

Rezyklaten gezielt ein breiteres Einsatzspektrum eröffnen

Assistenzsystem iQ weight control sorgt für eine höhere Prozessstabilität

Intelligente Assistenzsysteme ebnen der sich selbst optimierenden Produktion den Weg. Für einzelne Phasen des Spritzgießprozesses ist die automatische Nachjustierung qualitätsrelevanter Parameter schon heute Realität. Auf der K 2019 präsentierte Engel die Software iQ weight control erstmalig mit einer Rezyklatanwendung. Umfangreiche Versuche, die der Spritzgießmaschinenbauer gemeinsam mit dem Recyclingspezialisten Erema durchgeführt hat, bestätigen dem System großes Potenzial für die Kreislaufwirtschaft.

Transport- und Aufbewahrungsböden sind für den Einsatz rezyklierter Rohmaterialien prädestiniert. In großem Umfang verarbeiten bereits mehrere Kunden der Engel Austria GmbH, Schwertberg/Österreich, Rezyklate zu den unterschiedlichsten Behältern und nutzen dabei iQ weight control, um die Prozesskonstanz zu erhöhen. So erkennt die Software Schwankungen im Rohmaterial und in den Umgebungsbedingungen und passt das Einspritzprofil, den Umschaltzeitpunkt und den Nachdruck für jeden Schuss einzeln an die aktuellen Produktionsbedingungen an. „Wir können Rezyklate aus unterschiedlichen Quellen verarbeiten und dank iQ weight control die Ausschussrate minimieren. Dies vereinfacht den Einsatz von Recyclingmaterialien deutlich“, äußert sich beispielsweise ein namhafter, international tätiger Verarbeiter.

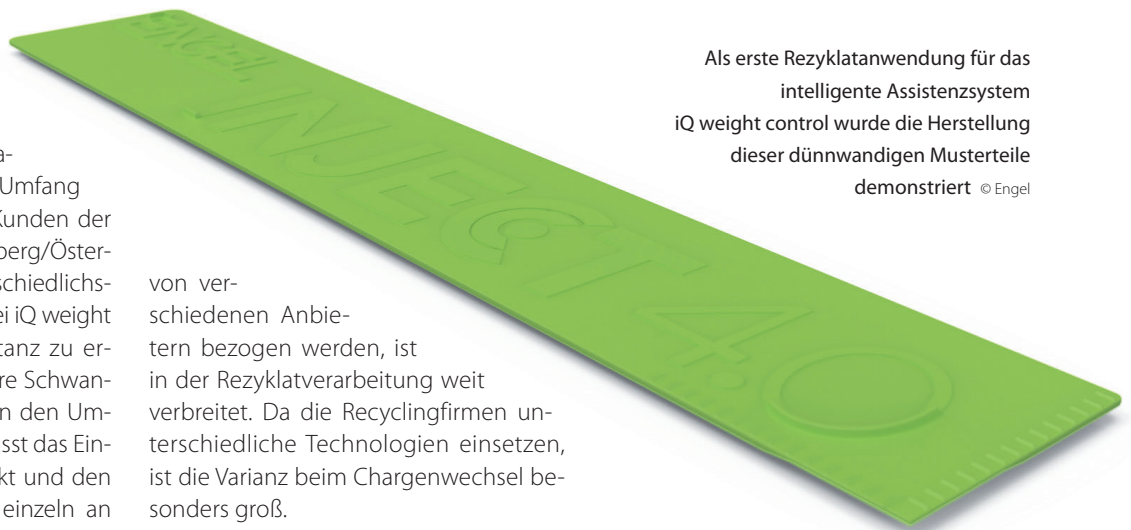
Schwankungen der Materialeigenschaften stellen bei der Verarbeitung von Rezyklaten eine wesentliche Herausforderung dar. Selbst sortenrein gesammelte und aufbereitete Kunststoffabfälle weisen größere Schwankungen als Neumaterial auf, denn auch der Umstand, wie stark die Abfälle verschmutzt sind, und das Verfahren, mit dem die Abfälle gereinigt, aufbereitet und regranuliert werden, nehmen Einfluss auf die Rezyklateigenschaften. Dass solche Materialien

von verschiedenen Anbietern bezogen werden, ist in der Rezyklatverarbeitung weit verbreitet. Da die Recyclingfirmen unterschiedliche Technologien einsetzen, ist die Varianz beim Chargenwechsel besonders groß.

