

# Kontinuierliche Prozessüberwachung

## Inline-Partikelmessung bei der Tieftemperatur-Mahlung

STEFAN DIETRICH, MICHAEL WILCZEK

**Fast jeder Fehler fängt klein an. Deshalb ist es wichtig, Trends und Abweichungen im kontinuierlichen Produktionsprozess so rechtzeitig zu erkennen, dass noch reagiert werden kann, bevor Grenzwerte überschritten werden. Möglich wird dies durch den Einsatz eines Systems zur Inline-Partikelmessung, das nachfolgend näher beschrieben wird.**

Die übliche Partikelgrößenmessung durch Probenahme und anschließende Laboranalyse mit Siebmaschine oder Laserbeugung liefert bei entsprechender Sorgfalt sehr genaue Messwerte, doch sind dies lediglich Momentaufnahmen zurückliegender Zustände. Dem Wunsch, ein vollständiges Abbild eines laufenden Prozesses zu erhalten, das zufällige und spontan auftretende Veränderungen lückenlos erfasst und ebenso langfristige Trends und Entwicklungen frühzeitig erkennen lässt, wird nur eine kontinuierliche Messung gerecht.

Selbst sehr kurze Analyseintervalle mit sehr hohem manuellen Aufwand reichen in vielen Fällen nicht aus, um Trends zuverlässig zu erkennen und den Prozess optimal betreiben zu können. Damit die konstant hohe Qualität zu vertretbaren Kosten in einem kontinuierlichen Prozess gewährleistet ist und bestehende Potenziale zur Reduzierung von Fehlchargen oder Kreislaufmengen genutzt werden können, wird die lückenlose messtechnische Überwachung immer wichtiger.

Die Inline-Partikelmesssonden IPP bestimmen die Partikelgrößenverteilung unmittelbar im Prozess (inline) und stellen die Ergebnisse sofort zur Verfügung (online) (Bild 1). Dadurch können viele kontinuierliche Prozesse wie z. B. Granulierung, Mahlung, Sprühtrocknung, Transport und Abfüllprozesse im Korngrößenbereich von 50 µm bis einige Millimeter kontinuierlich auf einfache Weise überwacht werden. Während bei diesen Verfahren der optimale Betrieb im Vordergrund steht, ist bei diskontinuierlichen Verfahrensschritten oder



**1: Inline-Partikelgrößenmessung beim pneumatischen Transport in einem Rohr DN 200**



**2: Ansicht der geöffneten Kühlschnecke in der Kaltmahlanlage**

solchen mit sehr kurzen Reaktionszeiten die Inline-Messung oft die einzige Möglichkeit überhaupt, Messwerte zu erhalten, die für den Anlagenbetrieb relevant sind. Gegenüber anderen Verfahren, bei denen z. B. die Probenahme mit vertretbarem Aufwand nicht erfolgen kann, ohne die Probe in ihrer Partikelgrößenverteilung wesentlich zu beeinflussen, bietet die Inline-Partikelmessung eine preisgünstige Alternative zu sonst sehr aufwändigen Laboranalysen.

### Partikelmessung bei tiefen Temperaturen

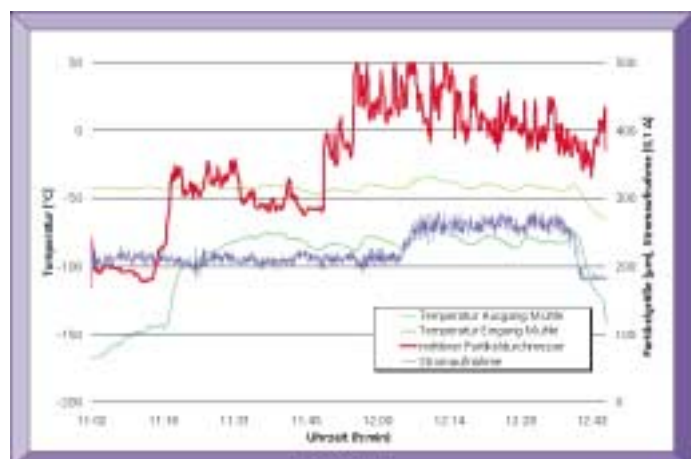
Am Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits-, und Energietechnik (FhI UMSICHT) in Oberhausen werden unterschiedliche Verfahren zur Herstellung von Partikeln untersucht und weiterentwickelt. Dazu zählt neben assoziativen Prozessen, wie der Kristallisation oder der Sprüh- und Wirbelschichttrocknung auch die Zerkleinerung. Während die Entwicklung für die Zerkleinerung von mineralischen und spröden Materialien inzwischen einen hohen Leis-

tungsstand erreicht hat, können thermoplastische, elastische und faserige Materialien bei Raumtemperatur gar nicht oder nur ineffizient zerkleinert werden. Aber gerade von diesen schwer zerkleinerbaren Materialien werden Pulver für viele Anwendungen benötigt bzw. führt die Verwendung von Pulvern im Vergleich zu Granulaten zu einer höheren Effizienz bei den nachfolgenden Prozessen und zu höheren Endproduktqualitäten.

