

GASWÄRME

International

Gasanwendung in Industrie und Gewerbe

www.gaswaerme-online.de

Schwerpunkt
Effektive Verbrennungstechnik

Schadstoffarme Verbrennung an Kesseln mit Umkehrfeuerraum

Low emission combustion levels at flame reversal boiler furnace designs

Matthias Wenzel, ELCO-Industrie-Brenner

erschieden in

GASWÄRME International 1-2/2010

Vulkan-Verlag GmbH, Essen

Ansprechpartner: Stephan Schalm, Telefon 0201/82002-12, E-Mail: s.schalm@vulkan-verlag.de

Schadstoffarme Verbrennung an Kesseln mit Umkehrfeuerraum

Low emission combustion levels at flame reversal boiler furnace designs

Von Matthias Wenzel

Die Themen Schadstoffreduzierung und Energieeffizienz sind heute auch durch die Diskussion über eine fortschreitende Klimaänderung und steigende Stromkosten in der Wärmeerzeugung mit fossilen Brennstoffen weiter in den Vordergrund gerückt. Dieser Artikel zeigt unter anderem anhand von Versuchen auf dem Prüfstand der Firma Viessmann Berlin GmbH die Optimierungsmöglichkeiten durch den Einsatz moderner Brennersysteme. Es wird erläutert, wie mit heutiger Technik möglichst einfach und effektiv, der Schadstoffausstoß reduziert werden kann. Die in der novellierten, aktuellen 1. BImSchV geforderten NO_x-Grenzwerte von 120 mg/kWh im Erdgasbetrieb wurden im dargestellten Versuch um 25 % unterschritten. Als weiterer wichtiger Schritt steht die Umsetzung der Ergebnisse in Bezug auf Energieeffizienz (Antriebe, Steuerung), Geräuschminimierung und weitere Optimierung bei Service und Lebensdauer an. Ab 2010 wird entsprechend eine neue Produktreihe von ELCO-Monoblockbrennern mit einem Leistungsbereich von 1-14 Megawatt umgesetzt.

Topics like the reduction of pollutants and energy efficiency nowadays come to the fore, nowadays, through the ongoing discussion of further climate changes and increasing electricity costs in the heat generation with fossil fuels. This article shows, amongst other things, with tests at Viessmann Großkessel GmbH in Berlin the possibilities for an optimisation when modern burner systems are being applied. It is illustrated, with today's technical measures, how easily and effectively pollutant emissions can be reduced. The No_x value in the test with gas operation fell 25 % under the demanded limit of 120 mg/kWh No_x in the amended, actual 1. BImSchV. The implementation of the results regarding energy efficiency (remote, regulation) and noise minimisation for service and durability is seen as a further important step. Accordingly a new product serie of ELCO-monoblock burners with an output range of 1-14 MW will be implemented as from 2010.

Die Firma Viessmann Deutschland GmbH ist seit langem mit ELCO in partnerschaftlicher Weise verbunden. Gemeinsame Versuche mit Kessel-Brenner-Kombinationen zur Optimierung der Verbrennungswerte und zur Feuerraumgestaltung bei Neuentwicklungen werden durchgeführt.

Die Paketlösung des Heizkessels Viessmann Vitomax 100-LW M 148 mit speziell für diese Anwendung abgestimmtem Brenner bringt das derzeit vor allem mit Paketen für den Exportmarkt zum Ausdruck.

Im Zuge der Kooperation ELCO-Viessmann hat man am Viessmann-Prüfstand in Berlin-Rudow fundierte Werte für die Emissionen am Umkehrkessel mit asymmetrisch angebautem Brenner am Feuerraum gesammelt.

Die Firma Viessmann hat, um sich ein Schaufenster seiner modernen Technik und eine wirtschaftliche Kopplung mit dem Prüfstand zu geben, den Komplex Heizzentrale/Prüfstand neu aufgebaut (**Bild 1**). Der Prüfstand wurde unter anderem um den Bereich Industriekessel erweitert. Eine Einspeisung der dort ent-

stehenden Wärme in das eigene Heiznetz ist somit möglich geworden.

