

Null-Fehler-Produktion als Prozessphilosophie

„Leistungsbremsen“ lösen – Strategien für eine prozessbasierte Bauteilqualität beim Spritzgießen

Physikalisch betrachtet, bleibt die Null-Fehler-Produktion zwar unerreichbar, in der Spritzgießverarbeitung dennoch eine die Wertschöpfung steigernde Zielsetzung. Allein Kostentreiber wie suboptimale Werkzeugkonzepte, ignorierte Prozessregelungsmethoden oder einfach Wissenslücken beim Bedienen der Spritzgießmaschinen zu eliminieren, dürfte die Stückkosten langfristig deutlich verringern.

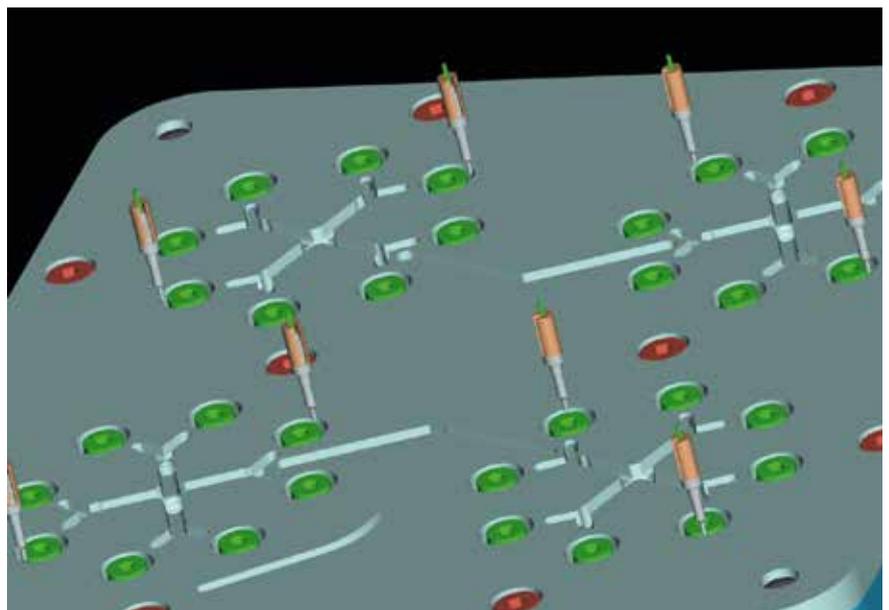
Aktive oder präventive Qualitätssicherung erfährt eine immer größere Aufmerksamkeit und etabliert sich weltweit als unverzichtbares Element einer erfolgreichen Produktion. Zu beobachten ist eine zunehmende Integration der Qualitätssicherung in die Fertigungsprozesse. Dieser Trend ist ein wichtiger Schritt auf dem Weg zur viel beschworenen „Null-Fehler-Produktion“. Neben der reinen Prozesstechnik gibt es weitere Aspekte, die zu beachten sind. Betriebliche Ziele sind dabei:

- die Ausstoßleistung zu erhöhen,
- die Ausschussquote zu senken,
- Reklamationen zu verhindern,
- den Prüfaufwand zu reduzieren,
- den Energieverbrauch zu verringern und
- die Lagerkosten zu senken.

Die Ziele einer „Null-Fehler-Produktion“ zu erreichen, stellt erhöhte Anforderungen an das Prozesswissen. Nur tiefes spritzgießtechnisches Prozesswissen ermöglicht den effizienten und effektiven Einsatz von Maschinen, Werkzeugen und Peripheriegeräten – Voraussetzung für die Kunststoffverarbeiter in Hochlohnländern, um im globalen Wettbewerb zu bestehen.

Der Mitarbeiter als wesentliche Wertschöpfungsquelle

Das Credo vieler Verarbeiter lautet: Die Industrie liefert das relevante Prozesswis-



Werkzeugsensorik gezielt und kosteneffektiv einsetzen: Beispiel aus der Praxis mit selektiver Absicherung über Sensorik (32-fach-Werkzeug mit acht Sensoren und deren Positionierung)

sen. Sie verfügt über Anwendungstechniker und Schulungsabteilungen. Industrielle Anbieter verkaufen jedoch primär ihre Technik. Über einen sinnvollen Einsatz der Angebote muss der Anwender selbst nachdenken. Das verfahrenstechnische Wissen der Produktionsverantwortlichen ist die wesentliche Basis richtiger Investitionsentscheidungen.