Die Herstellung dieser Pulver erfolgt in der Regel durch eine Zerkleinerung bei tiefen Temperaturen (Bild 2). Dabei wird ausgenutzt, dass die meisten Stoffe unterhalb einer materialabhängigen Temperatur, der sogenannten Glasübergangstemperatur, verspröden und durch eine Schlagbeanspruchung wie Glas zerspringen. Dieser Prozess ist derzeit jedoch mit erheblichen Betriebskosten verbunden, da für die Erreichung der tiefen Temperaturen flüssiger Stickstoff eingesetzt wird.

Fraunhofer UMSICHT hat sich zum Ziel gesetzt, diesen Prozess intensiv zu unter-

### 3: Verlauf der gemessenen Partikelgröße (X<sub>50</sub>-Wert) in Zusammenhang mit verschiedenen Prozessparametern (Temperatur am Ausgang / Eingang der Mühle, Stromaufnahme des Mühlenantriebs, Partikelgröße X<sub>50</sub>)



St. Dietrich, Parsum GmbH, Chemnitz, M. Wilczek, FhI UMSICHT, Oberhausen

suchen und neue Wege für die Reduzierung der Betriebskosten aufzuzeigen. Zu diesem Zweck wurde im Technikum des Instituts eine Versuchsanlage im produktionstechnischen Maßstab errichtet. An dieser Anlage werden Versuchsreihen zur Bestimmung des Einflusses verschiedener Betriebsparameter wie Durchsatz, Zerkleinerungstemperatur, Drehzahl etc. auf die Produktqualität durchgeführt (Bild 3). Ein wesentlicher Parameter zur Bestimmung der Produktqualität stellt die erzielte Korngrößenverteilung dar, da an das Produkt für die Weiterverarbeitung in der Regel hohe Anforderungen bezüglich dieses Parameters gestellt werden. Zu hohe Anteile an Grob- und Feinkorn können in nachfolgenden Prozessen zu Störungen führen oder die Qualität des Endproduktes erheblich mindern. Vor diesem Hintergrund kommt einer möglichst zeitnahen Erfassung der Korngrößenverteilung eine große Bedeutung zu, um Fehlchargen zu vermeiden und Einflüsse veränderter Betriebsparameter zu erkennen. Dies leistet, wie bereits erwähnt, die im Folgenden näher beschriebene Partikelsonde. In der beschriebenen Anlage wird die Partikelsonde IPP 50-S eingesetzt. Der Einbauort der Sonde am Ausgang der Mühle stellt mit Temperaturen um  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  und Strömungsgeschwindigkeiten bis zu  $30\text{ m/s}$  umfangreiche Anforderungen an die Robustheit des verwendeten Messsystems.

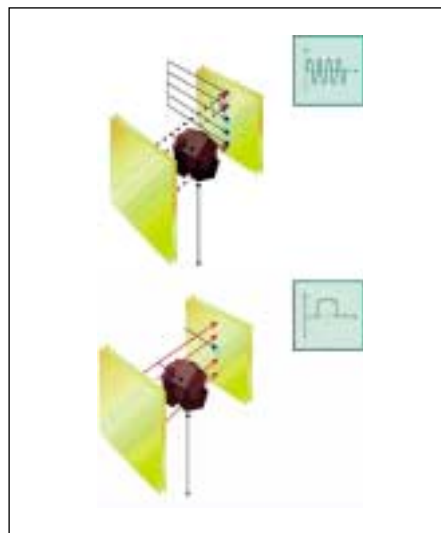


4: Stabsonde IPP 50-S mit kontinuierlicher Schutzgas-spülung der Optik

Neben dem Einsatz bei der Kaltzerkleinerung soll die Sonde auch in einer Kristallisationsanlage eingesetzt werden, die sich derzeit im Aufbau befindet. Die Zielstellung dort bezieht sich auf die Beobachtung des Prozessfortschrittes innerhalb der verschiedenen Schritte: Dispergieren, Polymerisieren und Härten.

**Inline-Messprinzip**

Die Inline-Partikelsonde IPP 50-S ist als Stabsonde (medienberührende Teile in Edelstahl 316-L) ausgeführt (Bild 4). Sie besitzt keine beweglichen Elemente und muss nicht justiert werden. Sie wird über Flansche DN 25 oder Standardverschraubungen in Rohrleitungen, Fallstrecken oder Behälter montiert. Der Ein- und Ausbau ist unkompliziert und kann ohne Demontage von Anlageteilen auch im laufenden Betrieb erfolgen. Die Sonde ist unempfindlich gegen Vibrationen und leichte Stoßbelastung und kann im Temperaturbereich von  $-20$  bis  $85\text{ }^{\circ}\text{C}$  eingesetzt werden. Durch eine interne Druckluftzuführung werden die

