

Moderne Beheizungseinrichtungen mit großem Regelbereich

Modern heating installations wide control range

Beheizungseinrichtungen stellen, abhängig vom jeweiligen Prozess, unterschiedlichste Anforderungen an die entsprechenden Systeme. Bei Anlagen zur thermischen Abluftreinigung, wie beispielsweise regenerative oder thermische Nachverbrennungsanlagen, sind die Abgase oftmals so kontaminiert, dass ein autothermer Betrieb der Anlage möglich ist. Beheizungseinrichtungen mit einer Kleinlastmenge von etwa 10 Prozent werden dann abgeschaltet. Bei einem Neustart des Brenners muss somit der gesamte Durchlauf der Sicherheitskette wiederholt werden. Mithilfe der Kaskadenregelung können jedoch die Regelbereiche auf >1:45 erweitert werden. Da die Anlagen im Dauerbetrieb laufen, wird auch darauf geachtet, dass eine Überwachung der Flamme direkt mit der sicheren und kostengünstigen Ionisations-Flammenüberwachung möglich ist.

Depending on the individual process, heating installations impose a wide variety of requirements on the corresponding systems. With systems for thermal flue air purification, such as regenerative or thermal incineration installations, flue gases are frequently so contaminated that the system can run as an autothermal operation. Heating installations with a low-fire rate of approximately 10 percent are then switched off. This means that when the burner is restarted, the entire system of safety interlocks must be run through again. With the help of cascade control, it is possible to extend control ranges to > 1:45. As systems run in continuous operation, care is also taken to ensure that it is possible to control the flame directly with the reliable and low-cost ionisation flame control system.

Bei regenerativen und thermischen Nachverbrennungsanlagen wird für das Aufheizen eine große Energiemenge benötigt, was entscheidend für die Auswahl der Brennergröße ist. Während des Betriebs kann es aufgrund stark kontaminierter Abgase dazu kommen, dass die Anlage in einen autothermen Betrieb geht. Das heißt, es ist nur noch eine sehr geringe Energiezufuhr erforderlich.

Folgende Anforderungen definieren sich daraus:

- Regelbereich >1:45
- Hoher Wirkungsgrad über einen großen Regelbereich
- Fehlersicheres System
- Direkte ionische Flammenüberwachung
- Direkte elektrische Zündung
- Schutz des Systems vor thermischer Zerstörung
- Verwendung handelsüblicher Komponenten
- Erforderlicher Brennerluftdruck so gering wie möglich
- Vollautomatischer Anlagenbetrieb

Abgesehen vom großen Regelbereich können die Anforderungen mithilfe handelsüblicher Brenner- und Regelsysteme erfüllt

werden. Warum Standard-Regelsystemen Grenzen gesetzt sind und wie diese Grenzen mithilfe der Kaskadenregelung überschritten werden können, wird im Anschluss beschrieben.

Regelung

Bei allen feuerungstechnischen Prozessen muss die über die Verbrennungseinrichtung zugeführte Energie dem Momentanbedarf der Anlage angepasst werden. In den meisten Fällen sind Regelbereiche von 1:10 bei modulierender Regelung vollkommen ausreichend. Um zu zeigen, warum die Regelbereiche nicht unbegrenzt erweitert werden können, zunächst einige Details zu einer Standardregelung mit pneumatisch wirkendem Verbundregler (**Bild 1**).

Der in der Gasleitung installierte Gleichdruckregler Pos. 3 (hier ein Kombi-Gerät VAG), bestehend aus Regler und Magnetventil, ist mit einer Impulsleitung Pos. 4 zur Luftseite des Brenners verbunden. Das Sig-

nal des Temperaturreglers wirkt auf den Stellmotor der Luftregelklappe Pos. 5 und 6. Je nach Leistungsanforderung öffnet oder schließt sich die Regelklappe. Der sich ändernde Luftdruck wird über die Impulsleitung Pos. 4 und den Kombi-Gleichdruckregler Pos. 3 in einen gleichen Gasdruck übertragen, der Gasdruck und somit die Gasmenge folgt dem Luftdruck bzw. der Luftmenge.