Die Basis für einen effizienten Einsatz der Produktionsmittel ist, dass der Bediener in der Lage ist, Prozesse qualifiziert zu gestalten. Dazu müssen Unternehmen

nicht nur in bedarfsgerechte technische Betriebsmittel investieren, sondern auch in die Aus- und Weiterbildung der Mitarbeiter in der Fertigung. Nur beides zusammen eröffnet Potenziale zur Leistungssteigerung.

Ein wichtiger Aspekt nach der Ausbildung ist die Vertiefung des Fachwissens innerhalb einer Disziplin. Der überwiegende Teil der Verfahrensmechaniker wird seine berufliche Zukunft mit nur einem Kunststoffverarbeitungsverfahren verbringen: Spritzgießen, Gummiverarbeitung oder

Extrusion, um nur einige zu nennen. Oft behindern drei Faktoren die Auszubildenden in den Betrieben dabei, sich das notwendige Prozesswissen zu erarbeiten: Zeitmangel, fehlendes Prozess-Know-how der Ausbilder und vernachlässigte Investitionen in hilfreiche Prozessmittel.

Produktionsgerechte Werkzeuge und aktive Prozessgestaltung

Die Prozesskette von der Entwicklung eines Spitzgussteils bis zum Serienprozess ist äußerst komplex, mögliche Störfaktoren werden bisweilen unterschätzt. Es sind Fehlerquellen, die später die realen Stückkosten in die Höhe treiben. Hier gibt es drei relevante Kernfelder:

- Formteilkonstruktion,
- Werkzeugkonzeption und
- Prozessauslegung.

Jede Stufe verlangt tiefes Prozesswissen der Vorgänge beim Spritzgießen. Die Prozesskette beginnt mit dem „spritzgießgerechten Konstruieren“ eines Formteils. Dazu bedarf es des fachlichen Austauschs zwischen Konstrukteur und Spritzgießer. Das Ergebnis dieses Dialogs wird die späteren Stückkosten positiv oder negativ beeinflussen.

Eine wichtige Rolle spielt z. B. die Wahl des Angusskonzepts (**Bild 1**). Der Werkzeugkonstrukteur braucht ein Grundverständnis dafür, was die plastische Seele des Kunststoffes beim Füll- und Ausformprozess in der Kavität bewirkt. Ein konventioneller Kaltkanal ist ein potenzieller „Prozess- und Energievernichter“. Das bedeutet faktisch: Durch den ersten Spritzling, den Anguss, an dessen Fließwegende sich eine kleine Öffnung, nämlich der Anspritzpunkt, befindet, sollen Energie und Volumen entwickelt werden, um das eigentliche Spritzteil in der Kavität auszuformen. Und dieses Teil soll dann rund um die Uhr maßhaltig und wiederholgenau herzustellen sein? Das ist bei vielen Angusskonzepten mehr, als die Physik erlaubt. Logisches Ziel kann oftmals nur der Einsatz der Heißkanaltechnik sein.

Die aktive Gestaltung der Kommunikation zwischen Werkzeug und Maschine ist ein wesentliches Instrument der Prozessauslegung. Werkzeugsensorik sei teuer, ist als Argument immer noch zu hören. Bei Lichte betrachtet ist sie, da das Geld in der Spritzerei verdient wird, jedoch preiswert und lohnend. Es kommt nicht darauf an, bei Werkzeugen immer alle Kavitäten

abzusichern. Viel wichtiger ist es, die richtigen Kavitäten auszuwählen. Auch ist darauf zu achten, dass die Messung nahe am Fließwegende ansetzt. Die geschätzten 10% Mehrkosten für die Werkzeugsensorik werden sich in der Fertigung schnell amortisieren.

Obwohl das IKV in Aachen den Ansatz zur Werkzeuginnendruckmessung (WID) bereits Anfang der 1970er-Jahre vorstellte, fand dieser bis heute keine breite Umsetzung in den Fertigungsbetrieben. Schätzungsweise weniger als 5% der im Einsatz befindlichen Werkzeuge nutzen diese Technik aktuell. Dabei sind Werkzeugsen-

soren der wesentliche Schlüssel für geregelte Prozesse, ihr Einsatz erhöht die Konstanz der Qualität, schon das Werkzeug und minimiert den Ausschuss. Wird eine Fertigungszelle als „Werkzeug-Maschine-Regelheit“ betrieben, ist ein Qualitätssprung im Prinzip garantiert.

