

If lime, marl and clay from different sources in variable quality and alternative raw materials are fed to a mixing process, a specific strategy for the mix-bed structure and in controlling the material composition before the mill is required. ABB there has such a system, which is presented in the following.

TEXT Andrew Wilson, Head of Collaborative Production Management Solutions for Minerals, ABB Switzerland, Baden-Dättwil/Switzerland

Werden Kalk, Mergel und Ton aus unterschiedlichen Quellen in variabler Qualität sowie alternative Rohmaterialien einem Mischprozess zugeführt, ist eine besondere Strategie für den Mischbettaufbau und bei der Steuerung der Materialkomposition vor der Mühle erforderlich. Von ABB gibt es ein solches System, das im folgenden Beitrag vorgestellt wird.

ABB

Integrated quality assurance from the quarry to the raw meal silo

Integrierter Ansatz zur Rohmehlherstellung von der Grube bis zum Rohmehlsilo

1 Introduction

Highly variable material in the quarries, the usage of alternative raw materials (for instance fly ashes and sewage sludges) as well as the cost pressure regarding the employed corrective materials: these factors total up to form a complex set of tasks when manufacturing

1 Einleitung

Alte Kalkstein- und Tongruben mit hoher Materialvariabilität, der Einsatz von alternativen Rohmaterialien, Flugasche und Klärschlämmen, sowie der Kostendruck auf die verwendeten Korrekturmaterialien vor der Mühle, summieren sich zu einer komplexen Aufga-

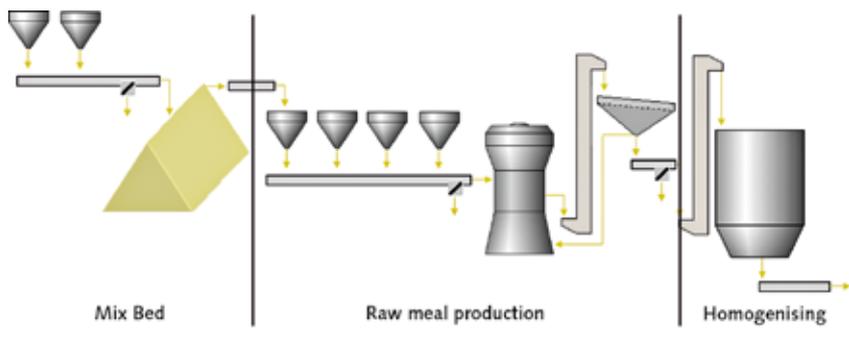


raw meal for the production of cement clinker. This situation calls for the use of integrated mixture control concepts starting in the quarry control the blending bed stacking and assure minimum standard deviation of the lime standard and other moduli upstream of the mill and in the material taken from the corrective material silos. The prerequisites for realization of this concept are minimized raw material costs and reliable, consistent quality.

This article describes the application of the Expert Optimizer (EO), an expert system from ABB, utilizing the Raw-Material-Proportioning (RMP) strategy. As a mixture control system, it regulates the blending bed stacking to ensure the achievement of a set material composition upstream of the mill. It operates as an integrated system together with the monitoring analysis systems and the necessary infrastructure. Particular consideration is given to the differences between neutron activation systems and near-infrared systems.

benstellung bei der Herstellung von Rohmehl mit einer niedrigen Standardabweichung beim Kalkstandard und anderen Kontrollmodulen. Daher sind integrierte Mischregelungskonzepte gefordert, die bei der Grube ansetzen und über eine Regelung des Mischbettaufbaus bis hin zur Kontrolle des Materialstroms aus dem Mischbett und der Korrektursilos bei der Mühlenbeladung eine minimale Standardabweichung des Kalkstandards und anderer Kontrollmodule garantieren. Und das alles unter der Prämisse, dies bei einem minimalen Kosteneinsatz der Rohmaterialien und mit zuverlässiger, gleichbleibender Qualität durchzuführen.

In diesem Artikel wird der Einsatz des Expert Optimizers (EO), eines Expertensystems der ABB, mit der Raw-Material-Proportioning-(RMP)-Strategie als Mischregler für den Mischbettaufbau und bei der Steuerung der Materialkomposition vor der Mühle als integriertes System vorgestellt sowie die notwendigen Infrastruktur in Bezug auf die geforderte Analytik diskutiert. Dabei wird ein spe-



1 Overview of the raw meal production process: Blending bed, raw meal production, homogenization

Prozessübersicht der Rohmehlproduktion: Mischbett, Rohmehlproduktion, Homogenisierung

2 Objectives

The general task of cement manufacturing is to incorporate quantities of limestone, marl and clay from different quarries into a process in order to ultimately meet the specified quality with respect to setpoint values and standard deviation of the lime standard (LSF) and other moduli. **Figure 1** shows the overall process to be controlled.

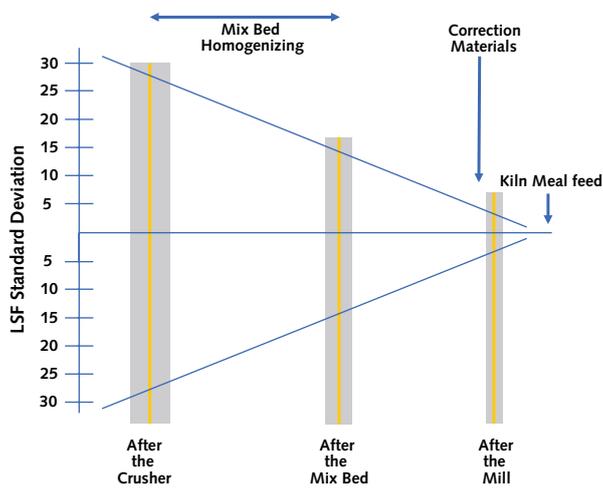
In order to better understand the task involved, one should first consider the course of the decrease in lime standard that is necessary for the production of a raw meal that has an LSF standard deviation of one (1). **Figure 2** shows the typical course that is to be found in many cement factories where there is no mixture control system for the blending bed and a laboratory-assisted manual mixture control is installed upstream of the mill. It is clear that optimization in the blending bed sector would result in a significant reduction of the LSF standard deviation after the blending bed.

Figure 3 shows (in green and light grey) an optimized mixture control, which can be achieved by using an expert system together with online analysis systems.

