

W. Odreitz, Groß Veitsch, Österreich und
C. Behrens, Clausthal-Zellerfeld, Deutschland

Lückenloses Qualitätsmanagement durch on-line und off-line Partikelgrößenanalyse mittels Laserbeugungsspektrometrie

Ein Erfahrungsbericht moderner Messverfahren zur Prozesskontrolle in der Feuerfestindustrie

Zusammenfassung

Die Partikelgrößenverteilung ist im Rahmen der Herstellung von Feuerfestmaterialien ein qualitätsentscheidendes Merkmal. Für das Qualitätsmanagement des Feuerfestherstellers Veitsch-Radex bedeutete dies konsequenterweise die Integration einer on-line Partikelgrößenanalyse in ihre Produktionsanlage für magnesitische Sintermehle, die im wesentlichen aus zwei Mühlen-Sichter-Linien besteht. Realisiert wurde diese on-line Analytik mit Hilfe zweier MYTOS & VIBRI-Systeme der Firma Sympatec GmbH, die speziell für den Einsatz im Prozessumfeld konzipiert worden sind. Auf Grundlage der on-line Partikelgrößenanalysendaten konnte im Werk Veitsch jedoch nicht nur eine Mühlensteuerung etabliert werden, sondern darüber hinaus dienen die Analysenergebnisse auch zur Rezeptberechnung einer nachgeschalteten automatischen Mischanlage. Neben der zuverlässigen Vorausberechnung der Feuerfestmischungen, welche wiederum Einsparungen in der Qualitätsendkontrolle zur Folge hat, wird ferner Schwemmmaterial in größeren Mengen eingespart, was zu einer kurzen Amortisationszeit der on-line Analytik führte.

Einleitung

Die Partikelgrößenverteilung (PGV) eines dispersen Stoffsystems ist das entscheidende Merkmal, das maßgeblich für das Verhalten von Pulvern, Suspensionen und anderen dispersen Produkten verantwortlich ist. So weisen beispielsweise Nanoprodukte völlig andere Festigkeitseigenschaften, Fließfähigkeiten, thermische Eigenschaften usw. auf, als ihre grobkörnigen Verwandten mit Partikelgrößen deutlich oberhalb von einem Mikrometer.

Auch in der Feuerfestindustrie ist die Partikelgrößenverteilung ein entscheidender Faktor zur Erreichung der Spezifikationen

Werner Odreitz, Leiter QM, Veitsch Radex GmbH & Co.,
Magnesitgasse 2, 8664 Groß Veitsch, Österreich
Tel.: 00 43 5021317 20 • Fax: 00 43 502131749
E-Mail: Werner.Odreitz@rhi-ag.com

Dipl.-Ing. Christian Behrens, Sympatec GmbH System-Partikel-Technik,
Burgstätter Str. 6, 38678 Clausthal-Zellerfeld, Germany

Tel.: 0 53 23 7 17 0 • Fax: 0 53 23 7 17 229
E-Mail: cbehrens@sympatec.com

Über die Autoren: Seite 453

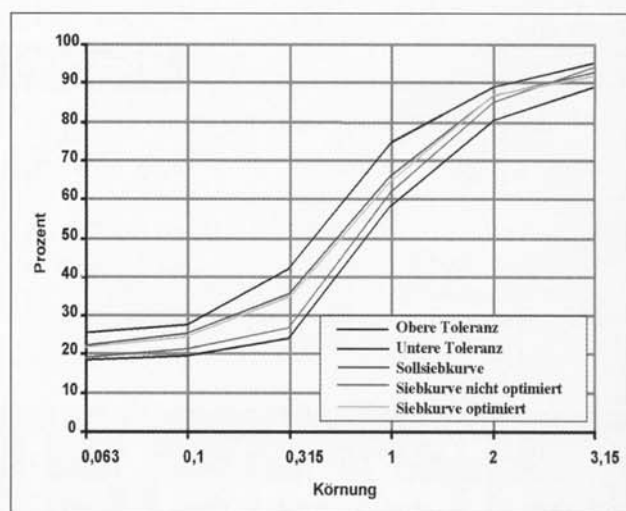


Abb. 1: Sollsiebcurven (Summerverteilung). Ober- und Untergrenzen, nicht optimierte und optimierte Verteilungen

der Endprodukte. Ausschlaggebend ist hier allerdings weniger das Erzielen von Submicron-Korngrößen, als vielmehr die genaue Einhaltung von vorgegebenen Kornverteilungsspektren, die charakteristisch sehr breit verteilt sind und bei wenigen Mikrometern beginnend bis in den Millimeterbereich reichen (Abb. 1).

Veitsch-Radex, ein Unternehmen der RHI Refractories® Gruppe (Veitscher, Didier, Radex, Dolomite Franchi, Refel, Aken), die mit über 20 Produktionsstandorten in fünf Kontinenten zu den weltweit größten Herstellern feuerfester Produkte gehört, praktiziert daher bereits seit vielen Jahren ein konsequentes und leistungsstarkes Qualitätsmanagement (QM). Herausragender Bestandteil des QM-Systems ist die Erfassung der Partikelgrößenverteilung aller anfallenden Vorprodukte, die allerdings nicht nur am Ende der Produktion überprüft, sondern bereits im Prozess on-line überwacht werden. Damit wird nicht nur die Kontrolle der jeweiligen Prozessstufen gewährleistet, sondern gleichzeitig auch die wichtige Dispersitätsinformation für die nachfolgenden Prozessschritte bereitgestellt.

1 Qualitätsmanagement beginnt im Prozess

Im Werk Veitsch (Groß Veitsch, Österreich), das über eine der modernsten Fertigungsstraßen zur Herstellung von Feuerfeststeinen und -massen verfügt, werden jährlich ca. 6 Mio. Zementdrehofensteine, ca. 60.000 t kohlenstoffgebundene Steine

und ca. 55.000 t feuerfeste Spezialmassen hergestellt.

Die Herstellung beginnt mit der Vorzerkleinerung der magnetischen Rohstoffe in Brechern, setzt sich fort über das Körnen, Vermahlen, Mischen, Pressen, Trocknen, Brennen und Absetzen, bis die fertigen Produkte schließlich verpackt werden und versandbereit sind (Abb. 2). Jeder dieser Einzelschritte unterliegt einer strengen Qualitätskontrolle, wobei ein besonderes Augenmerk auf die Vermahlung der Rohstoffe zu Sinterkörnungen und feinen Mehlen, sowie deren anschließende Abmischung gerichtet ist.

