

## 12% mehr Produktivität beim Spritzgiessen

*Die Zykluszeit eines Spritzguss-Teils bei gleich bleibender Teilequalität zu minimieren ist eine permanente Aufgabe, denn höhere Produktivität heisst tiefere Kosten. Die entscheidende Frage ist, mit welchen Prozesseinstellungen dieses Ziel erreicht werden kann. Bei 6 Einflussgrössen und 3 Zielgrössen ist dieses hochdimensionale Problem ausgesprochen schwierig zu optimieren. Im Gegensatz zum Menschen hat die Mathematik keine Mühe mit hohen Dimensionen effizient umzugehen.*

### Statt Versuch und Irrtum ...

Ein erfahrener Bediener hat ein untrügliches Gefühl dafür, wo beim Spritzgiessen Zeit gespart werden kann. Und Zeit ist Geld, gerade beim Spritzgiessen: In einem derart hart umkämpften Teilemarkt entscheiden kleine Produktivitätsunterschiede zwischen Verlust und Gewinn.

Um bei gleicher Qualität schneller zu produzieren, werden mit viel Sachverstand und Sorgfalt Werkzeug- und Maschinenparameter variiert und das Ergebnis beobachtet. Im besten Fall wird tatsächlich eine bessere Maschineneinstellung gefunden, aber nur mit Ausdauer, Glück und Erfahrung. Nicht selten wird Versuch um Versuch durchgeführt, die Zeit läuft davon und der Überblick geht langsam verloren. Man dreht sich im Kreis – und macht erst mal Feierabend, um es am Tag darauf noch einmal zu versuchen.

Zwar steht mit der statistischen Versuchsplanung (Design of Experiments, DoE) eine Methode zur Verfügung, um Prozesse systematisch zu optimieren. Der Versuchsaufwand ist aber beträchtlich und für die Praxis ist die Methode oft nicht genügend flexibel: Problematisch sind z.B. Einflussgrössen, die messbar, aber nicht einstellbar sind. Zudem bedingt diese Methode einen nicht zu unterschätzenden Ausbildungsaufwand des Anwenders.

### ... geführte Prozessoptimierung

Mit möglichst wenig Versuchen, flexibel und doch in einem geführten Prozess, zum Prozessoptimum – so die Vorstellung des Spritzgiessers. Dass die Vorstellung realistisch ist, soll anhand eines Beispiels gezeigt werden.

SFSintec fertigt Polyamidtüllen (Figur 1), die in der Flachdachbefestigung als Distanzhalter für die Isolation zwischen Blech und Beton eingesetzt werden. Der vorliegende Typ IT 20-70 wird in Stückzahlen von 1.3 Millionen pro Jahr auf einer Spritzgiessmaschine von Netstal mit 1000 kN Schliesskraft mit einem Sechsfach-Werkzeug produziert.



Fig.1: Tülle Typ: IT 20-70

Die Masshaltigkeit des Teils ist absolute Voraussetzung – beim hohen Stand der Prozesstechnik bei SFSintec aber nicht wirklich eine Herausforderung. Über Wochen störungsfrei zu produzieren, ist aus Kostensicht ebenso wichtig. Ein einziges Teil, das klebt und vom Roboter nicht entnommen werden kann, führt zu einem Unterbruch und gefährdet die Rentabilitätsrechnung. Und erst wenn diese Voraussetzungen erfüllt sind, stellt sich die Frage: Geht's auch ein paar Sekundenbruchteile schneller?

### Ziel erreicht

In der Tat: Es geht schneller! Bei Projektbeginn wurde mit einer Zykluszeit von 19.32 Sekunden gefertigt. Mit veränderten Einstellungen von Werkzeug und Spritzgiessmaschine liegt SFSintec heute bei 17.15 Sekunden. Und dies ohne jeden Kompromiss bei Qualität und Prozess-Sicherheit! Eine derartige Produktivitätssteigerung ist nur in enger Zusammenarbeit zwischen dem Prozessexperten und dem Modellierungsfachmann möglich.



Fig.2: Spritzgiessmaschine vom Typ: Netstal mit 1000kN Schliesskraft

### Schritt um Schritt zum Optimum

An der Fachhochschule St.Gallen wurde ein Vorgehensraster zur datenbasierten Prozessoptimierung entwickelt. Im Rahmen eines Forschungsprogramms und mit Unterstützung der Kommission für Technologie und Innovation (KTI) ist eine Software entstanden, die die erforderliche Mathematik enthält – derart, dass der Anwender sich voll auf den Prozess konzentrieren kann. GlobalOptimize, die Bezeichnung des Programms, mag ehrgeizig tönen, trifft aber den Kern der Sache. Der Prozess wird als Black-Box mit Ein und Ausgang aufgefasst. Detaillierte Prozesskenntnisse sind nützlich, aber nicht erforderlich. Daten, bestehend aus Einfluss- und Zielgrössen, liefern die Information über den Prozess. Nur mit diesen Daten wird ein Prozessmodell erstellt.

Und das sind die einzelnen Schritte:

1. Der Spritzgiessexperte definiert Einflussgrössen, die variiert werden sollen sowie das Prozessfenster, in dem steuerbare Einflussgrössen erfahrungsgemäss liegen. Steuerbare Einflussgrössen sind hier
  - Einspritzzeit
  - Werkzeugtemperatur
  - Restkühlzeit
  - Schmelzetemperatur
  - Nachdruckkurve (parametrisiert durch zwei Werte)

2. Der Prozessexperte definiert die Zielsetzung
  - minimale Zykluszeit
  - zuverlässige Angussentformung
  - lunkerfreie Teile. Diese Zielgrösse wird über das Gewicht der Tülle erfasst, das in einem engen Bereich um einen Sollwert liegen muss.
3. Nur reproduzierbare Prozesse lassen sich optimieren. Im besten Fall liegt die Analyse der Prozess-Sicherheit bereits vor. Sonst muss sie nachgeholt werden.
4. Modellierungs- und Prozessexperten definieren gemeinsam einen Versuchsplan. Interessant sind Pläne, die mit wenigen Versuchen auskommen. Mit 6 Einflussgrössen ist es sinnvoll, für's erste mindestens 8 Experimente durchzuführen.
5. Die Versuche werden an der Spritzgiessmaschine ausgeführt und die Zielgrössen gemessen.
6. Mittels dieser Daten errechnet GlobalOptimize ein mathematisches Modell des Prozesses. Mit dem Prozessmodell werden virtuelle Versuche durchgeführt. Die Software berechnet jenen Satz von Einflussgrössen, der auf Grund der in den Versuchsergebnissen steckenden Information voraussichtlich zu den gewünschten Zielgrössen führt.
7. Das neue Versuchsergebnis kommt in die Datenbasis, es wird ein neues Prozessmodell berechnet und ein neues Prozessoptimum bestimmt.

### Aufwand und Ertrag

Zwei Personen haben während 5 Stunden an der Reduktion der Zykluszeit gearbeitet. 2.2 Sekunden kürzere Zykluszeit bedeutet, dass jedes Jahr 120 Maschinenstunden eingespart werden. Keine Frage – der Einsatz hat sich gelohnt

Das Kompetenzzentrum GlobalOptimize der FHS St.Gallen analysiert und optimiert datenbasiert industrielle Produktionsprozesse.  
Kontakt: Roland Furrer, roland.furrer@fhsg.ch