Auf der K 2019 griff Engel dieses Thema auf. Mit einer Spritzgießmaschine Engel victory 120 wurde vollrezykliertes ABS zu länglichen Musterteilen verarbeitet (**Titelbild**). Zum Einsatz kamen Rezyklatchargen von zwei Anbietern, die unterschiedliche Aufbereitungstechnologien einsetzen und die Rohstoffe aus unterschiedlichen Quellen beziehen.

Die Messebesucher konnten selbst einen Materialwechsel auslösen und auf dem Display (CC300) der Maschine verfolgen, wie das Assistenzsystem die Verarbeitungsparameter an die veränderte Schmelzeviskosität anpasst, um schon ab dem ersten Schuss nach dem Chargenwechsel Gutteile zu produzieren. Zur Veranschaulichung wurde iQ weight control beim Chargenwechsel schussweise abwechselnd aktiviert und deaktiviert (**Bild 1**).

Als erste Rezyklatanwendung für das intelligente Assistenzsystem iQ weight control wurde die Herstellung dieser dünnwandigen Musterteile demonstriert © Engel



Im abgeschalteten Zustand wurden nach dem Chargenwechsel die Bauteile nicht mehr vollständig gefüllt, es entstanden Ausschussteile.

Unterschiedlich aufbereitete Regranulate im Test

Voraussetzung für den Aufbau einer Kreislaufwirtschaft ist, aufbereitete Kunststoffabfälle vielfältiger für die Herstellung neuer und vor allem hochwertiger Kunststoffprodukte einzusetzen. Als Spritzgießmaschinenbauer leistet Engel u.a. durch die Steigerung der Prozessstabilität einen wesentlichen Beitrag für eine „Circular Economy“. Seit 2012 auf dem Markt, hat sich iQ weight control zunächst in »

der Verarbeitung von Neuware weltweit etabliert [1].

Die Messedemonstration sowie die ersten Beispiele aus der Praxis, wie die Herstellung von Behältern und Containern, zeigen das große Potenzial der Assistenzsysteme für die Kreislaufwirtschaft auf. Um dieses fundierter bewerten zu können, haben Engel und die Erema Engineering Recycling Maschinen und Anlagen Ges. m.b.H, Ansfelden/Österreich, die Wirksamkeit von iQ weight control bei der Rezyklatverarbeitungen genauer untersucht.

Im Technikum von Erema wurden auf einer Spritzgießmaschine der Baureihe Engel victory Musterteile aus Polypropylen (PP) produziert. Ausgangsmaterial für die verarbeiteten Rezyklate waren Geotextilien, die als Baustellenvliese im Einsatz und entsprechend stark verunreinigt waren. Die Textilien wurden gereinigt, auf Erema-Anlagen aufgearbeitet und regranuliert (**Bild 2**).

Um realistische Bedingungen simulieren und Chargenwechsel durchführen zu können, kamen vier unterschiedliche Kombinationen von Recyclingtechnologien und Verarbeitungsparametern zum Einsatz. Die vier resultierenden Regranulate haben unterschiedliche Melt-Flow-Indizes (MFI) im Bereich zwischen 15 und 30 g/10 min und weisen beim Verarbeiten entsprechend unterschiedliche Eigenschaften auf.