Die Abmischung der groben Sinterkörner und der feinen Mehle erfolgt in Veitsch in automatischen Silomischanlagen (Abb. 3 zeigt die Massenanlage), die stets jene Menge Körner und Mehle aus den Vorratssilos in eine Gattierungswaage entlässt, die zum Erreichen der Zielpartikelgrößenverteilung der fertigen Mischung erforderlich ist. Eine leistungsstarke Software übernimmt die Berechnung der Mengenanteile unter Berücksichtigung der Korngrößen der in den jeweiligen Silos vorliegenden Ausgangskomponenten, sowie die Ansteuerung der entsprechenden Dosiereinheiten.

Dieses Vorgehen setzt allerdings voraus, dass die Korngrößenverteilungen der Komponenten, wie sie in den einzelnen Silos vorliegen, hinreichend genau bekannt sind. Aufgrund der hohen Produktdurchsätze und der zahlreichen Spezifikationen ist eine manuelle Korngrößenanalyse im Labor dazu allerdings unpraktikabel, weshalb die Partikelgrößenverteilung nur durch eine on-line Analyse erfasst werden kann. Eine solche on-line Partikelgrößenanalyse wurde Mitte der 90er Jahre im Werk Veitsch zur Erfassung der groben Sinterkörner oberhalb von ca. 0,3 mm mit Hilfe der Bildanalyse realisiert.

Eine Partikelgrößenanalyse der feinen Mehle hingegen ist mit dieser Methode naturgemäß nicht möglich, da feinere Pulver aufgrund ihrer deutlich größeren spezifischen Oberfläche stark zur Agglomeration neigen. Um jene Mehle ebenfalls analysieren zu können, ist vor der eigentlichen sensorischen Erfassung der Partikelgrößenverteilung eine Dispergierung der Agglomerate unumgänglich.

2 Herstellung der feuerfesten Massen und Mörtel

Die Produktparte "Massen" macht im Werk Veitsch einen Anteil von rund 30 % der gesamten Produktion aus und gehört somit zu den tragenden Säulen in der Produktion. Die Massen setzen sich aus bis zu fünf verschiedenen Sinterkörnungen und drei verschiedenen Mehlen zusam-

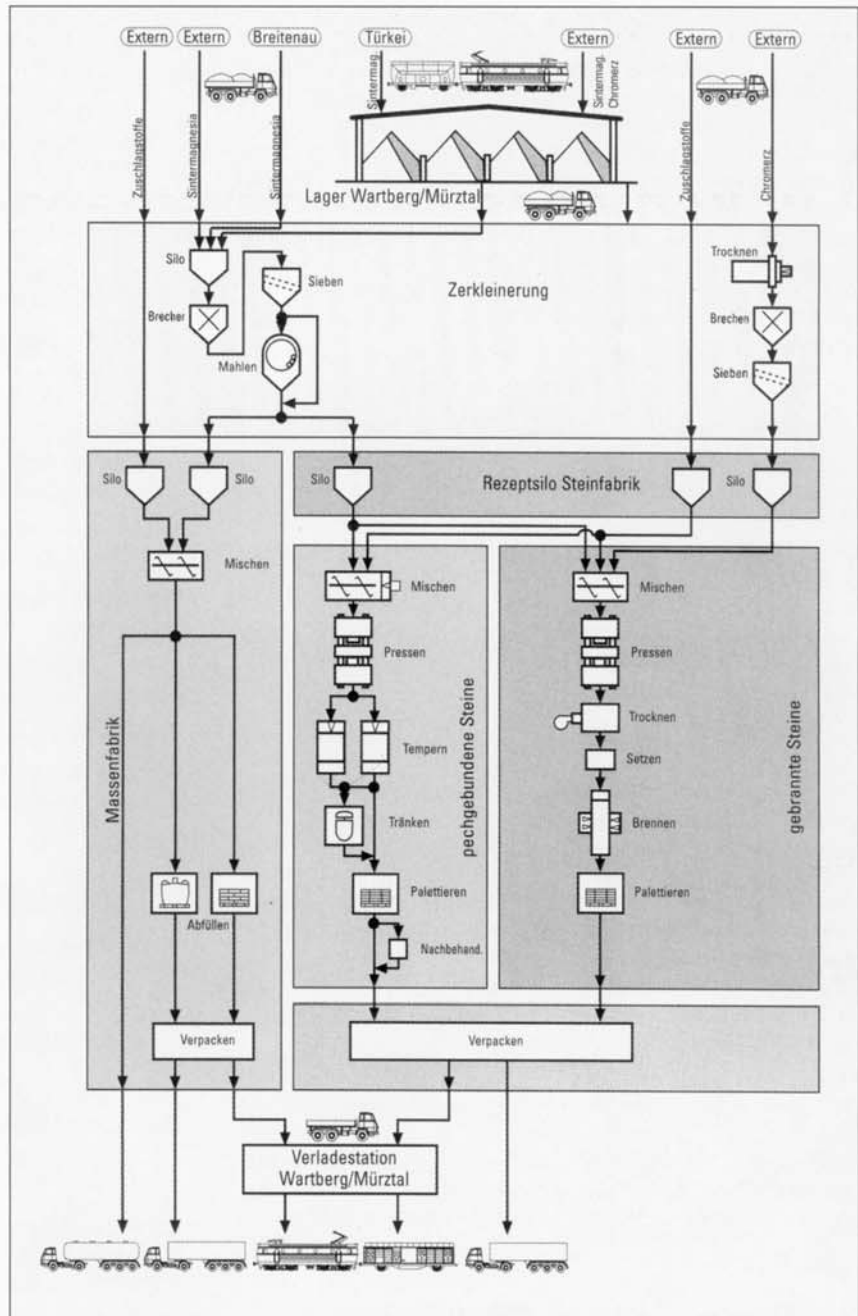
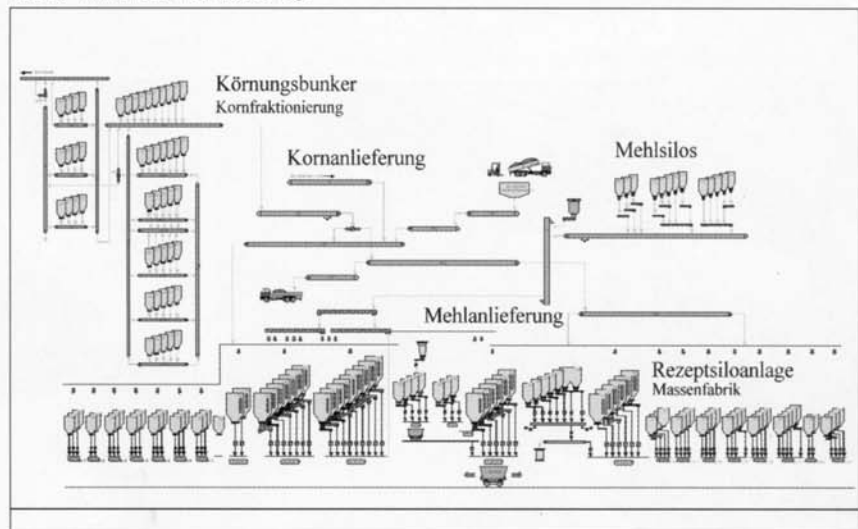


