

HVG-Mitteilung Nr. 2042

Erfahrungen mit Primärmaßnahmen zur Minderung von NO_x an einer regenerativ beheizten U-Flammenwanne

M. Lindig, M. Wagner, J. Becher, Nikolaus Sorg GmbH & Co. KG, Lohr am Main

Vortrag zur Gemeinschaftssitzung der Fachausschüsse II und VI der DGG
am 26. März 2003 in Würzburg

1. Einleitung

Die TA Luft hat am 1. Oktober 2002 eine Novellierung erfahren. In der Novellierung wird dem Stand der Technik hinsichtlich verfügbarer Schadstoffminderungsmaßnahmen Rechnung getragen. Für gasbeheizte U-Flammenwannen mit Abgasmengen > 50.000 Nm³/h wurde der zulässige NO_x-Grenzwert für Neuanlagen auf 800 mg/Nm³ festgelegt. Anzustreben ist der Wert von 500 mg/Nm³. In früheren Ausführungen von Kircher [1] wurde bereits festgestellt, daß dieser Wert mit Primärmaßnahmen bei regenerativ betriebenen Wannen unter günstigen Bedingungen erreichbar ist.

Die NO_x-Emission wird bekanntermaßen vor allem durch die thermisch definierte Reaktion in der Flamme verursacht. Die Nitratläuterung trägt noch einmal zu einem erkennbaren Anstieg des NO_x-Niveaus bei. Die Primärmaßnahmen zielen alle daraufhin ab, die Flammenwurzeltemperatur zu senken. Dies kann allein durch die Medienführung erreicht werden. Niedrigere Geschwindigkeiten der Medien Gas und Luft sorgen für einen weicheren, verlängerten Ausbrand. In dem Zusammenhang sind die Brennerentwicklungen zu nennen, mit denen eine gezielte Beeinflussung des Flammenimpulses erreicht werden kann. Weitere Möglichkeiten der Verzögerung des Ausbrandes sind die gestufte Verbrennungsluftzuführung oder die Förderung der Rezirkulation von Brenngasen zurück in den Flammenbereich.

Der vorliegende Beitrag befaßt sich mit der Inbetriebnahme einer mit Erdgas beheizten U-Flammenwanne, die Ende vergangenen Jahres durch SORG[®] eine Revision erfahren hatte. Verschiedene Änderungen im Bereich der Konstruktion und der Meß- und Regeltechnik wurden vorgenommen, die alle daraufhin abzielten, für die Nennlast einen Zielwert für die NO_x-Emission von 800 mg/Nm³ sicher zu erreichen.

2. Maßnahmen zur NO_x-Minderung

Im Januar dieses Jahres ging die Anlage in Betrieb und es erfolgte ein Testlauf. Während des Testlaufes wurden die Prozeßparameter soweit optimiert, daß der Zielwert für NO_x erreicht werden konnte. Allerdings sind noch nicht alle Maßnahmen vollständig ausgeschöpft. Eine weitere Reduzierung des Istwertes für die NO_x-Emission ist noch vorstellbar.

Es muß festgestellt werden, daß alle Primärmaßnahmen nur stabil wirksam werden können, wenn auf der Seite der Medienführung die ausreichenden Meß- und Regelmöglichkeiten geschaffen werden. Geringe Änderungen im Gas-Luft-Verhältnis, Ofendruckschwankungen und andere Störgrößen können schnell den Emissionswert ansteigen lassen und den Mittelwert über den Grenzwert anheben. In dem vorliegenden Fall wird daher im Detail auf die aus unserer Sicht notwendigen Maßnahmen im Meß- und Regelbereich genauer eingegangen.

Die U-Flammenwanne hat eine Schmelzfläche von 90 m², eine Länge von 12 m, eine Badbreite von 7,5 m und ihre Nennleistung liegt bei 230 t/d Grünglas. Das Gemenge

wird über zwei Doghouses eingebracht. Es gibt pro Brennerport zwei regelbare Underport-Brennerlanzen. Die Wanne entspricht in der Konstruktion dem SORG[®] Deep Refiner[®]-Konzept mit niedrigem Wall. Von der Wanne gehen zwei Durchlässe mit jeweils einer und zwei Linien ab. Der Maßnahmenkatalog zur primärseitigen Senkung der NO_x-Emission bezog sich auf drei Bereiche - nämlich die Verbrennungsregelung, die Anordnung der Brenner und die Oberfengeometrie.

Das Gewölbe der Wanne wurde um 300 mm erhöht. Das Stichmaß über dem Glasbad betrug danach 3240 mm. Die Brennerports wurden vergrößert. Bei Nennlast wurde eine Luftgeschwindigkeit von 8 m/s angestrebt. Um die Vermischung von Verbrennungsluft und dem Erdgas zu verzögern, wurden geringere Abstände zwischen den Brennersteinen gewählt. Die Brenner wurden etwas gestuft zur Mittelachse der Wanne hin positioniert.

