

Werner Schneider, Manfred Gemmer

PILLARD FEUERUNGEN GmbH, Taunusstein/Germany

Braunkohlenstaubgefeuerte Heißgaserzeuger für Trocknungsprozesse

Zusammenfassung: Betriebserfahrungen von über hundert ausgeführten Anlagen haben die sehr hohe Verfügbarkeit der kohlenstaubgefeuerten PILLARD Heißgaserzeuger bestätigt. Der sehr hohe erzielbare Ausbrand von bis zu 99 % erhöht darüber hinaus die Wirtschaftlichkeit. Durch vormontierte Anlagenteile ist eine schnelle und problemlose Umrüstung gewährleistet. Der Preisvorteil der heimischen Braunkohle sichert dabei eine kurze Amortisationszeit der Investitionskosten.

Hot gas generator fired with pulverized lignite for drying processes

Summary: Operational experience with over a hundred existing plants has confirmed the very high level of availability of the pulverized-coal-fired PILLARD hot gas generator. The cost-effectiveness is also increased by the very high burnout rate of up to 99 % that can be achieved. Rapid, trouble-free, retrofitting is guaranteed by preassembled sections of plant. The price advantage of domestic lignite ensures a short pay back time for the capital cost.

Générateurs de gaz chauds à chauffe à la lignite pulvérisée pour les processus de séchage

Résumé: L'expérience d'exploitation acquise sur plus de cent installations réalisées a confirmé la disponibilité très élevée des générateurs de gaz chauds à chauffe à la lignite pulvérisée PILLARD. Le taux de combustion très élevé de près de 99 % augmente par ailleurs la rentabilité. Des éléments d'installation préassemblés assurent une conversion rapide et sans problème. L'avantage de prix de la lignite locale assure ici une courte période d'amortissement des frais d'investissement.

Generador de gases calientes encendido con lignito pulverizado para procesos de secado

Resumen: Las experiencias en la operación de más de cien plantas confirman el alto nivel de disponibilidad de los generadores de gases PILLARD encendidos con carbón pulverizado. El alto nivel de combustión de hasta el 99% incrementa la rentabilidad. El equipamiento rápido y sencillo está garantizado con secciones prefabricadas de la instalación. El coste menor de un lignito local asegura una rápida amortización de la inversión.

1 Einführung

Typische Anwendungsgebiete für kohlenstaubgefeuerte Heißgaserzeuger sind zum Beispiel die Trocknungsanlagen in der Steine- und Erden-Industrie, wo sie zur Trocknung von Rohmehl, Schlacken- und Hüttensand, Zement und Kohle eingesetzt werden. Aber auch in der Gips-, Zucker- und Kaliindustrie sind diese Heißgaserzeuger erfolgreich im Einsatz.

Rasant ansteigende Energiepreise üben derzeit einen ungeheuren Kostendruck auf die Betreiber von Anlagen aus, in denen Heißgase zur Trocknung von Produkten benötigt werden. Als Folge dieser Entwicklung denken immer mehr Anlagenbetreiber darüber nach Erdgas, Heizöl S und Heizöl EL durch kostengünstige heimische Energieträger zu ersetzen. Braunkohle ist neben Steinkohle der Energieträger mit den weltweit größten Reserven.

Allein in Deutschland lagern derzeit etwa 77 Mrd. t Braunkohle, von denen 53 % (ca. 41 Mrd. t) mit dem Stand der heutigen Technologie gewinnbar wären. Bei konstanter Förderung (2004: 181,9 Mill. t) würden die heimischen Vorräte noch für 225 Jahre ausreichen. Die vergleichsweise großen Braunkohlevorkommen in Deutschland sollten Garanten für zukünftig stabile Preise auf niedrigem Niveau sein. Anders die konkurrierenden Energieträger: Verbrennt ein Anlagenbetreiber zur Energiegewinnung Öl, zahlt er mittlerweile das Drei- bis

1 Introduction

Typical fields of application of pulverized coal fired hot gas generators are, for example, drying plants in the rock and associated products industry where they are used to dry raw meal, granulated blastfurnace slag, cement and coal. These hot gas generators are also successfully used in the gypsum, sugar and potash industries.

Rapidly rising energy prices are currently exerting tremendous pressure on the costs incurred by operators of plants where hot gases are needed for drying the products. This trend is causing an increasing number of plant operators to consider replacing natural gas, heavy fuel oil and light fuel oil by less expensive domestic fuels. Lignite, together with coal, is the fuel with the greatest worldwide reserves.

In Germany alone the reserves amount to about 77 billion t lignite of which 53 % (about 41 billion t) could be extracted using current technology. With a constant rate of extraction (2004: 181.9 million t) the domestic reserves would last for a further 225 years. The comparatively large lignite deposits in Germany should guarantee stable prices at a low level for the future. This is in contrast to the competing fuels; if a plant operator burns oil to produce energy he is now paying three- to four-times the fuel costs that would cover the quantity of lignite required.