Due to the reduction in the LSF standard deviation downstream of the crusher, the material being discharged from the blending bed shows a constant ratio of decrease in the LSF standard deviation – due to the homogenizing effect of the blending bed and the optimization effect achieved by applying an expert system. This in turn provides an optimized starting point for the mixture control upstream of the mill and allows a

2 Course of the LSF standard deviation in a process without optimization: LSF standard deviation, blending bed homogenization, correction materials, kiln feed meal, after crusher, after blending bed, after mill

Verlauf der Standardabweichung des Kalkstandards während des Prozesses ohne Optimierung: Standardabweichung, Mischbett-Homogenisierung, Korrekturmateriale, Ofenmehl, nach dem Brecher, nach dem Mischbett, nach der Mühle



zielles Augenmerk auf die Vor- und Nachteile von Neutronenaktivierungssystemen und Nahinfrarotsystemen gelegt.

2 Aufgabenstellung

Die Aufgabe besteht darin, Mengen von Kalkstein, Mergel oder Ton aus unterschiedlichen Gruben einem Prozess zuzuführen um am Ende des Prozesses ein Rohmehl herzustellen, das den Qualitätsvorgaben in Bezug auf Sollwerte und Standardabweichung von Kalkstandard und anderen Kontrollmodulen entspricht. **Bild 1** zeigt den Gesamtprozess, den es zu betrachten gilt.

Um die Aufgabenstellung besser zu verstehen, betrachtet man zuerst einmal den Verlauf der Abnahme des Kalkstandards, der notwendig ist, um ein Rohmehl herzustellen, das eine Standardabweichung im Kalkstandard um Eins (1) hat. **Bild 2** zeigt einen typischen Verlauf, den man in fast allen Zementwerken vorfindet, wo es keine Mischregelung für das Mischbett gibt und eine laborgestützte manuelle Mischregelung vor der Mühle installiert ist. Man erkennt deutlich, dass eine Optimierung im Bereich des Mischbettes eine wesentliche Reduzierung der Standardabweichung des Kalkstandards nach dem Mischbett mit sich bringen würde.

Bild 3 zeigt (in grün und hell grau) eine optimierte Mischregelung, die durch den Einsatz von einem Expertensystem zusammen mit Online-Analysesystemen erreicht werden kann.

Durch die Reduzierung der Standardabweichung des Kalkstandards nach dem Brecher ergibt sich beim Materialabzug aus dem Mischbett eine – im Verhältnis gleichbleibende – Reduzierung der Standardabweichung durch den Homogenisierungseffekt des Mischbettes und der Optimierung durch den Einsatz des Expertensystems. Dies wiederum liefert einen optimierten Startpunkt für die Mischregelung vor der Mühle, reduziert den Einsatz von teuren Korrekturmateriale und erlaubt einen höheren Einsatz von alternativen Rohmaterialien, Flugaschen und Schlämmen.

Da nach der Mühle die Standardabweichung des Kalkstandards schon fast die Größenordnung der Standardabweichung für das Ofenmehl erreicht hat, ist die Verweildauer des Rohmehls in den Mischsilos wesentlich reduziert, was zu einer zusätzlichen Energieeinsparung führt.

3 Umsetzung Mischbett

Zur Reduzierung der Standardabweichung nach dem Brecher muss die Zuführung des Materials optimiert werden. Klassisch werden die Mischbetten horizontal lagenweise mit Kalkstein, Mergel oder Ton aufgebaut und vertikal abgekratzt. Daraus ergibt sich der Homogenisierungseffekt des Mischbettes. Wenn man beim Aufbau des Mischbettes die Materialien kontrolliert gemischt zuführt, wird die Lagenbildung – je nach Art der Zuführung per Lastwagen oder Plattenförderer – reduziert oder verhindert und das Mischbett wird nahe an den geforderten Sollwerten der Kontrollparameter eingestellt. Beim Abzug des Materials aus dem Mischbett verringert sich die Standardabweichung der Kontrollparameter durch die reduzierte Lagenbildung und der insgesamt besseren Homogenität.

reduction in the usage of expensive corrective materials, while enabling greater use of alternative raw materials.

As the LSF standard deviation downstream of the mill is already almost at the same level as that of the preheater feed meal, the retention time of the raw meal in the blending silos is considerably reduced, which leads to an additional reduction in power consumption.

3 EO/RMP concept for the blending bed

To achieve a reduction in standard deviation after the crusher, the supply of material has to be optimized. In classical form, the blending beds are built up of horizontal layers of limestone, marl or clay that are subsequently scraped away vertically. This produces the homogenizing effect of the blending bed. If the materials for building up the blending bed are supplied to it as a controlled mixture, the layers, depending on the manner of supply (by truck or apron conveyor) can be reduced or even dispensed with, and the blending bed is set up close to the required setpoint values of the control parameters. When the material is extracted from the blending bed, the standard deviation of the control parameters is again lowered by the reduced formation of layers and by the better overall homogeneity.

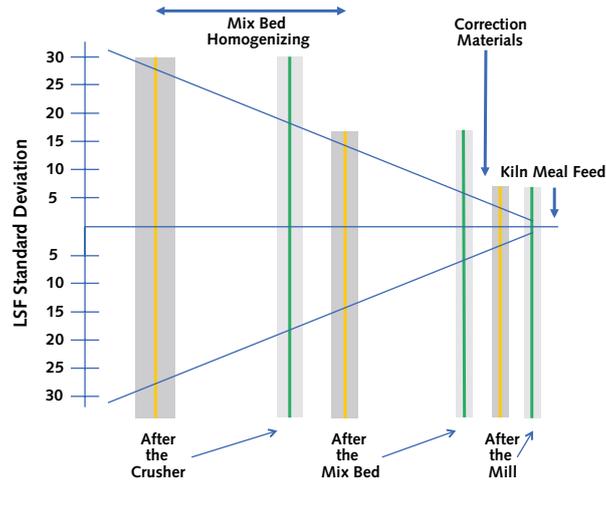
In the case of material delivery by truck, it is necessary to have a good overview of the material composition in the quarries, so as to feed specific grades of material to the crusher. For this purpose, the areas to be quarried are previously analyzed by bore hole analysis, which provides a rough plan of the material distribution in the deposits. In order to later extract a specific material quality, segments of the quarry with different material compositions are defined.

The material segments with their respective bore hole analysis data are entered in the EO/RMP. At the same time, the setpoint values for lime standard and the other control moduli are also specified in the EO/RMP.

