

Werkzeug-, Heißkanal- und Prozesstechnik

## Ein Werkzeug, ein Schuss, drei Bauteile

Familienwerkzeuge bieten ein großes Potenzial, um Kosten zu reduzieren. Sie sind in der Lage, mehrere Bauteile mit unterschiedlichen Größen und Wanddicken in einem Schuss zu produzieren. Die Herausforderung liegt in der Auslegung der Werkzeuge und der Prozesssteuerung. Synventive löst diese Aufgabe mit einer kavitätsunabhängigen Druckregelung.



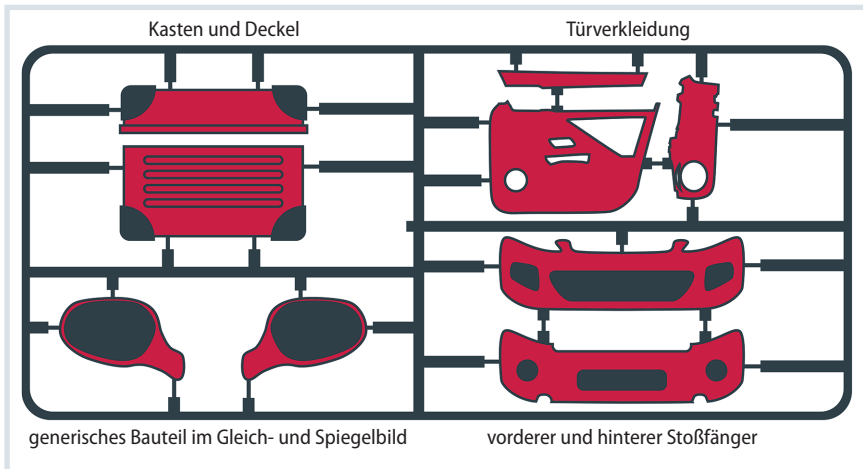
Drei auf einen Streich: Ein Sechssachsroboter entnimmt die fertig gespritzte Baugruppe, die aus Türverkleidung, Kartentasche und Brüstung besteht.

© Foboha / Christoph Raetzke

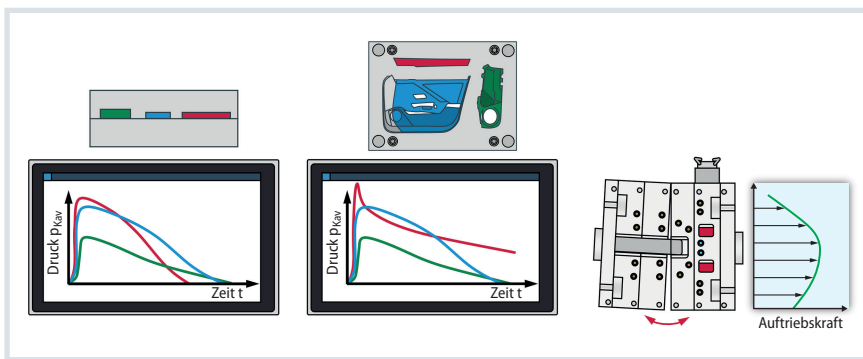
Der Begriff Familienwerkzeug ist ein seit vielen Dekaden gebräuchlicher Begriff im Werkzeugbau. Im Unterschied zum Mehrkavitätenwerkzeug, bei dem der Fokus auf der mengenmäßigen Skalierbarkeit der Fertigung gleicher Bauteile liegt, werden beim Familienwerkzeug unterschiedliche Formteile in

einer Trennebene angeordnet und in einem Spritzgießzyklus zeitgleich gefertigt. So kann beispielsweise eine gesamte Baugruppe aus dem Familienwerkzeug entnommen und direkt montiert werden (**Titelbild**) [1]. Grundlegend wird bei möglichen Bauteilen für Familienwerkzeuge unterschieden zwischen

- gespiegelten Bauteilen und
  - Bauteilen, die später zu einer Baugruppe kombiniert werden.
- Beispiele für Bauteile im Gleich- und Spiegelbild sind Pkw-Außenspiegel oder Einstiegsleisten. Eine kombinierte Baugruppe aus dem Bereich Automotive besteht beispielsweise aus einer Brüs-



**Bild 1.** Beispiele für Spritzgussbauteile in Familienanordnung: Rechts oben ist das in diesem Artikel beschriebene Versuchswerkzeug zu sehen. Quelle: Moldings Solution, Grafik © Hanser