Gasvordruckschwankungen werden durch den Gleichdruckregler Pos. 3 ausgeglichen, bei Luftdruckschwankungen folgt der Gasdruck ebenfalls dem Luftdruck (**Bild 2**).

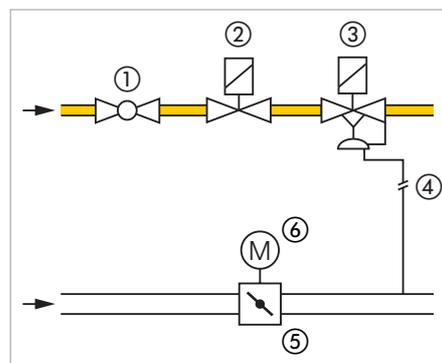


Bild 1: Standard-Ausführung für modulierende Gleichdruckregelung

Fig. 1: Modulating air/gas ratio control – standard version

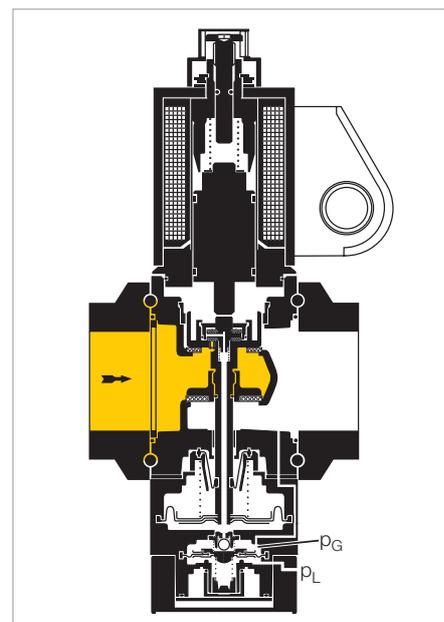


Bild 2: Schnittbild Gleichdruckregler mit Magnetventil Typ VAG

Fig. 2: Section of Type VAG air/gas ratio control with solenoid valve



Dipl.-Ing. Werner Liere-Netheler
 Elster Kromschroeder GmbH,
 Osnabrück

Tel. 05 41/1 21 43 99
 E-Mail: w.liere@kromschroeder.com

Die Grenzen üblicher Verbundregelsysteme

Bei pneumatischen Verbundreglern, die üblicherweise für solche Systeme eingesetzt werden, sollte aus Stabilitätsgründen der minimale Steuerdruck in Kleinlaststellung der Luftregelklappe 0,5 mbar nicht unterschreiten. Bei maximal geöffneter Luftregelklappe kann von einem Steuerdruck von 50 mbar ausgegangen werden, was ein Steuerdruckverhältnis von 1:100 ergibt. Entsprechend dem quadratischen Zusammenhang von Druck- zu Volumenstrom ergibt sich hieraus ein Regelbereich von 1:10. Sollte der Regelbereich bei einem maximal zur Verfügung stehenden Steuerdruck von 50 mbar auf 1:45 erhöht werden, dürfte der minimale Steuerdruck nur 0,02 mbar betragen. Dem gegenüber ist bei einem festgelegten minimalen Steuerdruck von 0,5 mbar der maximale Luftsteuerdruck auf 1 012,5 mbar zu erhöhen, um einen Regelbereich von 1:45 zu erreichen. Beide Maßnahmen sind jedoch nicht realistisch: Entweder muss der Regler deutlich außerhalb seines angegebenen Leistungs- und Stabilitätsbereiches arbeiten oder aber der zu erzeugende Luftdruck lässt einen wirtschaftlichen Betrieb nicht mehr zu.

Erweiterter Regelbereich

Um die großen Vorteile der Gleichdruckregelung weiterhin nutzen zu können, wird mithilfe der Kaskadenregelung der Regelbereich aufgeteilt. So können weiterhin handelsübliche Gebläse mit Drücken <80 mbar verwendet werden.

Bei einem angestrebten Regelbereich von 1:45 beträgt die errechnete minimale Leistung 2,2 Prozent.

