

SUMMARY

In the years 2014/2015 Müllerkalk erected a new mixing plant to extend its product range. Among other things this involved the installation of four new pneumatic conveying systems. The ceramic rotary valves used as input units were evaluated in close cooperation with Kreisel GmbH & Co. KG, based in Krauschwitz, with respect to the important criteria of energy efficiency, reliability, ease of integration and capital cost. It was found that the ceramic rotary valves fulfilled these requirements extremely well. Kreisel designed, manufactured and installed the systems that, after a year in operation, are running fault-free and to the full satisfaction of Müllerkalk. This article provides a total energy evaluation of the material feed by screw pump and by the new ceramic rotary valve in which, in addition to other aspects, the rotary valve comes out convincingly better than the conventional screw pump. The successful use of a ceramic rotary valve for feeding material into pneumatic conveying systems is a remarkable innovation and could represent a new future for pneumatic conveying of powdery bulk materials. ◀

ZUSAMMENFASSUNG

Um seine Produktpalette erweitern zu können, errichtete Müllerkalk in den Jahren 2014/2015 eine neue Mischanlage. Dabei wurden u.a. vier neue pneumatische Förderanlagen installiert. In enger Zusammenarbeit mit der in Krauschwitz ansässigen Kreisel GmbH & Co. KG, wurden zunächst verschiedene Lösungsansätze auf Energieeffizienz, Zuverlässigkeit, Integrierbarkeit und Investitionskosten hin untersucht. Dabei zeigte sich, dass eine Keramik-Zellenradschleuse als Einschleuseorgan die Anforderungen am besten erfüllt. Kreisel plante, fertigte und montierte die Anlagen, die nach einjährigem Betrieb störungsfrei und zur vollen Zufriedenheit von Müllerkalk laufen. In diesem Beitrag wird u.a. die Materialaufgabe durch die neue Keramik-Zellenradschleuse mit der durch eine Schneckenpumpe gesamtenergetisch verglichen. Dabei sowie auch bei der Bewertung weiterer Auswahlkriterien schnitt die Zellenradschleuse besser als die konventionelle Schneckenpumpe ab. Der erfolgreiche Einsatz einer Keramik-Zellenradschleuse zur Materialaufgabe in ein pneumatisches Fördersystem ist eine bemerkenswerte Innovation und könnte der pneumatischen Förderung von staubförmigen Schüttgütern eine neue Zukunft geben. ◀

Müllerkalk relies on ceramic rotary valves for pneumatic conveying

Müllerkalk setzt bei der pneumatischen Förderung auf Keramik-Zellenradschleusen

1 Introduction

The Wotan Portland cement plant and the Nikolaus Müller lime plant (Müllerkalk) are medium-size family companies based in Üxheim-Ahütte in the Vulkaneifel region. Limestone from the Hillesheim Kalkmulde (limestone syncline) forms the raw material basis for both companies.

Müllerkalk produces burnt and unburnt lime products as well as unburnt dolomite products and markets burnt products such as fine white lime, quicklime, lump lime and hydrated white lime. Nine types of cement are now produced at the Wotan Portland cement plant and are sold as bagged or bulk products. During the planning of a new mixing plant for producing special binders and moist lime fertilizers both plants decided in favour of the installation of four pneumatic conveying systems from Kreisel for feeding the storage silos. This article describes the progression of the project from the initial planning phase to the operating experience after more than a year in operation.

The mixing plant built in 2014 offers the two companies new niche markets for selling certified products, such as mixed binders for soil stabilization projects or lime fertilizers for agriculture. In addition to the standardized products Müllerkalk also offers mixes made up specially to the customer's requirements.

After the second expansion phase the company now has a total of ten storage silos, each with a volume of 150 m³, available for storing the raw materials. Filling these silos and holding the products in the relevant seasons for the individual customer industries represents a logistical challenge. For this reason Müllerkalk has also made use of two different ways of filling the silos: the pneumatic conveying system installed by Kreisel and injection by bulk tanker.

2 Planning phase

Outline planning of the conveying systems at Müllerkalk began in January 2014. It was initially a question of conveying the various grades of limestone meal pneumatically from the existing storage silos to the new mixing plant. However, it rapidly became clear during the planning that it was also necessary to convey fine white lime, axial separator dust and cement from the adjacent Wotan cement plant to the new mixing plant. The logistical challenge was that all the starting points for the new pneumatic conveying systems were spread over the entire Müllerkalk plant and the adjacent Wotan plant. ▶ Fig. 1 shows a bird's-eye view of the delivery line routes.

Various solutions were worked out jointly with Kreisel. The selection criteria that were most important for Müllerkalk for implementing the pneumatic conveying systems were energy efficiency, reliability, ease of integration and capital

1 Einleitung

Das Portlandzementwerk Wotan und das Nikolaus Müller Kalkwerk (Müllerkalk) sind mittelständische Familienunternehmen mit Sitz in Üxheim-Ahütte in der Vulkaneifel. Der Kalkstein aus der so genannten Hillesheimer Kalkmulde bildet die Rohstoffbasis beider Unternehmen.

Müllerkalk produziert gebrannte und ungebrannte Kalkprodukte sowie ungebrannte Dolomitprodukte und vermarktet gebrannte Produkte wie Weißfeinkalk, Branntkalk, Stückkalk und Weißkalkhydrat. Im Portlandzementwerk Wotan werden heute neun Zementsorten hergestellt, die als Sack- oder Siloware verkauft werden. Im Zuge der Planung für eine neue Mischanlage zur Herstellung von Spezialbindemitteln und erdfeuchten Düngekalken, entschieden sich beide Werke für die Installation von vier pneumatischen Förderanlagen der Firma Kreisel zur Beschickung der Vorratssilos. Dieser Beitrag beschreibt den Projektverlauf ab der ersten Planungsphase bis hin zu den Betriebserfahrungen nach einer mehr als einjährigen Betriebszeit.

Die im Jahr 2014 errichtete Mischanlage eröffnet beiden Unternehmen durch die Herstellung von zertifizierten Produkten wie Mischbindemittel für Bodenstabilisierungsmaßnahmen oder Düngekalke für die Landwirtschaft neue Marktnischen. Neben standardisierten Produkten liefert Müllerkalk auch speziell auf Kundenwunsch zugeschnittene Mischungen.

Für die Lagerung der verwendeten Rohstoffe kann das Unternehmen heute nach der zweiten Ausbauphase auf insgesamt zehn Lagersilos mit einem Volumen von je 150 m³ zurückgreifen. Die Beschickung dieser Silos und das Vorhalten der Produkte in der jeweiligen Saison für die einzelnen Kundenbranchen stellt eine logistische Herausforderung dar. Aus diesem Grund hat Müllerkalk auch zwei verschiedene Arten der Silobeschickung realisiert: Die von Kreisel installierte pneumatische Förderung und das Einblasen per Silowagen.