**Bild 2.** Die Farben Rot, Blau und Grün beschreiben die Bauteile der Türverkleidungsbaugruppe und die dazu gehörenden Druckverläufe in den Einzelkavitäten. Bei gleichzeitigem Start der Kavitätsfüllung führen die unterschiedlichen Wanddicken/Fließweg-Verhältnisse zu unterschiedlichen Werkzeuginnendrücken und damit zu unterschiedlichen Druckbedarfen (links). Unterschiedliche Bauteilvolumina der Einzelkavitäten führen zu frühzeitigem Erreichen des jeweiligen Fließwegendes und dem lokalen Überladen der Einzelkavitäten (Mitte). Als Folge von Unterschieden in der projizierten Fläche der Einzelkavitäten resultiert eine unsymmetrische Werkzeugbelastung. Das führt zu geringerer Werkzeugstandzeit und gesteigertem Verschleiß an der Schließeinheit der Spritzgießmaschine (rechts). Quelle: Moldings Solution, Grafik © Hanser

ung, einer Kartentasche und einer Türverkleidung. Auch Bauteile mit gleichen oder ähnlichen Funktionen wie ein Gehäuse oder ein vorderer und rückwärtiger Stoßfänger sind typische Anwendungen. Im Gegensatz zur konventionellen Herstellung von Spritzgießbauteilen in Einzelwerkzeugen kommt nur eine Spritzgießmaschine zum Einsatz, was Platz spart und meist eine Parallelisierung und Reduktion der Zykluszeit ermöglicht – in der Regel verbunden mit geringeren Betriebs- und Rüstkosten.

Die gleichzeitige Bereitstellung der Einzelkomponenten bedeutet zudem eine schlankere und effizientere Logistik bei der Herstellung von Baugruppen. Je nach Qualitätsanspruch an die spätere Baugruppe kann eine unter Umständen

aufwendige Abstimmung in der Farbgebung der Einzelbauteile durch den Einsatz von Familienwerkzeugen entfallen.

### Herausforderungen beim Auslegen von Familienwerkzeugen

Während Familienwerkzeuge für Bauteile im Gleich- und Spiegelbild ähnliche Herausforderungen wie Mehrkavitätenwerkzeuge aufweisen, ergeben sich bei Familienwerkzeugen für Baugruppen weitere Herausforderungen bei der Werkzeugauslegung. Grund sind die Verschiedenartigkeit der Bauteile in Bezug auf

- deren projizierte Flächen und damit der unterschiedlich großen Auftriebskräfte

- die Unterschiede im Verhältnis von Fließweg und Wanddicke
- Die wesentlichen Herausforderungen bei der Auslegung von Familienwerkzeugen sind in **Bild 2** zusammengefasst.

Diese prozesstechnischen Herausforderungen lassen sich mit unterschiedlichen Ansätzen lösen. Neben einer aufwendigen, manuellen Einstellung der Nadelöffnung über einen Kaskadenansatz stellt die zusätzliche kavitätsunabhängige Druckregelung im Heißkanal mithilfe der DynamicFeed-Technologie eine kosteneffiziente und bedienerfreundliche Alternative dar.