The available trucks and their tonnage can optionally be allocated to the segments of the quarry, in order to incorporate them into the process sequence by means of targeted routing of the trucks. **Figure 4** shows the input mask for the segments of the quarry/pit. In this mask, it is possible to activate or deactivate individual segments and thus narrow down the range of materials to be supplied.

Figure 5 shows the input mask for allocation of the trucks to the segments of the quarry and their tonnage.

The material now delivered by the trucks passes through the crusher and is then examined by an on-line analyzer. The analysis data – together with the tonnage data from the conveyor scale – are adopted by the EO/RMP and the average values, related to the entire blending bed, are calculated for the desired control parameters. As the bore hole analysis only provide a rough overview of the material distribution, there are always deviations between the expected material composition and the actually delivered one, and the same applies to the delivered material quantities, due to fluctuations in the loading of the trucks. These deviations have to be taken into account in the calculations for the materials still to be supplied.



3 Reduction in LSF standard deviation through the use of EO/RMP with an online analysis system: LSF standard deviation, blending bed homogenization, correction materials, kiln feed meal, after crusher, after blending bed, after mill

Reduzierung der Standardabweichung des Kalkstandards durch den Einsatz des EO/RMP mit on-line Analysesystemen: Standardabweichung, Mischbett-Homogenisierung, Korrekturmaterialien, Ofenmehl, nach dem Brecher, nach dem Mischbett, nach der Mühle

Im Falle der Zuführung mit Lastwagen bedeutet dies, dass man einen guten Überblick über die Materialzusammensetzung in den Gruben haben muss, um dann gezielt Material dem Brecher zuführen zu können. Dazu werden vorab Bohrkernanalysen der abzubauenen Bereiche analysiert, aus denen man eine grobe Materialverteilung der Gruben erhält. Um später gezielt Material abzurufen, definiert man Grubensegmente unterschiedlicher Materialzusammensetzung.

In den EO/RMP werden die Grubensegmente mit den zugehörigen Materialanalysendaten der Bohrkernanalyse eingepflegt. Gleichzeitig werden dem EO/RMP die Sollwerte für Kalkstandard und optional den anderen Kontrollmodulen für das Mischbett vorgegeben.

Den Grubensegmenten können optional die zur Verfügung stehenden Lastwagen und deren Tonnage zugeordnet werden, um im Prozessablauf eine Routenführung der Lkw zu erreichen. **Bild 4** zeigt die Grubensegmenteingabemaske. Hier ist es möglich, Segmente zu aktivieren oder zu deaktivieren und damit die Möglichkeit der Zulieferung der Materialien einzugrenzen.

Bild 5 zeigt die Eingabemaske für die Zuordnung der Lastwagen zu den Grubensegmenten und deren Tonnage.

Die Lastwagen liefern nun Material, welches den Brecher durchläuft und danach von einem Online-Analysegerät analysiert wird. Die Analysedaten werden – zusammen mit den Tonnagewerten der Bandwaage – vom EO/RMP übernommen und die Durchschnittswerte, bezogen auf das gesamte Mischbett, für die gewünschten Kontrollparameter berechnet. Da die Bohrlochanalysen nur eine grobe Übersicht der Materialverteilung liefern, ergeben sich immer Abweichungen zwischen der erwarteten und der angelieferten Materialkomposition und -menge durch unterschiedliche Beladung der Lastwagen. Diese Abweichungen müssen in die Berechnungen für die noch anzuliefernden Materialien einfließen.

4 Input mask for the quarry segments
Eingabemaske der Grubensegmente

This is where the Model Predictive Control (MPC) and Mixed Logic Dynamics (MLD) modules of the EO/RMP come into use (Fig. 6).

MPC can be imagined like a chess match. One of the players is the process, the other is the EO/RMP. After every delivery of material by the trucks, the EO/RMP compares whether the prediction for the delivery (i.e. the reaction of the opponent) matches the actual values. If deviations are ascertained, the complete sequence of deliveries is recalculated on the basis of the determined deviations (comparable with a new sequence of chess moves). The calculations also take account of cost functions for each segment of the quarry, which are defined in advance, e.g. limestone weighted with a high cost factor, marl and clay with low cost factors.

Moreover, limiting logical conditions are also available. This is the function of the MLD, which enables the linking of pure analog and digital data with logical conditions and restrictions, e.g. the number of available trucks, their tonnage and the time required for fetching the material from the quarries. All the deviations, conditions, restrictions and cost functions are taken into account in the calculation of the materials to be delivered, and result in a mixture calculation that incorporates optimized logistics and cost involvement. The operator of the crusher control panel is then responsible for passing on the information to the truck drivers.

Naturally, the EO/RMP calculations depend on the availability speed and reliability of the analysis data. These factors differ considerably, depending on the installed online analysis system technology. All the systems available on the market provide analysis data at one-minute intervals (Fig. 7). However, systems operating on the basis of neutron activation (PGNAA) only provide a rolling average over a period of 10 minutes, as the standard deviation of analysis data on a one-minute cycle is too large.

At the moment there is only one system available on the market that is based on near infrared (NIR) tech-

Hier kommt die im EO/RMP eingesetzte Technologie der Model Predictive Control (MPC) und Mixed Logic Dynamics (MLD) zum Einsatz (Bild 6).

MPC muss man sich wie ein Schachspiel vorstellen. Ein Spieler ist der Prozess, der andere EO/RMP. EO/RMP berechnet eine zu erwartende Materialkomposition aus der Lieferung von Lastwagen – und dies nicht nur für eine Lieferung, sondern für eine Abfolge von Lieferungen, um die geforderten Sollwerte der Kontrollparameter für das gesamte Mischbett zu erreichen. (Schach: eine Abfolge von Zügen auf der Basis zu erwartender Reaktionen des Gegenspielers) Die Lastwagen liefern nun das Material, und nach jeder Fuhre vergleicht EO/RMP, ob die Voraussage der Lieferung (Schach: Reaktion des Gegenspielers) mit der Tatsächlichen übereinstimmt. Gibt es Abweichungen, wird die komplette Abfolge der Lieferungen – basierend auf den festgestellten Änderungen – neu berechnet (Schach: eine neue Abfolge von Zügen). In die Berechnungen gehen auch Kostfunktionen für jedes Grubensegment ein, die im Vorhinein definiert worden sind, z.B. Kalkstein mit hohen Kosten, Mergel und Ton mit geringen Kosten.