2 Planungsphase

Im Januar 2014 begann bei Müllerkalk die Planung der Förderanlagen. Zunächst sollte lediglich Kalksteinmehl in verschiedenen Qualitäten von den vorhandenen Lagersilos zur neuen Mischanlage pneumatisch gefördert werden. Im Zuge der Planung kristallisierte sich jedoch schnell heraus, dass auch zusätzlich Weißfeinkalk, Axialabscheiderstaub und Zement vom benachbarten Zementwerk Wotan Zement zur neuen Mischanlage gefördert werden müssen. Die logistische Herausforderung dabei bestand darin, dass die Startpunkte der pneumatischen Förderungen über das gesamte Werk von Müllerkalk sowie dem Nachbarwerk Wotan verteilt sind. ▶ Bild 1 zeigt die Förderleitungsverläufe aus der Vogelperspektive.

Gemeinsam mit Kreisel wurden verschiedene Lösungsansätze erarbeitet. Die dabei für Müllerkalk wichtigsten Aus-

cost. Alongside the fixed parameters, such as the material properties and the dispatching and receiving locations, it was also necessary to consider various aspects that were crucial for the cost-effectiveness of the conveying systems.

Energy efficiency: In addition to the generally high demands of the operators and of the implementation of an energy management system complying with DIN EN ISO 50001 Kreisel was faced with the task of keeping the power consumption of the individual components as low as possible, which was taken into account and realized during the design of the system.

Reliability: In order to eliminate any operational malfunctions the operation of the new mixing plant required unrestricted availability of the conveying systems. The task was therefore to employ a trouble-free conveying system. These heavy demands were accommodated by the use of wear-resistant ceramic rotary valves for inputting the materials.

Ease of integration: Because of their existing convoluted systems the two plants that have grown over the years presented a particular challenge for the integration of the new pneumatic conveying systems. The operator expected optimum solutions in spite of the restricted topographic conditions. Creative approaches were required by the tight space conditions in all parts of the plant.

Capital cost: Kreisel planned, manufactured, supplied and installed the systems completely by itself. The overall costs for Müllerkalk were lowered in the long term by this consistent avoidance of any interfaces. The delivery lines were partly run underground to reduce the costs still further. This saved capital costs for building additional pipe bridges. The pipeline for conveying cement was routed along the pipe bridge of a new tube belt conveyor that was built at the same time, which also had a beneficial effect on costs.

3 Approaches to the solution

Pneumatic transport is the preferred means of transporting powdery bulk materials, like cement, raw meal, fly ash or pulverized coal, over complicated conveying routes. The bulk material is transported through a pipe system by conveying gas. The resulting friction between bulk material and pipe wall and the lifting of the bulk material in vertical delivery pipes generate a pressure drop in the conveying gas, so conveying gas for transporting the product must be available at a pressure that is specific to the plant. The bulk material is fed into the air stream in the delivery line against this system pressure. Different feed systems can be used for this purpose. Complicated pressure vessel systems or screw pumps were used in the past. For more than a decade it has been possible to replace these systems by highly wear-resistant ZSV-H ceramic rotary valves. Brief descriptions of the three feed systems are given below.

3.1 The pressure vessel system

Part of the air flow provided by the compressed air station is supplied to the pressure vessel and another part is introduced directly into the delivery line. Depending on the

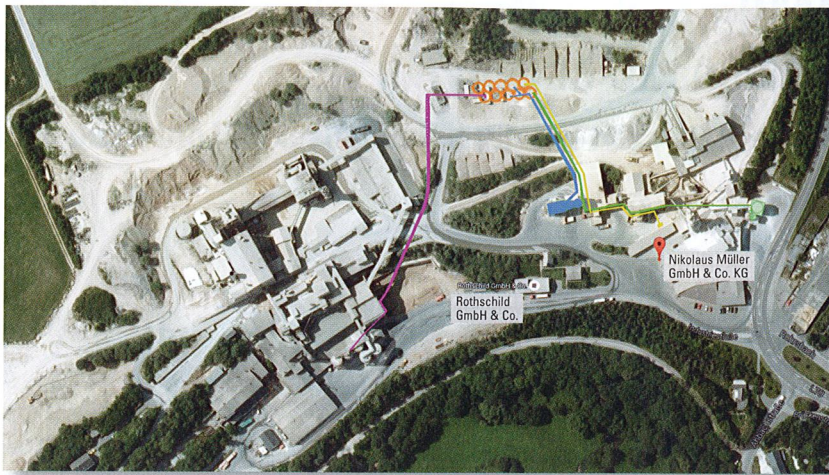


Figure 1: Bird's-eye view of the two plants showing the routes of the delivery lines

Bild 1: Vogelperspektive der beiden Werke mit den Verläufen der Förderleitungen

wahlkriterien zur Realisierung der pneumatischen Förderanlagen waren Energieeffizienz, Zuverlässigkeit, Integrierbarkeit und Investitionskosten. Neben unveränderlichen Parametern wie den Materialeigenschaften und dem Sendesowie Empfangsort, waren diverse veränderliche Faktoren zu beachten, die für die Wirtschaftlichkeit der Förderanlagen entscheidend waren.

Energieeffizienz: Wegen des allgemein hohen Anspruchs der Betreiber und der geforderten Implementierung eines Energiemanagementsystems gemäß DIN EN ISO 50001, stand Kreisel vor der Aufgabe, den Energiebedarf der einzelnen Komponenten so gering wie möglich zu halten.

Zuverlässigkeit: Um Betriebsstörungen der Mischanlage auszuschalten, war eine uneingeschränkte Verfügbarkeit der Förderanlagen erforderlich. Das eingesetzte Fördersystem musste also eine geringe Störunganfälligkeit aufweisen. Diesem hohen Anspruch wurde durch den Einsatz von verschleißfesten Keramik-Zellenradschleusen für die Materialeinschleusung Rechnung getragen.

Integrierbarkeit: Aufgrund ihrer verschachtelten Bestandsanlagen stellten die beiden über Jahrzehnte gewachsenen Werke eine besondere Herausforderung an die Integration der neuen pneumatischen Förderanlagen. Trotz limitierender Topografie wurden vom Betreiber optimale Lösungsansätze erwartet. Knappe Platzverhältnisse in allen Anlagenbereichen erforderten kreative Lösungsansätze.

Investitionskosten: Das Unternehmen Kreisel plante, fertigte, lieferte und montierte die Anlagen komplett in Eigenregie. Durch diese konsequente Schnittstellenvermeidung konnten die Gesamtkosten für Müllerkalk nachhaltig gesenkt werden. Zur weiteren Kostenreduzierung wurden Förderleitungen teilweise unterirdisch verlegt. Das sparte Investitionskosten für die Errichtung zusätzlicher Förderleitungsbrücken. Des Weiteren erfolgte die Verlegung der Zementförderleitung auf der Rohrleitungsbrücke eines parallel neugebauten Rohrgürtförderers. Auch hieraus ergaben sich positive Kosteneffekte.