1 Gesamtansicht einer Brennkammer
1 Complete view of a burning chamber



2 Brennkammerbrenner für Braunkohle und Heizöl EL, Leistung 8 MW
2 Burner for lignite and light fuel oil, capacity 8 MW

Vierfache der Brennstoffkosten, welche für die nötige Menge Braunkohle anfallen würden.

In Deutschland gibt es drei große Braunkohlereviere:

- die Niederrheinische Bucht
- das Mitteldeutsche Braunkohlerevier
- das Lausitzer Revier

Im Folgenden wird beschrieben, welche Besonderheiten beim Errichten eines braunkohlenstaubgefeuerten Heißgaserzeugers zu beachten sind. Grundvoraussetzung ist, dem Betreiber eine Anlage zur Verfügung zu stellen, die eine ebenso hohe Verfügbarkeit aufweist wie eine mit Gas oder Öl befeuerte Anlage – bei möglichst geringem Wartungsaufwand. Transport und Lagerung des Braunkohlenstaubes sind nicht Bestandteil der Ausführungen.

2 Heißgase zur direkten Trocknung von feuchten Massengütern

Braunkohlenstaubgefeuerte Heißgaserzeuger können überall dort eingesetzt werden, wo Heißgase zur direkten Trocknung von feuchten Massengütern bis zu einer Temperatur von ca. 1000 bis 1050 °C benötigt werden (Bilder 1–3). Darüber hinaus ist die Produktverträglichkeit hinsichtlich der Zusammensetzung der Braunkohle, hier speziell der Asche, zu überprüfen. Die Brennkammerleistungen können bis zu 60 MW betragen.

In Germany there are three large lignite-mining districts

- the Lower Rhine basin
- the Central German lignite district
- the Lusatia district

A description is given below of the special features that have to be considered when constructing a hot gas generator that is fired with pulverized lignite. The basic requirement is to provide the operator with a plant that has just as high a level of availability as a gas- or oil-fired plant – with the lowest possible maintenance costs. This examination does not cover the transport and storage of the pulverized lignite.

2 Hot gases for direct drying of moist bulk materials

Hot gas generators that are fired with pulverized lignite can be used wherever hot gases are needed for direct drying of moist bulk materials up to a temperature of about 1000 to 1050 °C (Figs. 1–3). It is also necessary to check the tolerance of the product with respect to the composition of the lignite, especially the ash. The combustion chambers can have ratings of up to 60 MW. Table 1 shows the typical composition of a Rhine lignite.

From this data it can be seen that the combustion chamber temperature of the hot gas generator must not reach the ash



3 Brennkammerdecke mit Öffnungen für Brenner, Stufenluft und Mischluft
3 Roof of the burning chamber with openings for the burner, staged air and mixing air

In **Tabelle 1** ist die typische Zusammensetzung einer rheinischen Braunkohle dargestellt.

Anhand der obigen Daten wird ersichtlich: Die Feuerraumtemperatur des Heißgaserzeugers darf die Ascheerweichungstemperatur nicht erreichen, sonst entsteht Ascheschmelz. In früheren Jahren wurden zwar so genannte Schmelzkammerfeuerungen betrieben; sie ermöglichten den flüssigen Abzug der Asche. Aufgrund des hohen Ausmauerungsverleißes und des hohen Bedienungsaufwands konnte sich diese Lösung jedoch nicht durchsetzen. Ungefähr 95 % der heutigen Trocknungsanlagen werden mit Austrittstemperaturen unterhalb der Werte für das Ascheschmelzverfahren aus Tabelle 1 gefahren, sodass eine Umstellung auf den Brennstoff Braunkohlenstaub ohne Weiteres möglich ist.

Messungen an in Betrieb befindlichen Anlagen haben ergeben, dass ca. 85 % der anfallenden Asche als Flugasche in den Trockner und in die nachgeschalteten Abscheideanlagen gelangt.

In den speziellen Fällen, wo die Beaufschlagung des Trockengutes mit absolut sauberen Heißgasen erfolgen muss, ist die Möglichkeit gegeben, über Luft-Luft-Wärmetauscher zu operieren. Entsprechende Anlagen wurden von PILLARD z. B. für Südafrika projektiert und ausgeführt. Grundsätzlich sollte bei solchen Anwendungsfällen beachtet werden, dass die Austrittstemperaturen der reinen Rauchgase auf ca. 800 bis 850 °C begrenzt sind. Zudem sind zusätzliche Investitionskosten für einen Wärmetauscher einzuplanen.

Braunkohlenstaub verbrennt in kalter Umgebung (Trocknungsanlagen, Kesselanlagen) mit hoher Reaktivität. Dies birgt den Vorteil, dass besonders diskontinuierlich betriebene Anlagen unproblematisch an- und abgefahren werden können. Der Einsatz von Anfahr-Brennstoffen (Öl oder Gas) wird somit minimiert. Bedingung ist, dass der Brenner den Brennstoff unmittelbar nach dem Austreten intensiv mit einem Teil der Verbrennungsluft mischt. Hierdurch sind auch unter ungünstigen Verhältnissen ein sehr guter Ausbrand und kurze Flammenlängen zu erzielen. Auf den vollständigen Verbrennungsablauf wird im Weiteren noch näher eingegangen.

softening temperature – otherwise molten ash would be produced. Slag tap furnaces, in which the ash could be drawn off in liquid form, had been used in the past. However, this solution was not generally adopted because of the high level of brickwork wear and the high operating cost. Approximately 95 % of the present drying plants are operated below the outlet temperatures mentioned in Table 1, which means that they can be converted directly to pulverized lignite fuel.