Weiterhin hat man auch einschränkende logische Bedingungen. Hier setzt die MLD ein, die es ermöglicht, reine analoge und digitale Daten mit logischen Bedingungen und Einschränkungen zu verknüpfen, z. B. die Anzahl der zur Verfügung stehenden Lastwagen, deren Tonnage sowie die Zeit, die benötigt wird, um das Material aus den Gruben zu holen. Alle Abweichungen, Bedingungen und Einschränkungen sowie die Kostfunktionen werden bei der Berechnung der anzuliefernden Materialien berücksichtigt und deren Materialmix aus den verschiedenen Grubensegmenten kostenoptimiert berechnet, wobei optional ein Einsatz der zur Verfügung stehenden Lastwagen vorgeschlagen werden kann. Es liegt nun am Brecherleitstandführer, diese Information an die Lkw-Fahrer zu übermitteln.

Der EO/RMP ist bei seinen Berechnungen natürlich von der Schnelligkeit und Zuverlässigkeit der Analyse-daten abhängig. Hier ergeben sich deutliche Unterschie-

5 Input mask for the truck allocation
Eingabemaske der Lastwagenzuordnung

	Zelena		Est. Tons	Cervana				Est. Tons	Oranzova		Est. Tons		
	SDP	SDP		SCH	SCH	SVB	SVB		VOH	VOH		VVB	VVB
	15t	28t		15t	28t	15t	28t		15t	28t		15t	28t
23.11.09 14:56													
23.11.09 14:57		1.00	32.71										
23.11.09 14:58													
23.11.09 14:59		1.00	32.71	1.00				17.57					
23.11.09 15:00		2.00	32.93										
23.11.09 15:01													
23.11.09 15:02		1.00	33.02										
23.11.09 15:03									1.00			33.11	
23.11.09 15:04													
23.11.09 15:05								1.00				17.79	
23.11.09 15:06				1.00				17.84					
23.11.09 15:07													
23.11.09 15:08													
23.11.09 15:09													

nology. This technology provides a real analysis value over a period of one minute. From this results a decisive advantage: The EO/RMP can only utilize the rolling average of PGNAA systems to a limited extent and can only incorporate the correction between expected and actually delivered material composition into the calculations over a lengthy period of time, because the rolling average does not really represent a “mixing” of the deliveries. In the crusher itself only a small degree of material mixture actually takes place, because the raw materials delivered to the feed hopper form layers that pass through the crusher successively. For this reason, the near infrared (NIR) technology can be employed to directly detect changes from raw material to raw material and enable a correction calculation of the material fluctuations with each material delivery.

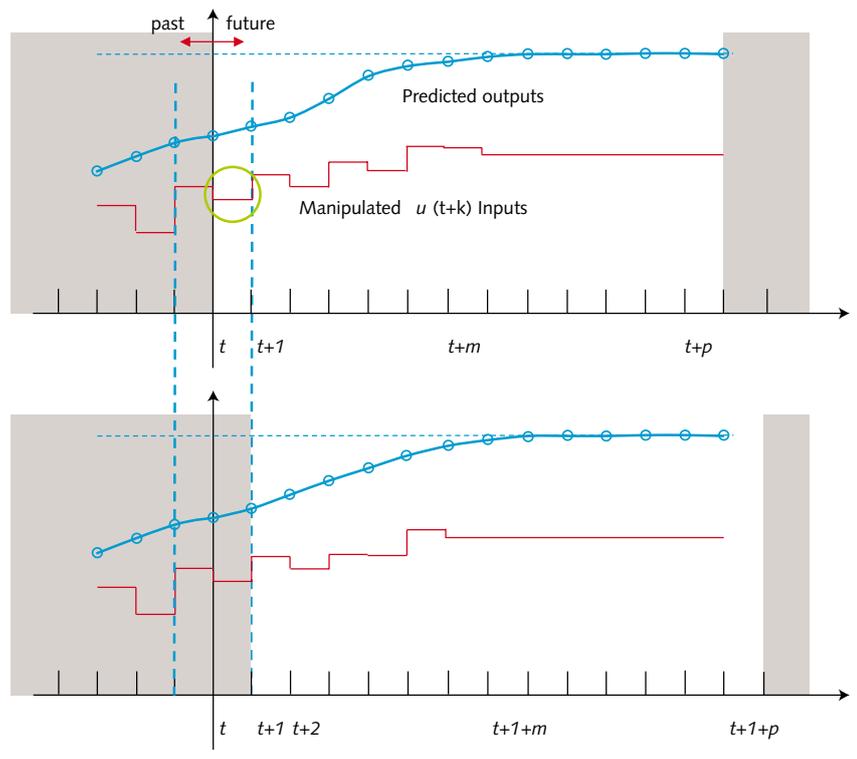
The second advantage of this system lies in the analysis technology itself. First, one has to understand how NIR functions. So-called near infrared technology utilizes the entire width of the near infrared spectrum created by a light source. The generated NIR light falls on the material to be analyzed and excites the infrared-sensitive molecules in the material into oscillations. The resultant typical reflection and absorption spectra contain the entire molecular and mineralogical information of the analyzed material. **Figure 8** shows a typical absorption spectrum of limestone.

This is the decisive advantage of NIR technology. NIR can distinguish between carbonate and oxide while PGNAA cannot. In the case of PGNAA a constant loss on ignition is assumed, so the measured values of calcium, potassium and possibly magnesium are correspondingly converted from carbonate to oxide. However, if alternative raw materials that do not contain carbonates are employed, and these are put through the crusher, the LOI calculation is no longer correct and the analysis results show more or less serious errors, depending on the amount and variety of alternative raw materials employed. The system, which is based on NIR, is specially customized to the customer-specific raw material situations and therefore produces correct analysis values.

When the material is delivered by truck, the formation of layers in the blending bed is broken up rather than completely eliminated but there is nevertheless a significant improvement in the standard deviation of the control parameters when the material is extracted from the blending bed, and the setpoint values are better achieved.

A further improvement can be achieved if different apron conveyors are used upstream of the crusher for the limestone, marl and clay. This would mean that the Expert Optimizer is working with defined streams of material, making quick and direct controlling possible and thus allowing the blending bed to be operated to precisely meet the setpoint values with minimum standard deviation.