3 Lösungsansätze

Der Transport von staubförmigen Schüttgütern, wie Zement, Rohmehl, Flugasche oder Kohlestäuben erfolgt bei komplizierten Förderwegen i.d.R. pneumatisch. Das Schüttgut wird mit Fördergas durch ein Rohrleitungssystem transportiert.

needs of the material being conveyed, the gas flow to the vessel can be divided further into a part to the vessel cone, which assists trouble-free discharge from the container, and a part to the head of the container. Pressure vessel conveying is a discontinuous process. The sequence of the cycle is divided into four stages: filling – pressurizing – conveying – depressurizing. No bulk material is transported through the pneumatic transport line during three of the four stages. The time used for conveying is therefore shorter than the cycle time so the throughput of solids transported during the actual conveying phase has to be greater than the nominal throughput required. Interconnection of several pressure vessels, as shown in Fig. 2, permits virtually continuous, but pulsating, conveying of the bulk material. Pressure vessels permit any conveying pressures and can be used almost universally. However, the pressure level means that constant checks are needed and the compressed air supply must be fitted with a compressed air drying and condensate collecting system [2].

3.2 The screw pump

The screw pump (also known widely as the Fuller pump) is available as another input system. The bulk material drops through the inlet (1) (Fig. 3) in the casing (2) on top of the pump. This serves to remove the sealing gas and the air pressed out of the bulk material. The bulk material is picked up and transported to the outlet by a high-speed compression screw (normally 1000 rpm). The bulk material is sub-

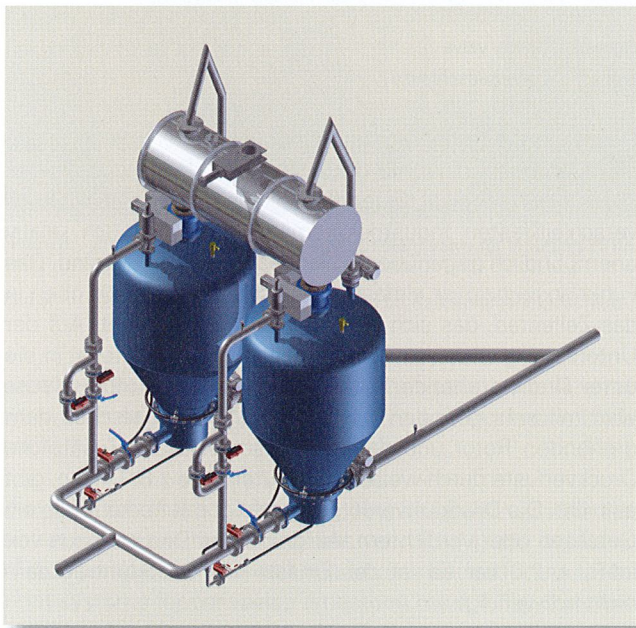


Figure 2: Twin pressure vessel plant

Bild 2: Zwillingsdruckgefäßanlage

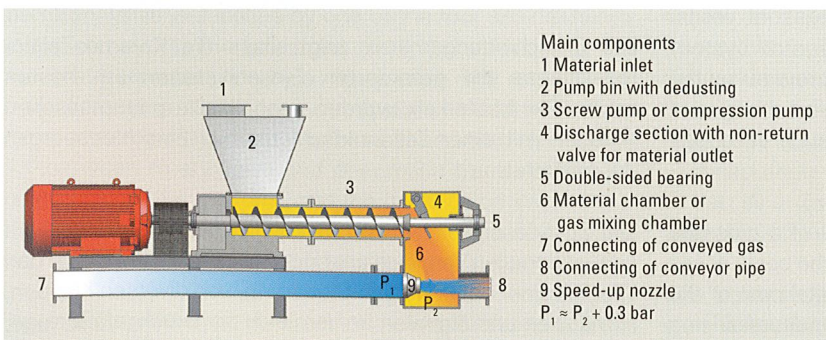


Figure 3: Screw pump

Bild 3: Schneckenpumpe

Die dabei auftretende Reibung zwischen Schüttgut und der Rohrleitungswand, sowie der Hub des Schüttguts bei vertikal verlaufenden Förderleitungen, erzeugen einen Druckverlust des Fördergases, weshalb für den Produkttransport Fördergas mit einem anlagenspezifischen Druck zur Verfügung stehen muss. Gegen diesen Anlagendruck wird das Schüttgut in den Luftstrom der Förderleitung eingeschleust. Hierfür sind unterschiedliche Einschleussysteme denkbar. In der Vergangenheit wurden aufwändige Druckgefäßsysteme oder so genannte Schneckenpumpen eingesetzt. Seit nunmehr einem Jahrzehnt können diese Systeme durch hoch verschleißfeste Keramik-Zellenradschleusen vom Typ ZSV-H ersetzt werden. Im Folgenden werden die drei Einschleussysteme kurz vorgestellt:

3.1 Das Druckgefäßsystem

Der von der Druckluftstation bereitgestellte Luftstrom wird in einen dem Druckgefäß zugeführten Anteil und einen weiteren, direkt in die Förderleitung eingeleiteten Teilstrom aufgeteilt. Der Gasstrom zum Gefäß kann, den Erfordernissen des Förderguts entsprechend, weiter in einen Anteil zum Gefäßkonus, der einen störungsfreien Auslauf aus dem Behälter unterstützt, und in einen Anteil zum Behälterkopf aufgeteilt werden. Die Druckgefäßförderung ist ein diskontinuierlicher Vorgang. Ein Zyklus läuft in vier Schritten ab: Befüllen – Bespannen – Fördern – Entspannen. Während drei der vier Schritte wird kein Schüttgut durch die Förderleitung transportiert. Da somit die zum Fördern genutzte Zeit kleiner als die Zykluszeit ist, muss während der eigentlichen Förderphase ein gegenüber dem verlangten Nominaldurchsatz erhöhter Feststoffdurchsatz transportiert werden. Eine Verschaltung von mehreren Druckgefäßen, wie in Bild 2 erkennbar, erlaubt eine nahezu kontinuierliche, aber dennoch pulsierende Förderung des Schüttguts. Druckgefäße erlauben beliebige Förderdrücke und sind fast universell einsetzbar. Dem Druckniveau geschuldet sind allerdings „Wiederkehrende Prüfungen“ notwendig, wobei die Druckluftversorgung mit einer Drucklufttrocknung und Kondensatabscheidung versehen sein muss [2].

