

# Online-Messung der Korngrößenverteilung von Brennstoffen

## On-line measurement of the particle size distribution of fuels

Zur Überwachung von Brennprozessen wurde in den letzten Jahren eine Reihe von modernen Überwachungssystemen entwickelt. Ökonomische Ziele bzw. Einsparungen von Brennstoff als auch die Verringerung der Emissionen gasförmiger Stoffe stehen hierbei im Vordergrund. Ein solches Überwachungssystem, das bereits erfolgreich in der Kraftwerksindustrie eingesetzt wurde, ist eine Kombination aus automatischer Probenahme, Durchflussmengenbestimmung und Korngrößenanalyse. Es handelt sich dabei um die Einzelsysteme EMIR und INSITEC.

Auf dem Gebiet der automatischen Probennahme und der Bestimmung des Kohledurchsatzes, hat INERCO aus Spanien die EMIR-Technologie entwickelt. Hiermit können die Durchflussmengen unterschiedlichster Brennstoffe, (Anthrazit, bituminöse und subbituminöse Kohle, Braunkohle usw.), zuverlässig bestimmt werden. EMIR III ist die völlig automatisierte Version der EMIR-Technologie. Im Wesentlichen besteht sie aus einer einziehbaren Sonde, die durch einen pneumatischen Zylinder aktiviert wird (Bild 1). Sie ist mit vier Probenahmeköpfen ausgerüstet, die durch einen Elektromotor in eine Drehbewegung um die Rohrleitungsachse versetzt werden kann. Die Probe wird isokinetisch angesaugt und über einen Transportschlauch zu einem Regelgerät gefördert, das mit einem Ejektor für den Transport des Luft-Kohle-Gemischs ausgerüstet ist. Die Kohlepartikel werden aus dem Strom der Förderluft mittels eines Hochleistungszyklons abgeschieden. Die gesammelte Probe gelangt zu einer automatischen Wägeeinrichtung, die mit einer Präzisionsdruckmessdose ausgestattet ist. Nach der Verwiegung kann die Probe durch Lufterdüsung aus der Wägeeinrichtung entfernt und entweder zur Transportleitung zurückgeführt bzw. zu einem Probenbehälter für die Laboranalyse geleitet werden.

Für die Messung der Korngrößenverteilung staubförmiger Stoffe werden gegenwärtig eine ganze Reihe von Verfahren auf der Grundlage unterschiedlicher physikalischer Prinzipien angewendet. Die Mehrheit davon ist jedoch nicht für den Online-Einsatz geeignet. Die gängigsten Verfahren für die Online-Messung der Teilchengröße beruhen auf der Technik der Laserlichtstreuung. Ein Beispiel ist das Korn-

A number of modern monitoring systems have been developed in recent years for monitoring fuel processes. The main focus has been on economic objectives and saving fuel as well as on the reduction of emissions of gaseous substances. One such monitoring system, which has already been used successfully in the power industry, is a combination of automatic sampling, flow measurement and particle size analysis. Individually these are the EMIR and INSITEC systems.

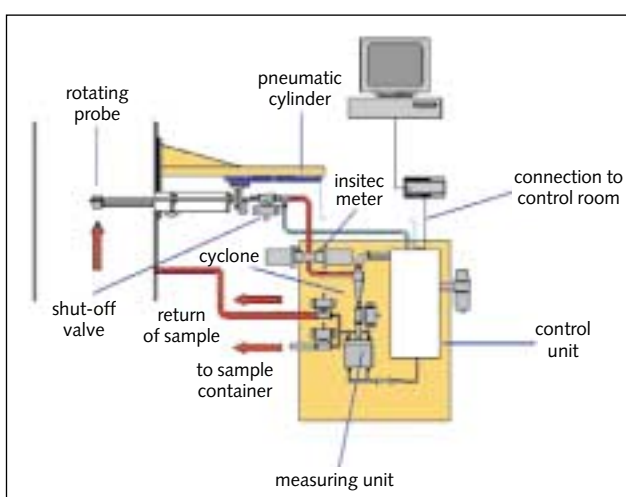
INERCO from Spain has developed the EMIR technology in the field of automatic sampling and determination of coal throughput. This enables the flow rates of widely differing fuels (anthracite, bituminous and sub-bituminous coals, lignite, etc) to be determined reliably. EMIR III is the fully automated version of the EMIR technology. It consists essentially of a retractable probe which is actuated by a pneumatic cylinder (Fig. 1). It is equipped with four sampling tips which can be rotated around the pipe axis by an electric motor. The sample is withdrawn isokinetically and transferred by a transport hose to a control unit which is equipped with an eductor for transporting the air-coal mixture. The coal particles are separated from the flow of transport air by a high-efficiency cyclone. The collected sample passes to an automatic weighing unit equipped with a high precision load cell. After it has been weighed the sample is removed from the weighing equipment by an injection of air and either returned to the transport line or delivered to a sample container for laboratory analysis.