Hinsichtlich der Regelung der Medien wurden die folgenden Maßnahmen ergriffen. Für die Medien Erdgas und Luft werden Druck und Temperatur erfaßt, dahinter erfolgt die Messung der Betriebsmengen in m³/h. Die Luftmenge wird mit einer Einlaufmeßdüse gemessen. Die Medien werden auf Basis der Druck- und Temperaturmessung mit je einem Meßwertrechner in Nm³/h umgerechnet. Die Regelung der Medien erfolgt anschließend mit dem Stellorgan nach Nm³/h. Die Einstellung der Luft-Gas-Verhältnisse erfolgt nach den Restsauerstoffmessungen im Kammerkopf. Der Restsauerstoff kann als Regelparameter für das Gas-Luft-Verhältnis herangezogen werden. Aufgrund dieser unterschiedlichen Luft-Gas-Verhältnisse werden bei Feuer links und rechts abweichende Verbrennungsluftmengen geregelt. Die Temperaturmessung im Gewölbe (Direktmessung) kann als Regelelement eingesetzt werden. Der Ausgang des Temperaturreglers regelt den Gas-Sollwert. Die Luft wird entsprechend dem eingestellten Verhältnis nachgezogen. Die Temperaturregelung kann so gefahren werden, daß ein Toleranzbereich eingestellt werden kann, der verhindert, daß der Regler nach dem Wechsel sofort eingreift und der Prozeß überschwingt. Ebenso kann das Erdgas (links/rechts getrennt einstellbar) als Führungsgröße und somit als Festwert gefahren werden. Bei der Festwertregelung werden die Stellgrößen „Gas“ und „Luft“ der Feuerseiten übernommen, d.h., die Medien der Feuerseite werden von der vorherigen Periode übernommen. Die Temperatur wird vom Personal überwacht. Die Fahrweise führt erfahrungsgemäß zu den geringsten Regeleingriffen. Bild 1 zeigt das Regelschema in der Übersicht.

Zur NO_x-Minimierung ist die SORG[®] Kaskadenbeheizung der 2. Generation eingebaut. Im Brennerhals befindet sich seitlich hinter einer Stufe eine Eindüsstelle für den Sekundärbrennstoff. Diese Menge kann zwischen 8 und 20 % der Hauptgasmenge liegen. Mit dem Eindüsen des Sekundärbrennstoffes wird eine Sekundärflamme erzeugt, die die Primärflamme überlagert. Die Überlagerung führt zu einem verzögerten Ausbrand der Hauptgasmenge und damit zu der beschriebenen Senkung der Flammenwurzeltemperatur. Das Prinzip der bekannten SORG[®] Kaskadenbeheizung ist in Bild 2 dargestellt.