Different installations in the blending bed with EO, RMP and a corresponding online analysis system have proven that a standard deviation of less than 5 (< 5) in the lime standard of the material extracted from the blending bed can be achieved without any problem.



de, mit welcher Technologie der Online-Analysesysteme man arbeitet. Alle am Markt erhältlichen Systeme liefern Analysedaten im Minutentakt (**Bild 7**). Systeme, die auf Basis der Neutronenaktivierung (PGNAA) arbeiten, geben jedoch nur einen rollenden Durchschnitt über 10 Minuten aus, da eine Ausgabe der Minutenanalysedaten eine zu hohe Standardabweichung aufweist.

Aktuell stellt der Markt nur ein System zur Verfügung, welches auf Nahinfrarot (NIR)-Technologie basiert. Diese Technologie erlaubt es, den realen Analysewert über eine Minute auszugeben. Daraus ergibt sich ein entscheidender Vorteil: Der EO/RMP kann über den rollenden Durchschnitt der PGNAA-Systeme nur bedingt und nur über einen längeren Zeitraum die Korrektur zwischen erwarteter und angelieferter Materialkomposition in die Berechnungen einfließen lassen, da durch den rollenden Durchschnitt eine „Vermischung“ der Anlieferungen erfolgt. Im Brecher selbst ist wenig Materialvermischung zu beobachten, da im Brecherbunker die Rohmaterialien lagenweise vorliegen und somit nacheinander den Brecher durchlaufen. Daher ist beim Einsatz der NIR-Technologie die Änderung von Rohmaterial zu Rohmaterial direkt zu erkennen und eine Korrekturrechnung der Materialvariabilität bei jeder Materialanlieferung möglich.

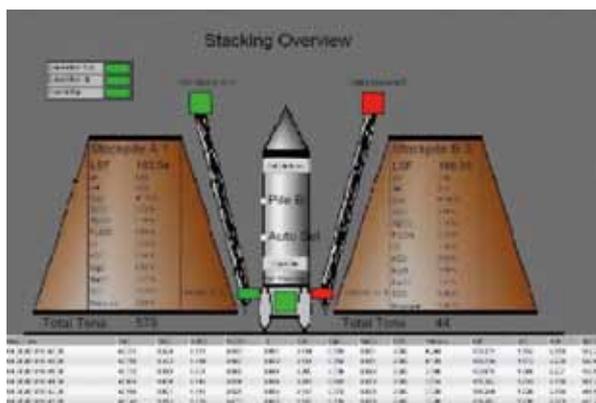
Der zweite Vorteil dieses Systems liegt in der Analysetechnologie selber. Wie funktioniert NIR? Die Nahinfrarottechnologie nutzt die gesamte Breite des Nahinfrarotspektrums, welches von einer Lichtquelle erzeugt wird. Die erzeugte NIR Strahlung trifft auf das zu untersuchende Material und regt die im Material vorhandenen Moleküle zu oszillierenden Schwingungen an. Das Resultat sind Reflektions- und Absorptionsspektren, die die gesamten molekularen und mineralogischen Informationen des untersuchten Materials beinhalten. **Bild 8** zeigt ein typisches Absorptionsspektrum von Kalkstein.

6 MPC prediction for time point t and comparison at time point t + 1

MPC Voraussage zum Zeitpunkt t und Vergleich zum Zeitpunkt t+1

7 EO/RMP blending bed display with analysis values

EO/RMP-Anzeige des Mischbettes mit Analysenwerten



4 EO/RMP concept for raw meal production

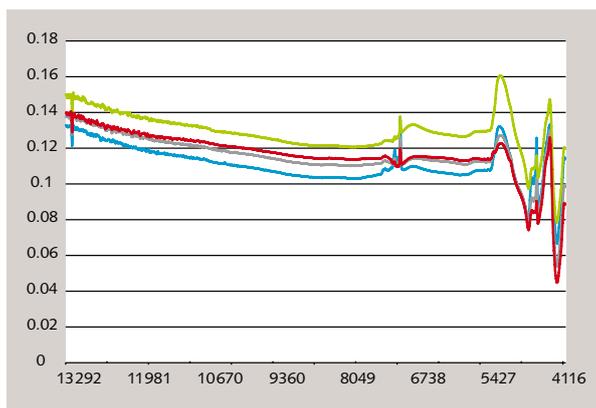
Depending on the characteristics of the quarries, it is not always possible in the blending bed to adhere to the precise setpoint value for the control parameters. It is even possible that the decision has been taken to define variable setpoints in the blending bed, so that different types of cement can be produced. The material coming from the blending bed therefore has to be mixed with corrective materials to attain the required setpoint value for the control parameters. The materials normally used for this purpose are limestone, aluminium oxide, iron ore and sand of very high quality, which are stored in corresponding silos. Each silo is equipped with a dosing device that can be controlled by the Expert Optimizer. To assure calculation of the correct setpoint values for the dosing devices, analysis of the mill feed or discharge material is necessary.

The classical variant is sampling downstream of the mill in a homogenizing tank, with one sample being dispatched every hour to the laboratory. On the basis of the analysis data, the setpoint values for the dosing devices are then calculated. However, as the setpoint values are available only once per hour, the possible degree of control is limited, or it may even be very difficult to make corrections. Moreover, this method is prone to a sampling and sample preparation error that can only be roughly estimated.

Therefore it is better in this case, too, for an online analyzer to be employed – either upstream or downstream of the mill. The selection of its location strongly depends on the chosen technology of the online analysis system, and on whether all the materials to be used can also be identified by the system. If only the classical

8 Typical NIR absorption spectrum for limestone

Typisches NIR-Absorptionsspektrum von Kalkstein



Hier liegt der entscheidende Vorteil der NIR Technologie gegenüber der PGNAA. NIR kann zwischen Karbonat und Oxid unterscheiden, PGNAA nicht. Bei der PGNAA geht man immer davon aus, dass das gemessene Calcium, Kalium und eventuell Magnesium als Karbonat vorliegt und entsprechend auf Oxid umgerechnet, sprich ein konstanter Glühverlust angenommen wird. Werden jedoch karbonatfreie alternative Rohstoffe eingesetzt und diese auch durch den Brecher gefahren, stimmt die Glühverlustrechnung nicht mehr und die Analysenergebnisse zeigen mehr oder weniger große Fehler, je nach Materialeinsatz der Alternativrohmaterialien. Das NIR-basierende System wird kundenspezifisch auf diese Situationen kalibriert und gibt daher die korrekten Analysewerte aus.

