

# Einsparung von Brenngas in der Industrie durch optimale Brennereinstellungen

## Optimize burner settings to achieve fuel gas economies in industry

Im folgenden Beitrag wird die Wirtschaftlichkeit einer optimalen Brennereinstellung dargestellt. Mit möglichst geringem Aufwand soll der größtmögliche Nutzen für Wirtschaft und Umwelt erzielt werden. Optimale Brennereinstellungen und ihre Begleitarbeiten stellen die Ökonomie und Betriebssicherheit bestehender, im pneumatischen Verbund befindlicher Beheizungseinrichtungen sicher. Weiterhin wird die Energieeinsparung nicht nur theoretisiert, sondern an einem Beispiel aus der Praxis erläutert.

The following article examines the cost efficiency of optimum burner adjustment. The aim is to achieve the greatest possible economic and environmental benefits with the lowest possible input. Optimum burner settings and the accompanying activities assure the cost efficiency and operational reliability of existing heating systems integrated into a compound pneumatic arrangement. In addition, the energy savings are not only theorized, they are also explained on the basis of a practical example.

**E**nergieeinsparung wird in Zukunft ein wichtiges Thema sein – nicht nur aufgrund der steigenden Preise. Schon heute existiert eine Fülle von Ideen und Lösungsmöglichkeiten, angefangen von der Nutzung der Abwärme zur Vorerwärmung der Verbrennungsluft und des Verbrennungsgases bis hin zur optimalen Isolierung der Ofenwände. Die Auswahl von hoch effizienten Rekuperator- oder Regenerativbrennern oder elektronisch gesteuerten „Kurvenscheiben“ in Abhängigkeit des Sauerstoffgehaltes im Abgaskanal hilft beispielsweise, Energie zu sparen.

**Bild 1** zeigt den typischen Aufbau einer Beheizungseinrichtung im pneumatischen Verbund. Im Wesentlichen sind am Brenner angeben: Zwei Magnetventile, ein Gleichdruckregler und ein Gaseinstellorgan auf der Gasseite. Zudem ein Luftstellglied und ein Luftpneumatischeinstellorgan auf der Luftseite.

### Felderfahrung

Häufig werden Brenner genutzt, die seit vielen Jahren noch nicht optimal eingestellt sind. Eine umfangreiche Einmessung eines Brenners benötigt Zeit. Diese ist vielfach während der Inbetriebnahmephase oder während der Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten nicht in dem benötigten Umfang vorgesehen bzw. andere Arbeiten werden vorrangig ausgeführt. Oftmals besteht für den Servicetechniker nur die Möglichkeit, den Brenner nach Augenmaß

**Bild 1:**  
Typischer Aufbau einer Beheizungseinrichtung im pneumatischen Verbund

**Fig. 1:**  
Typical heating system structure in a compound pneumatic control arrangement



– und somit nicht optimal – einzustellen. Einige Brenneranbieter verzichten auf Brennerkurven, die wichtige Orientierungspunkte zur Einstellung der Anlage darstellen. Aus Kostengründen wird auf einen Gaszähler oder Rotameter verzichtet – eine Entnahmestelle für die Rauchgasmessung ist nicht vorgesehen. Das Ergebnis ist zwar eine funktionierende Brennereinrichtung, jedoch ohne bestmögliche Einstellung. Die Möglichkeiten guter Ofen-, Brennerstein- und Brennerhersteller werden vom Betreiber nicht genutzt. Dabei sind Regelverhältnisse von 1:10 und nahstöchiometrische Verbrennung bei Verwendung entsprechender Beheizungseinrichtung und Ofengeometrie erreichbar.

Der Technische Service der Elster Kromschroder GmbH wartet in einem Jahr etwa 1 500 verschiedene thermische Verbrennungsanlagen mit unterschiedlichen Prozessanforderungen in den Branchen Stahl und Eisen, Keramik, Nichteisen, Nahrungsmittel, Umwelt und Trocknung. Immer wieder werden Gas-Luftverhältnisse von Lambda 1,5 oder wesentlich schlechter

festgestellt, wobei Luftüberschüsse von 400 bis 500 Prozent keine Seltenheit sind.

Durch starken Luftüberschuss wird die Brennerflamme abgekühlt. Das lebensgefährliche Kohlenmonoxid steigt im Ofenraum an, oder die Beheizungseinrichtung arbeitet im Luftmangel. Anlagen mit bis zu 25 000 ppm CO-Gehalt sind bereits von Technikern vorgefunden worden. Durch diese Fehleinstellungen können sich gefährliche Gasnester im Ofen bilden und im schlimmsten Fall explodieren. Das überschüssige Gas verbrennt sehr häufig im Abgassystem, weil es dort auf Frischluftquellen stößt, so dass eine verpuffungsähnliche Nachverbrennung erfolgt.