Abweichungen von Materialeigenschaften erkennen und ausregeln

In einer ersten Versuchsreihe wurden Zugstäbe spritzgegossen. Für die Beurteilung der Prozesskonstanz und der daraus

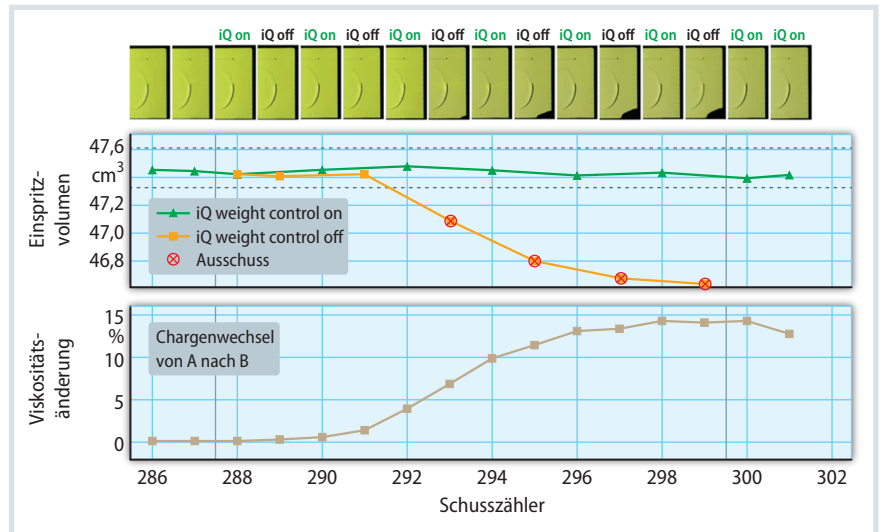


Bild 1. An den Bildausschnitten vom Fließwegende (oben) zeigt sich deutlich, dass bei deaktiviertem iQ weight control (schwarz) die Kavität nach dem Chargenwechsel nicht vollständig gefüllt wurde. Mit aktiviertem iQ weight control (grün) wurden hingegen durchgehend Gutteile produziert. Quelle: Engel; Grafik: © Hanser

resultierenden Bauteilqualität lag das Hauptaugenmerk auf der Bauteilfüllung sowie den mechanischen Eigenschaften, wie der Schlagzähigkeit, die im Labor ermittelt wurden. Die mechanischen Eigenschaften hängen ebenso wie die Viskosität vom Molekulargewicht des verarbeiteten Polymers ab. iQ weight control kann selbst geringe Abweichungen der Viskosität von einem Referenzwert erkennen. Eine (automatisch) detektierte Änderung der Viskosität ist also ein Indikator, dass sich etwas an der Verteilung der Polymerkettenlängen geändert haben könnte.

Durch die Anpassung des Einspritzprofils, Umschaltpunkts und Nachdruckprofils hält das Assistenzsystem selbst bei

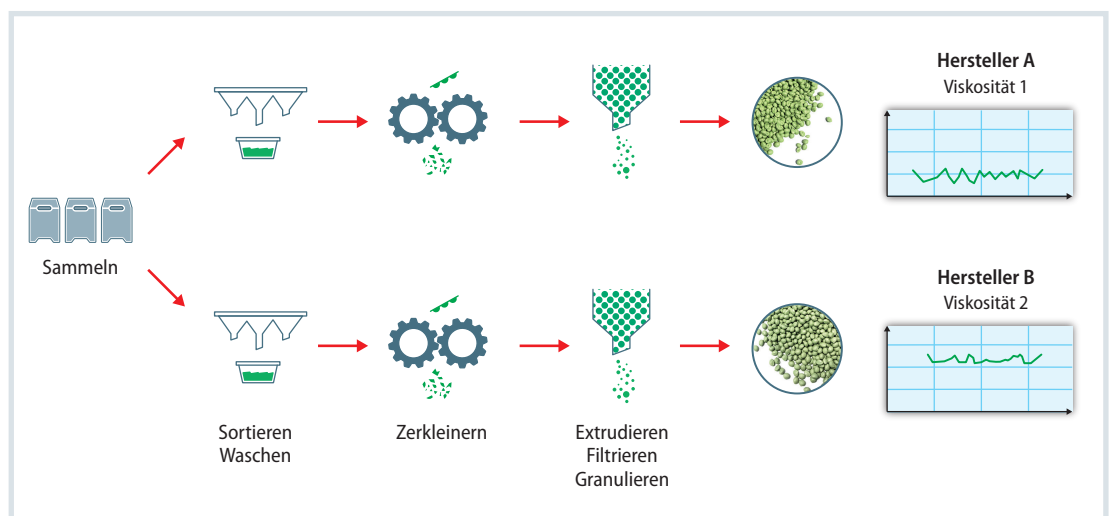
schwankender Viskosität das Füllvolumen konstant und verhindert so, dass nicht ausgespritzte Teile produziert werden. Die konstantere Füllung hilft auch, chargenunabhängig die gleiche Verdichtung sicherzustellen. Festigkeitsdefizite, die durch den Abbau des Molekulargewichts im Rohmaterial bedingt sind, lassen sich nicht durch eine Prozessregelung ausgleichen.