3.2 Die Schneckenpumpe

Als weiteres Einschleussystem ist die Schneckenpumpe (verbreitet auch als Fullerpumpe bezeichnet) zu nennen. Das Schüttgut fällt durch den Einlauf (1) (Bild 3) in den Pumpenaufsatzkasten (2). Dieser dient zur Abführung des Sperrgases und der aus dem Schüttgut verdrängten Luft. Durch eine hochtourig laufende Pressschnecke (i.d.R. 1000 U/min) wird das Schüttgut erfasst und zum Auslauf transportiert, wobei eine starke Kompression des Schüttguts erfolgt, die durch eine Rückschlagklappe (4) unterstützt wird. Die Kompression erzeugt einen hoch verdichteten Schüttgutpfropfen, der zur Abdichtung gegen den Förderleitungsdruck dient. Der Schüttgutpfropfen fällt anschließend in den Auslaufbereich der Schneckenpumpe. Dort wird er vom Fördergas erfasst und in die Förderleitung transportiert. Das Fördergas muss im Auslaufgehäuse eine Düse, oder je nach Ausführung, mehrere Düsen passieren. Dieser Bereich erzeugt einen zusätzlichen Druckverlust von ca. 0,3 bar und dient der Fördergas- und Schüttgutbeschleunigung.

3.3 Die Zellenradschleuse

Für nicht schleißende Schüttgüter ist die Zellenradschleuse (Bild 4) seit jeher ein gern eingesetztes Einschleuseorgan.

Table 1: Decision matrix

Tabelle 1: Entscheidungsmatrix

Feed system	Reliability	Energy efficiency	Capital costs	Ease of integration	Overall evaluation
Conventional conveying with screw pump	1.5	2	2	1.5	1.8
Conventional conveying with pressure vessel	1.5	1	3	3	2.1
Conveying with ceramic rotary valve	1	1.5	1.5	1	1.3

1 good/positive; 2 adequate/intermediate; 3 negative/not really suitable

jected to heavy compression that is assisted by a non-return flap (4). The compression produces a highly compacted plug of bulk material that forms a seal against the backpressure in the transport line. The bulk material plug then drops into the outlet section of the screw pump where it is picked up by the conveying gas and transported into the pneumatic transport line. The conveying gas must pass through one or more nozzles, depending on the design, in the outlet housing. This area generates an additional pressure drop of about 0.3 bar and serves to accelerate the conveying gas and the bulk material.

3.3 The rotary valve

The rotary valve (Fig. 4) has been used happily for ages as an input device for non-abrasive bulk materials. It has been "rediscovered" thanks to the further development of industrial ceramics in this century. Kreisel equips the rotary valves with highly wear-resistant industrial ceramics that are also relatively insensitive to impact stresses. The functional principle is simple. The bulk material drops from above into the rotor that rotates at up to 30 rpm. The rotating rotor then releases the material into the pressurized delivery line underneath. The air seal is achieved by very small gaps (< 0.1 mm) between the rotating rotor and the housing. There are no additional pressure losses due to other internal fittings, such as nozzles. The compressed air is supplied by conventional blowers or compressors. The pressure level of normally < 2.0 bar (overpressure) means that it is not necessary to use compressed air driers.

The decision matrix [1] shown in Table 1 is based on the four above-mentioned criteria and evaluates the input systems.

The decision matrix shows that the required usage criteria are best fulfilled by the ceramic rotary valve. All the pneumatic systems at Müllerkalk were therefore fitted with rotary valves as the input devices.

The reliability of the ceramic rotary valve comes out best in the conventional comparison. The rotary valve represents a simple system when compared with the pressure vessel plant due to the absence of a complicated control system, various flaps, fittings and signals. Unlike the screw pump the operation of the rotary valve is not affected by changes in the fineness of the bulk material, the occurrence of foreign bodies or fluctuations in the supply.

The comparison shows that the capital costs of a pressure vessel system are the highest. A large part of the costs arises from processing the compressed air. The capital cost of the vessel results from the manufacturing expenditure arising as a result of the pressure vessel directives. For conveying cement, for example, the payback time for the extra cost is about 18 years. It is often necessary to resort to a more

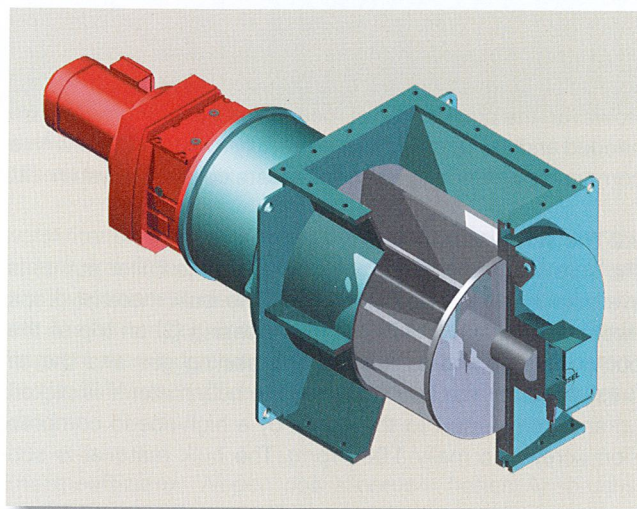


Figure 4: Rotary valve

Bild 4: Zellenradschleuse

Durch die Weiterentwicklung industrieller Keramiken in diesem Jahrhundert wurde die Zellenradschleuse quasi „wiederentdeckt“. Kreisel rüstet die Zellenradschleusen mit hoch verschleißfesten Industriekeramiken aus, die auch relativ unempfindlich gegenüber Schlagbeanspruchungen sind. Das Funktionsprinzip ist einfach. Das Schüttgut fällt von oben in das Zellenrad, das sich mit bis zu 30 U/min dreht. Auf der Unterseite gibt das rotierende Zellenrad das Material in die unter Druck stehende Förderleitung ab. Der Luftabschluss wird mit sehr geringen Spalten (< 0,1 mm) zwischen dem drehenden Rotor und dem Gehäuse realisiert. Zusätzliche Druckverluste durch weitere Einbauten, wie z.B. Düsen, gibt es nicht. Die Druckluftversorgung erfolgt mit herkömmlichen Gebläsen oder Verdichtern. Aufgrund des Druckniveaus von i.d.R. < 2,0 bar (ü) ist der Einsatz von Drucklufttrocknern nicht notwendig.

Die in Tabelle 1 gezeigte Entscheidungsmatrix [1] basiert auf den oben genannten vier Kriterien und bewertet die Einschleusysteme.

Die Entscheidungsmatrix zeigt, dass die Keramik-Zellenradschleuse die geforderten Einsatzkriterien am besten erfüllt. Bei Müllerkalk wurden deshalb alle pneumatischen Anlagen mit einer Zellenradschleuse als Einschleuseorgan ausgestattet.