At present a whole series of methods based on different physical principles are used for measuring the particle size distribution of powdered materials. However, the majority are not suitable for on-line use. The most successful methods for on-line measurement of particle size are based on the laser light scattering technique. One example is the INSITEC particle size analysis unit marketed by Malvern Instruments Ltd. Its mode of operation is based on the theory of Mie scattering, according to which there is a relationship between the angular scattering distribution and the particle size. INSITEC is used extensively for process development and optimization as well as for on-line monitoring and control in a number of industrial applications.

INERCO and Malvern Instruments Ltd have worked intensively on combining the two systems to form a joint monitoring system. EMIR III has been used for the first time in combination with INSITEC for automatic sampling, flow rate measurement and measurement of particle size distribution in a power station.

The basic layout is shown in Fig. 1. Initially INSITEC was installed in the transport hose between the retractable probe and the cyclone. The stream of air-coal mixture flowed through the measuring cell of the INSITEC unit. This unit measured the light extinction and the near-forward angular scattering intensity by a specific array of sensors which provided the value for the particle size distribution of the samples. The absolute coal throughput [kg/h] through the transport pipe was measured by the EMIR III.

At present this system is installed in two power stations and provides the operators with reliable measurements of the absolute coal flow rate per burner which enables the imbalance in the fuel-air ratio to be determined. The particle size distribution can also be determined from analysis of the combined samples. The initial test series with this monitoring system were carried out in Unit 2 of the Guardo



**BILD 1:** Ursprüngliche Anordnung des INSITEC-Systems in das EMIR III-System

**FIGURE 1:** Original configuration of the INSITEC system within the EMIR III system

größenanalysegerät INSITEC, das von Malvern Instruments Ltd. vermarktet wird. Seine Funktionsweise basiert auf der Theorie der Mie-Streuung, wonach eine Beziehung zwischen der Winkelstreuverteilung und der Teilchengröße besteht. INSITEC wird in großem Umfang für die Verfahrensentwicklung und -optimierung sowie für die Online-Überwachung und Steuerung in einer Reihe von technischen Anwendungsfällen eingesetzt.

INERCO und Malvern Instruments Ltd. haben intensiv daran gearbeitet, beide Systeme zu einem gemeinsamen Überwachungssystem zusammenzuführen. Erstmals ist EMIR III in Verbindung mit INSITEC für die automatische Probenahme, Durchflussmengenbestimmung und Messung der Korngrößenverteilung in einem Kraftwerk eingesetzt worden.

Den grundlegenden Aufbau zeigt Bild 1. Zunächst wurde INSITEC im Transportschlauch zwischen der einziehbaren Sonde und dem Zyklon installiert. Der Strom des Luft-Kohle-Gemisches floss durch die Messzelle des INSITEC Geräts. Mit diesem Gerät wurden die Lichtlöschung und die annähernde Vorwärtswinkelstreuintensität durch eine bestimmte Anordnung von Sensoren gemessen, die den Wert für die Korngrößenverteilung der genommenen Proben lieferten. Der absolute Kohledurchsatz [kg/h] durch die Transportleitung wurde durch EMIR III gemessen.