Versuchsziel

Um den selbst gesetzten Anforderungen zur Minimierung des Schadstoffausstoßes gerecht zu werden, sollte der Low-NO_x-Gaskopf überarbeitet werden. Die mit Delta-Brennkopf ausgestatteten schadstoffarmen Gasbrenner sollten zum Ultra-Low-NO_x-Brenner entwickelt werden. Grundlage dafür ist die ELCO-Freiflammtechnik

Die für die schadstoffarme Verbrennung von Heizöl EL kontinuierlich weiter entwickelte Freiflammtechnik kommt jetzt auch bei reiner Gasverbrennung zum Einsatz. Mit der Freiflammtechnik der zweiten Generation wird eine stabile und schadstoffarme Verbrennung von Heizöl EL auch mit Öl- und Zweistoffbrennern an Kesseln mit Umkehrfeuerraum möglich. Die nach der 1. BImSchV geforderten NO_x- und CO-Grenzwerte bei Verfeuerung von Erdgas und Heizöl EL sollten deutlich unterschritten werden.

Versuchsaufbau und Verlauf

Auf dem Prüfstand der Fa. Viessmann können Kessel mit einer Nennleistung von bis zu 6000 kW und Vorlauftemperaturen bis 150 °C gefahren werden. Für eine witterungsunabhängige Prüfung sind 2 Kühltürme vorhanden. Das Abgassystem umfasst Edelstahlschornsteine mit einer einheitlichen Höhe von 20 m. Die Prüfstandskessel sind über regelbare Gebläse und Einstelleinheiten angebunden. Der Messaufbau umfasst das zu messende Objekt und dessen Medienanschlüsse. Nach abgeschlossenem Aufbau werden spezifische Kennwerte und Emissionen mittels des sogenannten „Racks“, in welchen mehrere Messgeräte kombiniert sind, erfasst.



Bild 1: Viessmann: Straßenansicht Heizzentrale / Prüfstand

Fig. 1: Viessmann: Street view of heating center / test apparatus

Im oberen Bereich des Racks ist die Messgasaufbereitung, bestehend aus Gaskühler und Aufbereiter, untergebracht. Darunter befindet sich die Messdatenerfassung. Hier werden alle Temperaturen, Drücke, die Emissionswerte und zusätzlich gewünschte Daten gesammelt und zur Auswertung verarbeitet.

In diesem Versuch wurden nun folgende Komponenten geprüft:



Bild 2: Viessmann Vitomax 100-LW M148 mit ELCO-Brenner

Fig. 2: Viessmann Vitomax 100-LW M148, with ELCO burner

Kessel:

Viessmann Vitomax 100-LW M148 mit Umkehrfeuerraum (**Bild 2**)

Kesselnennleistung: 2300 kW

Brenner:

EK 6.300 G-RU2

EK 6.300 G-RF2

Die Untersuchungen sind mit zwei schadstoffarmen Brennköpfen durchgeführt worden. Zunächst mit dem Delta-Brennkopf U2, welcher sich schon seit mehreren Jahren in der Praxis bewährt hat (**Bild 3**) und weitergehend

auch mit dem neu entwickelten Brennkopf der zweiten Freiflammengeneration F2 (**Bild 4**).

Neben der Durchführung der Verbrennungsversuche im so genannten Auslieferungszustand des Brenners, wurde auch getestet, inwieweit sich die Emissionen nur durch Veränderung der Brennkopfeinstellung ohne Umbaumaßnahmen optimieren lassen.

Auf Grund der Abgasführung im Umkehrfeuerraum ist die Gefahr der Erzeugung eines abgasseitigen Kurzschlusses sehr groß. Um diese Gefahr zu vermeiden, ist das Verhältnis Brenngasvolumen zu Luftmenge und die Mischgeschwindigkeit entscheidend. Optimierungsmaßnahmen sind somit immer zu empfehlen. Als sehr wirkungsvoll zeigte sich beim U2-Brennkopf die geringfügige Veränderung der Gasdüsenposition. Gegenüber

einem NO_x -Gehalt von 131 mg/kWh im Auslieferungszustand betrug dieser nun 111 mg/kWh bei einer Feuerungsleistung von 2622 kW.

Bei 2500 kW Feuerungsleistung, welche der Kesselnennleistung des M148 entspricht, können somit 110 mg/kWh eingehalten werden. Die Verbrennungsstabilität ist zwar keine direkt messbare Größe, aber Merkmale für Instabilität wie Vibrationen, erhöhte CO-Bildung, Pulsationen etc. traten nicht auf.