Abb. 2: Produktionsfließbild Werk Veitsch

Abb. 3: Flussbild der Rezeptsilanlage



Doch nicht nur die Darstellung der Partikelgrößenänderungen als Insellösung ist wichtig für Veitsch, sondern auch die Vergleichbarkeit der Laserbeugungsergebnisse mit anderen, bei Veitsch zum Einsatz kommenden Analysemethoden (z.B. Bildanalyse) ist für den abteilungsübergreifenden Informationsaustausch unablässig. So werden standardmäßig alle Analyseergebnisse auf Werte, wie sie bei der Luftstrahlsiebung erhalten werden, umgerechnet.

Besonders für die Funktionsfähigkeit der Rezepturverwaltung der Silomischanlage ist eine solche einheitliche "Sprache" Voraussetzung, dem die WINDOX Software des MYTOS & VIBRI-System durch ein sogenanntes REMO-PARA Modul Rechnung trägt. Über Korrelationsmatrizen werden die Laserbeugungsergebnisse, die naturgemäß von der Luftstrahlsiebung leicht abweichende Werte liefert, auf genau jene Größen revalidiert und zusammen mit den Angaben zu Datum, Zeit, Quellsilo, Zielsilo, Bediener und allen relevanten Analyseinstellungen über den Leitreechner zur Software der Rezepturverwaltung weitergeleitet.

Eine bemerkenswerte Übereinstimmung in Punkto Vergleichbarkeit besteht zwischen den MYTOS & VIBRI Analyseergebnissen aus dem Prozess und den Resultaten der Partikelgrößenendkontrolle der fertigen Mischungen, die bislang noch über Handproben und off-line Analysen im Labor erfolgt. Beide Systeme liefern für gleiche Proben nahezu identische Angaben, was nicht weiter verwunderlich ist, da es sich bei dem Laboranalysensystem ebenfalls um ein Gerät der Firma Sympatec handelt – dem bereits oben erwähnten HELOS & RODOS-System (Abb. 11). HELOS & RODOS beruht dabei nicht nur auf der selben Dispergier- und Analyseverfahren, sondern besteht darüber hinaus auch aus identischen Kernkomponenten. Die hohe Qualität der Übereinstimmung ist exemplarisch der Abb. 12 für zwei ausgewählte Produkte zu entnehmen.

4 Ergebnisse und Erfahrungen

Nach einer Betriebsdauer von nunmehr fast 2 Jahren wurden über 50.000 Messungen durchgeführt. Eine besondere Erwähnung verdient im Zusammenhang mit dem sehr abrasiven Feuerfestmaterialien die außergewöhnlich hohe Verschleißfestigkeit, die letztlich auf die gradlinige Führung der beschleunigten Partikel durch die verschleißrelevanten Bauteile zurückzuführen ist. Nach erfolgreichem Abschluss der Geräteinstallation ergab sich praktisch kein Wartungsbedarf, was den robusten und alltagstauglichen Aufbau der hochsensiblen Messtechnik dokumentiert. Dass Alltagstauglichkeit nicht auf Kosten der Analysequalität gehen muss, unterstreichen die Messergebnisse der beiden Systeme, die, bezüglich Vergleichbarkeit untereinander sowie auch mit dem im Labor befindlichem Sympatec Gerät, eine Abweichung von weniger als 1 % aufweisen. Auch die auf Siebwerte revalidierten Laserbeugungsergebnisse weichen weniger als 1,5 % vom Sollwert ab.

4.1 Prozessoptimierungen

Aufbauend auf derart zuverlässigen Daten konnten mehrere Prozessoptimierungen vorgenommen werden. So ermöglicht die zeitnahe Visualisierung der Partikelgrößenänderungen ein tieferes Verständnis von den mechanischen Vorgängen während der Mahlung der magnesitischen Rohstoffe und deren