Bei der Anlieferung des Materials über Lastwagen wird die Lagenbildung im Mischbett nicht vollständig beseitigt, sie wird eher aufgebrochen. Jedoch ergibt sich eine wesentliche Verbesserung der Standardabweichung der Kontrollparameter beim Abzug des Materials aus dem Mischbett und die vorgegebenen Sollwerte werden besser erreicht.

Eine weitere Verbesserung kann erreicht werden wenn vor den Brecher unterschiedliche Plattenförderer für Kalkstein, Mergel oder Ton eingesetzt werden. Dann stehen dem Expert Optimizer definierte Materialströme zur Verfügung, die eine schnelle, direkte Ansteuerung ermöglichen und das Mischbett somit punktgenau auf die Sollwerte mit minimaler Standardabweichung eingestellt werden kann.

Verschiedene Installationen im Mischbett mit EO, RMP und entsprechendem Online-Analysegerät haben gezeigt, dass eine Standardabweichung kleiner 5 (< 5) im Kalkstandard beim Abzug aus dem Mischbett ohne weiteres erreicht werden kann.

4 Umsetzung Rohmehl

Je nach der Charakteristik der Gruben ist es nicht immer möglich im Mischbett den genauen Sollwert für die Kontrollparameter einzuhalten oder man entschließt sich Sollwerte im Mischbett so zu definieren, dass sie für verschiedene Zementsorten zu verwenden sind. Daher muss das vom Mischbett kommende Material mit Korrekturmaterialien auf den gewünschten Sollwert für die Kontrollparameter abgemischt werden. Hierzu stehen normalerweise Kalkstein in sehr guter Qualität, Aluminiumoxid, Eisenerz und Sand in entsprechenden Silos zur Verfügung. Jedes Silo ist mit einer Dosiereinheit versehen, die von Expert Optimizer angesteuert werden kann. Um die richtigen Sollwerte für die Dosiereinheiten zu berechnen, ist wiederum eine Analyse des Materials notwendig, welches der Mühle aufgegeben wird oder aus der Mühle herauskommt.

Die klassische Variante ist die Probenahme nach der Mühle in einen Homogenisierungstank, aus dem dann stündlich eine Probe ins Labor geschickt wird. Auf Basis der Analysedaten werden dann die Sollwerte für die Dosiereinheiten berechnet. Da nur stündlich Werte zur Verfügung stehen ist die mögliche Kontrolle eingeschränkt. Weiterhin ist diese Methode mit einem Probenahme- und Probenvorbereitungsfehler behaftet, der nur bedingt abzuschätzen ist.

corrective materials are to be used, upstream of the mill is the appropriate location for PGNAA systems. However, if alternative raw materials are used, and are fed directly into the mill, it is essential to locate the system downstream of the mill. The problem is that PGNAA systems are not designed for this location.

Another disadvantage of the location upstream of the mill is that the system cannot take returned kiln dust into account. Although, a constant chemical content of the kiln dust is normally assumed, this is not the case in actual operation. No matter whether PGNAA systems are installed upstream or downstream of the mill, their online analysis values have to be constantly compared with the laboratory analysis values and the results also have to be used for compensating the drift of the analyzers.

If the alternative raw materials fed in upstream of the mill contain no carbon, it is essential to use LOI-free fused tablets for the laboratory analysis, in order to obtain correct correction values for the PGNAA systems.

For the above control tasks, the Airslide Analyzer combines the classical check sampling downstream of the mill and subsequently laboratory analysis with the advantages of state-of-the-art online analysis systems.

Figure 9 illustrates the effect of combined application of EO/RMP and Airslide Analyzer, comparing this with a combination of EO/RMP and a laboratory-supported analysis system.

For the laboratory analysis system, a sample was taken every 40 minutes from a homogenization tank and transported by pneumatic tube system to the laboratory. There, the sample was processed and examined by X-ray fluorescence analyzer. This means that only hourly values were available to the EO/RMP for the control function.

As soon as the analysis setup was switched over to analysis data from the Airslide Analyzer, – which happened approx. one third of the way along the overall indication, starting from the left – a significant reduction in the lime standard fluctuations could be observed. This improvement in mixture control is due to several factors:

- » Control by the EO/RMP made use of data provided once a minute, allowing the MPC/MLD to utilize the full potential.
- » There is no sampling error due to a homogenization tank and the actual homogenization process in the tank.
- » Sample preparation errors are totally eliminated

A further advantage of the EO/RMP mixture control incorporating an airslide online analysis system based on near infrared (NIR) technology becomes clear when changing over from one blending bed to another.

Figure 10 shows how the EO/RMP reacts very quickly to the change in lime standard when the blending bed is changed. The changeover to the other blending bed is accompanied by a decrease in lime standard at the end and at the beginning of the blending beds. Thanks to the ability of the analyzer to react at one-minute intervals, the EO/RMP is able to immediately adapt the dosing devices of the silo conveyor scales to the situation and thus

Besser ist auch hier der Einsatz eines Online-Analysators, entweder vor oder nach der Mühle. Die Auswahl des Standorts hängt sehr stark davon ab, für welche Technologie von Online-Analysesystem man sich entscheidet und ob alle Materialien, die zum Einsatz kommen, auch vom System erkannt werden. Handelt es sich nur um die klassischen Korrekturmateriale, ist der Standort für PGNAA-Systeme vor der Mühle geeignet. Werden jedoch alternative Rohmaterialien eingesetzt, die direkt der Mühle zugegeben werden, ist der Standort nach der Mühle zwingend notwendig. PGNAA-Systeme sind jedoch nicht dafür ausgelegt.

Der Standort vor der Mühle hat noch einen weiteren Nachteil, da er die Rückführung des Ofenstaubs nicht berücksichtigt. Normalerweise wird eine „konstante Chemie“ des Ofenstaubs angenommen, die jedoch nicht immer gegeben ist. Daher muss bei PGNAA-Systemen vor der Mühle ein konstanter Abgleich der Online-Analysen zu den Laborwerten der Proben nach der Mühle erfolgen, die dann auch die Drift der Analytoren kompensiert.