### Der Lambda-Wert

Der Lambda-Wert ( $\lambda$ ) gibt in der Verbrennungstechnik die Höhe des Luftüberschusses, bezogen auf eine vollständige Verbrennung, an. Beim Luftmangel ist Kohlenmonoxid (CO) im Abgas enthalten, da der Sauerstoff (O<sub>2</sub>) für die vollständige Oxidation von Kohlenmonoxid (CO) zu Kohlendioxid



**Christian Schare**  
Elster Kromschroder GmbH,  
Osnabrück

Tel.: 02541 / 1214-499  
E-Mail:  
c.schare@kromschroeder.com

oxid (CO<sub>2</sub>) fehlt. Dieses CO ist bei Austritt aus der Feuerungsanlage wegen seiner Giftigkeit sehr gefährlich. CO ist mit einer Dichte von 1,250 kg/m<sup>3</sup> geringfügig leichter als Luft mit 1,293 kg/m<sup>3</sup>. Mit geringer werdendem Luftmangel, das heißt bei steigender O<sub>2</sub>-Konzentration, nimmt das CO durch Oxidation zu CO<sub>2</sub> ab. In gleichem Maße nimmt CO<sub>2</sub> zu. Dieser Vorgang wird bei λ=1 abgeschlossen. Das CO geht gegen Null und CO<sub>2</sub> erreicht sein Maximum. O<sub>2</sub> ist in diesem Bereich nicht mehr vorhanden, da der zugeführte Sauerstoff sofort durch Oxidation des CO verbraucht wird.

Ist der Lambda-Wert größer eins (λ>1), nimmt der O<sub>2</sub>-Wert zu, da der mit steigendem Luftüberschuss zugeführte Sauerstoff mangels CO nicht mehr durch Oxidation verbraucht wird. Allerdings ist zur vollkommenen Verbrennung immer ein gewisser Luftüberschuss erforderlich. Zum einen ist die Sauerstoffverteilung im Verbrennungsraum nicht einheitlich und zum anderen reicht die Durchmischungsenergie – gerade im Kleinlast- und Teillastbetrieb der Brenner – nicht aus, um alle an der Verbrennung beteiligten Moleküle optimal zu vermischen.

### Optimale Verbrennung in der Praxis

Eine optimale Verbrennung wird erreicht, wenn genügend Luftüberschuss für die vollständige Verbrennung vorhanden ist (λ=1,05 bis 1,2). Gleichzeitig muss der Luftüberschuss nach oben begrenzt sein, damit nicht unnötig Luft erhitzt wird.

Diese Luftüberschussmengen und Verbrennungsbegleitgase, wie beispielsweise Stickstoff, werden ohne Nutzen erhitzt und transportieren die Wärme als Verlust durch das Abgassystem. Der feuerungstechnische

Wirkungsgrad der Ofenanlage wird direkt verschlechtert.

Wird bei einer Feuerungsanlage der Sauerstoffüberschuss um einen Prozentpunkt verbessert (beispielsweise von 5,5 Prozent auf 4,5 Prozent O<sub>2</sub>), so erhöht sich in der Regel die Effektivität der Anlage ebenfalls um ca. 1 bis 2 Prozent, abhängig vom Einfluss der Beheizungseinrichtung auf die Gesamtanlage (Bild 2).

Ein Lambda-Wert von 1,5 ist scheinbar für viele Betreiber ein akzeptabler Wert. Dennoch ist es ratsam, beispielsweise an einem Aluminium-Schmelzofen den Lambda-Wert auf etwa 1,05 nachzustellen, wenn die Voraussetzungen für diesen Einstellwert gegeben sind (Brenner, Brennerstein, Ofengeometrie, etc.).

Sowohl Ofenbauern als auch Betreibern ist daran gelegen, den Sauerstoffwert der Ofenatmosphäre so gering wie möglich zu halten. Zum einen soll die Korundbildung weitestgehend vermieden werden, da der Ofen langsam „zuwächst“ und sich dieses nur durch einen kostenintensiven Arbeitseinsatz im kalten Ofenzustand beseitigen lässt. Zum anderen wird durch die Oxidation an der Badoberfläche Aluminium abgebrannt, was einen Produktverlust zur Folge hat. Zum Dritten wird nach einer optimalen Brennereinstellung die Energiebilanz der Ofenanlage erheblich gesteigert.