Measurements carried out on operating plants have shown that about 85% of the ash produced passes into the drier and the downstream collecting systems as fly ash.

In those special cases where the material being dried must be supplied with absolutely clean hot gases the operation can be carried out via air-air heat exchangers. Such plants have, for example, been designed and constructed by PILLARD for South Africa. Basically, it should be borne in mind for such applications that the outlet temperatures of the clean flue gas are limited to about 800 to 850 °C. It is also necessary to allow for additional capital costs.

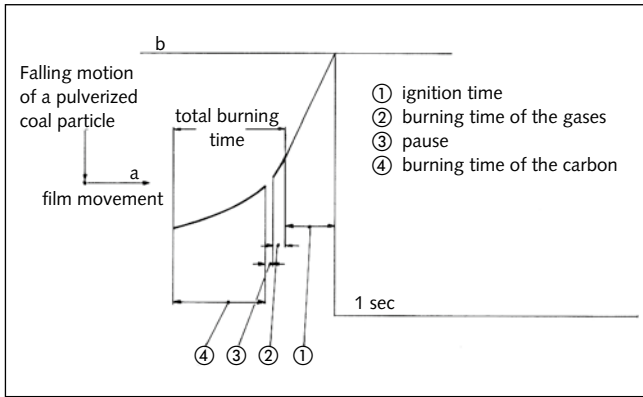
Pulverized lignite burns very reactively in a cold environment (drying plants, boiler plants). This has the advantage that plants that operate discontinuously can be started and stopped with-

Tabelle 1: Zusammensetzung einer rheinischen Braunkohle
Table 1: Composition of a Rhine lignite

Technische Bezeichnung/Technical description	Braunkohlenstaub Pulverized lignite
Schüttdichte am Siloauslauf/Bulk density at silo outlet	0.55 t/m ³
Anlieferungstemperatur/Temperature as delivered	max. 80 °C
Zündtemperatur/Ignition temperature	ca./approx. 450 °C
Ascheschmelzverhalten/Molten ash characteristics:	
– Sintertemperatur/Sintering temperature	> 900 °C
– Erweichungstemperatur/Softening temperature	> 1100 °C
– Fließtemperatur/Flow temperature	> 1250 °C
Heizwert/Calorific value (HU/net)	22 100 kJ/kg
– entsprechend/corresponding to	5300 kcal/kg
Elementaranalyse/Elemental analysis:	
– Kohlenstoff/Carbon C (i. waf*)	58.8 Gew.-%/wt. %
– Wasserstoff/Hydrogen H	4.3 Gew.-%/wt. %
– Sauerstoff/Oxygen O	21 Gew.-%/wt. %
– Schwefel/Sulfur S	0.35 Gew.-%/wt. %
– Stickstoff/Nitrogen N	0.7 Gew.-%/wt. %
Flüchtige Bestandteile/Volatile constituents	46 % i. waf-%*
Aschegehalt/Ash content	4 % i. wf-%**
Oxidanalyse der Asche/Oxide analysis of the ash:	
– SiO ₂	7 Gew.-%/wt. %
– Fe ₂ O ₃	15 Gew.-%/wt. %
– Al ₂ O ₃	5 Gew.-%/wt. %
– SO ₃	16 Gew.-%/wt. %
– CaO	35 Gew.-%/wt. %
– MgO	16 Gew.-%/wt. %
– Na ₂ O	5 Gew.-%/wt. %
– K ₂ O	1 Gew.-%/wt. %
Restfeuchte/Residual moisture	< 12 %
Mahlfineinheit/Fineness:	
– kleiner/smaller than 0.09 mm	57 %
– größer/larger than 0.20 mm	16 %
– größer/larger than 0.50 mm	0 %

* i. waf = in der wasser- und aschefreien Substanz
in the water- and ash-free substance

