

Prozessoptimierung: ohne Daten oder mit?

Die chemische und pharmazeutische Industrie muss die Qualität ihrer Produkte und ihre Produktivität immer wieder steigern. Dies verlangt eine regelmässige Prozessoptimierung. Bewährte Hilfsmittel dazu bilden die Methoden der industriellen Statistik, weil sie ermöglichen, aus Prozessdaten ein sehr gutes Verständnis der Verfahren zu gewinnen. Aber welches Vorgehen ist denn je nach vorhandener Datenmenge zu empfehlen?

Ist die Struktur eines Prozesses festgelegt, sollen bei dessen Optimierung «nur noch» die Prozessparameter ideal eingestellt werden. Häufige Zielgrössen sind dabei die Ausbeute und Qualitätsmerkmale, z.B. die Reinheit des Endproduktes. Die betrachteten Parameter – die «Faktoren» – sind meistens Temperaturen, Druckwerte, Operationsdauern, eingesetzte Mengen... Gelegentlich kommen

mierung an, die den besten Wert für jeden dieser wichtigen Faktoren bestimmt.

Keine Daten vorhanden

Wenn noch keine Prozessdaten vorliegen, z.B. am Anfang der Entwicklung, heisst die Technik der Wahl statistische Versuchsplanung, weil sie eine effektive Datenerhebung für die Prozessoptimierung sichert. Konkret wird auf der Basis der Faktoren und ihrer Variationsbereiche eine möglichst kurze Liste von bestens verteilten Versuchspunkten erstellt, damit eine vertrauenswürdige Berechnung der idealen Prozesseinstellung aus den Versuchsmesswerten möglich wird.

In einer von zahlreichen Anwendungen wurde diese Methode benutzt, um die Additiv-Zusammensetzung zu bestimmen, welche zu optimalen Drehmomentwerten beim Testkneten einer PVC-Mischung führte. Dabei können Besonderheiten der Problemstellung bei Bedarf berücksichtigt werden, u.a. über Restriktionen wie «die Gesamtmenge an zwei bestimmten Additiven übersteigt eine vorgegebene Grenze nicht».

Der praktische Einsatz der Versuchsplanung wird durch leistungsfähige Softwarelö-

sungen deutlich unterstützt. Z.B. führt STAVEX den Anwender bequem von der Problemdefinition über die Bestimmung des Versuchsplans bis zur Auswertung. Selbst beim Vorliegen ohne Versuchsplanung durchgeführter Versuche ist es möglich, sie zu verwerten, indem die bisherige Versuchsliste zu einem geeigneten Plan erweitert wird. Ferner sorgen zahlreiche 2D- bis 4D-

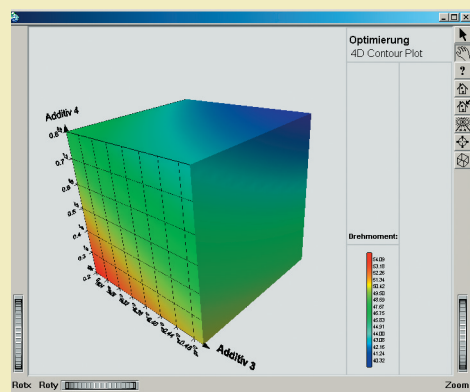


Abb 1: Jedem Additiv ist eine räumliche Dimension zugeordnet, die Dimension der Zielgrösse wird durch die Farbskala repräsentiert.

aber auch kategoriale Einflussgrössen vor, etwa die verwendete Zentrifuge oder der Lieferant eines Rohmaterials.