Ausschlaggebend bei der Bestimmung der Rauchgase ist der Messort. Messungen hinter einem Strömungsunterbrecher oder Fremdlufteingabe in den Ofenraum führen unweigerlich zu Verfälschungen des Messergebnisses. Ist ein geeigneter Messort nicht vorhanden, sollte in jedem Fall der Ofenbauer bzw. der Servicetechniker (mit Systemüberblick) angefragt werden. Nur der Techniker, der weiß, wie die thermo-

prozesstechnischen Verfahren des Ofens und des behandelnden Gutes ablaufen, kann auch beurteilen, an welchen Stellen eine aussagekräftige Analyse gezogen werden muss. Schwierig wird es, wenn produktionsbedingt keine aussagekräftige Messung möglich ist. Dann stehen zur Brennereinstellung noch die Gaserfassung (Gaszähler, Rotameter), das Brennerdiagramm, das Ionisationsignal oder die Beurteilung des Brennverhaltens nach Augenmaß zur Verfügung.

### Störgrößen einer optimalen Verbrennung

Störgrößen einer Verbrennung können beispielsweise sein:

- Luftdruckschwankungen bedingt durch verschmutzte Luftfilter oder Rohrleitungen
- Schwankende Verbrennungslufttemperatur bzw. Dichte durch die Ansaugung der Verbrennungsluft außerhalb des Gebäudes von beispielsweise -20 °C bis 50 °C (Winter/Sommer)
- Heizwertverschiebungen des Gases besonders bei Biogasanlagen, selbstproduzierten Gasen oder bei Zuführung von Verbrennungszusatzgasen
- Gasdruckschwankungen bei Zuschaltung/Abschaltung zusätzlicher Verbraucher im Verbrennungsgasnetz
- Ofenraumdruckschwankungen durch Beladung des Ofenraumes, Klappenstellungen im Ofenraum, saugende oder drückende Ventilatoren
- Verschmutzung/Ablagerungen am Brenner, in der Rohrführung, in Gas- und Luftarmaturen (besonders Bypassbohrungen), im Brennraum oder der Abgasführung
- Thermische Beanspruchung am Brennerkopf oder Brennerdüsenstock, Brennerstein oder anderen flammenführenden Elementen
- Mechanische Abnutzung an der Spindel-führung des Druckreglers, Versprödung und Verhärtung der Gleichdruckreglermembranen, Hysterese der Klappen (gerade bei Brennerleistungen von 1:10 werden Drücke von 1:100 von den mechanischen Komponenten abverlangt, in Abhängigkeit von

$$\frac{\dot{V}_1}{\dot{V}_2} = \sqrt{\frac{\Delta P_1}{\Delta P_2}}$$

### Normativer Hintergrund

Bei jeder Brennereinstellung, die jährlich zu empfehlen ist, sollte die Beheizungseinrichtung gewartet und instand gesetzt wer-

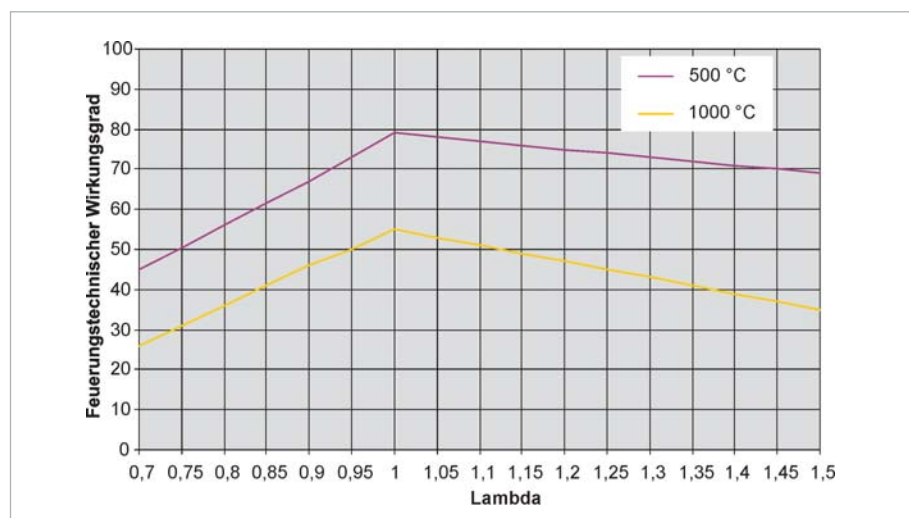


Bild 2: Feuerungstechnischer Wirkungsgrad in Abhängigkeit des Lambda-Wertes bezogen auf die Abgastemperatur

Fig. 2: Combustion-system efficiency as a function of lambda, referred to waste gas temperature



**Bild 3:** Aluminiumschmelzofen im Volllastbetrieb. Der Ofen ist bestückt mit Aluminiummasseln. Betrieben durch zwei ZIO 165 Elster Kromschroder Brenner, Nennleistung je Brenner 630 kW