** i. wf = in der wasserfreien Substanz/in the water-free substance



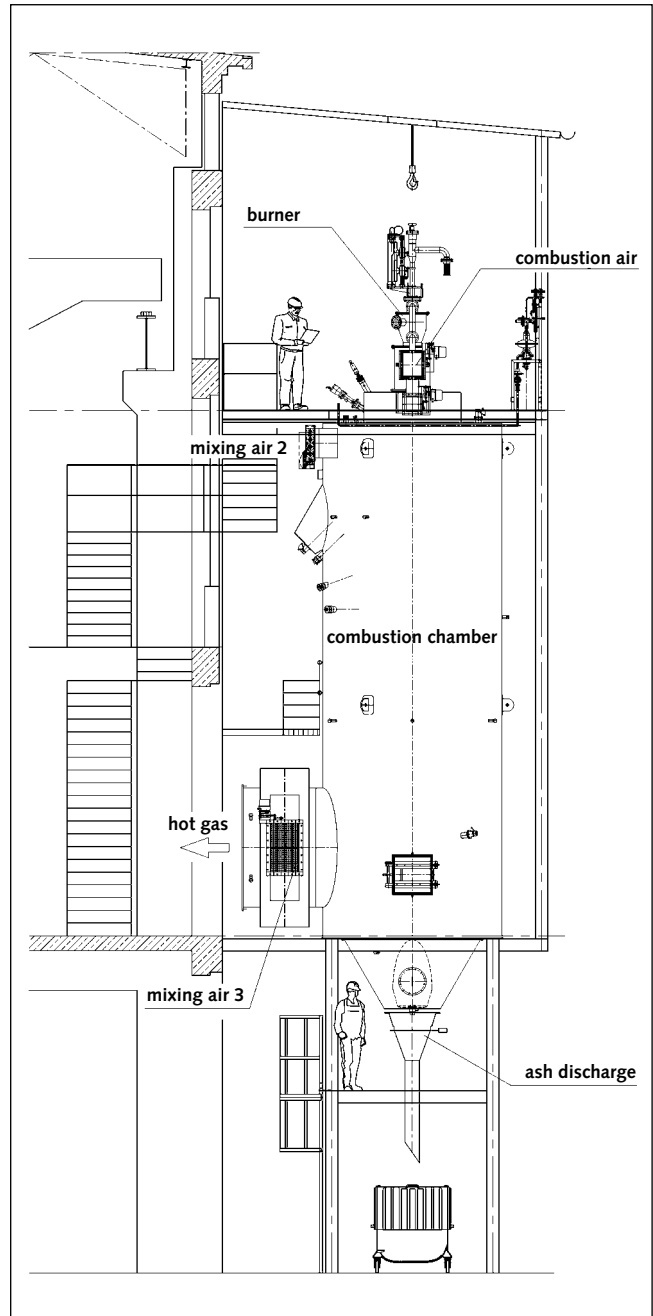
4 Abbrand eines Kohlenstaubkornes nach Haupt [1]
4 Burnout of a pulverized coal particle, acc. to Haupt [1]

3 Aufbau eines braunkohlenstaubgefeuerten Heißgaserzeugers

Der Verbrennungsablauf fester Brennstoffe unterscheidet sich grundsätzlich von denjenigen für flüssige und gasförmige Brennstoffe. Ein dem Brenner zugeführtes Gas kann nach intensiver Vermischung sofort mit der Verbrennungsluft reagieren. Flüssiger Brennstoff muss weitgehend zunächst in Dampfform überführt werden, bevor er mit der Verbrennungsluft reagiert. Bei festen Brennstoffen wird zunächst der Anteil an flüchtigen Bestandteilen ausgetrieben. Dieser reagiert mit der ersten zugeführten Verbrennungsluftmenge. Anschließend vollzieht sich die restliche Reaktion in der heterogenen Phase zwischen dem festen Kohlenstoff und der Luft. Der feste Brennstoff benötigt also zunächst ein beträchtliches Wärmeangebot, bevor die Reaktion mit der Verbrennungsluft eingeleitet werden kann. Dieser Umstand muss bei der Feuerungsraumgestaltung berücksichtigt werden. Indem die Zumischung von Luft zum Kohlenstaub-Trägerluft-Gemisch feinstufig entsprechend dem Anteil an flüchtigen Bestandteilen erfolgt, können die Reaktionsbedingungen zusätzlich verbessert werden. Der Feuerraum muss dabei so groß bemessen sein, dass in der vorhandenen Verweilzeit der Gase im Feuerungsraum eine Reaktion und ein völliger Ausbrand jedes Kornes gewährleistet sind. Zum besseren Verständnis der besonderen Probleme der Verfeuerung von festen Brennstoffe in Staubform ist es notwendig, die einzelnen Vorgänge des Abbrands eines Kohlenstaubkornes zu betrachten. In **Bild 4** ist der Brennverlauf nach Haupt [1] dargestellt.

Auf einem mit gleichmäßiger Geschwindigkeit quer verlaufenden Film ist der glühende Punkt eines in ein mit Heißluft gefüllten Quarzrohr fallenden Kohlenstaubkornes aufgezeichnet worden. Bei einer Temperaturerhöhung wird der feste Brennstoff zunächst getrocknet. Anschließend findet eine Reihe von Umwandlungsprozessen statt, die zunächst im Bereich von 200 °C zur Bildung von CO₂ und H₂O führen. Oberhalb von 300 °C treten Öltröpfchen an der Oberfläche aus und anschließend folgen bis zu einer Temperatur von 450 °C Methan und seine Homologe sowie Olefine.