Die Zuverlässigkeit der Keramik-Zellenradschleuse wird im konventionellen Vergleich am höchsten eingestuft. Durch den Wegfall einer aufwändigen Steuerung, von diversen Klappen, Armaturen und Signalen im Vergleich zur Druckgefäßanlage, stellt die Zellenradschleuse ein einfaches System dar. Veränderungen in der Schüttgutfeinheit, das Auftreten von Fremdkörpern oder Zulaufschwankungen beeinflussen den Betrieb

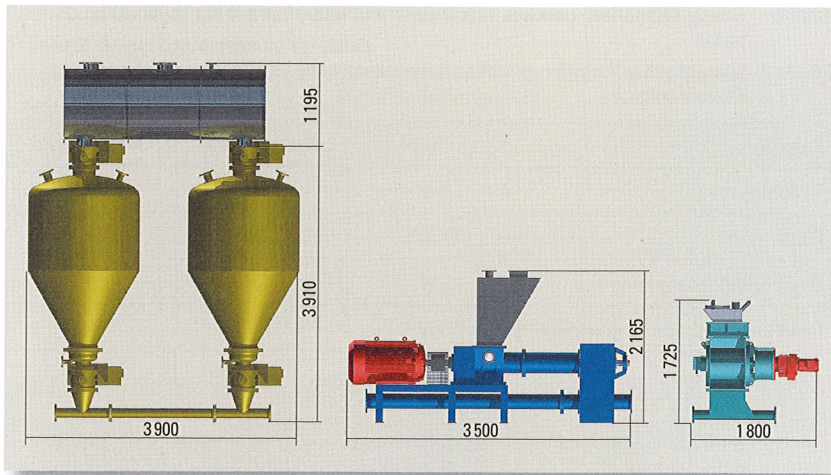


Figure 5: Comparison of overall height for inputting 35 t/h limestone meal
Bild 5: Bauhöhenvergleich für eine 35-t/h-Kalksteinmehl-Einschleusung

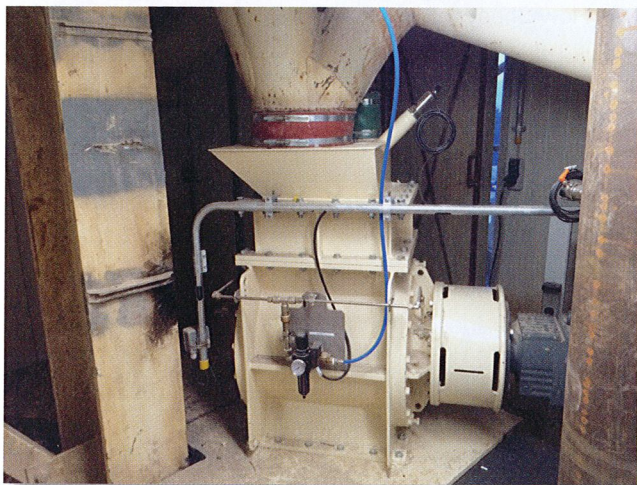


Figure 6: Plant photograph of the ceramic rotary valve for inputting 35 t/h limestone meal
Bild 6: Keramik-Zellenradschleuse für 35 t/h Kalksteinmehl-Einschleusung innerhalb der Anlage

expensive compressor for screw pumps because of internal pressure losses. A rotary valve allows less expensive blowers to be used.

The greatest challenge is often the integration. In all the plants in this example there was very little space available. ▶ Fig. 5 compares the overall headroom needed for the three input systems for conveying limestone meal. ▶ Fig. 6 shows the tight space conditions on site. The restricted space conditions existed at all the conveying systems, which ruled out pressure vessel conveying from the start. Depending on the grade of limestone meal the small collecting container above the rotary valve is supplied by one of the four silo discharge screw conveyors. The limestone meal is then fed into the pneumatic transport line by a rotary valve. The rotary valve in the limestone meal conveying system is located directly above a truck loading plant. The blow shoe, which forms the link between rotary valve and pneumatic transport line, is located below the platform, and the distance between blow shoe and truck is less than just 10 cm. For these reasons the rotary valve was preferred as the material input device.

The energy efficiency of a pressure vessel system is acknowledged in the majority of cases. However, additional pressure losses for drying and cooling the compressed air mean additional energy consumption, which is not always

der Zellenradschleuse im Gegensatz zu dem der Schneckenpumpe nicht.

Die Investitionskosten einer Druckgefäßanlage sind im Vergleich die höchsten. Ein Großteil der Kosten entsteht durch die Druckluftaufbereitung. Die Investitionskosten der Gefäße resultieren aus dem entsprechend der Druckgerätrichtlinien anfallenden Fertigungsaufwand. Die Amortisationszeit der Zusatzkosten beträgt z.B. für die Zementförderung ca. 18 Jahre. Bei der Schneckenpumpe wird aufgrund interner Druckverluste oft auf einen kostenintensiveren Verdichter zurückgegriffen. Der Einsatz einer Zellenradschleuse gestattet die Verwendung von kostengünstigeren Gebläsen.

Die größte Herausforderung ist häufig die Integrierbarkeit. An allen Anlagen des genannten Beispiels waren nur sehr beengte Platzverhältnisse vorhanden. ▶ Bild 5 vergleicht die notwendigen Bauhöhen der drei Einschleusssysteme für die Kalksteinmehlförderung. ▶ Bild 6 zeigt die engen Platzverhältnisse vor Ort. Begrenzter Platz war an allen Förderanlagen ein Problem, was eine Druckgefäßförderung von vornherein ausschloss. Je nach der Kalksteinmehlqualität, wird der kleine Sammelbehälter über der Zellenradschleuse mittels einer der vier Siloentnahmeschneckenförderer beschickt. Das Kalksteinmehl wird anschließend mittels Zellenradschleuse in die Förderleitung aufgegeben. Die Zellenradschleuse der Kalksteinmehlförderung steht direkt oberhalb einer Lkw-Beladeanlage. Der Blasschuh, als Verbindungsglied zwischen Zellenradschleuse und Förderleitung, sitzt unterhalb der Bühne, wobei der Abstand zwischen Blasschuh und Lkw weniger als nur 10 cm beträgt. Aus diesen Gründen wurde die Zellenradschleuse als Materialaufgabevorrichtung präferiert.

Die Energieeffizienz einer Druckgefäßanlage ist weitgehend anerkannt. Zusätzliche Druckverluste für die Drucklufttrocknung und Kühlung bedeuten jedoch zusätzliche Energieverbräuche, die einen Energievergleich nicht immer eindeutig ermöglichen. Im Vergleich zu seinen Alternativen entfallen aber bei der Zellenradeinschleusung Energieverluste wie durch das Entweichen von Leckagegas oder zu hohe Antriebsleistungen beim Einsatz einer Schneckenpumpe. Aus dem Vergleich der Antriebsleistung von konventioneller Schneckenpumpe mit der einer Keramik-Zellenradschleuse am Beispiel der Zementförderung wird der energetische Vorteil der Zellenradschleuse klar ersichtlich. Die Schneckenpumpe benötigt bei vergleichbarem Fördervolumen ca. 50 kW mehr Antriebsleistung als die Zellenradschleuse. Die Leistungsaufnahme der Zellenradschleuse im Betrieb beträgt nur ca. 1 kW. Das ist heute einer der Hauptgründe für den Austausch von Schneckenpumpen durch Keramik-Zellenradschleusen. Am Beispiel der Kalksteinmehlförderung wird der Energievergleich (▶ Tabelle 2) zwischen den Systemen „Zellenradschleuse“ und „Schneckenpumpe“ dargestellt. Es zeigt sich, dass durch den Einsatz einer Zellenradschleuse bei 2000 Betriebsstunden pro Jahr 102000 kWh Energie eingespart werden können.