Gegenwärtig ist dieses System in zwei Kraftwerken installiert und bietet den Betreibern eine zuverlässige Messung des absoluten Kohlestroms pro Brenner, wodurch die Bestimmung des Ungleichgewichts im Brennstoff-Luft-Verhältnis ermöglicht wird. Darüber hinaus kann die Korngrößenverteilung aus der Analyse der gesammelten Proben bestimmt werden. Im Block 2 des Kraftwerks Guardo im Norden Spaniens wurden erste Versuchsreihen mit diesem Überwachungssystem durchgeführt (Bild 2). Der Block, der über Leistung von 350 MW verfügt, wird mit einer Mischung aus Anthrazit und bituminöser Kohle befeuert. In der Anlage laufen sechs Kugelmøhlen mit statischen Sichtern, in denen Kohlenstaub erzeugt wird, der pneumatisch zu den jeweils vier Brennern pro Møhle transportiert wird. Die durchschnittliche KorngröÙe der zum Kessel im Kraftwerk Guardo geförderten Kohle ist zu 92 % kleiner als 74 µm, gemessen nach einem traditionellen Siebverfahren.

Das installierte Überwachungssystem wurde bis Ende November 2002 zahlreichen Untersuchungen unterzogen, um die Betriebsfähigkeit, die Analysenempfindlichkeit, die Richtigkeit der Messungen und die Integration von INSITEC mit EMIR III zu untersuchen. Die Versuche wurden bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen durchgeführt. Die Messungen wurden in drei unterschiedlichen Rohrleitungen bei unterschiedlicher Beaufschlagung der Møhlen, (bezogen auf die Durchflussmenge der Förderluft), und einer unterschiedlichen Anzahl von aktiven Brennern pro Møhle durchgeführt. Bei jedem Versuch wurde eine Probe genommen, um die durch INSITEC ermittelten Werte mit denen der Absiebung im Labor zu vergleichen.

Die Messungen zeigten eine gute Reaktion auf Veränderungen Korngrößenverteilung und die Reproduzierbarkeit der Messungen war durchweg gut. Die Versuchsproben wurden zur Absiebung ins Labor geschickt, um einen Vergleich zu den mittels INSITEC gemessenen Werten zu bekommen. Der maximale Unterschied zwischen den Online- und Labormessungen betrug < 3 % und war bei unterschiedlichen Proben konstant. Dieser Unterschied macht Sinn, da bei jedem Verfahren eine unterschiedliche physikalische Qualität, bezogen auf die Teilchengröße, gemessen wird und innerhalb der Software in eine Korrelation gebracht werden kann.

Die ursprüngliche Anordnung von INSITEC und EMIR III führte zu einigen Betriebsproblemen, die durch die Reihenfolge der Probenahme von EMIR III und die Erfordernisse

power station in northern Spain (Fig. 2). The unit, which has a rating of 350 MW, is fired with a mixture of anthracite and bituminous coal. There are six ball mills with static classifiers operating in the plant in which pulverized coal is generated and then transported pneumatically to the burners. Each mill supplies four burners. The average particle size of the coal transported to the boiler in the Guardo power station is 92 % less than 74 µm, measured by a traditional sieving method.

Up to the end of November 2002 the installed monitoring system was subjected to numerous investigations in order to examine the operational capability, the sensitivity of the analysis, the correctness of the measurements and the integration of INSITEC with EMIR III. The trials were carried out under different operating conditions. The measurements were carried out in three different pipelines and with different mill feed rates (relative to the flow rate of transport air) and a different number of active burners per mill. A sample was taken in each test to compare the values determined by INSITEC with those obtained by sieving in the laboratory.