Kalt und warm: thermische Signale verstehen

Im Prozess lässt sich die Entformungstemperatur mit einfachen Infrarotsensoren erfassen. Dies sorgt für stabile Maßhaltigkeit. Eine Thermografie-Kamera sollte »

Fünf Fragen an ...

... Hans-Heinrich Behrens, durch vielfältige betriebliche Erfahrungen geprägter Anbieter von Spritzgießschulungen

Herr Behrens, inwiefern ist die Werkzeugbeschaffung ein strategisches Thema für einen Verarbeiter?

Das Werkzeug entscheidet über die Höhe der Wertschöpfung wie kaum ein anderes Element der Prozesskette. Ein preisgünstiges Werkzeug ist primär nur der Nachweis, dass der Einkauf seinen Job gut gemacht hat. Bleibt die Frage, welche Kosten der Betrieb dieses Werkzeugs verur-

Wie steht es um die Zusammenarbeit zwischen Werkzeugbauer und Spritzgießer heute?

Werkzeugkonstrukteure sollten sich verstärkt Spritzgieß-Prozesswissen aneignen, das erleichtert den Dialog mit der Spritzgießfertigung. Ich stelle immer wieder fest, dass viele Prozesshürden in nicht fertigungsgerechten Werkzeugkonstruktionen liegen. Besonders bei den Anspritzkonzepten, also der Prozessnabelschnur zwischen Maschine und Kavität, bin ich manchmal fassungslos, was man da so sieht. Man hat gelegentlich den Eindruck, dass sich Werkzeugbau und Spritzgießverarbeitung immer weiter voneinander



Hans-Heinrich Behrens

„Erfahrungsgemäß sind 50 Prozent aller Spritzgießwerkzeuge zu schwach gebaut“

sacht. Erfahrungsgemäß sind hierzulande rund 50 % aller Spritzgießwerkzeuge zu schwach gebaut. Was soll bei der heutigen Beschaffungskultur auch anderes herauskommen? Der Grundsatz lautet immer noch: „Qualität hat ihren Preis.“ Das gilt natürlich auch für prozesssichere Spritzgießwerkzeuge.

Wo richtet diese Beschaffungskultur Schaden an?

Die zentrale Frage ist: Wo entsteht die Wertschöpfung wirklich? Ein Profitcenter „Einkauf Betriebsmittel“ wirkt mit seinen Zielvorgaben für die eigentliche Wertschöpfung eines Produktionsbetriebs oft völlig kontraproduktiv. Dieser Zielkonflikt baut sich auf, wenn der günstigste Preis eines Betriebsmittels die alleinige Grundlage der Entscheidung bildet. Der Nutzen für den Spritzgießserienprozess, und damit auch die erwartbaren Stückkosten des Formteils, bleiben dabei zu oft auf der Strecke. Mit suboptimalen Werkzeugkonzepten oder Prozessphilosophien, die nicht zu Ende gedacht werden, entstehen Kostentreiber für den Serienbetrieb – jeden Tag, jeden Monat, jedes Jahr.

entfernen. Dabei müsste man diese beiden Aufgaben harmonisieren. Diejenigen Betriebe, die das erkannt haben, erzielen daraus einen klaren, geldwerten Wettbewerbsvorteil. In erster Linie natürlich dadurch, dass in diesen Betrieben der Werkzeugkonstrukteur das Wissen und die Erfahrungen aus der Spritzerei in seine Arbeit einbezieht, also ständig dazulernt.

Wollen Sie damit sagen, dass die Werkzeugbauer den Prozess nicht kennen? Eine gewagte These ...