Werden Karbon freie alternative Rohmaterialien vor der Mühle eingesetzt, ist es zwingend notwendig, die Laboranalyse auf Glasperlen durchzuführen, um die korrekten Korrekturwerte für die PGNAA Systeme zu berechnen.

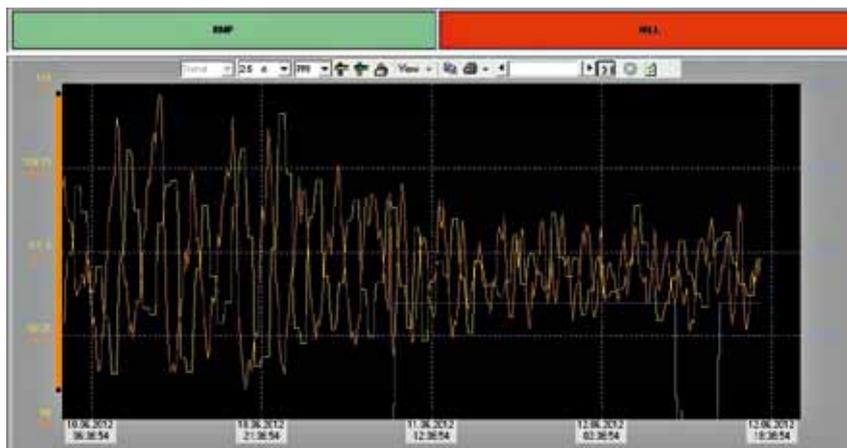
Für die Kontrollausgabe nach der Mühle kombiniert der zur Verfügung stehende Airslide-Analysator analytisch die klassischen Probennahmesysteme mit nachgeschalteter Laboranalytik mit den Vorzügen von modernen online Analysesystemen.

Bild 9 zeigt den Effekt des kombinierten Einsatzes von EO/RMP mit dem Airslide-Analysator, verglichen mit dem der Kombination der EO/RMP mit einem laborgestützten Analysesystem. Für das Laboranalysesystem wurde alle 40 Minuten eine Probe aus einem Homogenisierungstank gezogen und mit Rohrpost zum Labor transportiert. Dort wurde die Probe aufbereitet und mit einem RFA-System analysiert. Zur Steuerung der Dosiereinheiten lagen dem EO/RMP daher nur Stundenwerte zur Regelung zur Verfügung.

Sobald auf die Analysedaten des Airslide-Analysators umgeschaltet wurde, ca. bei einem Drittel der Gesamtanzeige von links, war eine signifikante Reduzierung der Schwankungen im Kalkstandard zu beobachten. Die Verbesserung der Mischregelung ist auf mehrere Faktoren zurückzuführen:

- » Dem EO/RMP liegen Minutenwerte zur Regelung zur Verfügung, wodurch die MPC/MLD das volle Potential ausschöpfen kann.
- » Es liegt kein Probennahmefehler zum Homogenisierungstank und der Homogenisierung im Tank selber vor.
- » Probenaufbereitungsfehler sind vollkommen eliminiert.

Ein weiterer Vorteil der EO/RMP Mischregelung beim Einsatz eines schnell analysierenden online Systems wie dem auf NIR-Technologie basierenden Airslide-Analysator, zeigt sich beim Wechsel von einem Mischbett zum anderen.



9 EO/RMP control with data from the sampling station (approx. left-hand one third) and change-over to data from the Airslide Analyzer (approx. right-hand two thirds). – Blue = EO/RMP control using data from the Airslide Analyzer – Orange = minutely values from the Airslide Analyzer – Yellow = 40-minutely laboratory values

EO/RMP Kontrolle über Daten der Probenahmestation zur Kontrolle mit Daten vom Airslide-Analysator – Blau: EO/RMP-Regelung auf Daten vom Airslide-Analysator – Gelb: 40-minütige Laborwerte – Orange: Minutenwerte vom Airslide-Analysator

return the LSF to the required setpoint value within an extremely short period of time.

The extent to which the standard deviation of the LSF and other control parameters for the raw meal can be reduced depends strongly on the starting point of the extraction from the blending bed, the variability and the number of corrective materials, and the addition of alternative raw materials. As a rule of thumb, one can assume a halving of the standard deviation of the LSF, but in practice the reduction is normally even greater. A reduction of the standard deviation of the LSF to values around one (1) downstream of the mill have already been achieved by several systems using a combination of EO/RMP and online analyzer.

5 Cost effectiveness

When companies purchase mixture control systems with online analyzers, they often pay no attention to the cost effectiveness. It must be remembered that significant operational costs are involved. In the case of PGNAAs systems, the neutron source or tube has to be changed roughly every 2.5 years, involving costs that may be as high as several 10 000 Euros every time. The operational costs of the a system based on near infrared (NIR) technology mount to around 900 Euros per year, including all operation and spare parts expenses. Furthermore, no radiation safety officer is needed, and no operating permit is necessary for operation of the installation because it only employs light with a high infrared content. Moreover, the rapidly analyzing system enables flexible use of alternative raw materials, and also permits a higher substitution rate of primary raw materials with alternative materials for which cement producers often receive a subsidy.

6 Summary

Every mixture control system and every expert system – such as the Expert Optimizer – can only function as well as the quality of the analysis data allows it to. It

Bild 10 zeigt, wie das EO/RMP sehr schnell auf die Kalkstandardänderung beim Umschalten der Mischbetten reagiert. Die Umschaltung der Mischbetten zeigt sich in einem Abfall des Kalkstandards am Ende bzw. Anfang des Mischbetts. Durch die minutenschelle Reaktionsmöglichkeit des Analysators ist der EO/RMP in der Lage, sofort die Dosierung der Silobandwaagen an die Gegebenheit anzupassen und den Kalkstandard in kürzester Zeit wieder auf den gewünschten Sollwert zu bringen.

In wie weit die Standardabweichung des Kalkstandard und andere Kontrollparameter für das Rohmehl reduziert werden können hängt sehr stark von Startpunkt beim Abzug aus dem Mischbett, der Variabilität, sowie Anzahl der Korrekturmateriale und der Zugabe von alternativen Rohmaterialien ab. Als „Daumenwert“ kann eine Halbierung der Standardabweichung des Kalkstandards angenommen werden, die in der realen Anwendung normalerweise unterschritten wird. Die Reduzierung der Standardabweichung des Kalkstandards auf Werte um Eins (1) nach der Mühle wurden mit der Kombination von EO/RMP und Online-Analysator schon mehrfach erreicht.