Bild 3 zeigt schematisch den Aufbau der Kaskadenregelung, bei der parallel zur Kompaktarmatur VAG Pos. 3 (Gleichdruckregler-Magnetventil-Kombination) ein Line-

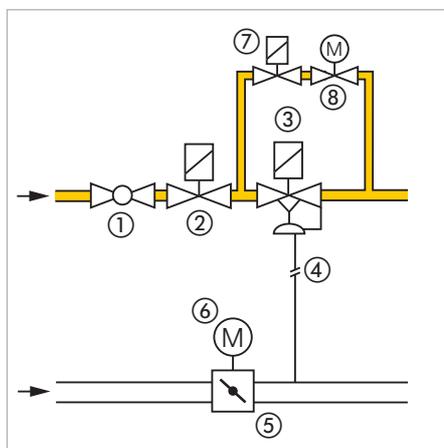
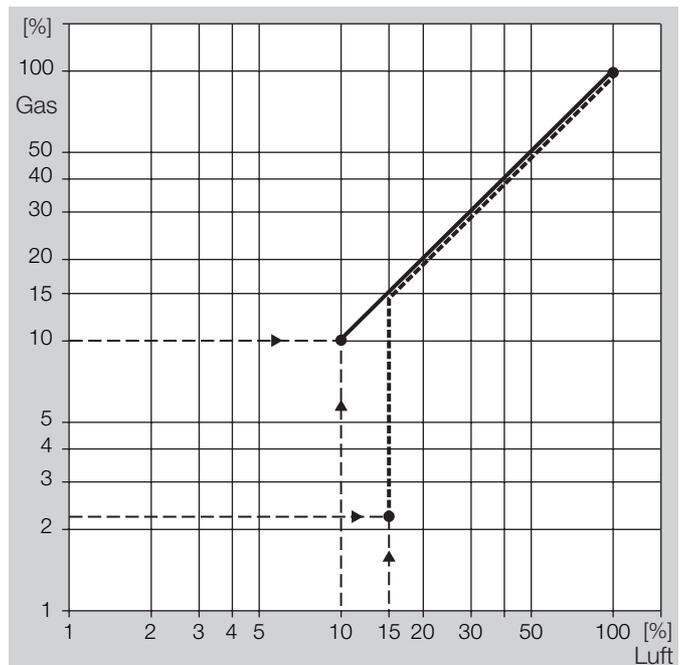


Bild 3: Ausführung für modulierende Gleichdruckregelung mit Bypassstrecke für Kaskadenregelung

Fig. 3: Modulating air/gas ratio control with bypass line for cascade control

Bild 4: Gas-Luft-Volumenstrom bei standardmäßiger Gleichdruckregelung und bei Kaskadenregelung

Fig. 4: Gas/air flow rate with standard air/gas ratio control and cascade control



arstellglied LFC Pos. 8 und ein Magnetventil VAS Pos. 7 eingesetzt wird. Im Leistungsbereich von 100 Prozent bis 15 Prozent wird mit der bewährten Gleichdruckregelung gearbeitet. Im Leistungsbereich von 15 Prozent bis 2,2 Prozent wird auf den Bypass gewechselt. Die Leistungsregelung wird dann vom Stellmotor Pos. 6 der Luftregelklappe Pos. 5 auf den Stellmotor des LFC-Stellglieds Pos. 8 umgeschaltet. Während des Betriebs im Leistungsbereich <15 Prozent verbleibt die Luftregelklappe in der minimalen Position. Der Brenner wird in diesem Leistungsbereich mit Luftüberschuss betrieben, um sicher zu stellen, dass trotz der sehr geringen Strömungsgeschwindigkeiten des Gases genügend Mischenergie zur Verfügung steht, um einen sicheren und sauberen Ausbrand zu gewährleisten.

Bild 4 zeigt den Unterschied der jeweiligen Gas-Luft-Volumenströme bei standardmäßiger Gleichdruckregelung und bei der Kaskadenregelung.