Es ist faszinierend, wie zuverlässig auch komplexe Spritzgießwerkzeuge arbeiten. Nein, ich breche hier eine Lanze für die europäischen Werkzeugbauer und sage ganz klar: Technisierung und Mitarbeiterqualifizierung haben in dieser Sparte in den vergangenen 30 Jahren um ein Vielfaches besser funktioniert als bei den Spritzgießern. Es gibt zwei Welten, in denen ist alles im Lot. Das eine sind Spritzgießbetriebe, die einen eigenen Werkzeugbau betreiben, der in der Lage ist, leistungsfähige Formen zu bauen. Hier führen die Konstrukteure den Dialog mit ihren Kollegen in der Spritzerei auf hohem Niveau. Der andere Fall sind Werkzeugbauer, die auch über hochwer-

tige Einfahrkapazitäten im eigenen Spritzgießtechnikum oder sogar eine eigene kleine Spritzgießfertigung verfügen. Nur – was ist mit dem Rest? Ich schätze, 60 bis 70% aller eingesetzten Werkzeuge entstehen nicht unter diesen beiden idealen Prämissen.

Welchen Rat würden Sie den auf ppm-Raten fixierten Verarbeitern geben?

Bei den Spritzgießern muss ein Umdenken stattfinden – weg vom Maschinenprozess. Nur wenn man den Prozess der Formteilbildung im Werkzeug beherrscht, können ppm-Raten, Kontrollaufwand und Ausschussquote heruntergeschraubt werden. Ein Beispiel dazu: Ich habe ein namhaftes Spritzgießunternehmen bei diesem Wandel unterstützt. Es ist uns gemeinsam gelungen, binnen zwölf Monaten die ppm-Rate zu halbieren und, quasi als Nebeneffekt, die Zykluszeiten zu verbessern. Das geht nur mit Werkzeugsensorik. Ich kann aus tiefster Überzeugung sagen: Spritzgießer, die sich dieser Technik weiterhin verweigern, werden ihre QS-Probleme auch morgen noch mit sich herumschleppen. Erfreulicherweise erkennen dies mehr und mehr Spritzgießer. Solche Fortschritte in der Produktion sind bares Geld wert, aber was noch wichtiger ist: Die Kundenzufriedenheit nimmt spürbar zu, und jeder investierte Euro macht sich mehrfach bezahlt.

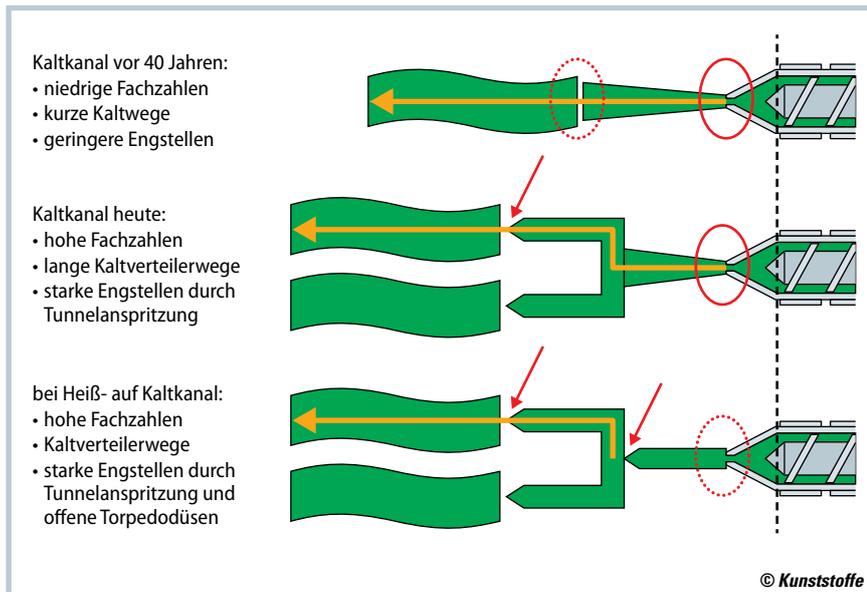


Bild 1. Angussstrategie als wichtiges Ausgangskriterium: Darstellung der Entwicklungen und Auswirkungen einzelner Anspritzkonzepte als Wege zur kunststoffgerechten Werkzeugkonstruktion (Bilder: Behrens)

deshalb zum Standard-Werkzeug bei Abmusterungen, Optimierungsschleifen und Produktionsfreigaben gehören. Beim Thema Werkzeugtemperierung hält sich hartnäckig der Mythos, dass sich die Kühlleistung über die reine Kälte definiert. Logische Folge: In der Praxis wird oft mit unnötig tiefen Temperaturen gekühlt. Kondenswasser und eine inhomogene Temperaturverteilung treten als zusätzliche Störgrößen auf.