Wie bereits beschrieben, sind die Förderanlagen räumlich weit voneinander entfernt. Synergieeffekte durch gemeinsame Rohrleitungsführungen waren somit nur bedingt möglich. ▶ Tabelle 3 zeigt die wichtigsten Anlagenparameter in der Übersicht.

shown clearly in an energy comparison. Unlike the alternatives a rotary valve feed system does not have any energy losses caused by escape of leakage gas or excessive drive ratings when using a screw pump. The energy advantage of the rotary valve is clear from a comparison of the drive rating of a conventional screw pump with that of the ceramic rotary valve for conveying cement. For comparable conveying volumes the screw pump requires a drive rating that is about 50 kW higher than with the rotary valve. The power consumption of the rotary valve during operation comes to only about 1 kW. This is now one of the main reasons for replacing screw pumps with ceramic rotary valves. The energy comparison between the alternative systems, namely rotary valve and screw conveyor, are shown (▶ Table 2) for conveying limestone meal. The comparison shows that for 2000 operating hours per year the use of a rotary valve can save 102 000 kWh of energy.

As already described, the conveying systems are widely separated from one another and only limited synergy effects through joint routing of the pipelines were possible. ▶ Table 3 summarizes the most important system parameters.

The flow sheet (▶ Fig. 7) shows the extent of the conveying systems and the diversity and flexibility of the control system. This conveying scheme allows Müllerkalk to convey virtually

Table 2: Energy comparison between screw pump and rotary valve in the implementation phase

Table 2: Energetischer Vergleich zwischen Schneckenpumpe und Zellenradschleuse in der Realisierungsphase

Property	Units	Screw pump	Rotary valve
Operating time	h/a	2000	2000
Power cost	€/kWh	0.07	0.07
Shaft output – conveying unit	kW	25	1
Shaft output – pressure generator	kW	133	106
Total shaft output	kW	158	107
Total shaft output	%	100	67
Total power consumption	kWh/a	316 000	214 000
Power cost per year	€/a	22 000	15 000

Das Flow Sheet (▶ Bild 7) stellt den Umfang der fördertechnischen Anlagen sowie die Vielfalt und Flexibilität der Anlagensteuerung dar. Müllerkalk kann mit diesem Förderkonzept nahezu jedes Produkt zu jeder Silobatterie fördern. ▶ Bild 8 zeigt die fertig gestellte Mischsilobatterie.

Die planerische Umsetzung der Gesamtförderung stellte an jede Einzelanlage unterschiedlichste Anforderungen:

Die Zement-Förderanlage: Die Zementförderung beginnt an einem Verladesilo im Werk Wotan. Das Silo wurde mit einem seitlichen Ausgang im Konus versehen. Eine bauseitig vorhandene Dosierwalze regelt die Förderleistung. Nach

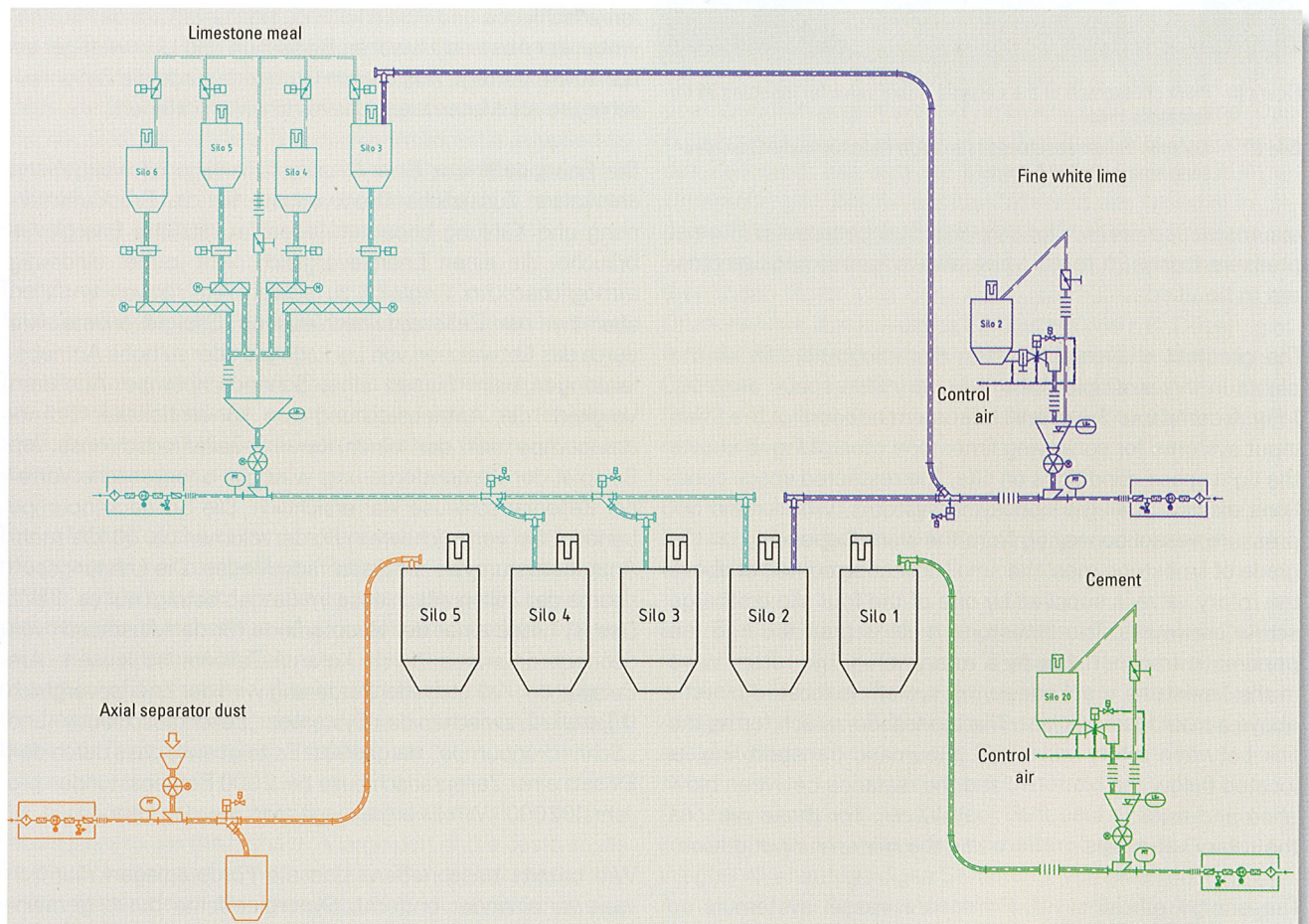


Figure 7: Flow sheet of the conveying systems

Bild 7: Fließbild der Förderanlagen

Table 3: Comparison of the system parameters
 Tabelle 3: Anlagenparameter im Vergleich