Sicherheitsanforderungen an die Leistungsregelung:

In der EN 746 - Teil 2 ist detailliert beschrieben, welche Sicherheitsanforderungen an Beheizungseinrichtungen zu berücksichtigen sind. Dort wird erklärt, wie sichergestellt werden kann, dass zu keinem Zeitpunkt unkontrollierte Gas-Luftgemische entstehen, die zu gefährlichen Situationen führen können (**Bild 5**).

Es soll in diesem Beitrag jedoch lediglich auf die Besonderheiten der Kaskadenregelung eingegangen werden.

Während einer Leistungsanforderung zwischen 100 Prozent und 15 Prozent arbeitet

die Anlage mit pneumatischem Verbund. Die Leistungsverstellung erfolgt über das Ansteuern des Stellmotors Pos. 6 der Luftregelklappe Pos. 5. Die Anpassung an die erforderlichen Gas- und Luftdrücke erfolgt über feststehende Blenden oder Einstellorgane (Pos. 9 und 10) während der Inbetriebnahme. Eine unkontrollierte Mischung von Gas und Luft ist bei richtiger Einstellung und intakten Geräten somit ausgeschlossen (**Bild 6**).

Die maximale Brennerleistung ist über die voll geöffnete Luftregelklappe Pos. 5 definiert, die minimale Leistung über die Kleinlaststellung. Beide Positionen sind über die Endschalter des Stellmotors Pos. 6 fixiert. Der Leistungsbereich 15 Prozent bis 2,2 Prozent kann erst dann starten, wenn die Luftregelklappe Pos. 5 die minimale Stellung erreicht hat. Nach einer Verzögerungszeit erfolgt eine Umschaltung auf das

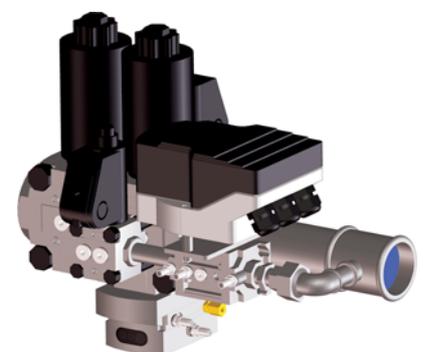


Bild 5: Gassicherheits- und Regelstrecke-Bypass bestehend aus 2x VAS, VAG und LFC für Kaskadenregelung

Fig. 5: Gas safety and control system bypass consisting of 2 x VAS, VAG and LFC for cascade control

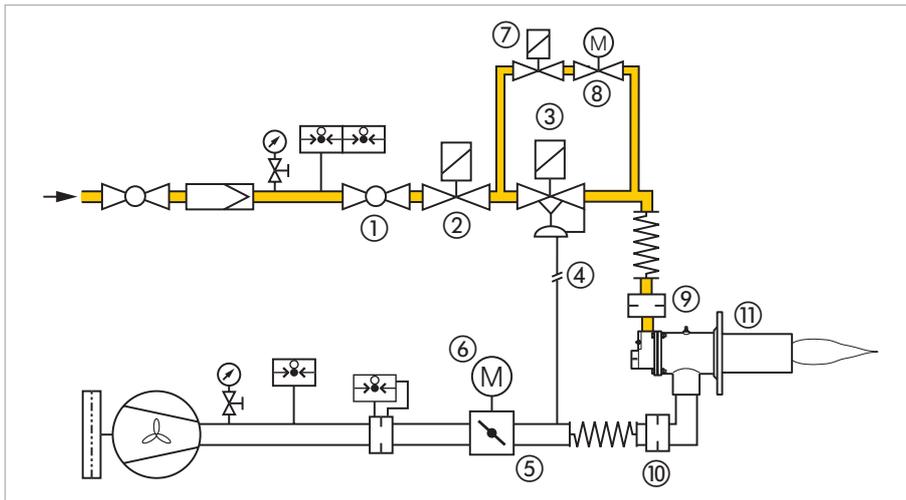


Bild 6: Ausführung einer Beheizungseinrichtung nach EN 746 Teil 2
Fig. 6: Heating installation as per EN 746, Part 2