In der Praxis geht es eher darum, einen starken Volumenstrom aufrechtzuerhalten und Druckabfälle durch serielles Anschließen zu vermeiden. Auch eine selektive konturnahe Kühlung und eine variotherme Temperierung im Werkzeug können Verzug verhindern und die Zykluszeiten erheblich verkürzen.

Trendanalysen nutzen, Viskositätsschwankungen beherrschen

Kurvendiagramme und Trendanalysen sind essenzielle Werkzeuge für die Analyse und Langzeitbetrachtung von Prozessen (**Bild 2**). Kurvengrafiken bilden das aktuelle Geschehen z.B. beim Einspritzvorgang ab, wie etwa Massedruck, Schneckenbewegung und Werkzeuginnen- druck. Auf dem Bildschirm erhält der Bediener in Echtzeit Informationen darüber, was in diesem Prozessschritt passiert. Eine Trendgrafik beruht darauf, dass defi-

nierte Parameter-Istwerte während der laufenden Produktion über eine große Zahl von Zyklen (> 20000) in der Maschinensteuerung abgespeichert werden und Prozessänderungen so in Langfrisperspektive abbilden.

Erst diese Instrumente ermöglichen es, Prozesse wirklich zu beherrschen und eine langfristige Prozessstabilität sicherzustellen. Ziel ist es, „Masterprozesse“ zu erarbeiten und zu archivieren, um diese jederzeit reproduzieren zu können und ein schnelleres Anfahren zu erreichen. Moderne Spritzgießmaschinen sind durch diese Möglichkeiten im Prinzip „Prozessmessmaschinen“. Die Anwendung dieser Optionen in der Praxis ist allerdings ernüchternd: Mit Kurven- und Trendgrafiken arbeiten heute weniger als 5% der Bediener von Spritzgießanlagen, wie Erfahrungswerte aus vielen Schulungen zeigen. Das verwundert nicht, wenn man bedenkt, dass diese nicht Bestandteil der Ausbildung für Verfahrensmechaniker sind.

Viskositätsschwankungen gelten vielen Prozessverantwortlichen als unberechenbar. Zumal sie durch das Einmischen von Rücklaufmaterialien in A-Waren oder durch verschiedene Additive innerhalb einer Charge zukünftig verstärkt auftreten werden. Dabei lassen sich Viskositätsschwankungen heute im Spritzgießprozess automatisch kompensieren, etwa beim Füllen der Kavität über »

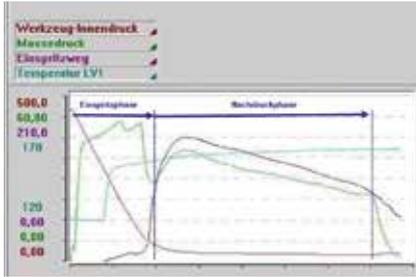


Bild 2. Ein Bild sagt mehr als tausend Worte: Kurvengrafik als wichtige Basis der aktiven Prozessgestaltung. Die Prozessschritte bei der Formteilentstehung können durch die relevanten Kurven visualisiert werden und somit anschaulich ausgewertet werden

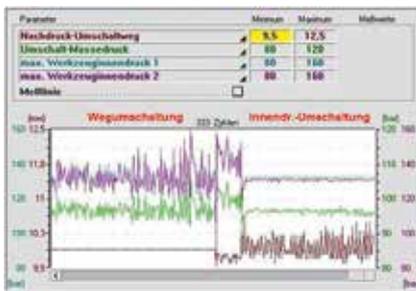


Bild 4. Aktive Prozesskontrolle und -gestaltung mit Umschaltung auf Nachdruck: Jedes Teil bedarf eines dosierten Nachdrucks (Darstellung Ursache/Wirkung bei Maschine und Werkzeug mit den zwei Umschaltarten „Weg“ (Maschine) oder „Werkzeuginnendruck (WID)“ (Werkzeug))

WID-Umschaltung und Anpassung des Nachdruckprofils über WID. So können negative Auswirkungen auf die Teilequalität unterbunden werden.

Werkzeugstress und Fehlerquellen ausschließen

Die Hauptfehlerbilder beim Spritzgießen sind noch immer

- nicht voll ausgeformte Teile,
- Brenner,

Der Autor

Hans-Heinrich Behrens ist Gründer der Prozessberatung spritzguss-schulung.de.