Auch mit dem F2-Brennkopf war die Verbrennungsstabilität sehr gut. Mit diesem Brennkopf wurden NO_x -Werte deutlich < 100 mg/kWh bei voller Kesselleistung erreicht. Die Optimierungsmaßnahmen bestanden hier lediglich in der Verschiebung des Drallerzeugers im Brennkopf.

Fazit

Am Umkehrkessel Vitomax 100-LW M148 lag der Restsauerstoffgehalt im Versuch mit der Freiflammtechnologie (**Tabelle 1**) bei 3,4 % in Max.-Last, während am Dreizugkessel ein Restsauerstoffgehalt von nur ca. 2 % kein Problem darstellt. Dieser erhöhte Wert ist dem Kesselaufbau geschuldet und verhindert bei optimierter Verbrennung die zu frühe Abführung der Gase aus dem Kessel. Eine weitere Absenkung des O_2 -Gehaltes im Abgas kann einen Anstieg des CO-Gehaltes bewirken. Dieser Anstieg ist nicht auf eine schlechte Mischung des Brennstoffes mit der Verbrennungsluft zurückzuführen, sondern auf die schon erwähnte Entstehung eines Kurzschlusses zwischen intern rezirkulierendem Abgas und dem Umlenkspalt im Feuerraum.

In jedem Fall wurde mit dem Freiflamm-brennkopf nachgewiesen, dass Anforderungen < 100 mg/kWh NO_x bei voller Kesselleistung noch mit ausrei-

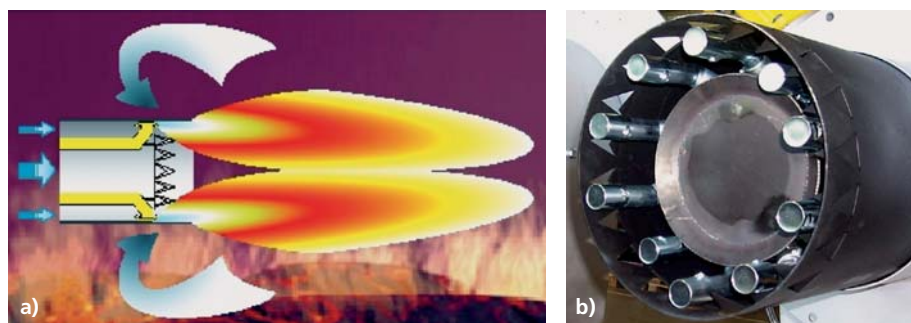


Bild 3: a) Verbrennungsprinzip Delta-Brennkopf, b) Foto U2-Brennkopf

Fig. 3: a. The delta-burner head combustion principle, b. photo of U2 burner head

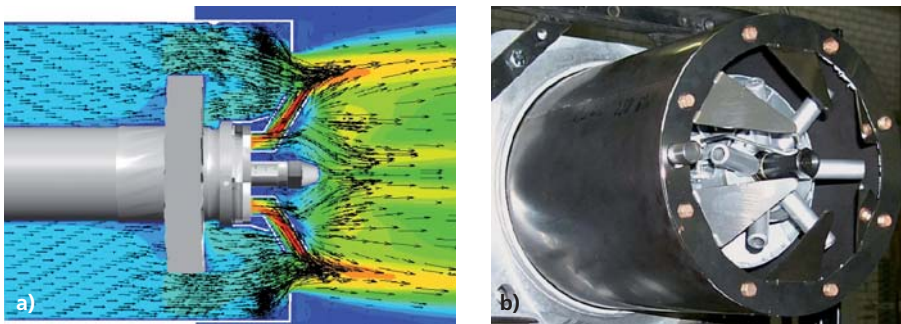


Bild 4: a) Verbrennungsprinzip Freiflamme, b) Foto F2-Brennkopf
Fig. 4: a. Open-flame combustion principle, b. photo of F2 burner head

Tabelle 1: Auszug Messwerte mit Freiflammkopf
Table 1: Excerpt from open-flame head measured data

	Werte
Feuerungsleistung maximal (Nennlastvorgabe Viessmann 2500 kW)	2517 kW
NO _x (Max.-Wert in Nennlast, luftfrei nach EN 676)	86 mg/kWh
O ₂ -Wert in Max.-Last	3,40 %
CO-Wert in Max.-Last	23 ppm
Feuerungsleistung in Grundlast	412 kW
O ₂ -Wert in Grundlast	4,20 %
CO-Wert in Grundlast	23 ppm

chender Reserve machbar sind. Dies deckt sich auch mit den Ergebnissen unseres Brennerlabors in Pirna und an einigen Feldtestanlagen. Dort werden auch Werte unter 80 mg/kWh NO_x bei niedrigerem O₂-Gehalt an Umkehrkesseln erreicht.

