Juni 2020, Kottingbrunn/Österreich

FACHBERICHT

HiQ Flow® - Dynamische Anpassung von Umschaltdruck und Nachdruck zur Erzielung eines konstanten Teilegewichts

HiQ Flow® ist die Antwort von WITTMANN BATTENFELD auf die Herausforderung von schwankenden Schussgewichten bei Spritzgussteilen. HiQ Flow® modifiziert die Prozessparameter innerhalb desselben Schusses, um Viskositätsschwankungen entgegenzuwirken, die durch Chargenschwankungen im Material oder durch den Einsatz von Regranulat hervorgerufen werden.

Inhalt

Einleitung 2
Wie funktioniert HiQ Flow®? 2
HiQ Flow® Visualisierung 3
Vorteile der Verwendung von HiQ Flow® 3
HiQ Flow® - ein Benchmark-Test 3
Zusammenfassung 7

Einleitung

Die Viskosität einer Kunststoffschmelze hat einen erheblichen Einfluss auf die Formteilqualität eines Spritzgussbauteiles. Viskositätsschwankungen, die zum Beispiel durch verschiedene Materialchargen oder Einsatz von Regranulat hervorgerufen wurden, können unter anderem zu Gewichtsschwankungen oder in extremeren Fällen auch zu einer nicht vollständigen Formfüllung führen.

In Zeiten von 6σ und auf Kosten optimierter Produktionsprozesse sind diese Abweichungen nicht akzeptabel und es gilt so frühzeitig, nachvollziehbar und reproduzierbar wie möglich einzugreifen. Eine Möglichkeit besteht darin, die Messwerte der Spritzgussmaschine heranzuziehen, um etwaige Viskositätsschwankungen zu detektieren und gegebenenfalls bereits während der Verarbeitung automatisiert entgegenzuwirken.

Genau hier setzt die verfahrenstechnische Entwicklung von *WITTMANN-BATTENFELD* an. HiQ Flow® befasst sich mit der Überwachung, Dokumentation und Regelung bei Viskositätsabweichungen während dem Einspritz- und Nachdruckvorgang um eine gleichbleibend hohe Teilequalität zu erzielen, unabhängig von der Materialviskosität.

Wie funktioniert HiQ Flow®?

Niederviskose Materialien benötigen zur Füllung der Kavität weniger Druck als höherviskose Schmelzen (gilt ebenfalls umgekehrt). Wird der Umschaltpunkt wie auch der Nachdruck nicht korrigiert, ist eine Gewichtszunahme zu erwarten. Die Gewichtszunahme resultiert aus der geringeren Kompression bis zum Umschaltpunkt und der besseren Druckleitfähigkeit bei niederviskosen Schmelzen. Die Druckleitfähigkeit bis zum Fließwegende ist relevant für die Nachdruckphase bzw. die hier gewählte Druckhöhe.

Mit HiQ Flow® werden, während der Einspritzphase, detektierte Viskositätsschwankungen im selben Schuss aktiv korrigiert (siehe auch Abbildung 1). Dazu wird das Integral der Einspritzarbeit in einem gewissen Bereich der Einspritzkurve bestimmt. Die Einspritzarbeit ist ein Produkt des Einspritzdruckes, der Zylinderfläche und der Position des Spritzkolbens (Hub). Auf Basis eines Referenzschusses wird der Umschaltpunkt wie auch die Nachdruckhöhe in Abhängigkeit der Einspritzarbeit des aktuellen Schusses korrigiert.