### Maschinen, Automation und Software arbeiten Hand in Hand

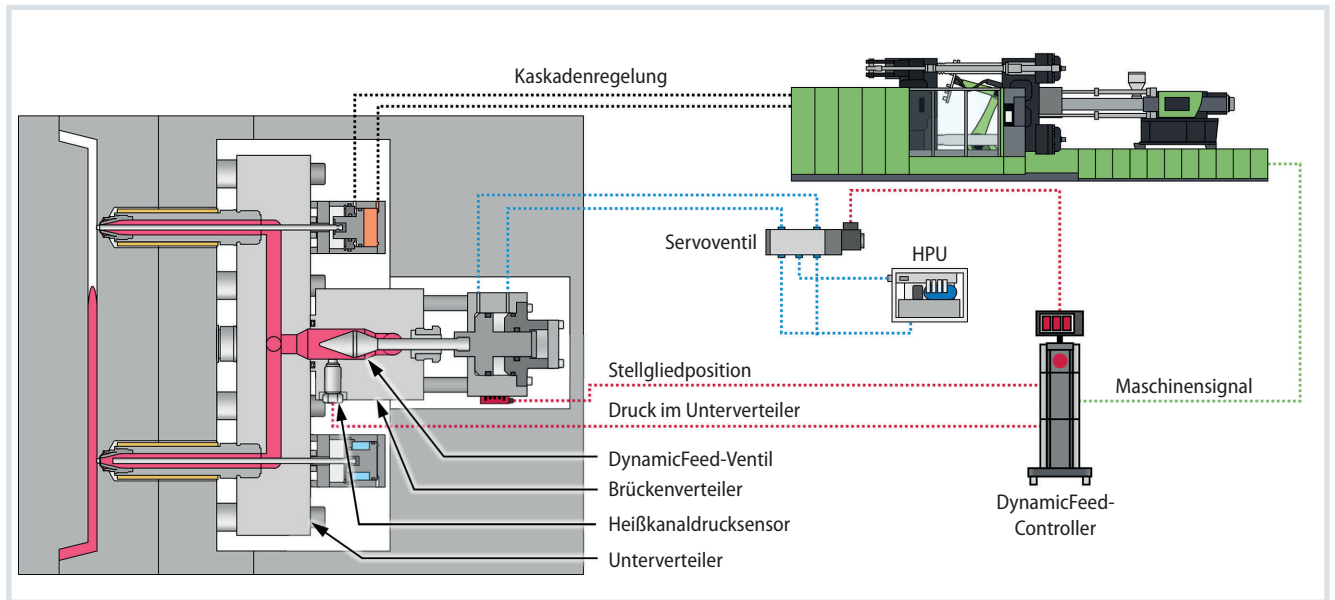
Mit einem Versuchsaufbau demonstriert die Molding Solutions Gruppe ihr Produktportfolio im Kundencenter der Foboha Germany GmbH in Haslach im Kinzigtal. Dort sind sämtliche integrierten Prozesslösungen der Firmengruppe für Aufgaben in Forschung und Entwicklung, sowie Kundenversuche als auch Kleinserienproduktionen abbildbar.

Für die Untersuchungen wird folgende Anlagentechnik verwendet:

- Spritzgießmaschine duo 17060/2700 des Herstellers Engel Austria GmbH
- Sechssachsroboter easix KR120 R3900 ultra K von Engel, mit End-of-Arm-Tool des Herstellers Gimatic S.r.L.
- Dynamic Feed Controller und externe Hydraulikeinheit (HPU), Generation 3, des Herstellers Synventive Molding Solutions GmbH
- 128-Zonen-Heißkanalregelgerät des Typs Gammaflux G24 vom Hersteller GF Controls GmbH

Für die Versuchsreihen wird die häufig für Interieur-Bauteile eingesetzte Formmasse PPcompound 9120 schwarz 13200, ein Kautschuk (Elastomer)-modifiziertes PP des Herstellers Sabic Deutschland GmbH und Co. KG verwendet.

Das verwendete Familienwerkzeug ist ein Versuchswerkzeug, mit dem seriennahe Spritzgießversuche anhand des Produktbeispiels „Türverkleidung“ realisiert werden. Das Spritzgießwerkzeug wurde in Kooperation mit der Müller Modell- und Formenbau GmbH & Co KG Müller Wallau entwickelt und gebaut. Es ist zudem mit umfassender Werkzeuginnendruck- und Temperatursensorik der Schweizer Firma Priamus System »



**Bild 3.** Darstellung des Versuchsaufbaus im Kundencenter von Foboha Quelle: Moldings Solutions; Grafik © Hanser

Technologies ausgestattet und erlaubt die wissenschaftliche Untersuchung einer Vielzahl von Fragestellungen im Bereich der Werkzeug-, Heißkanal- und Prozesstechnik.

Die DynamicFeed-Technologie im verwendeten Versuchsaufbau ist in **Bild 3** am Beispiel einer der drei Kavitäten dargestellt. In den Masseübergaben eines Brückenverteilers, über welchen die Unterverteiler der jeweiligen Kavitäten des Familienwerkzeugs versorgt werden, sind die DynamicFeed-Ventile verbaut. Über diese Ventile kann der benötigte, kavitätsabhängige Druck in den jeweiligen Unterverteilern entlang einer Soll-Druckkurve geregelt werden. Das Ventil erlaubt dabei eine kavitätsunabhängige Regelung des Druckprofils. Als Eingangsgrößen für die Regelung dient ein Schmelzedrucksignal im jeweiligen Unterverteiler und ein Positionssignal des dazugehörigen Hydraulikaktuators [2].