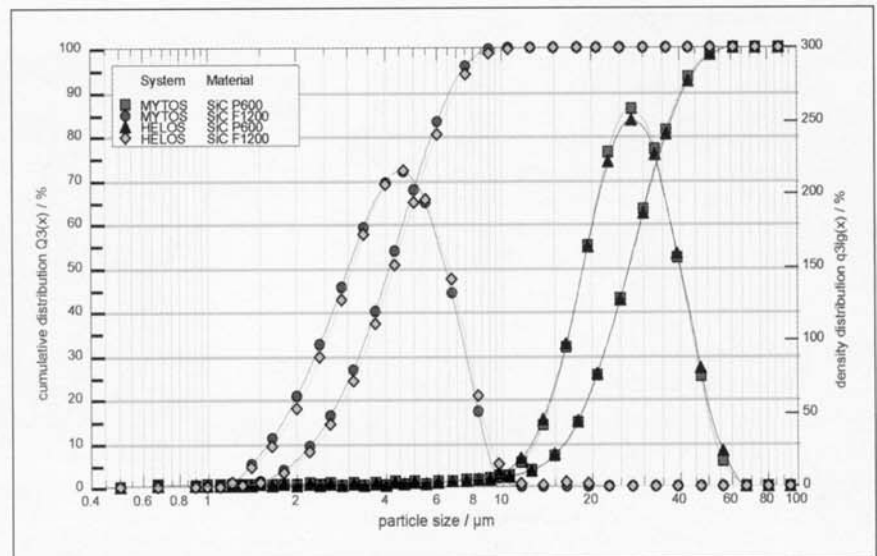


Abb. 12: Vergleichbarkeit zwischen MYTOS und HELOS & RODOS

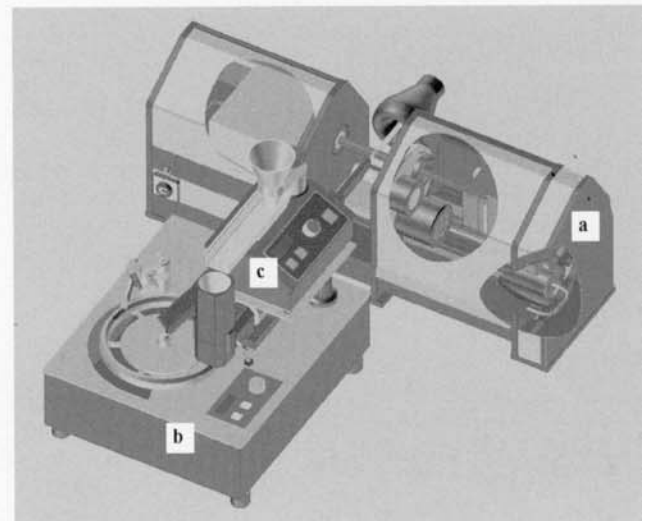


Abb. 11: HELOS & RODOS off-line Laserbeugungsspektrometer.
a) laseroptischer Sensor HELOS, b) Trockendispergierer RODOS, c) Vibrationsdosierer VIBRI

Mahlcharakteristika. Daraus erwuchs schließlich die Erkenntnis, dass eine zuverlässige Mühlenregelung allein über die Sichterzahl möglich ist, wenn bestimmte Kriterien wie Aufgabegut, Rücklaufmenge, Mühlengattung, etc. bekannt und unter Kontrolle sind.

4.1.1 Automatische Mühlenregelung

Die Echtzeiterfassung der Korngrößenänderung erlaubt jetzt das gezielte Anfahren vorgegebener Spezifikationen und eine schnelle Reaktion auf die Mahlung, sobald die Spezifikationen geändert werden. Die bis dato praktizierte manuelle Nachjustierung der Mühle über den Anlagenfahrer konnte inzwischen durch eine automatisierte Lösung ersetzt werden.

4.1.2 Geschlossene Rezepturverwaltung

Darüber hinaus leisten die on-line Daten der Rezepturverwaltung der Silomischanlage einen wichtigen Dienst, die insbesondere auf der Produktschiene der Massenerzeugung ohne die Analysen des MYTOS & VIBRI-System nur grobe Abschätzungen erlaubte. Mit der Echtzeitinformation über die Partikelgrößenverteilungen der feinen Mehle schloss sich diese Lücke und ermöglichte fortan eine sehr zuverlässige Vorabrechnung der zum Erreichen der finalen Partikelgrößenverteilung der Mischung erforderlichen Massenanteile.

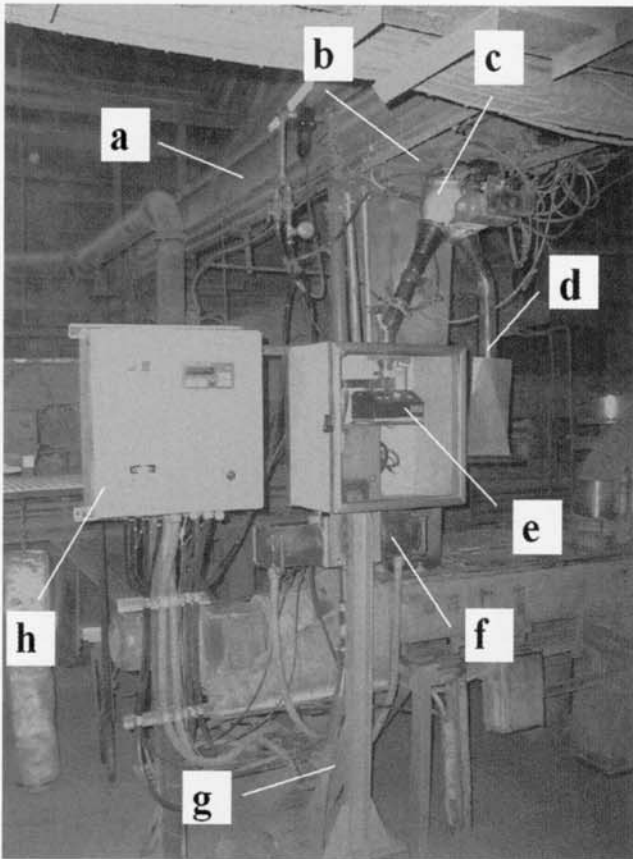


Abb. 9: MYTOS & VIBRI Installation. a) Schneckenförderer, b) elektr. Schieber, c) Rohrweiche, d) VIBRI, f) MYTOS, g) Probenrückführung, h) Kontrollschrank

fangbehälter (d) und steht so für Laboranalysen zur Verfügung. Im normalen on-line Betrieb jedoch gelangt die Probe über die Rohrweiche in den Auffangtrichter der VIBRI (e), die, mit einem Füllstandssensor ausgestattet, das Vorliegen der Probe erkennt und die Messroutine startet.

Im Rahmen der vollautomatisch ablaufenden Messroutine wird zunächst der Injektorvordruck des Dispergiersystems sowie der Hüllluftstrom um den Injektorstrahl, der im Messbetrieb dafür sorgt, dass keine Partikel beim Durchqueren der Messzone an die Linsen gelangen und so im Dauerbetrieb zu störenden Anhaftungen führen, aufgebaut. Ferner wird eine Absaugung aktiviert, die das Aerosol hinter dem Sensor auffängt.