Stärkere Aussagekraft als der MFI

Häufig wird der MFI als Kennzahl für die Fließfähigkeit herangezogen, was den Einfluss der Scherrate auf die Viskosität jedoch außer Acht lässt. Mit zunehmender Scherrate sinkt die Viskosität durch das

Bild 2. Die Aufbereitungsart beeinflusst die Fließfähigkeit und andere Eigenschaften des entstehenden Regranulats. Um ein breites Spektrum möglicher Bedingungen zu simulieren, wurden die Versuchsreihen mit vier unterschiedlich aufbereiteten PP-Rezyklaten durchgeführt. Quelle:

Engel; Grafik: © Hanser



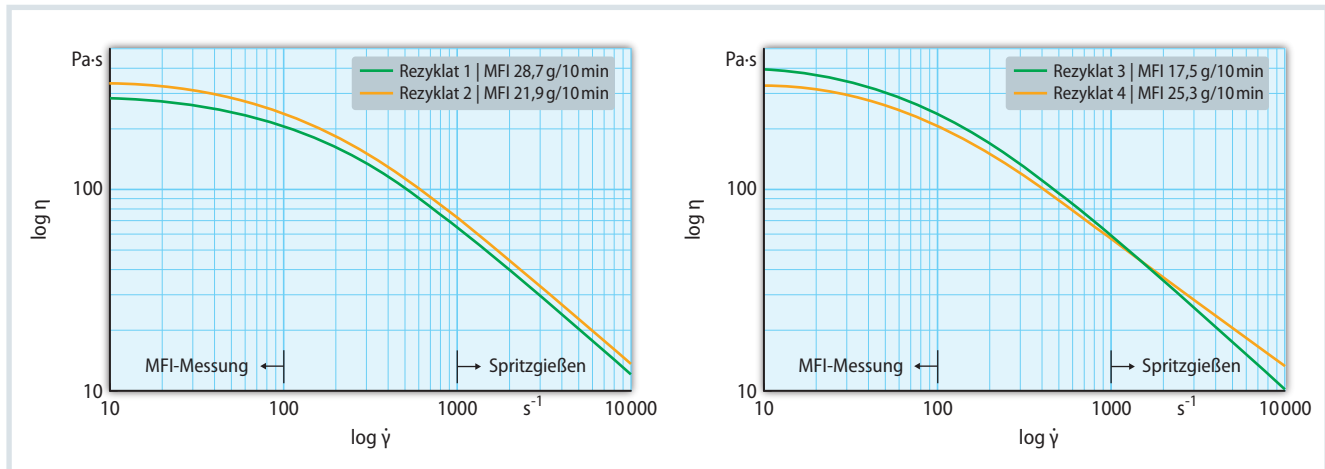


Bild 3. Die beiden Diagramme zeigen im Hochdruck-Kapillarrheometer (HKR) gemessene scherratenabhängige Viskositätsverläufe für verschiedene Rezyklate in doppelt-logarithmischer Darstellung. MFI-Messungen laufen im Bereich niedriger Scherraten ab, während im realen Spritzgießprozess deutlich höhere Scherraten auftreten. Die aus Prozessdaten ermittelte Viskositätsänderung ist daher oft aussagekräftiger als ein reiner MFI-Vergleich. Quelle: Engel; Grafik: © Hanser

strukturviskose Verhalten von Kunststoffschmelzen, womit sich die Fließfähigkeit verbessert. Da beim Spritzgießen deutlich höhere Scherraten als bei der MFI-Messung auftreten, ist der MFI für die Beurteilung der Fließfähigkeit unter Verarbeitungsbedingungen nur bedingt geeignet. iQ weight control ermittelt die Änderung der Viskosität auf Basis der im Prozess tatsächlich wirksamen Scherraten und erlaubt so eine präzisere Aussage (**Bild 3**).