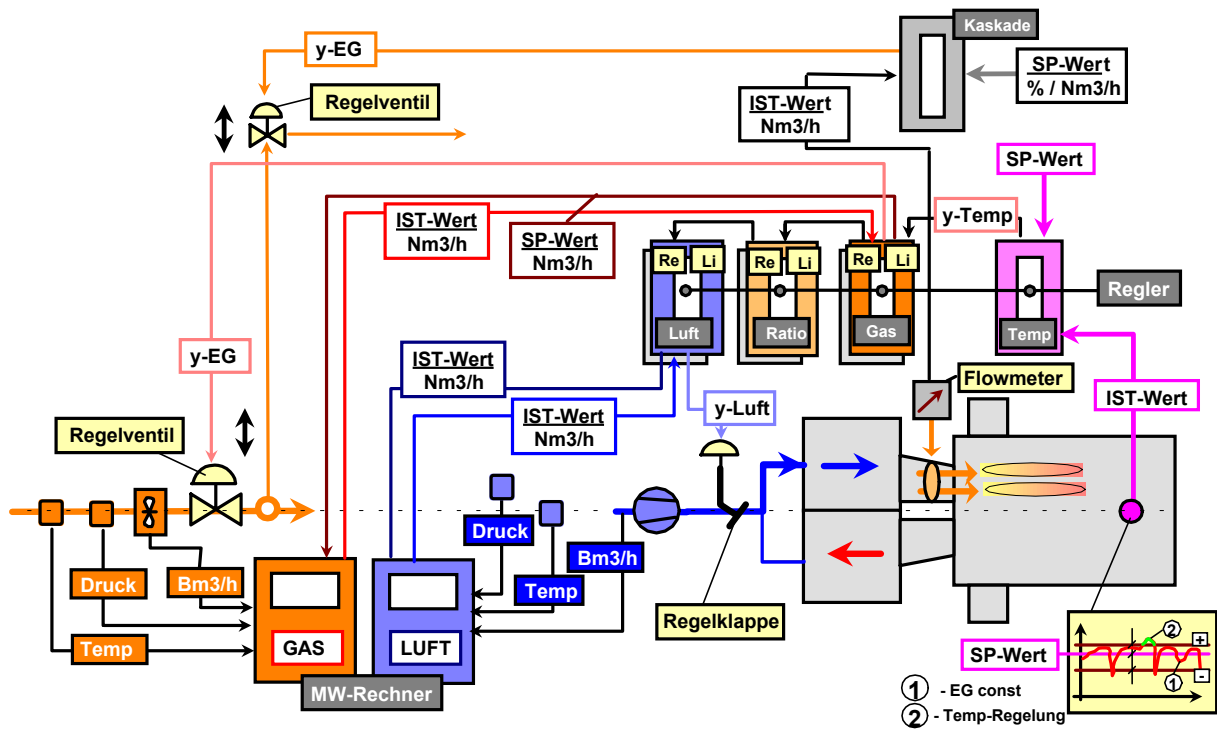


Bild 1: Regelschema für die Erdgas-Luft-Regelung

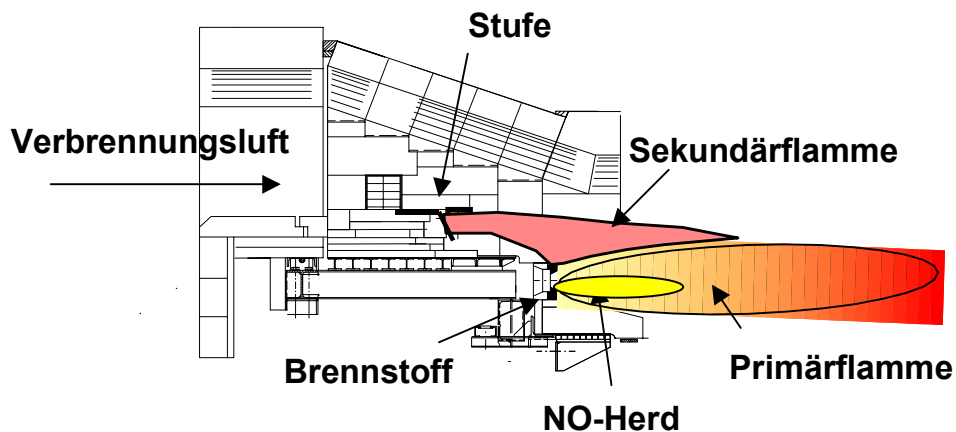


Bild 2: Prinzip der SORG® Kaskadenbeheizung

3. Ergebnisse

In der Testphase des Wannenbetriebes wurden die zwei genannten Feuerungsarten eingestellt, deren Ergebnis in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst ist.

	Ohne SORG® Kaskadenbeheizung	Mit SORG® Kaskadenbeheizung
Energieverteilung	asymmetrisch	asymmetrisch
Wannenlast in t/d	230	210
Sekundärgasmenge	-	80 Nm ³ /h
NO _x -Emission (Tagesmittelwert)	745 mg/Nm ³	710 mg/Nm ³
O ₂ im Kammerkopf	ca. 1,5-2 %	ca. 1,5-2 %

Im Ergebnis zeigte sich, daß mit den eingesetzten Maßnahmen der angestrebte Emissionswert für NO_x erreicht werden konnte. Eine weitere Reduzierung der Luftmenge in Richtung nahstöchiometrischer Fahrweise sowie eine Kombination von SORG® Kaskadenbeheizung und asymmetrischer Verbrennung können noch zu einer weiteren Verminderung des Emissionswertes führen.

Der Vorteil der normierten Fahrweise zeigte sich deutlich bei einer Temperaturänderung. Der normierte Wert wurde konstant gehalten. Die Betriebsmengen wurden dafür entsprechend den Temperaturbedingungen nachgefahren. Der Prozeß in der Wanne blieb stabil. In dem vorliegenden Fall wurden auch unterschiedliche Gas-Luft-Verhältnisse entsprechend den Abgaswerten eingestellt. Dies führte nachweislich auch zu einer Stabilisierung der Temperaturverhältnisse in der Wanne.

Es wurde versucht, die Verhältnisse mit der mathematischen Simulation nachzubilden. Dies wurde zunächst für die asymmetrische Fahrweise vorgenommen. Es zeigt sich ein Bild, das den realen Verhältnissen nahekommt. Man erkennt deutlich den verzögerten Ausbrand und die damit einhergehende Verlängerung der Flamme. Auf der Basis dieser Arbeiten werden weitere Simulationen mit dem Ziel folgen, die Verhältnisse hinsichtlich Geometrie des Oberofens und der Brenneranordnung noch weiter zu optimieren.

4. Literatur

- [1] U. Kircher: NO_x-Minderung von Glasschmelzöfen; HVG-Mitteilung Nr.1794; 1993
- [2] H. Pieper: Primärseitige NO_x-Minderungsmaßnahmen an Glasschmelzöfen; HVG-Mitteilung Nr. 1972; 2000
- [3] J. Becher, M. Wagner: Die zweite Generation des SORG® Kaskadenbeheizungssystems zur NO_x-Reduzierung in Kombination mit zusätzlichen Primärmaßnahmen; Fachausschuß 6 am 10.10.2000, Würzburg