Bevor der Vibrationsdosierer mit der Probenzuführung beginnt, wird eine Leerwertmessung von wenigen Sekunden durchgeführt. Anschließend transportiert VIBRI die Probe gleichmäßig in den Unterdruckbereich des MYTOS (f), wo ein Trichter die Probe auffängt. Beschleunigt durch den Injektorvogel passieren die Partikel die Dispergier- und anschließend als Freistrahle die Messzone, wo sie in Wechselwirkung mit dem Laserstrahl treten. Eine geeignete Triggerung erlaubt im Rahmen der Signalerfassung stets optimale Analysenbedingungen. So beginnt die Messwertfassung beispielsweise erst beim Erreichen einer optischen Mindestpartikelkonzentration im Strahlengang und stoppt automatisch, wenn dieser wieder unterschritten wird. Haben die Partikel den Strahlengang wieder verlassen, werden sie hinter der Messzone aufgefangen und in die Absaugung (g) weitergeleitet. Letztere entleert sich in

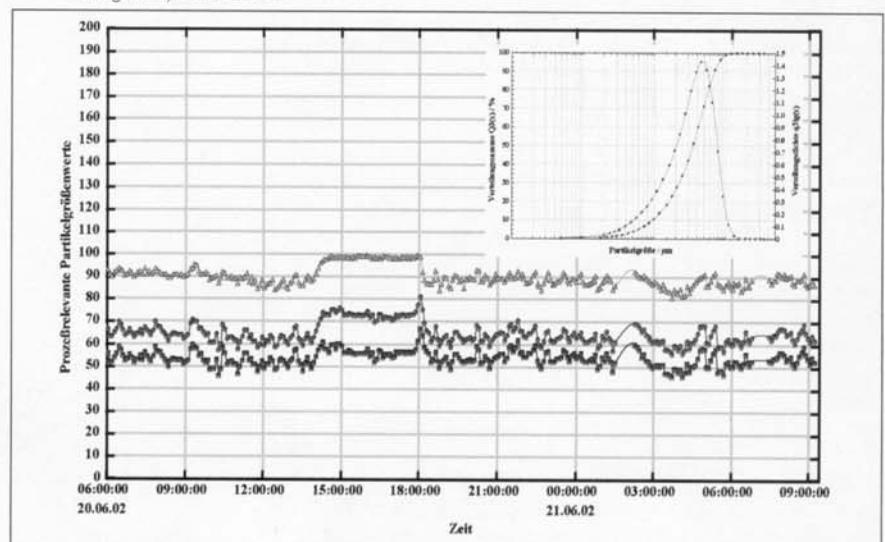
regelmäßigen Abständen in das Becherwerk direkt unterhalb der Absaugung, sodass das Probenmaterial semikontinuierlich wieder dem Prozess zugeführt wird. Wie aus Abb. 9 ersichtlich, ist das Analysensystem kompakt auf einem Rack unterhalb des Schneckenförderers montiert und die offenen Bereiche von MYTOS & VIBRI sind zum Schutz vor externer Verunreinigung zusätzlich in einem Gehäuse der Schutzklasse IP65 untergebracht. Die Kommunikation zwischen MYTOS, VIBRI und der Absaugung erfolgt über die systemeigene Software aus dem Hause Sympatec im Zusammenspiel mit dem zum System gehörenden Kontrollschrank (h). Zur systemübergreifenden Kommunikation und zur Datenübergabe in das QM-System von Veitsch Radex dient die TCP/IP Schnittstelle des im Analysensystem enthaltenen PCs, der mit dem Leitreechner der Mahlanlage verbunden ist.

Ebenfalls in der Steuerungssoftware hinterlegt sind die Einstellungen für die automatische Abreinigung des Analysensystems, die sich an die eigentliche Analyse anschließt. Dazu werden Trichter und Transportrinne des Vibrationsdosierers mit einem am System angebrachten Hammerwerk abgeklopft, der Trichterhub sowie die Förderrate der VIBRI auf 100 % angehoben und der MYTOS-Injektor im Leerlauf betrieben. Dadurch werden gegebenenfalls anhaftende Probenrückstände abgelöst und in die Absaugung abtransportiert. Die auf diese Weise realisierten typischen Analysenzeiten liegen bei 20 - 50 Sekunden. Unter Berücksichtigung der Kommunikation mit der Analysenperipherie und deren Stellzeiten beträgt die Messfrequenz vom Auslösen der Probenahme bis zur Wiederherstellung der Messbereitschaft ca. 5 min.

3.3 Darstellung der Analysenergebnisse und Weiterverarbeitung

Die vom Detektor erfassten Lichtsignale werden über Lichtwellenleiter an den Messrechner in der Leitwarte gesendet, dort von der Analysensoftware ausgewertet und in Form von Summen- und Dichteverteilungen dargestellt. Für die on-line Prozesskontrolle als vorteilhaft erweisen sich jedoch Trenddiagramme, die lediglich einige ausgewählte Kenngrößen der Kornverteilung wie beispielsweise den x_{10} , x_{50} , x_{90} , die Rückstandswerte R_{63} , R_{100} , R_{200} , die Siebdurchgangswerte Q_{63} , Q_{100} , Q_{200} oder jede andere beliebige charakteristische Partikelgrößenverteilungszahl und sich daraus ergebende Kennwerte anzeigen. So werden auch im Werk Veitsch entsprechende Trenddiagramme, wie in Abb. 10 dargestellt, zur on-line Prozessverfolgung visualisiert.

Abb. 10 Typische Messdatendarstellung als Summen- und Dichteverteilung ($Q_3(x)$ und $q^*_3(x)$). Für den on-line Betrieb erweist sich die zeitliche Auflösung charakteristischer Partikelgrößenverteilungswerte ($Q(t)$ -Diagramm) als vorteilhaft



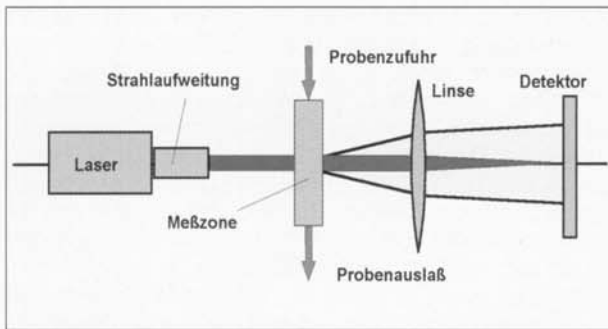


Abb. 5: Prinzip der Laserbeugung

gebeugte Licht wird von einer Fourier-Linse aufgefangen und auf einen Detektor geführt, wo ein Beugungsmuster erscheint. Der an einem solchen Detektor messbare Effekt verstärkt sich bei Anwesenheit eines ganzen Partikelkollektives, wobei kleinere Partikel den Lichtstrahl stärker auslenken als größere und somit anders strukturierte Beugungsspektren generieren als größere Partikel. Abb. 6 zeigt ein solches Beugungsspektrum exemplarisch für monodisperse, kugelförmige Partikel.