Eine zusätzliche Herausforderung ist, speziell an diesem Kessel, die schon erwähnte asymmetrische Anordnung des Brenners zur Achse des Kesselflammroh-

res, der Höhenversatz beträgt hier 70 mm.

Die NO_x-Werte des Freiflamm-Brennkopfes sind gegenüber dem Delta-Brennkopf um über 20 mg/kWh noch deutlich niedriger, wobei auch mit der bewährten U2-Technik die Einhaltung der 1. BimschV gewährleistet ist.

Die Ergebnisse sind eine Bestätigung, dass bei Kessel-Brenner-

Abstimmversuchen schon in der Entwicklungsphase die nach 1. BImSchV geforderten NO_x-Emissionswerte im Gasbetrieb auch am Umkehrkessel deutlich unterschritten werden.

Die in der 1. BimschV geforderte Ausschöpfung der Möglichkeit, die Emissionen an Stickstoffoxid durch feuerungstechnische Maßnahmen nach dem Stand der Technik weiter zu vermindern, kann so nicht nur bei der Zulassung neuer Brenner am Prüfflammrohr, sondern auch an neuen Feuerungsanlagen im Feld und durch Brennerumbau an existierenden Feuerungsanlagen realisiert werden.

An Umkehrfeuerräumen wurden mit Zweistoffbrennern und Freiflammtechnologie im Ölbetrieb Stickstoffemissionen zwischen 160 und 200 mg/kWh erreicht, wobei auch hier der Umkehrfeuerraum selbst eine wichtige Rolle spielt. Für den getesteten Viessmann-Kessel werden die NO_x-Abgaswerte im Ölbetrieb zwischen 180 und 190 mg/kWh prognostiziert.

Vergleich möglicher Lösungen zur schadstoffarmen Verbrennung am Umkehrfeuerraum

In den **Bildern 5-7** sind gebräuchliche Methoden zur Begrenzung der NO_x-Emissionen dargestellt und deren Vor- bzw. Nachteile erwähnt.

Es zeigt sich, dass mit dem geringsten mechanischen Aufwand vor Ort ein bedeutender Effekt erzielt werden kann. Auch an Bestandsanlagen lässt sich in der Regel die Freiflamme nachrüsten.

