



## Teil 2      Module der Prozessanalyse      Zerkleinern

Für die Beschreibung der Zerkleinerung gibt es im Unterschied zur Klassierung keine so einheitliche Beschreibungsform. In PMP werden deshalb verschiedene Strategien verfolgt, die

- einen hohen Allgemeinheitsgrad besitzen
- unter realen Betriebsbedingungen ableitbar sind
- einfach anpassbar sind.

Die Ansätze MILL 20 / MILL 30 sowie MILL 21 / MILL 31 beinhalten modell- und Beschreibungen, die auf Bilanzrechnungen in Arbeitszuständen basieren. Sie besitzen eine Analogie zur Modellierung der Klassierung. Durch eine konsequente Verallgemeinerung lässt sich die Methodik leicht nsetzen.

### Modul: MILL 20

Beschreibung von Betriebszuständen des Zerkleinerungsprozesses mittels

- ◆ eines Zerkleinerungsverhältnisses  $rr$  an einem Bezugswert  $p$
- ◆ und der Kennkurve  $r_{\text{pkr}}(x)$  "relative Kornanreicherung" ( Quotient der Verteilungsdichten von Mühlenaufgabe und Mahlprodukt, wobei die Verteilungen jeweils bezüglich der Quantilkorngröße  $x(p)$  normiert sind. )

Enthält Methoden zum

- ◆ Einrichten problembezogener Datenstrukturen
- ◆ Vorgeben und Editieren der Kennkurve
- ◆ Berechnen von Zerkleinerungskenngrößen
- ◆ Visualisieren der Kennkurve und Kenngrößen in vielfältigen Tabellen- und Grafikansichten
- ◆ Bilanzieren der Kennkurve aus Versuchsdaten
- ◆ Vorausberechnen von Zerkleinerungsergebnissen

### Modul: Mill 30

Dieser Modellansatz baut auf der Beschreibung MILL 20 auf und beinhaltet:

- ◆ Kennfelder, in denen das Zerkleinerungsverhältnis  $rr$  in Abhängigkeit von prozessbestimmenden Einflussgrößen beschrieben wird. Für den jeweilig konkreten Prozess können die für die Aufgabenstellung dominanten Einflussgrößen eingesetzt werden.
- ◆ eine mittlere Kennkurve  $r_{\text{pkr}}(x)$ , die im Gültigkeitsbereich repräsentativ ist.

Enthält zusätzliche Methoden zum

- ◆ Einrichten apparatespezifischer Datenstrukturen
- ◆ Berechnen des Kennfeldes und der mittleren relativen Kornanreicherung
- ◆ Visualisieren der Betriebszustände und Kennfelder
- ◆ Einstellen von Betriebszuständen und Vorausberechnen von Zerkleinerungsergebnissen

### Modul: MILL 21

Beschreibung von Betriebszuständen des Zerkleinerungsprozesses mittels

- ◆ der Zerkleinerungsverhältnisse  $rr_{\text{I}}$  und  $rr_{\text{H}}$  an zwei Bezugswerten  $p_{\text{low}}$  und  $p_{\text{high}}$
- ◆ und der Kennkurve  $s_{\text{pkr}}(x)$  "standardisierte Kornanreicherung" ( Quotient der Verteilungsdichten von Mühlenaufgabe und Mahlprodukt, wobei die Verteilungen jeweils bezüglich der Quantilkorngrößen  $x(p_{\text{low}})$  und  $x(p_{\text{high}})$  transformiert sind. )

Enthält Methoden zum

- ◆ Einrichten problembezogener Datenstrukturen
- ◆ Vorgeben und Editieren der Kennkurve
- ◆ Berechnen von Zerkleinerungskenngrößen
- ◆ Visualisieren der Kennkurve und Kenngrößen in vielfältigen Tabellen- und Grafikansichten
- ◆ Bilanzieren der Kennkurve aus Versuchsdaten
- ◆ Vorausberechnen von Zerkleinerungsergebnissen

### Modul: Mill 31 (NEU)

Dieser Modellansatz baut auf der Beschreibung MILL 21 auf und beinhaltet:

- ◆ Kennfelder, in denen die Zerkleinerungsverhältnisse  $rr_{\text{I}}$  und  $rr_{\text{H}}$  in Abhängigkeit von prozessbestimmenden Einflussgrößen beschrieben werden. Für den jeweilig konkreten Prozess können die für die Aufgabenstellung dominanten Einflussgrößen eingesetzt werden.
- ◆ eine mittlere Kennkurve  $s_{\text{pkr}}(x)$ , die im Gültigkeitsbereich repräsentativ ist.