**Fig. 3:** Aluminium melting furnace operating at full load. Furnace charge: aluminium ingots. Furnace operated by means of two Elster Kromschroder ZIO 165 burners, rated output per burner: 630 kW



**Bild 4:** Aluminiumschmelzofen im Kleinlastbetrieb. Der Ofen ist bestückt mit Aluminiummasseln. Betrieben durch zwei ZIO 165 Elster Kromschroder Brenner, Nennleistung je Brenner 630 kW

**Fig. 4:** Aluminium melting furnace operating at a low load level. Furnace charge: aluminium ingots. Furnace operated by means of two Elster Kromschroder ZIO 165 burners, rated output per burner: 630 kW

den. Wiederkehrende Dichtheits- und Funktionsprüfungen werden dabei durchgeführt; die Betriebssicherheit erhöht.

Die Anforderungen an die Betreiber werden durch die Betriebssicherheitsverordnung beziehungsweise durch das Arbeitsblatt G 1010 (Anforderung an die Qualifikation und die Organisation von Betreibern von Erdgasanlagen auf Werksgeländen) zu großen Teilen erläutert. In der Regel wird der Brenner nach der Wartung der Beheizungseinrichtung eingemessen.

Das Wartungsintervall hängt bei Thermoprozessanlagen im Wesentlichen von den Wartungshinweisen des Anlagenherstellers und den Betriebsverhältnissen ab. Die normativen Grundlagen sind unter anderem die EN 746 (Sicherheitsanforderung Industrielle Thermoprozessanlagen), Teil 2, die DVGW-Arbeitsblätter (beispielsweise G 1010) und die Betriebssicherheitsverordnung. Unter Berücksichtigung der Normen und der Wartungshinweise der Anlagenhersteller führt der Betreiber eine Risikobeurteilung jedes einzelnen Arbeitsmittels (Gasdruckregel- und Sicherheitsstrecke, Beheizungseinrichtung oder auch Thermoprozessanlage) durch und erstellt unter an-

derem einen Revisions- und Instandhaltungsplan.

Für den gefahrlosen Betrieb der Thermoprozessanlage ist grundsätzlich der Betreiber verantwortlich. Dieser Pflicht kann er durch eine regelmäßige Instandhaltung nachkommen.

### Praxis-Beispiel

Ein Aluminium-Schmelzofen (**Bild 3** und **4**) eines Felgenherstellers ausgerüstet mit zwei ZIO 165 (Nennleistung je Brenner 630 kW) verbraucht in 24 Stunden 1600 m<sup>3</sup> (66,66 m<sup>3</sup>/h) Erdgas. Produziert wird an sechs Tagen in der Woche. Energiepreis: 3,9 Cent/kWh; Verbrennungslufttemperatur: ca. 20 °C; Ofenraumtemperatur ca. 800 °C.

Die Anlage wurde angetroffen mit einem  $\lambda = 1,5$ . Etwa sieben Prozent O<sub>2</sub> waren vorhanden. Nach der Optimierung konnte der O<sub>2</sub>-Wert auf ca. 1,5 Prozent reduziert werden.

Die Reduzierung des Luftüberschusses als Verbrennungsbegleitgas hatte Einsparungen von rund 2000 Euro pro Monat zur Folge (detaillierte Berechnungen über die

molaren Massen, Volumenströme, Stoffgleichungen etc. können unter c.schare@kromschroeder.com angefordert werden).

### Fazit

Eine deutliche Einsparung – im oben genannten Beispiel von rund 2000 Euro pro Monat und Schmelzofen – ist möglich, wenn die Rahmenbedingungen wie Ofengeometrie, Brennerstein und Brennertechnik stimmig sind und der Servicetechniker die entsprechenden Einstellungen durchführen kann und darf. Die Wirtschaftlichkeit durch einfache Brennereinstellungen an den Thermoprozessanlagen wird optimiert und zusätzlich ein aktiver Beitrag zur CO<sub>2</sub>-Minimierung und Entlastung der Umwelt geleistet.

### Literatur

- Cramer/Mühlbauer: Praxishandbuch Thermo- prozesstechnik, Vulkan-Verlag, Essen, 2003
- Meyer/Schiffner: Technische Thermodynamik, Fachbuchverlag Leipzig
- Boll, W.: Technische Strömungslehre, Vogel Buch- verlag Würzburg
- Reinmuth, F.: Lufttechnische Prozesse, Verlag C.F. Müller, Karlsruhe
- Döring, R.: Skript Feuerungstechnik, Fachhoch- schule Münster, Seminar