Die in **Bild 3** abgebildete Anlagentechnik beschreibt die sogenannte Retrofit-Variante der DynamicFeed-Technologie bei dem die Ventile über ein externes Hydraulikaggregat versorgt werden. Je nach Maschinenhersteller sind auch integrierte Lösungen zur Hydraulikversorgung der Servoventile realisierbar.

Die Nadelverschlussdüsen der jeweiligen Unterverteiler werden zudem über eine Kaskadensteuerung – im weiteren Versuchsverlauf über die maschinenintegrierte Kaskadensteuerung – angesteuert.

Sicherheits- und maschinenrelevante Signale werden über eine Schnittstelle an den Controller ausgegeben. Die Bedienung des DynamicFeed Prozesses kann am Controller selbst, an einem externen und autarken Bedienterminal, als auch über eine integrierte Lösung in der Maschinensteuerung erfolgen.

### Vergleich zwischen konventioneller und druck geregelter Prozessführung

In **Bild 4** sind die Druckverläufe der Einzelkavitäten bei konventioneller und druck geregelter Fahrweise gegenübergestellt. In beiden Fahrweisen wird die Kaskadensteuerung der Maschine verwendet, die die Nadelverschlussdüsen der Einzelkavitäten sequenziell ansteuert. Neben einer Direktanbindung auf dem Bauteil, am Beispiel der Türverkleidung (**Bild 4 unten**) die Nadelverschlussdüsen 7, 8 und 11, sind auch Kaltkanalanbindungen durch die Nadelverschlussdüsen 10, 12, 13 und 14 realisiert. Mithilfe dieser variablen Konfiguration lassen sich an den drei Bauteilen eine Vielzahl von unterschiedlichen Füllszenarien realisieren. Die farbig-transparent dargestellten Balken im Hintergrund des Diagrammes identifizieren die Schaltzeiten der Nadelverschlussdüsen während der Einspritzphase.

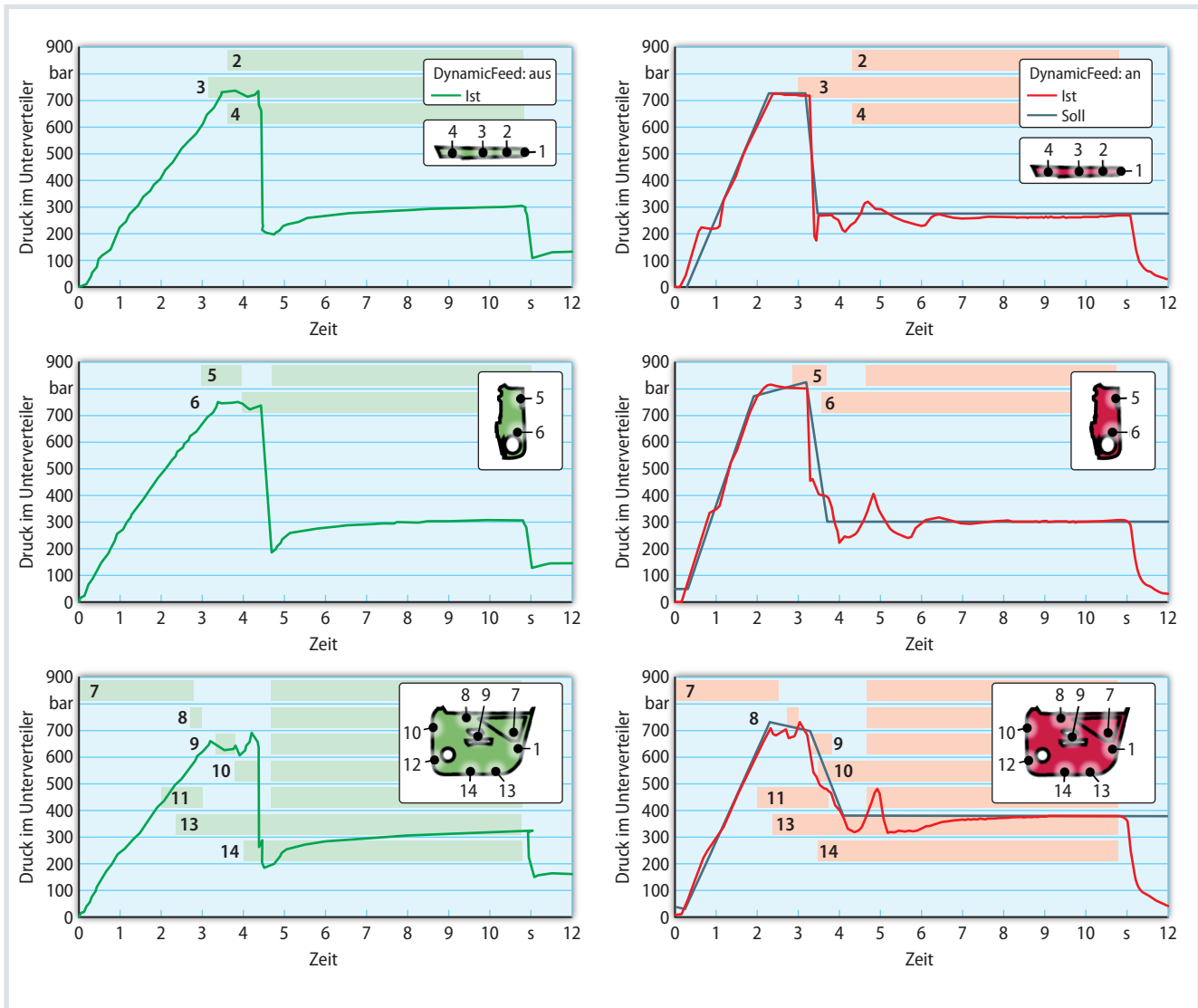
Im Versuchsverlauf wird die Türverkleidung als größtes Bauteil zuerst gefüllt. Das Timing ist so, dass alle Bauteile zur gleichen Zeit das Fließwegende