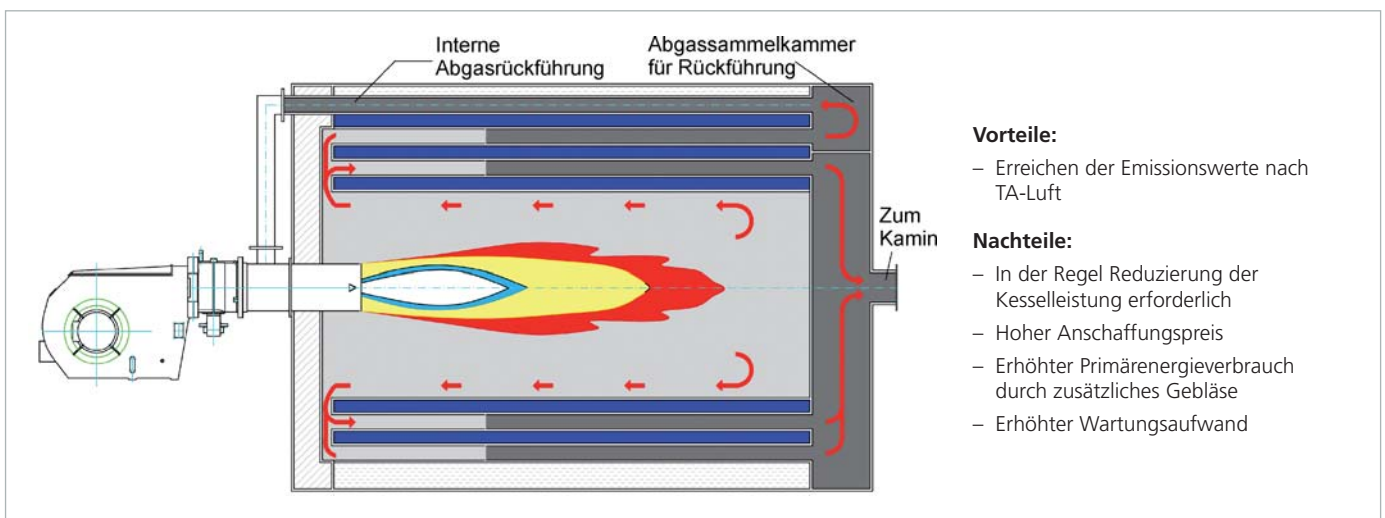
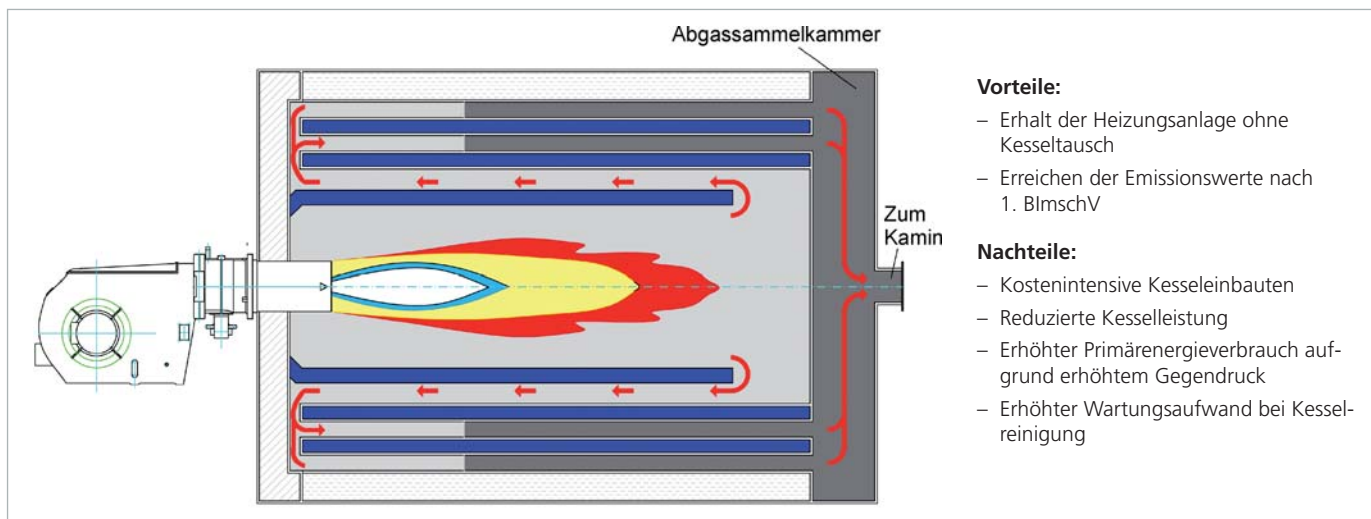


Bild 5: Brenner mit externer Abgasrückführung in den Brennkopf zur Flammenkühlung und somit NO_x-Reduzierung
Fig. 5: Burner featuring external waste-gas return to the burner head for flame cooling and thus NO_x reduction