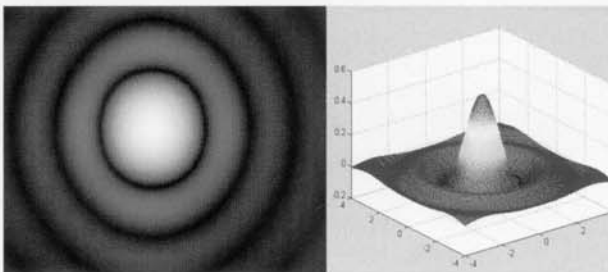


Abb. 6: Laserbeugungsmuster

Die Anwesenheit großer und kleiner Partikel gleichzeitig im Laserstrahl führt zu einer Überlagerung mehrerer sogenannter Fraunhofer Beugungsspektren die mit einem photooptischen Sensor erfasst und in eine Partikelgrößenverteilung überführt werden. Als Beispiel für ein solches Laserbeugungsspektrometer sei auf das bekannte Laborgerät HELOS der Firma Sympatec verwiesen. Die Laserbeugungsmethode, die im Laborbereich aufgrund ihrer extrem kurzen Analysenzeit von meist wenigen Sekunden und der hochauflösenden Beschreibung der Kornverteilung seit über 30 Jahren etabliert ist, konnte Mitte der 90er Jahre auch erfolgreich als Prozessmesstechnik on- und in-line realisiert werden.

3.1.2 Die Dispergierung

Bevor jedoch Partikel einem Sensor zugeführt werden, muss sichergestellt sein, dass diese nicht in Form von Agglomeraten vorliegen, sondern als dispergierte Einzelkörner, da der Laserstrahl naturgemäß lediglich geschlossene Konturen der Partikelprojektionsflächen erkennt, ohne dabei zwischen Flächen einzelner Partikel oder agglomerationsbedingter Überlagerung mehrerer Einzelflächen zu unterscheiden. Eine entsprechende Dispergierung speziell für trockene Pulver wurde 1984 am Institut für Mechanische Verfahrenstechnik der TU Clausthal mit dem Trockendispergierer RODOS vorgestellt. RODOS arbeitet dabei ähnlich wie ein Injektor und verursacht über ein starkes Druckgefälle in einer Injektorstrecke Partikelrotationen, Partikel-Partikel- und Partikel-Wand-Kollisionen, die eine zuverlässige, reproduzierbare Dispergierung der Agglomerate bis in den Submikronbereich gewährleisten.

3.1.3 Die Probendosierung

Die Kombination aus dem laseroptischen Sensor HELOS der Firma Sympatec und dem Trockendispergierer RODOS und

dessen Umsetzung als in- und on-line Analysator bildet das MYTOS-System.

Um MYTOS unter stets optimalen, und von Prozessschwankungen unabhängigen Bedingungen mit Produkt zu versorgen, dient der intelligente Vibrationsdosierer VIBRI. Dieser Dosierer ist geregelt und liefert unabhängig vom Füllstand im Vorlagentrichter und der Rinnenbeladung stets konstante und von der Software vorgegebene Förderbedingungen. Zusammen mit MYTOS entsteht das MYTOS & VIBRI-System wie in Abb. 7 dargestellt.

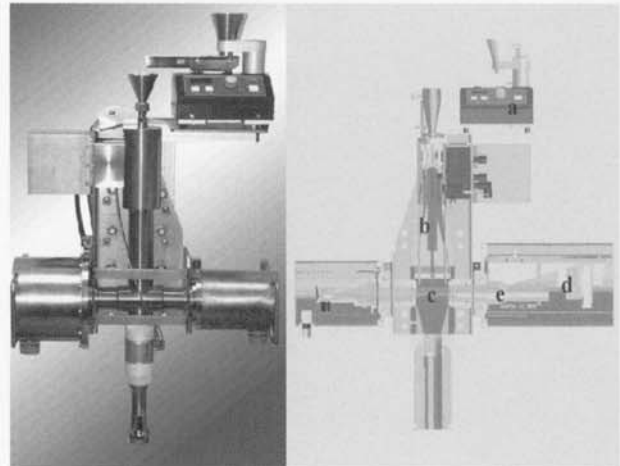


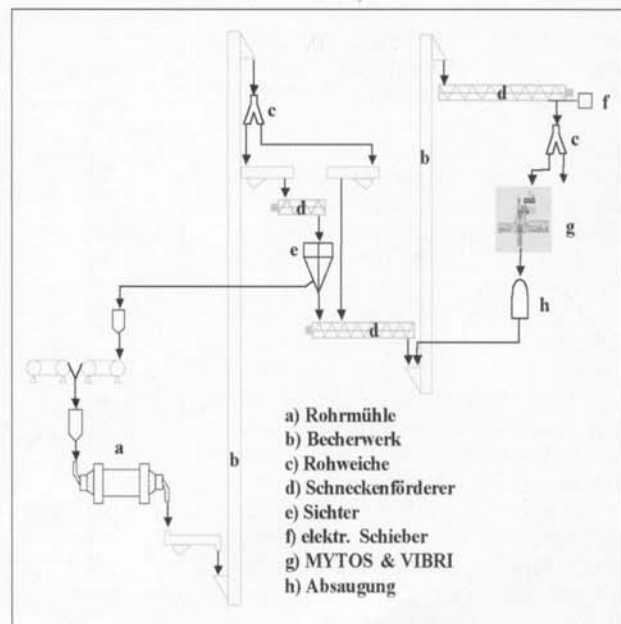
Abb. 7: MYTOS & VIBRI System für den Einsatz des Laserbeugungsprinzips für die Partikelgrößenanalyse im industriellen Prozessumfeld. a) Vibrationsdosierer VIBRI, b) Dispergierstrecke RODOS, c) Messzone, d) Detektor, e) Linsensystem

3.2 Installation und Funktionsweise der on-line Analytik

Um der anfänglichen Forderung nach kurzen Reaktionszeiten gerecht zu werden, werden die MYTOS & VIBRI-Systeme dicht hinter die Mühlen-Sichter-Einheiten installiert (Abb. 8). Abb. 9 zeigt das MYTOS & VIBRI-System im messbereiten Zustand.