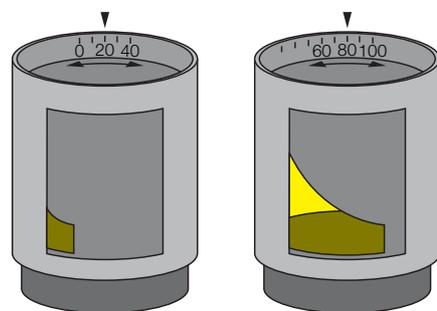


Bild 7: Drosselzylinder und Linearstellchieber des Linearstellgliedes LFC
Fig. 7: Flow restricting cylinder and linear slide control valve for linear flow control LFC

Linearstellglied LFC, Pos. 8. Das Luftstellglied bleibt in der Position; die Leistungsverstellung erfolgt gassseitig. Die maximale Gasmenge wird während der Inbetriebnahme bei voll geöffnetem LFC-Stellglied Pos. 8 über dem im Gerät vorhandenen Drosselzylinder auf die erforderlichen 15 Prozent eingestellt. Die minimale Position wird bei 2,2 Prozent über einen Endschalter begrenzt (**Bild 7**).



Bild 8: Industriegasbrenner ZIC 200 in Verbindung mit einem Keramikrohrset TSC
Fig. 8: Industrial gas burner ZIC 200 combined with ceramic tube set TSC

Diese Maßnahmen führen dazu, dass zu keinem Zeitpunkt unkontrollierte Gasmen-gen in den Verbrennungsraum strömen können. Damit sich keine Ablagerungen in den Armaturen und Rohrleitungen bilden, muss die Luft sauber oder aufbereitet sein. Über die Luftdrucküberwachung muss gewährleistet werden, dass der erforderliche Luftdruck zur Verfügung steht.

Brenner

Das in Bild 4 dargestellte System, hier beispielhaft ein Industriegasbrenner Typ ZIC 200 RB 0/ 235 in Verbindung mit einem Keramikrohrset Typ TSC 200, kann in Leichtbauweise auch für hohe Ofentemperaturen eingesetzt werden. Ein zusätzlicher Brennerstein ist nicht erforderlich (**Bild 8**).

Der Brenner ist für den nahstöchiometrischen Betrieb und einen Regelbereich von 1:10 über die besondere Brennerkopfkonstruktion für den CO-armen bzw. CO₂-optimierten Ausbrand konstruiert.

Da der Brenner direkt elektrisch gezündet und ionisch überwacht werden kann, ist eine Flammenüberwachung mit UV-Sonde, die für den Dauerbetrieb sehr aufwändig und kostspielig ist, nicht nötig. In Verbindung mit der Kaskadenregelung ist der

Brenner in der Lage, auch mit sehr geringen Anschlussleistungen betrieben werden zu können. Unter Laborbedingungen konnten Regelbereiche von >1:50 erreicht werden, >1:45 sind in der Praxis realisierbar (**Tabelle 1**).

Elektrische Steuerung

Bei der Konstruktion der Steuerung sind die Anforderung der EN 746-2, der EN 60204 sowie der EN 50156 zu berücksichtigen. Diese Normen beschreiben die Funktionen und Anforderungen, welche die Steuerung im Hinblick auf die Brennerüberwachung und Regelung zu erfüllen hat.

Beispiele sind:

- Gasdruck min./max.
- Luftdruck min.
- Vorspülung
- Dichtheitskontrolle
- Brennerstart (definierte Startlast)
- Flammenüberwachung
- Regelung

Beispielhaft ist in Bild 7 ein Schaltschrank mit einem Gasfeuerungsautomaten für Einzelbrenneranwendung des Typs BCU 370 gezeigt. Neben dem automatischen Brennerstart und der Flammenüberwachung erfüllt dieser Automat auch weitere der oben genannten Funktionen.