Property	Units	Cement conveying system	Limestone meal conveying system	Fine white lime conveying system	Axial separator dust conveying system
Output	t/h	50	37.5	15	2
Total conveying distance	m	310	200	330	300
Total lift height	m	70	40	45	45
Number of receiving points	No.	1	3	2	2



Figure 8: Mixing silo plant
 Bild 8: Mischsiloanlage

every product to any silo battery. » Fig. 8 shows a photograph of the mixing silo plant.

Implementation of the plans for the entire conveying system made different demands on each individual system.

The cement conveying system: The cement conveying starts at a loading silo in the Wotan plant. The silo was fitted with a side outlet in the cone. An existing flow control gate supplied by the customer regulates the output. A 31 m vertical conveying section starts after horizontal conveying for 36 m. The pneumatic transport line then runs for 150 m on the pipe bridge of an existing tube belt conveyor. The planning for the tube belt conveyor was already very well advanced at the time when the cement conveying project started. Both projects were implemented smoothly in parallel thanks to good coordination and communication on the part of Müllerkalk. » Fig. 9 shows a photograph of the two conveying systems.

The fine white lime conveying system: The structure of the system is similar to that for conveying cement. In this case the design had to cater for an unsupported conveying section



Figure 9: View of the tube belt conveyor on the lattice bridge with the pipeline underneath it
 Bild 9: Rohrgurtförderer auf der Fachwerkbrücke und unten verlagerte Förderrohrleitung

einer horizontalen Förderung von 36 m beginnt eine vertikale Förderstrecke von 31 m. Anschließend verläuft die Förderleitung ca. 150 m auf der Rohrbrücke eines vorhandenen Rohrgurtförderers. Die Planung des Rohrgurtförderers war zum Zeitpunkt des Projektstarts der Zementförderung schon sehr weit fortgeschritten. Durch eine gute Koordination seitens Müllerkalk konnten beide Projekte reibungslos parallel realisiert werden. » Bild 9 zeigt beide Fördersysteme.

Die Weißfeinkalk-Förderanlage: Der Aufbauturm ist mit dem der Zementförderung vergleichbar. Planerisch musste hier eine frei tragende Förderstrecke von ca. 30 m berücksichtigt werden. Zusätzliche Stützen durften wegen der zu gewährleistenden Zugänglichkeit nicht gesetzt werden. Das wurde mit einer kostengünstigen Tragkonstruktion realisiert, in der die pneumatische Förderleitung als selbsttragendes Element mit eingebunden wurde.

Die Kalksteinmehl-Förderanlage: Diese Förderanlage mit einem Rohrleitungsdurchmesser von DN 250 verbindet vier Silos einer vorhandenen Lkw-Beladung mit vier Silos der neuen Mischanlage. Die Beschickung des Zellenradaufgebers erfolgt über Rohrförderschnecken, die Aufteilung in die Empfangssilos über Förderleitungsweichen.

Die Förderanlage für Axialabscheiderstaub: Der in der Kalkherstellung anfallende Axialabscheiderstaub wird im neuen Mischwerk für die Herstellung von Mischprodukten verwendet. Da die Verlege- und Montagearbeiten der Hauptförderungen kostenmäßig bereits geplant waren, konnte die Förderleitung mit einem Rohrdurchmesser von DN 80 günstig mit installiert werden. Durch die auf diese Weise niedrig gehaltenen Kosten arbeitet auch dieses Fördersystem wirtschaftlich.

of about 30 m. Additional supports could not be installed due to the accessibility. This requirement was met with an economical supporting structure in which the pneumatic delivery line was incorporated as a self-supporting element.

The limestone meal conveying system:

This conveying system with a pipe diameter of 250 mm links the four silos of an existing truck loading system with four silos of the new mixing plant. The rotary valve is fed by pipe screw conveyors and the material is distributed to the receiving silos by pneumatic transport line diverters.

The conveying system for axial separator dust:

The axial separator dust obtained during lime production is used in the new mixing plant for producing mixed products. The capital investment for routing and installing the main conveying systems was already in place so it was possible to install the delivery line with a diameter of 80 mm at the same time under favourable terms. The capital costs that were kept down in this way means that this conveying system also operates economically.

The pipelines at the end of conveying system to the storage silos run underground. These last 50 m are installed like this so that trucks and wheeled loaders can run over them. The pipelines are designed so that they can expand. A special coating avoids any corrosion in the underground section.

► Figs. 10a and 10b show the transition of the pipelines from the first crossing under the road to the second level up to the new mixing plant.

Kreisel planned, designed, manufactured and installed the entire systems including pipework and pipeline routes. The installation time was spread over about four months to suit plant availability. The stoppage times for daytime operation were kept as low as possible so that implementation of the new systems did not cause any interruptions in production. Commissioning took place in January and February 2015. Thanks to the very close coordination between Müllerkalk and Kreisel the sections of plant were brought into operation in the available time windows without any loss of production and were therefore always available in the busiest phases.

4 Experience after one year in operation

During the running time so far all four pneumatic conveying systems have been assessed by Müllerkalk as needing little maintenance or servicing. Any unplanned plant stoppages were usually consistently avoided in advance by organizational measures and personnel responsibility for the individual systems. This was based on regular lubrication of the rotary valves in accordance with the lubrication instructions, constant checks on the compressed air generating plants and daily plant inspections. According to Müllerkalk there have so far been no unplanned stoppages, which points not only to the preventive maintenance but also to the correct process engineering design by Kreisel.