Die MFI-Messung bei niedriger Scherrate ergibt in guter Übereinstimmung mit der Messung im Hochdruck-Kapillarrheometer (HKR) einen Unterschied der Fließfähigkeit von 23,7% zwischen den beiden betrachteten Materialien. Im realen Spritzgießprozess errechnet iQ weight control hingegen einen Viskositätsunterschied von nur +11,7%, was mit dem bei der korrekten effektiven Scherrate aus der HKR-Messung ermittelten Unterschied von 12,4% sehr gut übereinstimmt (**Bild 3 links**).

Wenn sich die Kurvenverläufe der scherratenabhängigen Viskositäten kreuzen, kann ein gemäß MFI-Messung schwe-

rer fließendes Material unter den realen Prozessbedingungen sogar leichter fließen. iQ weight control liefert auch hier das richtige Ergebnis von -5,4% (**Bild 3 rechts**).

Formteile mit komplexerer Geometrie als Testobjekte

Um die Wirkungsweise der Software auch für Formteile mit komplexerer Geometrie beurteilen zu können, kam für eine zweite Versuchsreihe ein Testwerkzeug zur Herstellung verzweigter Stufenplatten mit mehreren Wanddickensprüngen zum Einsatz (**Bild 4**). Entlang des mittleren Stegs weisen die Platten eine Wanddicke von 3 mm auf. Die Seitenarme sind 2, 1 und 0,5 mm dick, wobei sich die dünnsten Bereiche am Fließwegende befinden.

Für die Versuche wurden zwei der vier von Erema aufbereiteten Rezyklate verarbeitet. Eines der beiden Materialien wurde als Referenz definiert (Rezyklat 1). Beim Wechsel vom Referenzmaterial auf das andere Material (Rezyklat 2) zeigte sich, dass ohne die intelligente Prozessregelung das Schussgewicht deutlich abfällt

und die Kavität nicht mehr vollständig gefüllt wird (**Bild 5**). Beim Einschalten von iQ weight control wurde das Schussgewicht in den Bereich der mit dem Referenzmaterial erzielten Werte angehoben, und es wurden durchgehend vollständig gefüllte Bauteile produziert. »

Die Autoren

Dipl.-Ing. Dr. Georg Pillwein ist Leiter der Entwicklung Prozesstechnologie bei der Engel Austria GmbH in Schwertberg/Österreich; georg.pillwein@engel.at

Dipl.-Ing. Philipp Willnauer ist Entwicklungsingenieur Prozesstechnologie bei Engel; philipp.willnauer@engel.at

Prof. Dr.-Ing. Georg Steinbichler ist Leiter des Bereichs Forschung und Entwicklung Technologie bei Engel und Vorstand des Instituts für Polymerspritzgießtechnik und Prozessautomatisierung an der Johannes Kepler Universität in Linz/Österreich; georg.steinbichler@engel.at

Service

Literatur & Digitalversion

» Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/2020-05

English Version

» Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at www.kunststoffe-international.com



Bild 4. Stufenplatte mit vier unterschiedlichen Wanddicken. Der mittlere Steg ist 3 mm dick. Die Seitenarme haben Wanddicken von 2, 1 und 0,5 mm, wobei sich die dünnsten Bereiche am Fließwegende befinden. © Engel

