

PMP MIX N

Berechnung von Mischungsrezepturen

PMP MIX N

ermöglicht die Berechnung der Zusammensetzung von körnigen Mischungen aus beliebig vielen Materialkomponenten mit verschiedenen Partikelgrößenverteilungen.

AUFGABENSTELLUNG

Es sind die Anteile a_j von n Materialkomponenten Q_j zu ermitteln, um die komplette Partikelgrößenverteilung einer Zielkörnung Q_Z am besten anzunähern.

LÖSUNG

Als Gütekriterium wird die mittlere quadratische Abweichung zwischen der vorgegebenen Zielverteilung und der berechneten Mischverteilung verwendet. Damit ergibt sich die Optimierungsaufgabe

$$\sum_{i=1}^m \left(Q_Z(x_i) - \sum_{j=1}^n a_j \cdot Q_j(x_i) \right)^2 \xrightarrow{a_j} \min \quad (1)$$

unter den Randbedingungen

$$\sum_{j=1}^n a_j = 1 \quad \text{und} \quad a_1 \geq 0, \dots, a_n \geq 0$$

Zur Lösung wird ein modifiziertes Normalgleichungssystem verwendet, wobei Komponenten mit negativem Anteil schrittweise eliminiert werden.

BEISPIEL

Es stehen sechs verschiedene feine Materialien zur Verfügung. Es sind die Mischungsverhältnisse zu ermitteln, um die Verteilung der Zielkörnung $Q_Z(x)$ möglichst gut zu approximieren (vgl. Bilder 1-3).

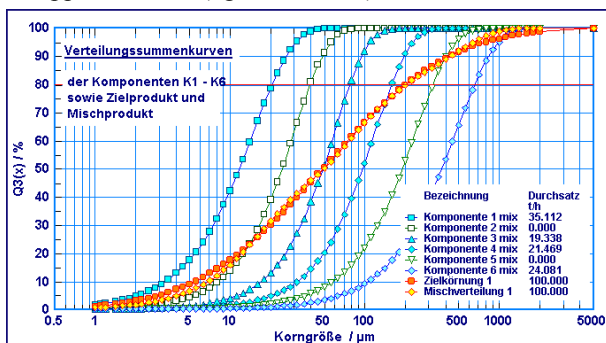


Bild 1: Gemeinsame Darstellung der $Q(x)$ -Verteilungen der Komponenten, des Zielproduktes und des erreichbaren Mischproduktes.

Die optimale Mischverteilung für die angegebene Zielkörnung umfasst die Komponenten 1,3,4, und 6 (blau) in ausgewogenem Verhältnis. Die Annäherung ist ausgezeichnet. Zur Einschätzung der Güte der optimalen Mischverteilung wird die mittlere Standardabweichung ausgewiesen (vgl. Tab. 1), die proportional zur mittleren quadratischen Abweichung ist. Verschiedene PMP - Darstellungen unterstützen die Beurteilung der Ergebnisse.

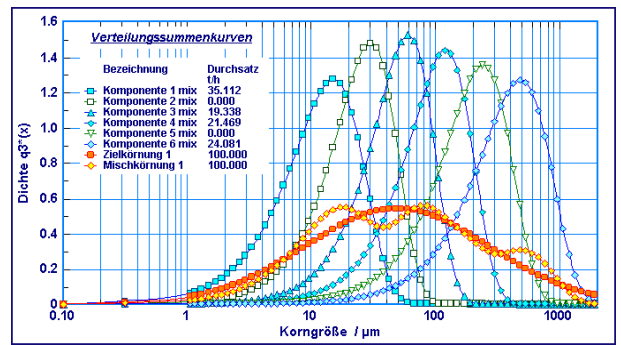


Bild 2: Gemeinsame Darstellung der Verteilungsdichte der Komponenten, des Zielproduktes und des erreichbaren Mischproduktes.

Über die Ansicht der Verteilungsdichte (Bild 2) ist deutlich erkennbar, in welchen Korngrößenbereichen die optimale Mischverteilung feiner oder gröber ist. Darüber hinaus lässt sich mit der Darstellung der kerngrößenbezogene Standardabweichungen die Güte der Anpassung gut beurteilen (Bild 3).

	optimale Mischung	optimale Mischung K1 max 20 %
Komponente 1	35,11 %	20 % (fest)
Komponente 2	----	28,68 %
Komponente 3	19,32 %	---
Komponente 4	21,47 %	27,95 %
Komponente 5	----	----
Komponente 6	24,10 %	23,37 %
Standardabweichung	1,01 %	1,65 %

Tab. 1: Zusammensetzung zweier Mischungen

Weiterhin kann die Mischungsrechnung bei Vorgabe fester Komponentenanteile durchgeführt werden.

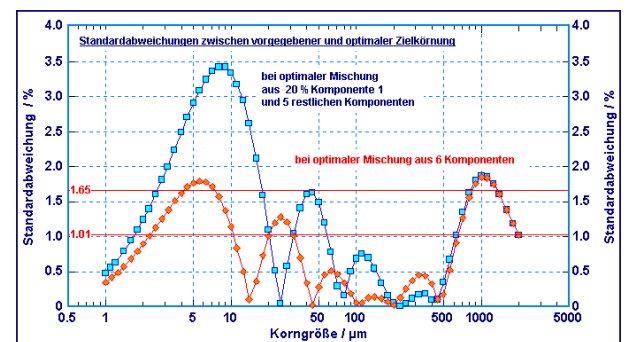


Bild 3: Vergleich der Standardabweichungen zwischen geforderter und optimaler $Q(x)$ -Verteilung der optimalen Mischung und der optimalen Mischung K1 max 20 %.

Soll zum Beispiel aus Kostengründen die feinste Komponente deutlich gesenkt werden (z.B. auf 20 %), ergibt sich eine andere Kombination der restlichen Komponenten (vgl. Tab 1). Natürlich vergrößern sich dann die Standardabweichungen zur Zielkörnung. Damit wird es möglich, die ökonomisch optimale Mischung unter konkurrierenden Zielkriterien zu ermitteln und zu beurteilen.