Since the end of 2015 there have been a total of ten storage silos available with the new mixing plant that can be filled

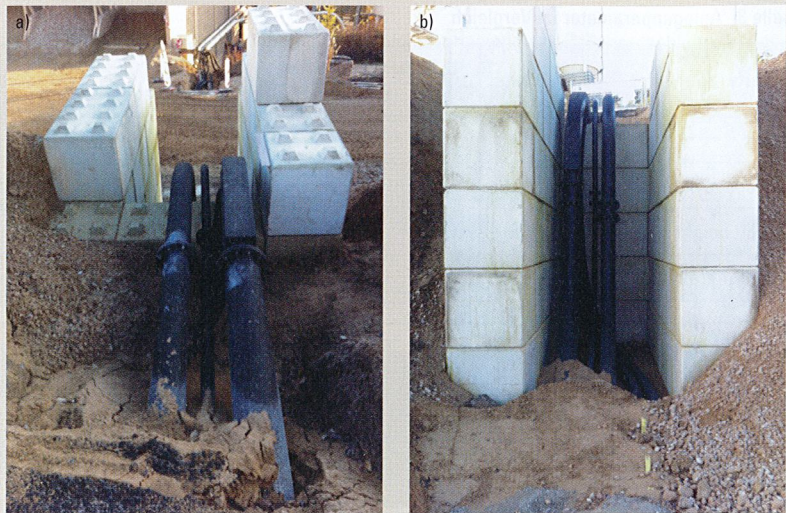


Figure 10: Pipelines laid underground; a) passage under the roadway; b) height differences of the roadways

Bild 10: Unterirdisch verlegte Förderrohrleitungen; a) Durchführung unter der Fahrbahn; b) Höhensprung der Fahrbahnen

Die Rohrleitungen am Ende der Förderung zu den Lagersilos verlaufen unterirdisch. Diese letzten 50 m sind so ausgeführt, dass sie von Lkw und Radladern überfahren werden können, und die Rohrleitungen sich ausdehnen können. Ein spezieller Anstrich vermeidet Korrosionsbildung im Erdreich. Die Bilder 10a und 10b zeigen den Übergang der Rohrleitungen von der ersten Straßenunterführung in die zweite Ebene hoch zur neuen Mischanlage.

Kreisel plante, konstruierte, fertigte und montierte die kompletten Anlagenbereiche inklusive Rohrleitungen und Rohrleitungstrassen. Die Montagezeit verteilte sich, je nach Anlagenverfügbarkeit, auf ca. vier Monate. Die Stillstandszeiten für den Tagesbetrieb wurden so gering wie möglich gehalten. Die Inbetriebnahme erfolgte im Januar und Februar 2015. Durch eine sehr gute Abstimmung zwischen Müllerkalk und Kreisel konnten die Anlagenteile ohne Produktionsausfall in den verfügbaren Zeitfenstern in Betrieb genommen werden und standen damit in den Hochkonjunkturphasen immer zur Verfügung.

4 Erfahrungen nach einem Jahr Betrieb

Im Rahmen der bisherigen Laufzeit werden durch Müllerkalk alle vier pneumatischen Förderungen als wartungs- und instandhaltungsarm eingestuft. Ungeplante Anlagenstillstände lassen sich normalerweise schon im Vorfeld durch transparente Organisation bei eindeutigen personellen Zuständigkeiten für die einzelnen Anlagen vermeiden. Der Grundbaustein hierfür sind regelmäßige Schmierungen der Zellenradschleusen gemäß Schmieranweisung, stetige Kontrollen der Druckluftherzeugungsanlagen sowie tägliche Anlageninspektionen. Bis jetzt gab es nach Aussage von Müllerkalk keine außerplanmäßigen Stillstände, was zum einen auf die vorbeugende Instandhaltung und zum anderen auf die korrekte verfahrenstechnische Auslegung von Kreisel schließen lässt.

Seit Ende 2015 stehen mit der neuen Mischanlage insgesamt zehn Vorratssilos zur Verfügung, die mit bis zu sechs verschiedenen Ausgangsstoffen pneumatisch befüllt werden können. Bei Planung und Ausführung der Anlage waren insbesondere

pneumatically with up to six different constituents. Particular priority was given to flexibility in filling the individual silos as well as to synergy effects from the existing plants. Optimum ease of integration was achieved through the customized system design.

Efficient production stands or falls by the availability of a plant. To keep this close to 100 % great emphasis was placed on the implementation of safety measuring and control instruments that not only control the plant but can also monitor it and, if necessary, also interact with it automatically and close it down safely. To this end all the instruments and their control loops that are relevant to safety were discussed and implemented in close cooperation with Kreisel so that all the system components are comprehensively protected.

It is also apparent that a capital investment of this order of magnitude makes economic sense, especially in view of the very seasonal nature of the shipments. ◀

die Flexibilität in der Befüllung der einzelnen Silos als auch die Nutzung von Synergieeffekten aus den Bestandsanlagen vorrangig. Durch das maßgeschneiderte Anlagenkonzept wurde ein Optimum an Integrierbarkeit erzielt.

Eine effiziente Produktion steht und fällt mit der Verfügbarkeit einer Anlage. Um diese bei nahezu 100 % zu halten, wurde größter Wert auf die Implementierung von sicherheitstechnischen Mess- und Regelinstrumenten gelegt, die die Anlage nicht nur steuern, sondern auch überwachen und ggf. auch automatisch beeinflussen und sicher abschalten können. Zu diesem Zweck wurden in enger Zusammenarbeit mit Kreisel alle sicherheitsrelevanten Instrumente und deren Regelkreise diskutiert und realisiert, sodass alle Anlagenkomponenten umfassend geschützt sind.

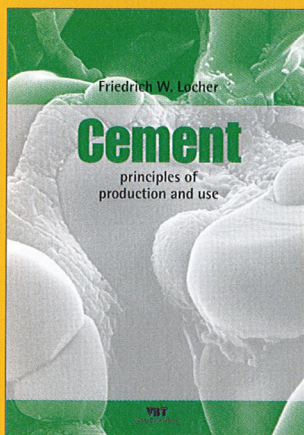
Es hat sich außerdem gezeigt, dass sich eine Investition in dieser Größenordnung wirtschaftlich rechnet, vor allem auch im Hinblick auf die saisonal stark frequentierten Verladungen. ◀

LITERATURE / LITERATUR

[1] Dikty, M.; Schwei, P.: Entscheidungsmatrix für den Schüttguttransport. ZKG International 60 (2007) No.7, pp. 56–66.

[2] Hilgraf, P.: Pneumatische Förderung – ein Überblick, Teil 2. ZKG International 46 (1993) No. 3, pp. 141–148.

All about cement



Locher
cement
principles of production and use

2006, 536 p., 16,5 x 23,5 cm,
Numerous illustrations, figures
and tables, Hardcover
€ 75,80 / sFr 122,00
ISBN 978-3-7640-0420-0

The successful launch of the German standard work on cement by Prof. Locher in 2000 is now being followed by the publication of the widely requested English language version "Cement" which takes special country-specific features and standards into account.

The book is aimed at chemists, physicists, engineers and technologists in the cement industry, in machine construction, the construction industry, materials testing and environmental protection. This clear and practical book will provide them with the understanding of the chemistry of cement needed for their daily work. It will also make an ideal textbook for the study of building materials science at colleges and universities.

Verlag Bau+Technik GmbH
P.O. Box 12 01 10
40601 Düsseldorf, Germany
Order
Fax: +49 (0) 2 11/9 24 99-55
www.verlagbt.de ▶ bookshop