**Vorteile:**

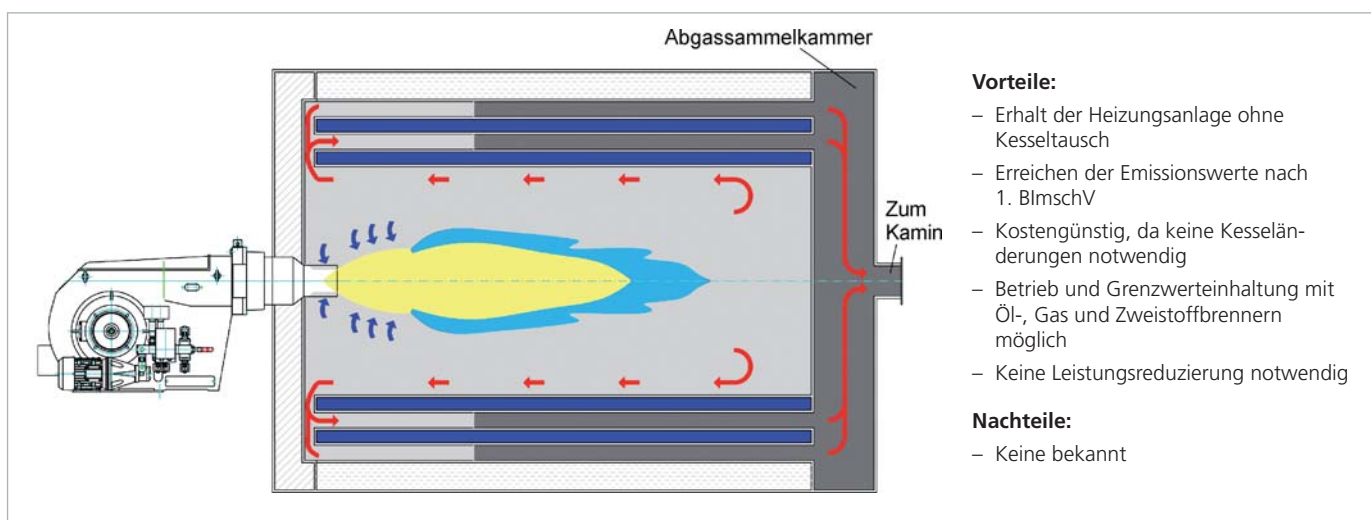
- Erhalt der Heizungsanlage ohne Kesseltausch
- Erreichen der Emissionswerte nach 1. BlmschV

Nachteile:

- Kostenintensive Kesseleinbauten
- Reduzierte Kesselleistung
- Erhöhter Primärenergieverbrauch aufgrund erhöhtem Gegendruck
- Erhöhter Wartungsaufwand bei Kesselreinigung

Bild 6: Brenner mit Low-NO_x-Brennkopf und zusätzlichen Kesseleinbauten zum Umbau auf Dreizugprinzip intern

Fig. 6: Burner featuring Low-NO_x burner head and additional boiler internals for internal modification to the three-pass principle

**Vorteile:**

- Erhalt der Heizungsanlage ohne Kesseltausch
- Erreichen der Emissionswerte nach 1. BlmschV
- Kostengünstig, da keine Kesseländerungen notwendig
- Betrieb und Grenzwerteinhaltung mit Öl-, Gas und Zweistoffbrennern möglich
- Keine Leistungsreduzierung notwendig

Nachteile:

- Keine bekannt

Bild 7: Brenner mit Freiflamm-Brennkopf mit interner Rezirkulation zur Flammenkühlung und somit NO_x-Reduzierung

Fig. 7: Burner featuring open-flame burner head and internal recirculation for flame cooling and thus NO_x reduction

Ausblick

Die weiterentwickelten Low NO_x-Brennköpfe werden auch im zukünftigen ELCO-Brennerprogramm zum Einsatz kommen.

Auf der vom 23. bis 27. März 2010 stattfindenden Messe MOSTRA CONVEGNO (MCE) in Mailand wird die ELCO, als innovativer Brennerhersteller, ihr neues Brennerkonzept im Leistungsbereich von 1 bis 14 Megawatt vorstellen. Die kunden- und marktspezifischen Anforderungen, wie z. B. niedrigster Primärenergieverbrauch, integriertes Schaltschrankdesign und reduzierte Geräuschemissionen werden damit konsequent umgesetzt.

Die Verwendung von Aluminiumgussteilen wurde weitestgehend vermieden. Durch das von ELCO entwickelte Tragrahmenprinzip ist eine stabile Konstruktion entstanden, die auch das Gewicht leistungsstarker Motoren tragen kann, wobei die Motorleistungen durch niedrige Druckverluste über die Mischeinrichtung möglichst gering gehalten werden.

Der Brenner ist so gestaltet, dass es auch ohne Abklappen des Gehäuses problemlos möglich ist, die Wartungsarbeiten am Brennkopf durchzuführen. Das Lüfterrad kann zur Reinigung durch leichte Demontage der seitlichen Abdeckung erreicht werden.

Ein integriertes MSR-Konzept ermöglicht eine flexible Auslegung der Anschlussmöglichkeiten an die Gebäudeleittechnik in der Planungsphase. Durch den speziellen Aufbau des Brenners sind minimale Geräuschemissionen während des Betriebes gewährleistet. ■

Matthias Wenzel
ELCO-Industrie-Brenner

Tel. 06105 / 968 191
E-Mail:
matthias.wenzel@de.elco.net