Diese Vorgänge laufen in dem in Bild 4 mit 1 bezeichneten Abschnitt ab. In Abschnitt 2 verbrennen die freigesetzten Gase und Dämpfe in einer Zeit von wenigen Hundertstelsekunden. Danach folgt eine kurze Pause (3) und anschließend die Verbrennung des Kohlenstoffes (4), die den größten Teil der Zeit beansprucht. Die Brennzeit eines Kornes ist abhängig von seinen linearen Abmessungen und den physikalischen Eigenschaften der Kohle.

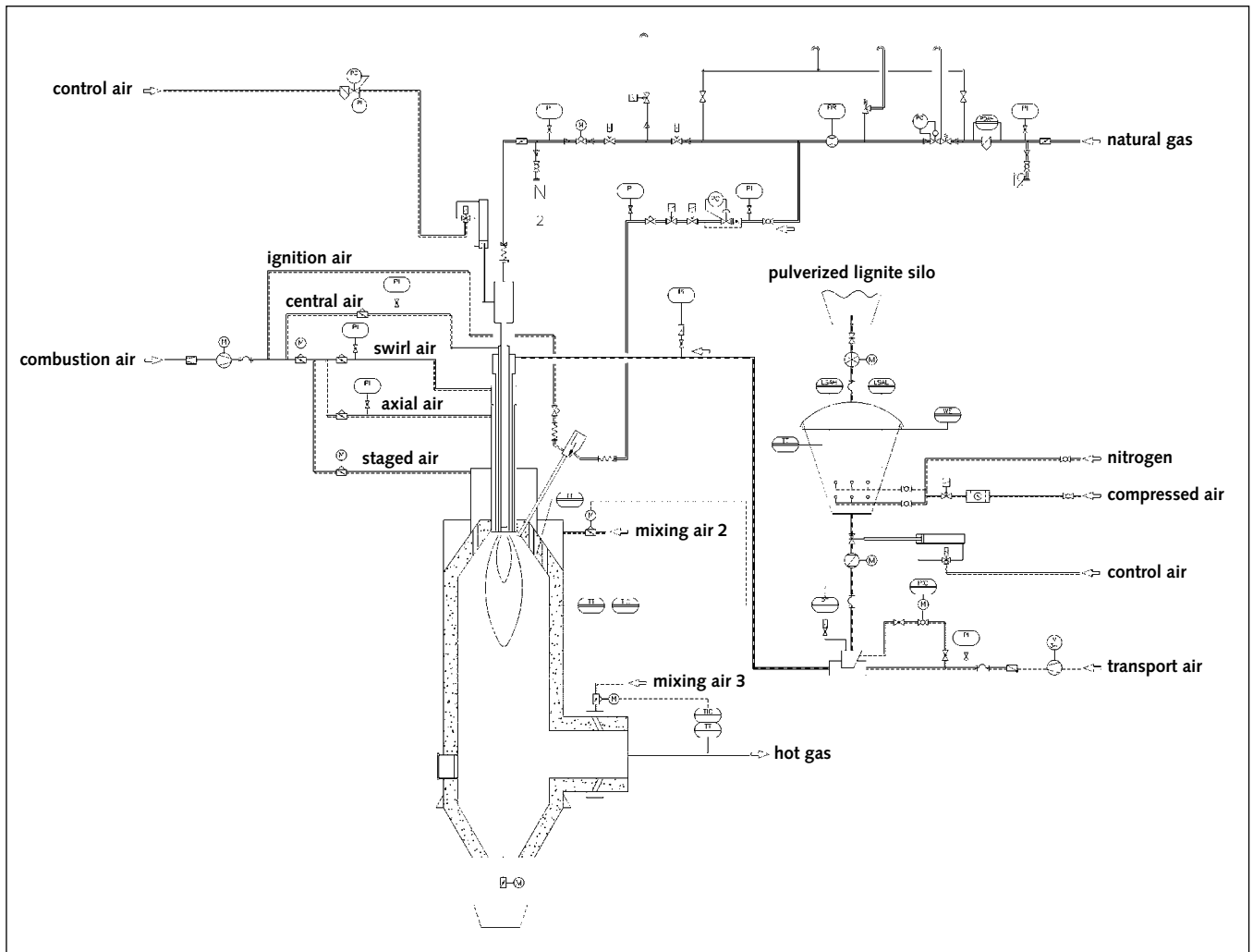


5 Grundsätzlicher Aufbau eines Heißgaserzeugers
5 Basic structure of a hot gas generator

out causing any problems, which minimizes the use of start-up fuels (oil or gas). It is essential that the fuel is mixed intensively with part of the combustion air immediately after it leaves the burner. This achieves very good burnout and short flame lengths even under unfavourable conditions. The complete combustion process is examined in greater detail below.