erreichen (**Bild 4 links**). Danach erfolgt die Umschaltung auf die Nachdruckphase. Diese Prozessführung entspricht der klassischen, in der Literatur beschriebenen Fahrweise bei Familienanwendungen [3]. Die dargestellten Druckverläufe werden im Heißkanal-Brückenverteiler in Fließrichtung zur jeweiligen Einzelkavität gemessen. Bedingt durch die Einstellung der Kaskadensteuerung ist daher ein Druckanstieg bereits vor dem Öffnen der Nadeln messbar. Die Kaskadensteuerung wird über die Schneckenposition angesteuert, ist in der Darstellung jedoch auf die Zeitachse umgerechnet.

Zum Vergleich der konventionellen Prozessführung (grün, Druckregelung ausgeschaltet – DynamicFeed-Ventil vollständig geöffnet) und der DynamicFeed-Prozessführung (rot, Druckregelung eingeschaltet) werden jeweils Versuchseinstellungen mit vergleichbaren Druckmaxima (700 zu 750 bar) gewählt. Die Schließkraft wird zudem so hoch eingestellt, dass Werkzeugatmungseffekte in beiden Versuchen vermieden werden.

### Die Einzelkavitäten werden zeit- und druckunabhängig gefüllt

Der Einspritzvorgang erfolgt bei der konventionellen Prozessführung mit dem gleichen Druckanstieg in allen Unterverteilern. Die Sprünge im Druckverlauf ergeben sich dabei sowohl aus dem Einspritzprofil, der sequenziellen



**Bild 4.** Druckverlauf in der DynamicFeed-Brücke und Kaskadensteuerung über die Spritzgießmaschine Quelle: Moldings Solutions; Grafik © Hanser

Nadelöffnung, als auch aus den Druck-Wechselwirkungen der über den Heißkanal-Brückenverteiler verbundenen Unterverteiler, populärwissenschaftlich als das „System der kommunizierenden Röhren“ beschrieben [4].

Bei der druckgeregelten Fahrweise mit der DynamicFeed-Technologie wird das Einspritzprofil ebenfalls gestuft, um den über das Plastifizieraggregat bereitgestellten Druck auf einem ausregelbaren Niveau zu halten. Mithilfe der DynamicFeed-Technologie lassen sich für die jeweiligen Einzelkavitäten unabhängige Soll-Druckprofile vorgeben. Dies ermöglicht den gezielten Druckaufbau im jeweiligen Unterverteiler und damit eine zeit- und druckunabhängige Füllung der Einzelkavitäten. Eine weitere Glättung des Druckprofils ist durch eine alternative, gestufte Soll-Druckvorgabe

durch den DynamicFeed-Controller sowie einer Anpassung des Einspritzbeziehungsweise Nachdruckprofils der Spritzgießmaschine möglich.