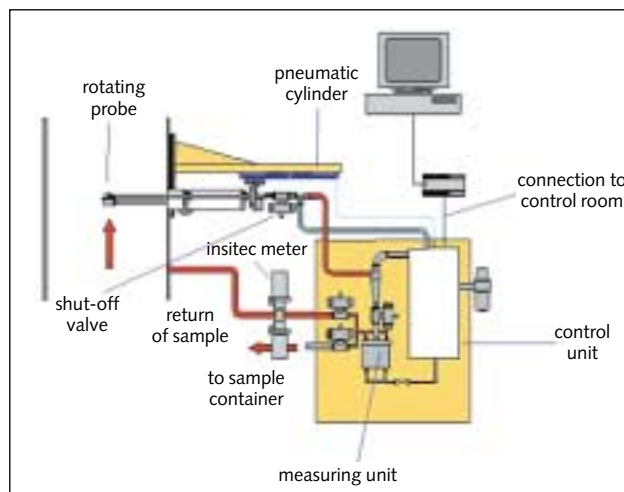
The measurements showed good reaction to changes in particle size distribution, and the reproducibility of the measurements was uniformly good. The test samples were sent for sieving in the laboratory to obtain a comparison with the values measured by INSITEC. The maximum difference between the on-line and laboratory measurements was < 3 % and was constant for different samples. This difference makes sense, as each method measures a different physical quantity relating to the particle size and can be correlated within the software.

The original configuration of INSITEC and EMIR III led to some operating problems associated with the EMIR III sampling sequence and the requirement of INSITEC for adequate particle dispersion. These problems made it necessary to rearrange the system, as shown in Fig. 3. INSITEC



**BILD 2: Versuchskampagne des INSITEC-EMIR III-Systems bei Guardo P.S.**

**FIGURE 2: Test campaign for INSITEC-EMIR III at the Guardo power station**



**BILD 3: Endgültige Anordnung des INSITEC-Systems in das EMIR III-System**

**FIGURE 3: Final position of INSITEC within the EMIR III system**

einer adäquaten Partikeldispersion von INSITEC hervorgerufen wurden. Diese Probleme machten eine neue Implementierung der Systeme erforderlich, wie in **Bild 3** dargestellt wird. Dabei wird INSITEC im Rücklaufschlauch angeordnet, nachdem die Probe durch EMIR III gewogen wurde.

Die Prüfverfahren haben gezeigt, dass es eine potentielle Möglichkeit gibt, die Systeme EMIR III und INSITEC für Online-Messungen der Korngrößenverteilung in Kohlekraftwerken zu integrieren. Das System kann dafür verwendet werden, die Qualität des den Brennern zugeführten Brennstoffs zu überwachen. Des Weiteren wird überprüft, ob die Korngrößenverteilung der Kohle den Spezifikationen der Mühle gerecht wird und ob gegebenenfalls eine vorbeugende Instandhaltung der Mühle durchgeführt werden muss.

Die gesamte Überwachungstechnologie sieht zudem ein weiteres System zur Gasanalyse vor. Diese Technologie namens OPTICOM soll an dieser Stelle jedoch nur kurz erwähnt werden. Die patentrechtliche Gültigkeitserklärung für das neue Überwachungssystem bestehend aus EMIR III, INSITEC und OPTICOM erlaubt es, Regelungsstrategien zu realisieren, die zu geringeren Emissionen von Stickoxiden, einer Erhöhung des Wirkungsgrades der Verbrennung sowie zu einer Reduzierung des Verschleißes von Zubehör führen. Dies konnte bereits für den Anwendungsbereich in der Kraftwerksindustrie erfolgreich bewiesen werden. ■

is now located in the return hose after the sample has been weighed by EMIR III.

The tests have shown that it is potentially possible to integrate the EMIR III and INSITEC systems for on-line measurement of the particle size distribution in coal-fired power stations. The system can be used for monitoring the quality of the fuels supplied to the burners. It can also check whether the particle size distribution of the coal complies with the mill specifications and whether preventive maintenance of the mill may be necessary.

The overall monitoring technology also has provision for another system for gas analysis. This technology, called OPTICOM, will be mentioned only briefly here. Verification of the capabilities of the new monitoring system consisting of EMIR III, INSITEC and OPTICOM makes it possible to implement control strategies which lead to lower emissions of nitrogen oxides, increase the efficiency of the combustion and reduce the wear to the accessories. This has already proved successful for application in the power station industry. ■