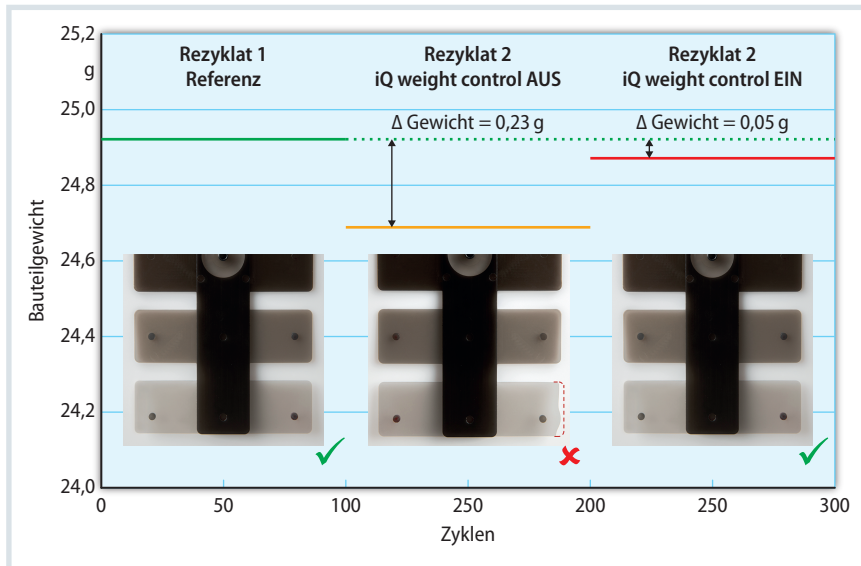


Bild 5. Beim Rezyklatwechsel fällt das Schussgewicht deutlich ab mit der Folge, dass Fehlteile produziert werden. Durch Aktivierung von iQ weight control werden die Schussgewichte in den Bereich des Referenzmaterials angehoben. Quelle: Engel; Grafik: © Hanser

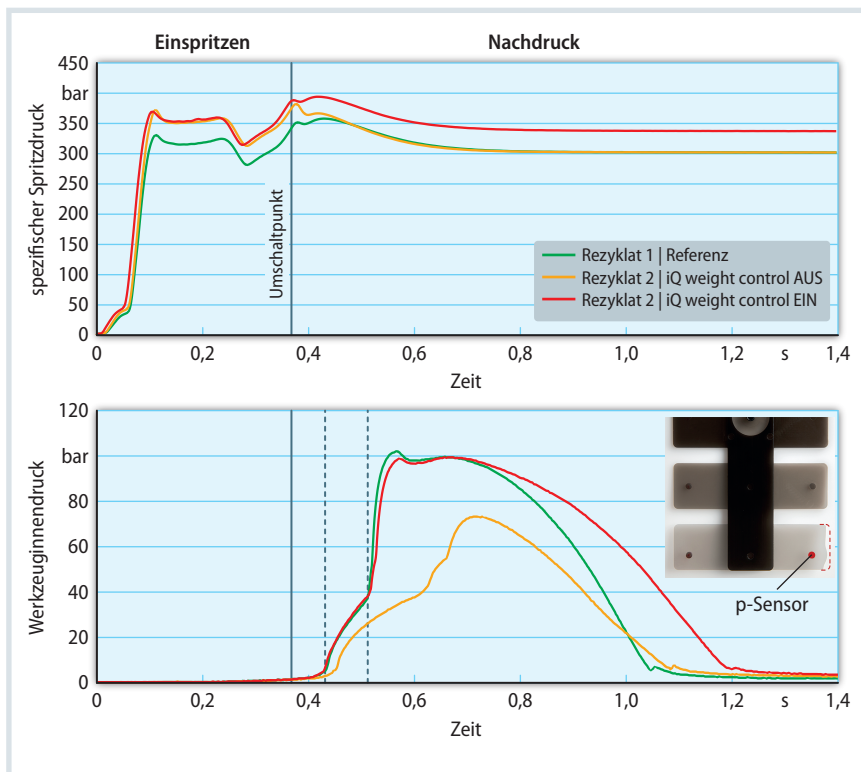


Bild 6. Druckverläufe nach Chargenwechsel von Rezyklat 1 auf Rezyklat 2. Das obere Diagramm stellt den Verlauf des spezifischen Spritzdrucks dar. Die Aufzeichnung der Werkzeuginnendruckverläufe (unten) untermauert das Ergebnis der Bauteilgewichtsmessung und zeigt auch den gleichmäßigeren Füllfrontfortschritt mit iQ weight control. Quelle: Engel; Grafik: © Hanser

Untermauert wurde dieses Ergebnis durch die Analyse der aufgezeichneten Werkzeuginnendruckverläufe (Bild 6). Die Regelung erfolgte in diesem Fall trotzdem anhand des Spritzdruckaufnehmers der Maschine, weil dies der in der Praxis typische Fall ist. In der Füllphase ist der

Druckbedarf mit dem schwerer fließenden Rezyklat 2 deutlich erhöht. Der Umschaltzeitpunkt und das Nachdruckniveau werden mit iQ weight control entsprechend angepasst (Bild 6 oben).