Die druckgeregelte Prozesseinstellung ermöglicht eine vereinfachte Prozesseinstellung im Vergleich zur konventionellen Fahrweise über die reine Kaskadensteuerung (Bild 5). So wird der Schmelzedruck während der Einspritzphase kavitätsabhängig geregelt und der zu diesem Zeitpunkt im Heißkanal aufgebaute Druck kann für Bauteile mit kleinerem Schussvolumen zur Nachdruckwirkung eingesetzt werden. Weiterhin können mithilfe der Vorgaben für die Einzeldruckkurven Viskositätsschwankungen, Schwankungen aus dem Plastifizier- und Einspritzvorgang und weitere Störgrößen ausgeregelt werden.

### Druckgeregelte Prozessführung ermöglicht Schließkraftreduktion

Die druckgeregelte Prozesseinstellung mithilfe von DynamicFeed ermöglicht sowohl die zeitliche Entzerrung der Füllung von Einzelkavitäten als auch die Limitierung des Druckniveaus und bedingt so beim Einsatz dieser Technologie bei Familienwerkzeugen eine Reduktion der Gesamtschließkraft.

In Bild 6 ist die Gewichtsänderung der Bauteile in Abhängigkeit der Schließkraft dargestellt. Deutlich sichtbar ist, dass die Werkzeugatmung bei druckgeregelter Prozessführung erst bei wesentlich geringeren Schließkräften stattfindet.

Im Vergleich zur konventionellen Prozessführung ergeben sich bei druckgeregelter Fahrweise bei hohen Schließkräften niedrigere Bauteilgewichte, »



**Bild 5.** Die DynamicFeed-Technologie ermöglicht eine individuelle Schmelzedruckregelung in Echtzeit. © Fobooha / Christoph Raetzke

da ein lokales Überladen in den Einzelkavitäten vermieden wird. Dies zeigt sich auch am Vergleich der prozentualen Gewichtsabweichung bei gleicher Schließkrafteinstellung, die am Beispiel

der Türverkleidung 0,3 %, der Brüstung 1,15% und der Kartentasche 1,0% beträgt.

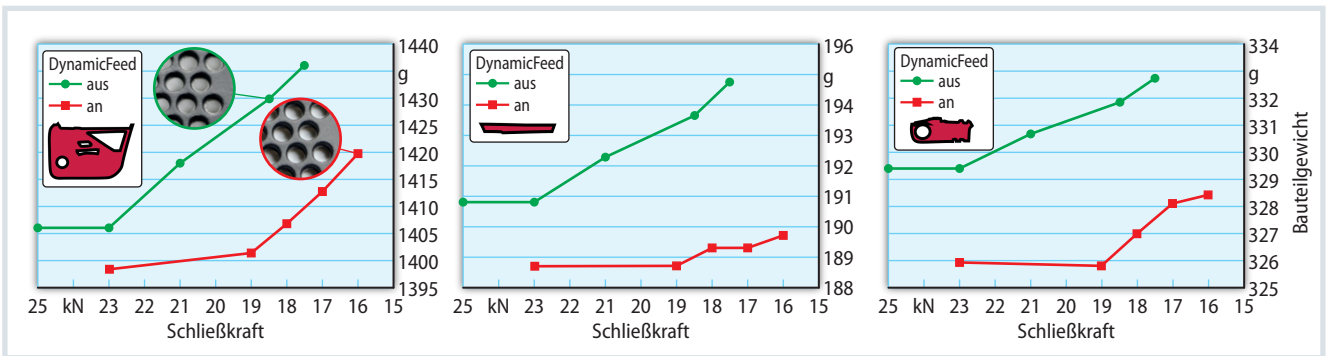
An der Detailaufnahme des Lautsprechergitters der Türverkleidung

(Bild 6 links) wird zudem sichtbar, dass trotz deutlich niedrigerer Schließkraft im Vergleich zur konventionellen Fahrweise ein lokales Überspritzen vermieden werden kann.