3 Structure of a hot gas generator fired with pulverized lignite

The combustion process of solid fuels differs fundamentally from that of liquid and gaseous fuels. A gas supplied to the burner can react immediately with the combustion air after intensive mixing. Essentially a liquid fuel must be first converted to vapour form before it reacts with the combustion air. With solid fuels the first stage is the release of the volatile constitu-



6 P&I-Diagramm einer Gesamtanlage mit Erdgas als Anfahrstoff

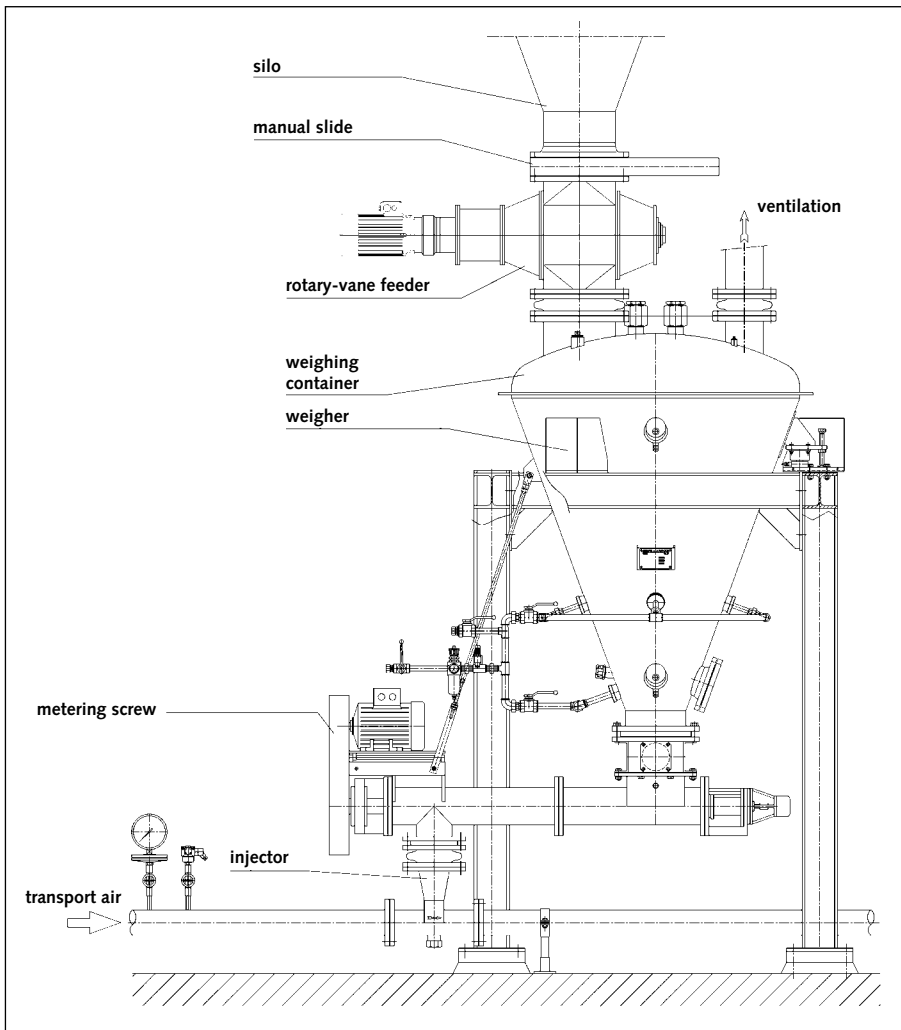
6 P&I diagram of a complete plant with natural gas as the start-up fuel

Die besondere Bedeutung eines hinreichend bemessenen Feuerraums geht aus der vorstehenden Betrachtung hervor. Prinzipiell werden alle PILLARD-Heißgaserzeuger für feste staubförmige Brennstoffe, also auch für Braunkohlenstaub, in senkrechter Bauart ausgeführt (**Bild 5**). Ausnahmen sind jene Fälle, in denen die Verfügbarkeit und der Wartungsaufwand untergeordnete Rollen spielen und es aus baulichen Gründen keine Alternativen gibt. Ein Grund für die senkrechte Variante ist das Vermeiden von Ascheablagerungen in der Brennkammer. So haben Erfahrungen aus liegend ausgeführten Brennkammern gezeigt, dass auch bei geringem Ascheanteil in der Braunkohle bei einem Dreischichtbetrieb eine wöchentliche, händische Reinigung der Brennkammer von Staubablagerungen notwendig wird. Zudem erlaubt die senkrechte Bauart, den Brennstoff mit relativ geringer Geschwindigkeit aus dem Brenner austreten zu lassen und somit die Verweilzeit des Kohlenstaubkorns in der Brennkammer zu erhöhen