Am Werkzeuginnendruckverlauf sind zwei markante Druckanstiege erkennbar, die in der Grafik durch senkrechte gestrichelte Linien hervorgehoben sind. Der erste Druckanstieg erfolgt zu dem Zeitpunkt, an dem die Fließfront den Werkzeuginnendrucksensor erreicht, und der zweite Druckanstieg erfolgt aufgrund der vollständigen volumetrischen Füllung der Kavität bzw. beim vorzeitigen Einfrieren der Fließfront bei den unvollständig gefüllten Teilen.

Ohne iQ weight control erfolgt die Füllung zeitverzögert, was sich im späteren Druckanstieg im Werkzeug, einem deutlich niedrigeren Druckverlauf in der Nachdruckphase und letztlich in der unvollständigen Füllung der Kavität niederschlägt. Mit iQ weight control hingegen wurde durch die Anpassung des Umschaltzeitpunkts und der Nachdruckhöhe ein annähernd identischer Werkzeuginnendruckverlauf wie beim Verarbeiten des Referenzmaterials erreicht (Bild 6 unten).

Potenzial vor Investition sicher abschätzen

Das intelligente Assistenzsystem aus dem „inject 4.0“-Programm ist für alle Engel-Spritzgießmaschinen sowohl mit elektrischen als auch hydraulischen Spritzaggregaten erhältlich. Um schon vor der Investition das Potenzial abschätzen zu können, hilft iQ weight monitor [2]. Diese Software gehört zum Standardumfang aller Engel-Spritzgießmaschinen. Wie iQ weight control erkennt sie Abweichungen von einem Referenzzustand und ermöglicht es dem Verarbeiter damit, Schwankungen zu erkennen und die Qualität der jeweiligen Rohmaterialcharge zu beurteilen. Der Unterschied zu iQ weight control besteht darin, dass iQ weight monitor nicht korrigierend in den Prozess eingreift.

Engel entwickelt seine Assistenzsysteme kontinuierlich weiter. Zur K 2019 wurde iQ weight control nicht nur erstmalig mit einer Rezyklatanwendung, sondern auch mit einer neuen Funktion präsentiert. Beim Kaskadenspritzgießen mit iQ weight control lassen sich jetzt die qualitätsrelevanten Prozessparameter für

mehrere in Reihe geschaltete Anspritzpunkte anpassen. Nach dem Füllen am ersten Anspritzpunkt wird zunächst zum zweiten und in der Folge allen weiteren Anspritzpunkten umgeschaltet und erst am Ende der Kaskade auf Nachdruck.

Dabei passt die Software zusätzlich zu Einspritzprofil, Umschaltzeitpunkt und Nachdruck jeweils den Öffnungs- und Schließzeitpunkt der Verschlussdüsen an die aktuellen Prozessbedingungen an. Die länglichen Musterteile aus recyceltem ABS wurden über drei Anspritzpunkte gefüllt. So lässt sich beim Spritzgießen großflächiger Teile mit langen Fließwegen – sowohl mit Neuware als auch Rezyklat – das Potenzial von iQ weight control vollständig ausschöpfen.