Nachdem das Mahlgut ein Becherwerk durchläuft, gelangt es auf eine Transportschnecke (a), an deren Ende eine elektrische Klappe (b) für einen kurzen, genau definierten Zeitraum öffnet und so ca. 200 g Probe in eine Rohrweiche (c) entlässt. Steht die Weiche auf Handprobe, so gleitet das Material in einen Auf-

Abb. 8: Installationssituation der on-line Analytik



men, wobei der Mehlanteil in der fertigen Mischung mit bis zu 60 % Gewichtsanteil dominiert. Aufgrund der bis dahin fehlenden on-line Analysemöglichkeit mussten die Mehle nach einer halbautomatischen Probenahme über ein Luftstrahlsieb analysiert und die Rezepturen der Endprodukte überrechnet werden. Erst mit dem Vormarsch der Laserbeugungsanalyse in den Prozessbereich und der damit einhergehenden Fähigkeit, Partikel sogar bis unter 1 µm dispergieren und deren Größe analysieren zu können, konnten hier die Lücken zur vollautomatischen Rezeptüberrechnung schließen. 2001 wurden daher zwei MYTOS & VIBRI-Systeme der Firma Sympatec GmbH zur on-line Partikelgrößenanalyse beschafft und in die Mehlerzeugung integriert.

Die Mahlung der bis zu 15 verschiedenen Magnesite – darunter z.B. Seewassermagnesite, synthetische Magnesite, alpine Magnesite sowie Schmelzmagnesite, um nur einige zu nennen – erfolgt auf insgesamt zwei Mahllinien, bestehend aus zwei Mühlen-Sichter-Einheiten mit Durchsätzen von 3 t/h bzw. 9 t/h (Abb. 4). Der Einsatz von nur zwei Mühlen erlaubt zwar einerseits eine maximale Auslastung der Linien, bedeutet aber andererseits, dass aufgrund der verschiedenartigen Ausgangsstoffe und der zudem stets wechselnden Spezifikationen der Mehle der Mahlerfolg permanent überwacht und die Mühlen immer wieder nachjustiert werden müssen.

2.1 Qualitätskontrolle

Bisher geschah die Überwachung des Mahlfortschrittes durch Laboruntersuchungen an halbautomatisch gezogenen Mehlproben. Dabei wurden in Abständen von ca. 40 min rund 100 g Probematerial hinter der Mühle genommen und einer Luftstrahlsiebung bei 63 µm unterzogen. Selbst bei zügiger Analyse bedeutet diese einen Informationsversatz von wenigstens 30 min währenddessen die Mühlen mehrere Tonnen Schwemmaterial produzierten. Daneben wurde alle 15 min eine Sammelprobe genommen, die erst am Ende einer Charge als Durchschnittsprobe auf gleiche Weise analysiert wurde.

Neben dem zeitlichen Off-set und dem damit verbundenen "Blindflug" in der Produktion sind als weitere kritische Punkte einer solchen Stichprobenanalyse die Repräsentativität der Probenahme, die Messhäufigkeit und daraus resultierende statistische Unsicherheit der Analysen, sowie die geringe Informationstiefe einer solchen punktuellen Messung zu nennen.

3 On-line Partikelgrößenanalyse

Um die genannten Defizite zu überwinden und eine zuverlässige Aussage über den Mahlfortschritt in Form des zeitlichen Verlaufes der Partikelgrößenverteilung der Mehle zu erhalten, ist eine

on-line Partikelgrößenverteilungsanalyse (PGV) geeignet, mit der folgende Ziele verfolgt werden sollen:

- Das Mahlprodukt soll durch eine hochauflösende PGV möglichst genau charakterisiert werden und so der Rezeptverwaltung (Silomischanlage) die erforderlichen Informationen liefern;
- Die Reaktionszeiten auf den Mahlvorgang sollen signifikant verkürzt werden;
- Eine automatische Mühlenregelung mit Hilfe des 63 µm bzw. D_{50} -Wertes als Regelgröße soll etabliert werden.
- Eine höhere zeitliche Auflösung der PGV während des Mahlvorganges soll tiefere Einblicke in die Mahlcharakteristik der Rohrmühlen liefern;
- Ein hoher Automatisierungsgrad soll zu einer Reduktion des Materialhandlings und somit zu einer höheren Sicherheit des Bedienungspersonals führen;
- Das Analysenlabor soll entlastet werden, damit dieses wieder für Kernaufgaben zur Verfügung steht.

Ein solches Messsystem muss dabei folgende Voraussetzungen erfüllen:

- Die Messmethode muss aufgrund stets wechselnder Produkte produktunabhängig sein;
- Hohe Messgenauigkeit und gute Reproduzierbarkeit;
- Kurze Analysenzeiten und schnelle Wiederherstellung der Messbereitschaft;
- Stabile Ergebnisse trotz schwankender Prozessbedingungen;
- Integrierbarkeit in den Mühle-Sichter-Kreislauf;
- Verschleißfest, wartungsarm, und einfache Bedienbarkeit auch im Servicefall;
- Messergebnisse müssen als Steuersignal verfügbar, und ggf. mit vorhandenen Standardanalyseverfahren vergleichbar sein.

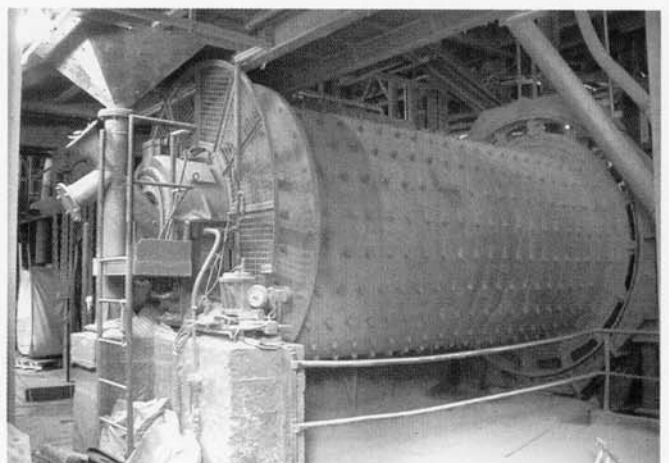
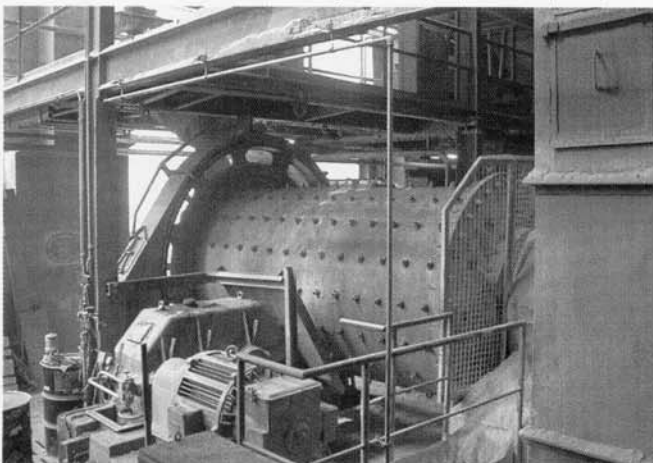
3.1 Das MYTOS & VIBRI-System