Um dem o. a. Ausbrandverhalten des Kohlenstaubs Rechnung zu tragen, ist – wie aus der Abbildung ersichtlich – die Zuführung der Verbrennungsluft zweistufig aufgebaut. Über den Brenner wird ein Anteil von $\lambda = 0,7$ zugeführt, über den Brennkammerkonus als so genannte Stufenluft noch einmal ein λ von $0,6$. Die Zuführung der „Mischluft 2“ hält die Brennkammerinnentemperatur auf den schon erwähnten ca. 1000 bis 1050°C , um Ascheschmelz zu vermeiden. Die

ents, which then react with the quantity of combustion air that is introduced initially. The rest of the reaction between the solid carbon and the air then takes place in the heterogeneous phase. This means that the solid fuel needs a considerable heat input first before the reaction with the combustion air can be initiated. This has to be taken into account in the configuration of the combustion chamber. The reaction conditions can also be improved by adding the air to the mixture of pulverized coal and carrier air in small stages to suit the content of volatile constituents. The combustion chamber must be made large enough to ensure that each particle can react and burn out completely during the residence time of the gas in the combustion chamber. For a better understanding of the particular problems of firing solid fuels in pulverent form it is necessary to examine the individual processes taking place during the burnout of a particle of pulverized coal. **Figure 4** shows the burning process as described by Haupt [1].

The red-hot point of a pulverized coal particle falling in a quartz tube filled with hot air is shown on a film running transversely at uniform velocity. When the temperature is increased the solid fuel is first dried. A series of transformation processes then take place, which lead initially to the formation of CO_2 and H_2O at about 200°C . Oil droplets appear on the surface above 300°C followed, up to a temperature of 450°C , by methane and its homologues as well as olefins.



7 Aufbau der Dosiereinrichtung mit gravimetrischer Dosierung
7 Structure of the metering unit with gravimetric metering

Temperatur wird über einen Regelkreis konstant gehalten. Der vollständige Ausbrand der Kohle erfolgt in der nachfolgenden Ausbrandstrecke bis zur Umlenkung und zur Zuführung der so genannten „Mischluft 3“. Mit dieser Mischluft wird die dem Trocknungsprozess entsprechende Austrittstemperatur eingestellt. Als Mischluft können Umgebungsluft, Rückbrüden oder andere zur Verfügung stehende Abgase benutzt werden. Es ist jedoch darauf zu achten, dass der Staubgehalt nicht zu hoch ist, um Ablagerungen in den Zuführungen zu vermeiden. Die vorgestellte Bauart hat sich in über hundert bereits ausgeführten Anlagen bewährt und die sehr hohe Verfügbarkeit bestätigt. Ein Ausbrandgrad des Kohlenstaubes bis zu 99 % erhöht darüber hinaus die Wirtschaftlichkeit der Anlage erheblich.

Gezündet wird der Braunkohlenstaub über einen Anfahrstoff. In der Regel werden hier Erdgas (Bild 6) oder Heizöl EL eingesetzt. Heizöl S wird normalerweise nur dann zum Einsatz kommen, wenn auch andere Feuerungen mit diesem Brennstoff versorgt werden. Der sehr hohe Anteil der flüchtigen Bestandteile der Braunkohle reduziert den Einsatz des Anfahrstoffes auf ein Minimum. Entsprechend der Philosophie des Betreibers kann die Leistung des Anfahrstoffes bis zu 100 % der Brennkammerleistung betragen, sodass auch bei einem evtl. Ausfall der Kohleanlage ein vollwertiger Betrieb gewährleistet ist. Die Braunkohle wird über eine Dosier- sowie eine pneumatische Fördereinrichtung dem Brenner zugeführt.

These processes take place in the section marked 1 in Figure 4. The gases and vapours that have been released burn in section 2 in a time of less than 1/100 second. This is followed by a short pause (3) and then by the combustion of the carbon (4), which takes up the majority of the time. The burning time of a particle depends on its linear dimensions and the physical properties of the coal.

This treatment shows the particular importance of an adequately dimensioned combustion chamber. In principle, all PILLARD hot gas generators for solid pulverent fuels, i.e. including pulverized lignite, have a vertical design (Fig. 5). The exceptions are those cases where availability and cost of maintenance are of secondary importance and, for structural reasons, there are no alternatives. One reason for the vertical design is to avoid ash deposits in the combustion chamber. Experience with horizontal combustion chambers shows that the dust deposits have to be cleaned manually from the combustion chamber every week during three-shift operation, even where the lignite contains only a small proportion of ash. The vertical design also permits the fuel to leave the burner at a relatively low velocity, which increases the residence time of the pulverized coal particle in the combustion chamber.

In order to take the above-mentioned burnout behaviour of the pulverized coal into account the combustion air is introduced in two stages – as can be seen from the diagram. Combustion air with an air ratio of 0.7 is introduced through the burner, and staged air with an air ratio of 0.6 is also introduced via the combustion chamber cone. The introduction of “mixing air 2” keeps the internal temperature of the combustion chamber to the above-mentioned figure of about 1000 to 1050 °C to avoid molten ash. The temperature is kept constant by a control loop. The complete burnout of the carbon takes place in the following burnout section up to the change in direction and the introduction of “mixing air 3”. This mixing air adjusts the outlet temperature to suit the drying process. Ambient air, exhaust vapours or other available exhaust gases can be used as mixing air. However it must be borne in mind that the dust content should not be too high in order to avoid deposits in the inlet pipes. This design has proved successful in over a hundred existing plants and confirms the very high level of availability. A burnout of the pulverized coal of up to 99 % also greatly increases the cost-effectiveness of the plant.

