes Verfahren für die Untersuchungen herangezogen. Hierbei wird zwischen dem Brenner und eine in die Flamme hereinragende Ionisationselektrode eine Spannung angelegt. Durch die während der Verbrennung in der Flamme entstehenden Ionen fließt ein Strom im μA -Bereich, der unter anderem von der Brennerbelastung und der Luftzahl abhängig ist. Dieser Sensor wird in der Regel in vorgemischten Flammen eingesetzt, so dass zur Gasbeschaffenheitserkennung die Ionisationsstrommessung an einer definierten Pilotflamme erfolgt. Als zweite Größe wird die Flammentemperatur in drei Abständen vom Brenner ermittelt. Diese ändern sich bei Gasbeschaffenheitswechseln und bei sonst unveränderten Randbedingungen. In Kombination mit der Ionisationsstromänderung lässt sich eine Aussage über die Art der Gasbeschaffenheitsänderung machen.

In experimentellen Untersuchungen wurden die Auswirkungen von Gasbeschaffenheitswechseln ermittelt. Dabei wurde die Verbrennung unterschiedlicher Gasmischungen mit einem Standard-Industriebrenner messtechnisch erfasst. Neben den Standardmesstechniken zur Erfassung der Abgaszusammensetzung sowie der Flammen- und Abgastemperaturen wurden Veränderungen des Flammenbildes – und somit die Lage und die Größe der Reaktionszone – mit einem am Gaswärme-Institut e.V. vorhandenen UV-Kamerasystem detektiert. Die Zusammensetzungen von Erdgasen unterschiedlicher Herkunft wurden durch Zugabe von CH_4 , N_2 oder CO_2 zu Leitungserdgas simuliert. Die exakte Zusammensetzung und somit die Verbrennungseigenschaften wurden durch einen Gaschromatographen bestimmt. Die Randbedingungen einer üblichen Brennerluftregelung wurden nachgestellt. Dabei ergab sich eine Veränderung im Flammenbild als auch in den Abgaswerten, wenn die Gasbeschaffenheit

ohne Regeleingriff wechselt. Insbesondere Temperatur und Luftzahl haben Einfluss auf die Bedingungen im Brennraum und somit auf den Prozess.

Eine ausführliche Überprüfung der Sensoren wurde durchgeführt. Da die untersuchten Sensoren über eine Entkopplung hinsichtlich des Druckes verfügten, verhalten sie sich unabhängig von Druckschwankungen in der Gasleitung. Ebenso verhält es sich mit der eventuellen Luftversorgung der Sensoren, die entweder über eine eigene Luftversorgung oder über einen Druckregler aus der Brennerluftversorgung erfolgt. Alle kommerziellen Sensoren können für eine weite Spanne an Gasmischungen die jeweiligen Charakteristika reproduzierbar wiedergeben. Anhand dieser Kenngrößen kann die ungefähre Gaszusammensetzung rückwärtig bestimmt werden. Da die Signale eindeutig die für die Verbrennung erforderlichen Größen bestimmen, ist eine Regelung des Verbrennungsprozesses möglich. Voraussetzung hierfür ist eine voneinander entkoppelte Luft- und Brennstoffsteuerung und eine mikroprozessorgesteuerte Regeleinheit, die die Korrelation zwischen Kenngrößen und Leistungsregelung herstellt.

Die Randbedingungen für eine Ausregelung von Gasbeschaffenheitsänderungen wurden ermittelt. Dabei sind Regeleingriffe sowohl in die Gasseite als auch in die Luftseite erforderlich, um die Verbrennungsbedingungen und somit die Bedingungen im Brennraum konstant zu halten. Da sich bei einem Gasbeschaffenheitswechsel wichtige Eigenschaften des Brenngases, wie Heizwert, Dichte und Luftbedarf ändern, ist eine reine Leistungsregelung über die Gasseite unzureichend. Insbesondere bei sensiblen Prozessen ist, um konstante Bedingungen zu gewährleisten, die Luftzahl wichtig. Somit ist neben einem Regeleingriff auf der Gasseite auch die Regelung der Luft erforderlich.

Unter Einschränkungen ist eine reine Leistungsregelung ohne Anpassung der Luft möglich. Ob der Prozess diese Art der Regelung verkraftet, muss individuell festgestellt werden.

3 Bedeutung für das Gasfach

Die Austauschbarkeit hochkalorischer Erdgase gewinnt aufgrund von Diversifizierungen des Erdgasbezuges und der Liberalisierung des Erdgasmarktes zunehmend an Bedeutung. Es hat sich allerdings gezeigt, dass eine Reihe industrieller Gasanwendungen - u. a. in der Glas- und Porzellanherstellung, Glasverarbeitung, Metallvergütung - empfindlich auf Gasbeschaffenheitsänderungen reagieren.

Auf längere Sicht wird eine "Vor-Ort-Identifizierung" des ankommenden Gasstromes mit nachgeschaltetem Regeleingriff für sensible Thermoprozessanlagen unumgänglich sein. Die Beschaffung der bislang verfügbaren Geräte zur Gasbeschaffenheitsbestimmung bzw. deren Ausregelung war mit hohen finanziellen Aufwendungen verbunden. Insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen ist es notwendig, Alternativen bereitzustellen, die zum einen in vorhandene Regelstrukturen integriert werden können und zum anderen keine hohen Kosten verursachen. Mit den gewonnenen Erkenntnissen sollte es möglich sein, ohne kostenintensive Installationen, wie Wobbe-Index-Regelanlagen, auf wechselnde Gasbeschaffenheiten zu reagieren. Durch die Integration von Sensoren in das Regelsystem würde sich das zeit- und per-

sonalintensive manuelle Nachregulieren der Verbrennungseinrichtungen erübrigen. Eine an die jeweilige Erdgasbeschaffenheit optimal angepasste Thermoprozessanlage trägt weiterhin zu einer Qualitätssicherung eines Produktes und somit zur Verminderung des möglichen Ausschusses bei.

November 2004

© Gaswärme-Institut e.V., Essen, 2004

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Dieser Bericht sowie der Abschlussbericht ist erhältlich beim
Gaswärme-Institut e.V. Essen (GWI)
Hafenstr. 101
D-45356 Essen
oder im Internet unter
www.gwi-essen.de