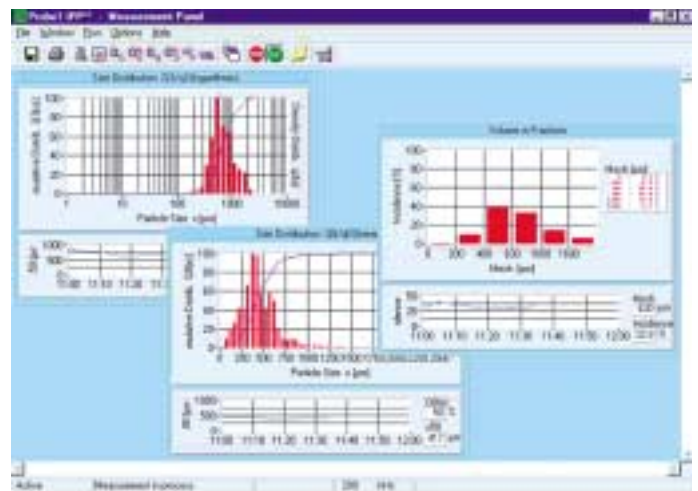


5: Messprinzip: Ein Partikel bewegt sich durch das Messvolumen, dabei wird die Geschwindigkeit (oben) und die „Flugzeit“ (unten) erfasst

optischen Saphirfenster mit einem permanenten Luft- oder Schutzgasstrom beaufschlagt, um das Anhaften von Feinstaub oder klebrigen Partikeln zu verhindern.

Die Sonde arbeitet mit einem patentierten optischen Verfahren zur gleichzeitigen Messung von Geschwindigkeit und Flugzeit bewegter Partikel (Bild 5). Durch die Verwendung einer speziellen Lichtwellenleiteroptik ist eine Sondenausführung möglich, die nur einen geringen Bau-

6: Bildschirmplot der Messsoftware mit Darstellung verschiedener Partikelgrößenverteilungen und Zeitverläufe



raum erfordert. Das von einem Laser beleuchtete Messvolumen an der Sondenspitze wird direkt im Partikelstrom platziert. Die Bewegung der Partikel wird auf eine Empfangsoptik in Form eines Ortsfrequenzfilters projiziert. Aus den entstehenden frequenzkodierten Signalen lässt sich direkt die individuelle Partikelgeschwindigkeit ermitteln. Die Flugzeit wird durch einen zusätzlich integrierten optischen Kanal erfasst.

Aus Flugzeit und Geschwindigkeit ergibt sich bei Erfüllung bestimmter Koppelbedingungen direkt die Größe der Partikel in Bewegungsrichtung. Durch Messraten bis ca. 500 Einzelpartikel pro Sekunde (prozessabhängig) kann sehr rasch eine gleitende Partikelgrößenverteilung erzeugt werden. Die Signalkonditionierung erfolgt unmittel-

bar in der Sonde. Anschließend werden die Frequenz-codierten Signale an einen Mess-PC übertragen und dort digitalisiert und dargestellt. Alle Einstellungen werden am Mess-PC durch die Software vorgenommen. Die Messsoftware gestattet die simultane Darstellung verschiedener Verteilungsfunktionen ( $q_0/Q_0, q_3/Q_3$ ) (Bild 6).

Zum unmittelbaren Vergleich der Inline-Ergebnisse mit Siebmessungen wurde die Darstellung in berechneten Siebfractionen realisiert. Über vier frei konfigurierbare 4 bis 20 mA-Schnittstellen können Kennwerte der gemessenen Verteilungsfunktionen an SPS oder Leitwartenrechner übergeben werden. Eine Datenübertragung über Ethernet und RS 485 ist optional möglich, während eine interne Datenloggerfunktion für die lückenlose Speicherung aller Messwerte sorgt. Pro Mess-PC können bis zu drei Sonden angeschlossen werden.

**Ausblick**

Die von der Sonde erzeugten Trendsignale sollen am FhI UMSICHT mittelfristig im Rahmen einer modellgestützten Prozessregelung verwendet werden. Hierzu werden aufgezeichnete Betriebsparameter und die dazu gehörenden Trendsignale der Sonde genutzt, um ein Modell des Prozesses mit Hilfe von Neuro-Fuzzy-Methoden zu konfigurieren und zu trainieren. Das so trainierte Modell erlaubt in Verbindung mit aktuellen Betriebsparametern und Trend-

signalen eine Prognose des dynamischen Prozesses. Diese Prognose wird genutzt, um damit die Anlage gezielt zu steuern und so näher am Optimum betreiben zu können. Dies führt wiederum dazu, dass zum Einen die Dauer von Einfahrprozessen reduziert und zum Anderen auftretende Prozessänderungen schneller und ohne Überschwüngen ausgeglichen werden können.

Mehr Detailinformationen zu dieser Thematik gibt es wie immer über die nachstehenden Kennziffern.

PARSUM (SONDE)	368
FRAUNHOFER UMSICHT	369