The pulverized lignite is ignited with a start-up fuel, usually natural gas or light fuel oil (Fig. 6). Heavy fuel oil is normally used only if other combustion systems are also being supplied with this fuel. The very high proportion of volatile constituents in the lignite reduces the use of start-up fuel to a minimum.

Je nach Anforderung des Verfahrens kann die Dosiereinrichtung als volumetrische oder gravimetrische Dosierung (**Bild 7**) ausgeführt werden.

4 Betriebserfahrungen

Ein in Deutschland befindliches Kalkwerk hatte bereits 1997 den Betrieb eines PILLARD-Heißgaserzeugers für Braunkohlenstaub aufgenommen (**Tab. 2**). Als Anfahrstoff dient Heizöl EL. Das Besondere an dieser Anlage ist das tägliche An- und Abfahren im Einschichtbetrieb, was in der Regel zum thermischen Stress der Ausmauerung und zu kurzen Lebenszeiten führt. Mittels geeigneter Materialauswahl und aufgrund der guten Zündeigenschaften der Braunkohle ist in dieser Anlage seit Inbetriebnahme keine Ausmauerung gewechselt worden, was wesentlich zur Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit beiträgt. Das morgendliche Anfahren erfolgt mit einer geringen Menge Heizöl EL, bereits nach wenigen Minuten wird Braunkohlenstaub dazugefahren und die Brennkammer weiter aufgeheizt. Nach ca. 15 Minuten wird auf alleinigen Braunkohlenstaubbetrieb umgestellt.

Tabelle 2: Betriebswerte einer Mahltrocknungsanlage
Table 2: Operating data of a combined drying and grinding mill

Getrocknetes Material/ <i>Dried material</i>	Kalkstein/ <i>Limestone</i>
Aufgabestückgröße/ <i>Feed size</i>	5–32 mm
Schüttgewicht/ <i>Bulk density</i>	~ 1.1 t/m ³
Feuchtigkeit max./ <i>Max. moisture</i>	10 % H ₂ O
Nassguttemperatur min. <i>Min. temperature of the wet material</i>	+ 1 °C
Fertiggutkörnung <i>Particle size of the finished product</i>	10 % Rückstand auf/ <i>Residue on 90 µm</i> 0 % Rückstand auf/ <i>Residue on 0.8 mm</i>
Fertigguttemperatur <i>Finished product temperature</i>	~ 110 °C
Fertiggutfeuchte <i>Finished product moisture</i>	≤ 0.2 %
Max. Leistung des Heißgaserzeugers <i>Max. capacity of the hot gas generator</i>	1.67 MW
Brennstoff/ <i>Fuel</i>	Laubag-Braunkohlenstaub <i>Pulverized brown coal from Laubag</i>
Leistung max./ <i>Max. capacity</i>	272 kg/h
Anfahrstoff/ <i>Start-up fuel</i>	Heizöl EL/ <i>Light fuel oil</i>
Leistung max./ <i>Max. capacity</i>	140 kg/h
Heißgasaustrittstemperatur max. <i>Max. hot gas exit temperature</i>	490 °C
Heißgasvolumen max. <i>Max. hot gas volume</i>	27 000 Bm ³ /h/ <i>actual m³/h</i>
Mischgasart/ <i>Kind of mixed gas</i>	Frischlufte/ <i>Fresh air</i>
Mischgastemperatur <i>Mixed gas temperature</i>	10–30 °C
Ausbrand/ <i>Burn-out</i>	≥ 97 %
NO _x	< 450 mg/nm ³ bezogen auf/ <i>related to 17 % O₂</i>
CO	< 200 mg/nm ³ bezogen auf/ <i>related to 17 % O₂</i>

Depending on the operator's philosophy the rating with the start-up fuel can be as high as 100 % of the combustion chamber rating so that full operation is guaranteed even if the coal system fails. The lignite is supplied to the burner via a metering device and a pneumatic conveying system. The metering device can be made for volumetric or gravimetric metering (**Fig. 7**) to suit the process requirements.

4 Operational experience

A lime works located in Germany started operating a PILLARD hot gas generator for pulverized lignite back in 1997 (**Table 2**). Light fuel oil is used as the start-up fuel. The daily start-up and shut-down in single-shift operation is a special feature of this plant. As a rule this leads to thermal stressing of the brickwork and to short service lives. Through suitable choice of materials and because of the good ignition characteristics of the lignite none of the brickwork in this plant has been replaced since the commissioning, which contributes substantially to the availability and cost-effectiveness. The start-up in the morning takes place with a small quantity of light fuel oil; the pulverized coal is introduced after only a few minutes and the combustion chamber heats up further. After about 15 minutes there is a changeover to operation just with pulverized lignite.

Literaturverzeichnis/Literature

- [1] Haupt, T.: Bonn, Untersuchung der Vorgänge bei der Verbrennung von Kohlenstaubteilchen. Dissertation T. H. München, 1954.