Die Realisierung einer on-line Partikelgrößenanalyse für die Mehlerzeugung erfolgte mit dem MYTOS & VIBRI Messsystem der Firma Sympatec GmbH, das alle oben genannten Voraussetzungen erfüllt. Der Sensor arbeitet nach dem Laserbeugungsprinzip, das in Abb. 5 schematisch dargestellt ist.

3.1.1 Das Laserbeugungsprinzip

Trifft ein Laserstrahl auf ein Partikel, so wird der Strahl aus seiner ursprünglichen Richtung durch Beugung ausgelenkt. Das

Abb. 4: Rohrmühlen mit einer Mahlleistung von 3 t/h (links) und 9 t/h (rechts)



4.1.3 Qualitätskontrolle

Genau jener Umstand führte dazu, dass die etablierten Qualitätskontrollen an den fertigen Mischungen aufgrund der besseren Treffsicherheit beim Mischvorgang reduziert werden konnten, was wiederum zu einer Entlastung des Analyselabors führte. Damit stand das Labor wieder für die eigentlichen Kernaufgaben zur Verfügung.

4.1.4 Reduzierung von Schwemmmaterial

Ein weiterer investitionsentscheidender Vorteil der on-line Analytik liegt – vor dem Hintergrund stetig wechselnder Spezifikationen – in ihrer Fähigkeit Änderungen der Partikelgrößenverteilung zeitlich sehr gut auflösen zu können.

Wechselt die Mahlstrecke so von einem Mahlgut mit einer Spezifikation I auf ein anderes Mahlgut bzw. auf eine geänderte Spezifikation II, so war es in der Vergangenheit nur über häufige Laboranalysen möglich, diesen Übergang nachzuvollziehen, um das Erreichen der neuen Spezifikation II möglichst frühzeitig zu erkennen. Mahlprodukt, das zwischen Spezifikationsumstellung und Nachweispunkt der Spezifikation II liegt wurde als Ausschuss bzw. Schwemmmaterial deklariert. Die tatsächliche Menge an Schwemmmaterial hingegen ist in der Regel sehr viel geringer, wie Abb. 13 verdeutlicht, wird aber aufgrund der geringen zeitlichen Auflösung der off-line ermittelten Übergangskurve nicht rechtzeitig erkannt.

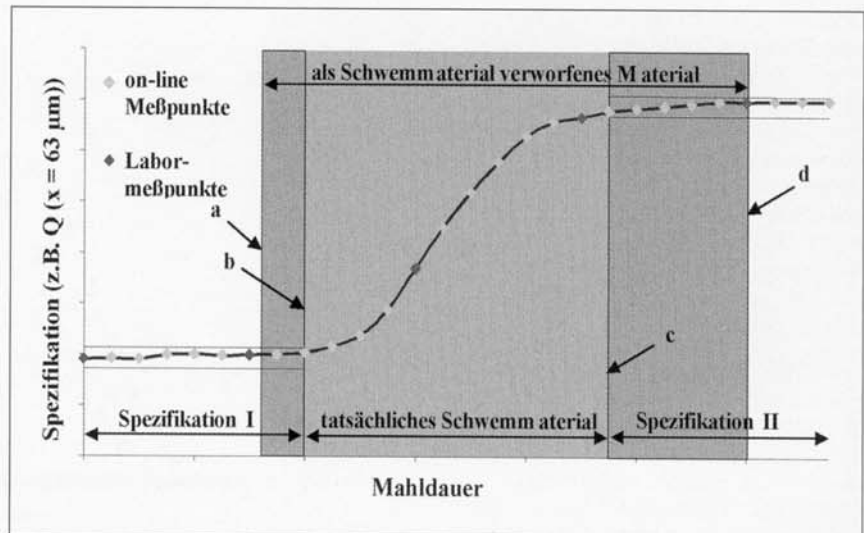


Abb. 13: Als Schwemmaterial verworfenes Material bei Anwendung von Laboranalysen im Vergleich zum tatsächlich produzierten Schwemmmaterial. a) Prozessumstellung, b) Verlassen der Spezifikation I, c) Erreichen der Spezifikation II, d) detektiertes Erreichen der Spezifikation durch Laboranalyse

Die on-line Analyse mit ihrer mehrfach höheren zeitlichen Auflösung lässt hingegen sehr viel genauer erkennen, wann die jeweiligen Spezifikationen verlassen bzw. wieder erreicht werden und erlaubt somit eine signifikante Reduzierung des Schwemmaterials.

5 Schlussbemerkung

Die hier beschriebene on-line Partikelgrößenanalyse MYTOS & VIBRI ist nur ein markantes von vielen interessanten Beispielen, für den erfolgreichen Einzug moderner Partikelgrößenanalyzesysteme in das Prozessumfeld. Neben der Installation im Werk Veitsch, wo sich die Systeme seit ihrer Inbetriebnahme vor zwei Jahren bereits amortisieren konnten, ist der on-line Dispergierer und Sensor MYTOS in zahlreichen weiteren Prozessen wie z.B. der Zement-, Metall-, Polymer-, Lebensmittel- und Pharmaindustrie erfolgreich im Einsatz.

Dabei zeigte sich, wie auch im vorgestellten Fall, dass durch in- und on-line Partikelgrößenanalyse nicht nur eine Optimierung der Produktqualität erreicht wird, sondern sich darüber hinaus auch ein Fenster zum besseren Verständnis der Vorgänge im Prozess öffnet, was den Weg für eine zielführende Prozessoptimierung eröffnet. Steigerung der Produktqualität bei gleichzeitiger Kostenreduzierung ist das erfreuliche Ergebnis.