Enthält zusätzliche Methoden zum

- ◆ Einrichten maschinenspezifischer Datenstrukturen
- ◆ Berechnen der Kennfelder und der mittleren standardisierten Kornanreicherung
- ◆ Visualisieren der Betriebszustände und Kennfelder
- ◆ Einstellen von Betriebszuständen und Vorausberechnen von Zerkleinerungsergebnissen



## Teil 2 Module der Prozessanalyse Zerkleinern in Gutbetten

Die Modellierung der Zerkleinerung in Gutbetten wird unter folgenden Annahmen durchgeführt:

- ❑ Zerkleinerungskinetik: Prozess erster Ordnung mit korngößenbezogener Zerkleinerungsgeschwindigkeit
- ❑ Transportverhalten: Zellenmodell
- ❑ Invarianzkurve: Produkt aus Mahlgutmasse und Zerkleinerungsgeschwindigkeit ist proportional zur aufgebrauchten Leistung

Die Ansätze MILL 13 / MILL 14 und MILL 131 definieren auf dieser Basis eine invariante korngößenbezogene Kennkurve – die Energiecharakteristik  $W_{inv}(x)$ . Dabei wird der Leistungseintrag durch eine entsprechende Abhängigkeit von den Beanspruchungsbedingungen im Zerkleinerungsvolumen formuliert. Ist die Kennkurve unter speziellen Zerkleinerungsbedingungen nicht invariant, kann eine Veränderung der Kennkurve in Abhängigkeit der Zerkleinerungsbedingungen (Mill 131) beschrieben werden.

### Modul: MILL 13 Trommelmühle

Modellierung des Mahlprozesses über

- ◆ Maschinenparameter  
nutzbare Länge  
lichter Durchmesser  
Vermischungsverhältnis  
Wirkleistung  
Mahlkörperfüllungsgrad  
relative Drehzahl
- ◆ und die Kennkurve  $W_{inv}(x)$  "Energiecharakteristik"

Enthält Methoden zum

- ◆ Einrichten problembezogener Datenstrukturen
- ◆ Vorgeben und Editieren der Kennkurve
- ◆ Anpassen durch eine Potenz - Funktion
- ◆ Berechnen von Zerkleinerungskenngrößen
- ◆ Visualisieren der Kennkurve und Kenngrößen in vielfältigen Tabellen- und Grafikanalysen
- ◆ Bilanzieren der Kennkurve aus Versuchsdaten
- ◆ Vorausberechnen von Mahlergebnissen

### Modul: Mill 14 Kugelmühle

Dieser Modellansatz baut auf dem Modellansatz 13 auf und enthält zusätzlich Methoden zum

- ◆ Berechnen von Gattierungen.
- ◆ Berechnen von Gattierungskenngrößen
- ◆ Darstellen der Gattierung
- ◆ Visualisieren von Betriebszuständen und Kennkurven
- ◆ Einstellen von Betriebszuständen und Vorausberechnen von Zerkleinerungsergebnissen

### Modul: MILL 131 Modellierung der Zerkleinerung in Gutbetten (NEU)

Die Modellierung des Zerkleinerungsprozesses baut auf dem Ansatz MILL 13 auf und erfolgt über:

- ◆ Kennfelder, in denen eine Veränderung der Kennkurve in Abhängigkeit von weiteren prozessbestimmenden Einflussgrößen beschrieben wird. Dies kann z.B. die Mahlkörpergröße, der Mahlgutfüllungsgrad oder ein Grobanteil im Aufgabegut sein
- ◆ eine mittlere Energiecharakteristik, die im Gültigkeitsbereich repräsentativ ist

Enthält die Methoden von MILL 13 bezogen auf diese Beschreibungsform und zusätzlich Methoden zum

- ◆ Einrichten maschinenspezifischer Datenstrukturen
- ◆ Berechnen von Kennfeldern und einer mittleren Energiecharakteristik
- ◆ Visualisieren der Betriebszustände und Kennfelder
- ◆ Einstellen von Betriebszuständen und Vorausberechnen von Mahlergebnissen