Die Suche nach der idealen Einstellkombination der Parameter erfolgt in zwei Phasen. Zuerst werden die Faktoren identifiziert, die allein oder deren Wechselwirkungen einen bedeutenden Einfluss auf z.B. die Ausbeute haben. Erst nach dieser Screening-Phase fängt die echte Opti-

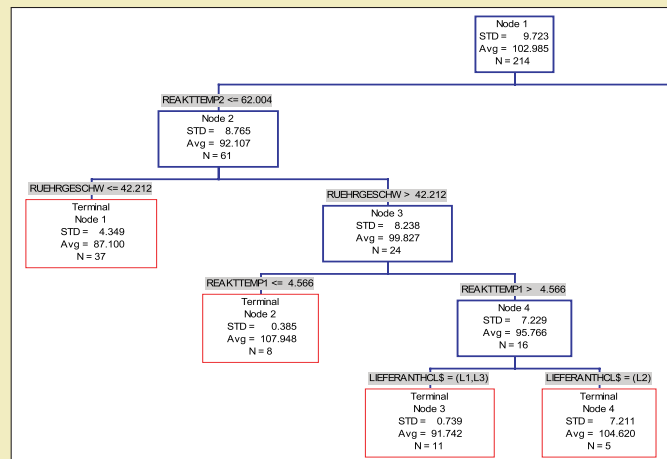


Abb. 2: Baum der Erkenntnis aus der CART-Auswertung (Ausschnitt).

Darstellungen für eine leichte Interpretation der Ergebnisse: Für den oberen Fall zeigt Abb. 1, wie sich das Drehmoment in Abhängigkeit von der jeweiligen Menge dreier Additive verhält.

Auch bei Datenflut

Im Gegensatz zur oben diskutierten Situation entstehen im Produktionsumfeld immense Datenmengen, die zu selten analysiert werden. Selbst wenn sie wegen Fehlern nicht perfekt sind, bergen solche Datenfriedhöfe Kerninformationen für die Prozessoptimierung, z.B. wenn von Batch zu Batch die Ausbeute zu stark schwankt. Moderne Methoden des Data Mining wie Klassifikations- und Regressionsbäume ermöglichen es, aus der Datenflut die wesentlichen Abhängigkeiten zwischen Zielgrössen und Faktoren einfach zu extrahieren.

Das Funktionieren dieser Technik wird am Beispiel der Optimierung der Ausbeute eines Prozesses erläutert, der aus einer Zwei-Phasen-Reaktion, einer Zentrifugation und einer Trocknung besteht. Zuerst wird der Faktor bestimmt, dessen Variationen die Ausbeuteschwankungen am Besten erklären: in Abb.2 ist es die Temperatur der zweiten Reaktionsphase. Ein Grenzwert dieser Temperatur – hier 62°C – wird dann festgelegt, der die klarste Trennung zwischen Batches mit «hoher» und «niedri-

ger» Ausbeute liefert. Somit wird der Datensatz in zwei Teile gegliedert, auf die man dasselbe Prinzip anwendet usw. Die Verbindungen im daraus resultierenden Baum zeigen u.a., dass die besten Ausbeutewerte erhalten werden, wenn die Temperatur in der zweiten Reaktionsphase kleiner als 62°C, die Rührgeschwindigkeit grösser als 42 min⁻¹ und die Temperatur in der ersten Reaktionsphase kleiner als 4,5°C sind.

Für die Umsetzung dieser Technik sind benutzerfreundliche Softwaretools unentbehrlich. Hier kombiniert das Paket CART Berechnungseffizienz, klare Darstellungen (vgl. Abb.2) und Flexibilität. Somit können selbst sehr grosse Prozessdatensätze mühelos ausgewertet werden.

Fazit

Unabhängig von der Menge an Prozessdaten können statistische Methoden einen grossen Beitrag zur Prozessoptimierung liefern. Wer trotzdem im Glauben lebt, Statistik sei nur mit Mühe oder von Spezialisten anwendbar, vermindert unabsichtlich seine Wettbewerbsfähigkeit.

Dr. Philippe Solut
AICOS Technologies AG
Efringerstrasse 32
CH-4057 Basel
Telefon 061 686 98 76
Telefax 061 686 98 88
E-Mail: info@aicos.com
www.aicos.com