5 Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit beim Einsatz von Mischregelungen mit Online-Analysesystemen wird bei der Anschaffung oftmals vernachlässigt. Dabei sind hier laufende Kosten zu berücksichtigen, die nicht zu vernachlässigen sind. Bei PGNAAs-Systemen sind Quellen- oder Röhrenwechsel im 2,5-jährlichen Jahre Rhythmus zu berücksichtigen, bei denen Kosten von mehreren 10 000 € anfallen können. Die laufenden Kosten eines auf NIR-Technologie basierenden Online-Analysegerätes belaufen sich auf ca. 900 € pro Jahr, inklusive aller Betriebs- und Ersatzteilkosten. Des Weiteren ist kein Strahlenschutzbeauftragter und keine Genehmigung für den Betrieb der Installation nötig, da nur Licht mit hohem Infrarotanteil eingesetzt wird.

6 Zusammenfassung

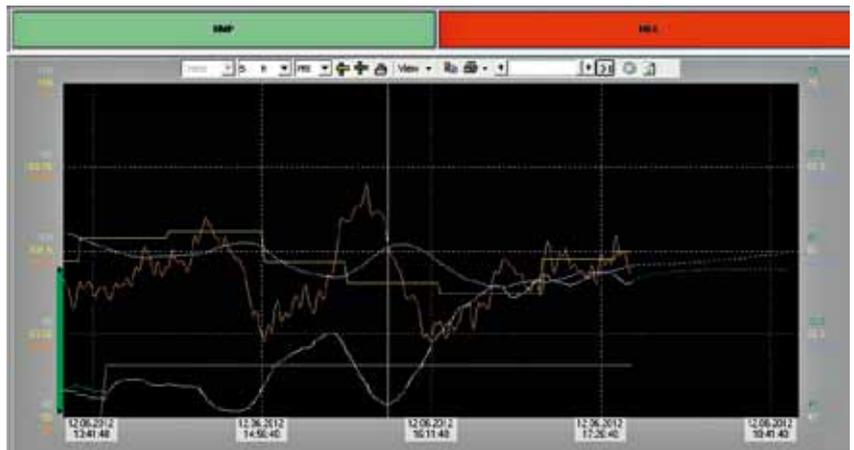
Jede Mischregelung und jedes Expertensystem, wie auch Expert Optimizer, funktioniert nur so gut, wie es die Qualität der Analysedaten erlaubt. Daher ist es zwingend notwendig, bei der Zusammenstellung von konventioneller Mischregelung oder Mischregelung über ein Expertensystem mit entsprechender Online-Analytik vorab eine genaue Analyse der Gegebenheiten zu unternehmen. Hierbei sollten folgende Punkte beachtet werden:

- » Mischbettaufbau und Mischregelung vor der Mühle sind eine Einheit. Die getrennte Betrachtung führt nur zu minimalen Verbesserungen (Insellösung muss vermieden werden)
- » Die eingesetzte Online-Analytik muss in der Lage sein, die eingesetzten Rohmaterialien sowie alternative Rohmaterialien in der gewünschten Genauigkeit zuverlässig zu analysieren. Werden alternative karbonfreie Rohmaterialien in großen Mengen im Mischbett eingesetzt, sollte vom Einsatz von PGNAAs-Systemen abgesehen werden.
- » Die Mischregelung muss in der Lage sein, auf viele Einflussparameter variabel zu reagieren. Dies schließt den Einsatz von PID-gestützten, starren Regelkreisen in den meisten Fällen schon von vornherein aus.

is therefore absolutely essential to carry out a previous analysis of the situation before making any decision on what combination of conventional mixture control equipment or what mixture-control expert system with online analysis to install. The purchase decision should take the following points into account:

- » Blending bed stacking and mixture control upstream of the mill are a single entity. Considering them as separate entities only results in minimal improvements. Isolated solutions must be avoided.
- » The selected online analysis system has to be able to reliably analyze the employed primary raw materials, as well as alternative raw materials, to the required degree of accuracy. If large quantities of alternative raw materials with no carbon content are fed to the blending bed, it is no use installing PGNAA systems.
- » The mixture control system has to be able to react variably to a number of influencing parameters. Normally, this fact totally excludes the use of PID-supported rigid control loops.
- » The effectiveness of a mixture control system is primarily defined by the quality and speed of its online analysis system, which captures the data and calculates the control parameters, such as lime standard and other control moduli.
- » The decision-making process has to take proper account of the cost effectiveness of the analysis systems being considered.

Over the entire value-creation range of the raw meal production process, the combination of EO/RMP and online analyzers has proven capable of reducing the standard deviation of the LSF downstream of the mill to around one (1). The precondition for this is, however, application of a consistent, integrated concept from the quarries right up to the homogenization silos.



10 Compensation during change-over of blending bed (Grey = dosing device actions. Vertical line = approximate time the new blending bed was started)

Kompensation beim Mischbettwechsel (Grau: Aktionen der Dosiereinheiten Die vertikale Linie zeigt den ungefähren Zeitpunkt beim Start eines neuen Mischbetts)

- » Als einziges Entscheidungskriterium zählt, was die Kombination aus Expertenmischregelsystem und Online-Analysesystem in Bezug auf die Kontrollparameter, Kalkstandard und Kontrollmodulen leistet.
- » Die Wirtschaftlichkeit der eingesetzten Analysetechnik muss unbedingt in den Entscheidungsprozess bei der Auswahl des Analysesystems mit einfließen.

Die Kombination von EO/RMP mit den Online-Analysatoren hat – über den gesamten Wertschöpfungsbereich bei der Rohmehlherstellung – gezeigt, dass eine Reduzierung der Standardabweichung des Kalkstandards nach der Mühle in den Bereich um Eins (1) möglich ist. Dies unter der Voraussetzung, dass ein integrierter Ansatz von der Grube zu den Homogenisierungssilos konsequent verfolgt wird.

For your personal career:
www.zkg.de/joboffers

Multiply the success of your brand with the ZKG family!



International



China



Russia



India



South America



Reach top opinion makers, publicity multipliers, people who keep themselves informed – your vital target groups – in a context that assures maximum informational relevance and appeal. And we have even more channels available for you to communicate with them – just contact us: christian.reinke@bauverlag.de.