Fazit

Chargenschwankungen durch unterschiedliche Ausgangsmaterialien und Recyclingtechnologien stellen eine große Herausforderung für die Kreislaufwirtschaft dar. Die Praxistauglichkeit der Prozessregelung iQ weight control bei der Rezyklatverarbeitung wurde in gemeinsamen Versuchen von Engel und Erema sowie durch eine Live-Demonstration auf der K 2019 bestätigt. Das Assistenzsystem kann dabei zum Funktionieren einer Kreislaufwirtschaft wesentlich beitragen. ■

iQ weight control

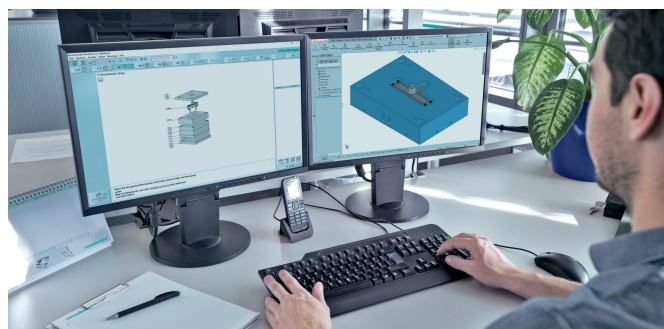
Die unterschiedlichsten Faktoren können die Füllmenge beim Einspritzen in die Kavität und somit die Bauteilqualität beeinflussen. Neben Schwankungen in der Rohmaterialcharge sind dies wechselnde Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit, Schwankungen im Schließverhalten der Rückströmsperre und in der Medienversorgung sowie eine lange Einfahrphase z.B. nach einem Produktionsstillstand.

Das Assistenzsystem iQ weight control analysiert während des Einspritzvorgangs in Echtzeit den Druckverlauf und vergleicht die Messwerte mit einem vorgegebenen Referenzzyklus. Stellt die Software Abweichungen fest, passt sie das Einspritzprofil, den Umschaltzeitpunkt und das Nachdruckprofil noch im selben Schuss an die aktuellen Prozessbedingungen an. Bei Formteilen, die über mehrere Anspritzpunkte kaskadiert gefüllt werden, korrigiert iQ weight control zusätzlich das Öffnen und Schließen der einzelnen Verschlussnadeln entsprechend dem Füllfortschritt. Die hohe Prozesskonstanz sorgt für ein Höchstmaß an Gutteilen.

➤ www.engelglobal.com/inject-4-0

Unterstützung für Konstrukteure

Konfigurator für Heißkanalformen



Mit nur wenigen Klicks zum fertigen Formaufbau
© Meusburger

Mit einem Konfigurator für Heißkanalformen hat die **Meusburger** Georg GmbH & Co KG, Wolfurt/Österreich, ihren Service für Konstrukteure um einen weiteren Assistenten erweitert. Dabei lässt sich erstmals der komplette Formaufbau inklusive Heißkanalverteiler mit nur wenigen Klicks individuell erstellen. Dieser wird dann laut

Meusburger mit nur einer Bestellung in gewohnt hoher Qualität nach kurzer Zeit versandt. Ergänzend zur Heißkanalform können auch die benötigten Einbauteile und das passende Zubehör (Klinkenzüge, Auswerfer etc.) direkt bestellt werden.

Mehr zu einem neuen Klinkenzug für 3-Platten-Werkzeuge:
www.kunststoffe.de/10665881

HIGH PERFORMANCE SYSTEMS

Für produktives Spritzgießen.



Die digitale Zukunft für Ihr Werkzeug!

smart CONTROL

Die weltweit erste digitale Prozessüberwachung für Heißkanalsysteme

- **Mehr Transparenz im Fertigungsprozess.** Alle relevanten Prozess- und Systemparameter werden über die gesamte Lebensdauer des Heißkanalsystems überwacht, analysiert und protokolliert. Bei Überschreitung von Grenzwerten wird eine Warnung ausgegeben.
- **Reduzierte Stillstandzeiten.** Beim Auftreten von Störungen können die Daten an EWIKON übermittelt werden. Dies ermöglicht eine frühzeitige Ferndiagnose und eine zielgerichtete Wartung.
- **Optional für neue Heiße Seiten erhältlich**

Mehr Informationen: www.ewikon.com



EWIKON



EWIKON Heißkanalsysteme GmbH
Siegener Straße 35
35066 Frankenberg
Tel.: +49 6451 501-0
E-Mail: info@ewikon.com