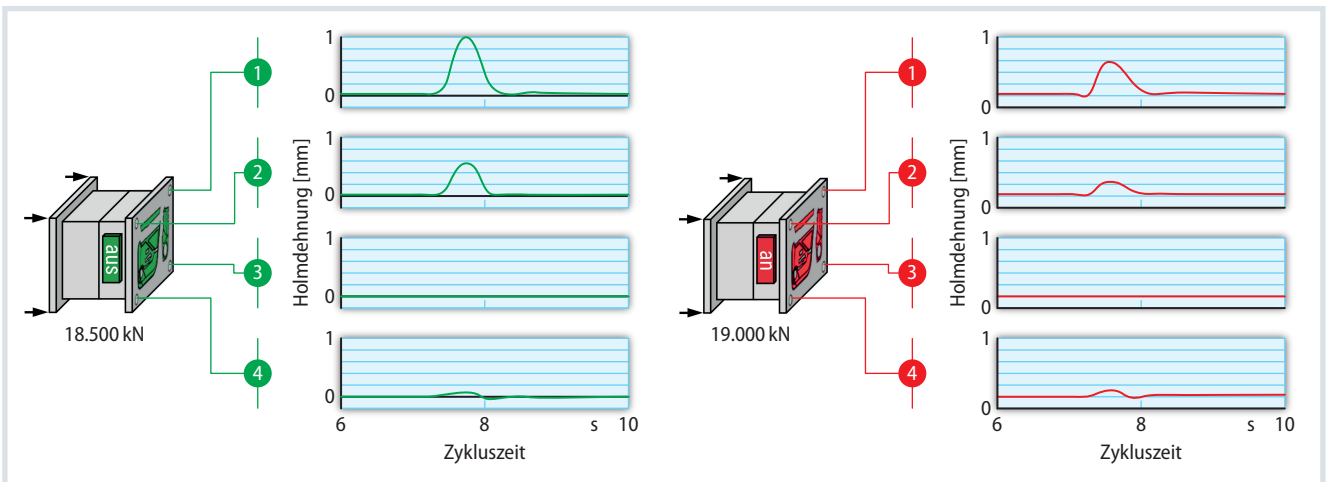
**Schmelzedruckregelung sorgt für Reduktion der Werkzeugatmung**

Durch den Einsatz von DynamicFeed kann die Werkzeugatmung signifikant reduziert werden. Die in Bild 7 dargestellten Dehnungsverläufe stellen zwei Versuchseinstellungen mit vergleichbarer Schließkraft von 18 500 kN (Regelung aus) und 19 000 kN (Regelung ein) gegenüber. An den Holmen der Spritzgießmaschine wird die jeweilige Holmdehnung über den gesamten Spritzgießzyklus aufgezeichnet. Hierbei regelt die Maschine nicht nach. Für die abgebildete Darstellung wird nur der Maximalwert während der Einspritz- beziehungsweise Nachdruckphase ausgewertet.

Bedingt durch die Anordnung der Bauteile innerhalb der Trennebene ergeben sich lokal unterschiedliche Dehnungen in den Holmen. Durch den lokal



**Bild 6.** Gewichtsänderung der Bauteile in Abhängigkeit der Schließkraft Quelle: Moldings Solutions; Grafik © Hanser



**Bild 7.** Werkzeugatmung bei vergleichbarer Schließkraft mit und ohne Dynamic Feed Quelle: Moldings Solutions; Grafik © Hanser

größeren Anteil der projizierten Fläche ergibt sich in Messposition 1 und 2 die größte Auftriebskraft und damit verbunden die größere, lokal zu kompensierende Holmdehnung. In der Messposition 3 registriert der Holmdehnungssensor keine signifikante Dehnung. In diesem Bereich der Trennebene ist der Anteil der projizierten Fläche durch die Bauteillage als auch -eigenschaften (große Freimachung im Bereich der Kartentasche) zu gering. Die lokale Holmdehnung kann in der gezeigten Prozesseinstellung in der Messstelle 1 von 1,1 mm auf 0,56 mm sowie in der Messstelle 2 von 0,56 mm auf 0,2 mm bei gleichbleibender Bauteilqualität und Eigenschaften reduziert werden.

Aus dieser Reduktion der (lokalen) Schließkraft ergibt sich eine deutlich reduzierte Werkzeug- und Maschinenbelastung, wodurch die Haltbarkeit der Komponenten erhöht wird. Zudem wird in Abhängigkeit der Anwendung ermöglicht, dass Bauteile mit hohem Schließkraftbedarf bei konventioneller Prozessführung mithilfe der DynamicFeed-Technologie auf kleineren Spritzgießmaschinen hergestellt werden können.