Service

Digitalversion

➤ Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/878050

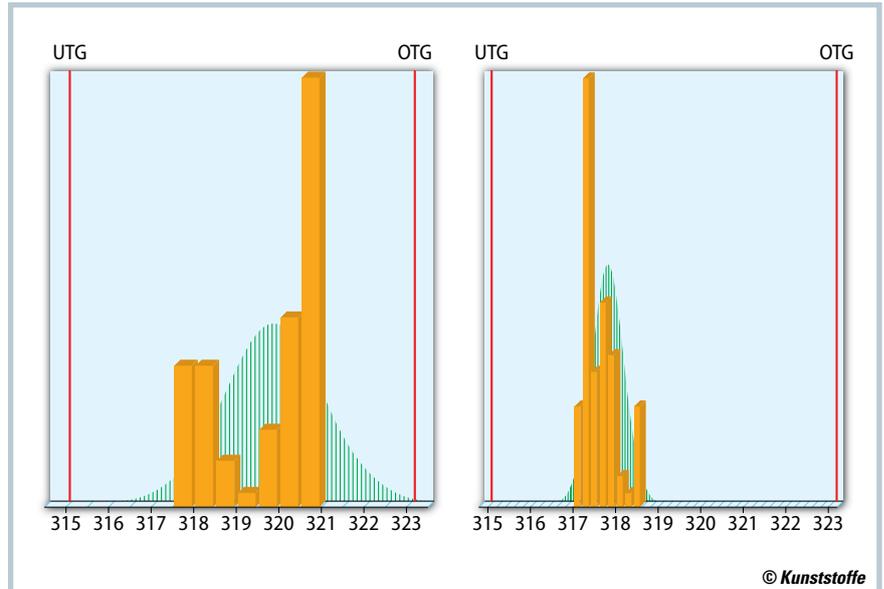


Bild 3. Analyse der Gewichtsstreuung: Gegenüberstellung von Streuung des Formteilgewichts bei Wegumschaltung (Maschine) und WID-Umschaltung (Werkzeug) (im Beispiel: Zeitraum: 60 Schichten à drei Messungen). Darstellung als Normalverteilung mit unterem Formteilgewicht (UTG) und oberem Formteilgewicht (OTG) – X-Achse: Formteilgewichte in Gramm

- Gratbildung,
- Verzug und
- Schwankungen der Maßhaltigkeit (**Bild 3**). So werden Werkzeuge zu oft überladen, weil der Übergang vom Füllen der Kavität in die Verdichtung – faktisch der Schwindungsprozess – bei den meisten Prozessen immer noch bei ca. 95 bis 98% Füllvolumen liegt. Diese Philosophie wird zum großen Teil auch heute noch gelehrt – mit der logischen Folge, dass Stabilität in der Ausformung mit einer Überladung der Kavität, also zu hohen Nachdrücken erzeugt wird. Ergebnis dieser Arbeitsweise: Werkzeugstress und Energieverbrauch, der unnötig ist.

Grundsätzlich empfiehlt es sich, bei der Formteilausformung die beiden Prozessschritte „Kavität füllen“ und „Schwindung ausgleichen“ getrennt und wiederholgenau auszuführen. Sonst sind Fehlerbilder, wie die oben genannten, vorprogrammiert. Das Umschalten auf Nachdruck sollte erst beim Erreichen der volumetrischen Füllung erfolgen (**Bild 4**). Mit technischen Betriebsmitteln und dem notwendigen Prozesswissen sind diese Faktoren heute beherrschbar.

Der Entstehungsprozess des Formteils in der Kavität entscheidet kausal über die Qualität. Anders ausgedrückt: Qualität ist das Ergebnis des Prozesses und das ist nur mit dem Ursache-Wirkungs-Prinzip beherrschbar. Zwar verhin-

dern in die Fertigungsanlage integrierte Separationsweichen, dass Schlechteile in den Gutteilfluss gelangen. In einer „Null-Fehler-Produktion“ sollte Qualität jedoch durch einen intelligenten Prozess am Formteil und nicht durch Kontrollen, Messungen, Dokumentationen und den damit verbundenen Zusatzaufwand entstehen. Der Maschinenprozess ist nur das Mittel zum Zweck beim Spritzgießen. ■