Zur Brennerüberwachung bei einer Kaskadenregelung kann jedoch jeder andere Gasfeuerungsautomat (für Dauerbetrieb) eingesetzt werden. Entscheidend für den Betrieb ist die Umschaltung der Stellglieder bei einer Leistung von 15 Prozent. **Tabelle 2** zeigt, welches Ventil / Stellglied zu welchem Zeitpunkt angesteuert bzw. wie es positioniert sein sollte.

Um diese komplexe Ansteuerung zu realisieren, kommt neben dem Gasfeuerungsautomaten eine Mini-SPS zum Einsatz.

Die Ansteuerung des Luft- und Gasstellgliedes erfolgt in der Regel über ein Dreipunktschritt-Signal. Um zu verhindern,

Tabelle 1: Verschiedene Brennergrößen, geeignet für große Regelbereiche in Verbindung mit der Kaskadenregelung. Betrieb mit Erdgas und R- Brennerköpfen, Ionisations- Flammenüberwachung und Kaltluftbetrieb.

Table 1: Various burner sizes, suitable for wide control ranges in conjunction with cascade control system. For natural gas with R-burner head, ionisation flame supervision and cold air operation.

Brennertyp	Leistung [kW]	Umschaltpunkt [kW]	Min. Leistung [kW]	Regelbereich [1]
BIC 65	50	5	1,7	1 : 30
BIO 80	150	15	3,8	1 : 40
BIO 140	450	65	11	1 : 40
ZIO 165	630	63	18	1 : 35
ZIC 200	1000	150	22	1 : 45

Tabelle 2: Elektrische Ansteuerung der Stellglieder und Abfrage der Endschalter

Table 2: Electrical activation of control elements and limit switch scanning

	Hauptgas		Bypass			Luft	
	Pos. 2	Pos. 3	Pos. 7	Pos. 8		Pos. 5 u. 6	
Zustand	Gasventil	Gasventil/ Regler	Gasventil	Linearstellglied LFC		Motor IC 20 für Luftstellglied	
	VAS	VAG	VAS	Stellung	Endschalter max.	Stellung	Endschalter min.
Brenner AUS	ZU	ZU	ZU	–	–	MIN	EIN
Vorspülung	ZU	ZU	ZU	–	–	100%	AUS
Zündung	AUF	AUF	AUF	AUF	EIN	MIN	EIN
Gas <= 15%	AUF	ZU	AUF	AKTIV	AUS	MIN	EIN
Gas > 15%	AUF	AUF	AUF	AUF	EIN	AKTIV	AUS

dass es im Bereich einer Leistungsanforderung von 15 Prozent zu einem ständigen Umschalten der Leistungsbereiche kommt, ist in der Mini-SPS eine Hysterese realisiert. Die Parameter der Hysterese lassen sich vor Ort an die Gegebenheiten der Anlage anpassen.

Die zwei in der Schaltschranktür befindlichen Siebensegmentanzeigen geben Auskunft über die aktuelle Position der Stellmotore Pos. 6 und 8 der Luftregelklappe und des Linearstellgliedes.

Über einen Wahlschalter in der Schaltschranktür kann die Leistungsverstellung

von Hand zwischen 2,2 Prozent und 100 Prozent erfolgen. Alternativ kann ein Temperaturregler zum Einsatz kommen (in diesem Schaltschrank nicht vorhanden).

Fazit

Mithilfe der Kaskadenregelung ist es möglich, den Regelbereich unter Verwendung herkömmlicher Regel-, Sicherheits- und Brennersysteme auf >1:45 zu erweitern. Hierbei können zudem die Vorteile der Gleichdruckregelung genutzt werden. Die Systeme arbeiten mit den üblichen Anschlussdrücken für Gas und Luft. Eine Flammenüberwachung erfolgt im Dauerbetrieb sicher, einfach und kostengünstig mit Ionisationsüberwachung.

Literatur

[1] Wohlschläger, Wicker: Beheizungssysteme für die Stahlindustrie, GASWÄRME International (54) Nr. 8/2005.
 [2] Liere-Netheler: Pot Burners – Technology for the High-Temperature Zone of Tunnel Kiln Installations in the Ceramic Industry, Tile & Brick Int. Volume 12, No. 5, 1996. ■