### Fazit und Ausblick

Der Einsatz von Steuer- und Regelungstechnik in Heißkanal, Werkzeug und Spritzgießmaschine sind nicht mehr wegzudenken, um die stetig steigenden Anforderungen an die Bauteilqualität bei gleichzeitiger Senkung der Produktionskosten zu gewährleisten. Die Herausforderungen an die Prozessführung, beispielsweise durch unterschiedliche projizierte Flächen der Einzelbauteile oder stark unterschiedliche Fließweg-Wanddicken-Verhältnisse können durch die DynamicFeed-Technologie beherrschbar gemacht werden. Ein über den Heißkanal aufgeprägtes, aber kavitätunabhängiges Druckprofil ermöglicht es, die Einzelkavitäten unabhängig voneinander zu füllen und auszuprägen. Der Einsatz dieser druckgeregelten Technologie ist auf allen Spritzgießanlagen möglich und kann maschinenintegriert sowie als Retrofit-Variante abgebildet werden.

Die beschriebenen Versuche und bereits realisierten Anwendungen haben gezeigt, dass bei Familienanwendungen

eine Schließkraftreduktion von bis zu 25% möglich ist. Dadurch können auch auf vorhandenen (kleineren) Spritzgießmaschinen Familienanwendungen realisiert werden, die bei konventioneller Fahrweise die Maschinenschließkraft übersteigen würde. Durch die Schließkraftreduktion wird zudem die Belastung der Einzelkomponenten reduziert, was sich in einer längeren Lebensdauer und niedrigeren Wartungskosten widerspiegelt.

Die druckgeregelte Prozessführung garantiert zudem gleichbleibende Formteilqualität bei Schwankungen im Prozess beispielsweise durch Viskositätsänderungen. Die DynamicFeed-Technologie stellt daher ein wichtiges Hilfsmittel zur Beherrschung von Prozessschwankungen beim Einsatz von recyceltem Material dar. In zukünftigen Untersuchungen soll zudem die Kombination der Technologie mit einer automatisierten Kaskadenregelung untersucht werden. Dadurch kann ein deutlich vereinfachter Rüst- beziehungsweise Einstellprozess erzielt werden. ■

## Info

### Text

**Dr.-Ing. Simon Wurzbacher** leitet die Heißkanalentwicklung bei der Otto Männer GmbH.

**Dr.-Ing. Julian Schild** ist Director Global Transportation bei der Synventive Molding Solutions GmbH.

### Barnes Group

Die Barnes Molding Solutions ist eine strategische Geschäftseinheit innerhalb der Barnes Group, zu der die Unternehmen Männer, Synventive, Thermoplay, Priamus, Gammaflux und Foboha gehören.

[www.onebarnes.com](http://www.onebarnes.com)

[www.foboha.com](http://www.foboha.com)

[www.synventive.com](http://www.synventive.com)

### Literatur & Digitalversion

Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter

[www.kunststoffe.de/onlinearchiv](http://www.kunststoffe.de/onlinearchiv)

### English Version

Read the English version of the article in our magazine **Kunststoffe international** or at

[www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)

Seit über 40 Jahren entwickeln und fertigen wir Sondermaschinen, Kühlmaschinen und Temperiergeräte für alle Kundenanforderungen. Dabei steht höchste Effizienz, maximale Laufzeit und eine umfassende Projektbetreuung im Vordergrund.



### KÜHLEN

Radialkühlmaschinen  
Pumpentankanlagen  
Split-Kühlmaschinen  
Außenaufstellung  
Carbonat-Ausfällung  
Kompaktkühlanlagen  
Container-Kühlanlagen



### TEMPERIEREN

Thermalölanlagen  
Großtemperierung  
Wasser-Temp.geräte  
Temperiersysteme  
gasbeh. Temperieranlagen



### SONDERMASCHINEN

Wasserbehandlung  
Carbonat-Ausfällanlagen  
Durchflussmessgeräte  
Heiz-/Kühlkombinationen  
Reinraumtechnik  
Prüf- und Testanlagen  
Werkzeug-Konditionierung

ZUVERLÄSSIG



MADE IN GERMANY

SPLIT-KÜHLMASCHINEN KSL



WASSER-TEMPERIERGERÄTE WTD



09. – 11. Mai 2023  
Halle 2 · Stand H4



17. – 21. Oktober 2023  
Halle A4 · Stand A4-4212

**Weinreich**  
KÜHLEN UND TEMPERIEREN

Weinreich Industriekühlung GmbH  
Hohe Steinert 7  
D-58509 Lüdenscheid

Tel.: 02351 9292-92  
info@weinreich.de  
www.weinreich.de