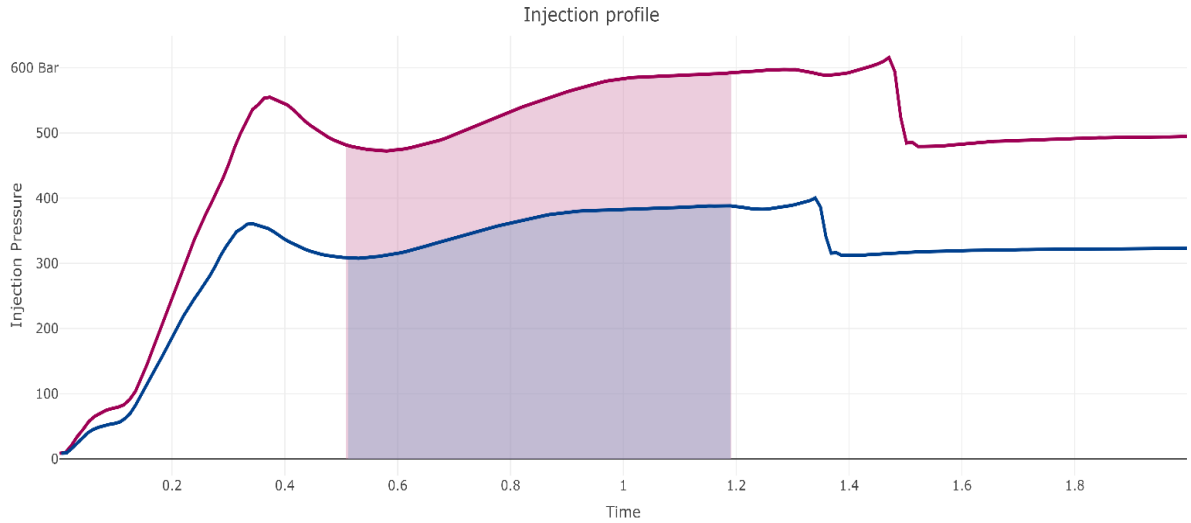

Abb. 1: Einspritzprofil über Zeit für zwei Materialien unterschiedlicher Viskosität (Blau für geringe und Rot für hohe Viskosität), mit aktiver Unterstützung von HiQ Flow®. Die hervorgehobene Fläche stellt den Zeitraum dar, für welchen die Einspritzarbeit berechnet wird. HiQ Flow® verschiebt den Umschaltpunkt und die Nachdruckhöhe innerhalb des gleichen Schusses auf Basis von Referenzwerten.

HiQ Flow® Visualisierung

HiQ Flow® wurde unter der Prämisse entwickelt so bedienerfreundlich wie möglich zu sein. Mit einem einzigen Klick auf eine Schaltfläche werden die Referenzwerte der Einspritzarbeit aufgerufen. Für erfahrene Bediener besteht ebenfalls die Möglichkeit den Referenzwert der Einspritzarbeit manuell einzugeben. Der Bediener braucht HiQ Flow® anschließend im gewünschten Modus nur noch zu aktivieren. Die Visualisierung ermöglicht es dem Bediener auch, die Software auf Situationen einzustellen, bei der eine Feineinstellung erforderlich ist.

Vorteile der Verwendung von HiQ Flow®

- Sicherstellung eines konstanten Teilegewichts, auch ohne Werkzeuginnendruck-Sensoren
- Verhinderung von Ausschuss, bevor er entsteht
- Weniger manuelle Nachjustierung des Fertigungsprozesses
- Schnellerer Wiederanlauf nach Produktionsunterbrechung

HiQ Flow® - ein Benchmark-Test

Getestet wurden sicherheitsrelevante Teile für eine Anwendung aus der Automobilindustrie. Das Partner-Unternehmen hat nicht vernachlässigbare Viskositätsschwankungen aufgrund chargenbedingter Abweichungen der Glasfaseranteile. Ausgangsmaterial ist ein Polyamid mit einem gewünschten Gewichtsanteil von 40% Glas. Durch den Einsatz von HiQ Flow® wurde dieses Problem erfolgreich gelöst.

Testmethode

Es wurden drei Chargen des selben Materials getestet. Diese werden in den Ergebnissen mit Material 1, 2 und 3 angesprochen. Von jeder Charge wurden 500 g abgewogen und in den Trichter eingefüllt, sobald die vorhergehende Charge in die Einzugsöffnung des Schneckenzylinders entleert war. Der Materialwechsel wurde registriert, sobald die neue Charge den Trichterauslauf erreichte. Die Materialwechsel wurden anschließend bei eingeschaltetem HiQ Flow® wiederholt.

Werkzeuginnendruck-Sensor

Das Gewicht konnte bei dieser Anwendung als Bezugsgröße für die Qualitätsbewertung nicht verwendet werden. Der Grund hierfür ist, dass der unterschiedliche Glasfasergehalt zu Schwankungen in der Materialdichte führt. Deshalb wird das Teilegewicht nicht nur vom Füllstand des Werkzeugs bestimmt, sondern auch von der jeweiligen Materialdichte. Folglich steht das Teilegewicht nicht in direktem Bezug zu den korrekten Abmessungen des Teils. Aus diesem Grund wurde der maximale Werkzeuginnendruck als maßgebliche Bezugsgröße für die Qualität festgelegt.

Ein Werkzeuginnendruck-Sensor ist ein im Werkzeug installierter Druckmesser, der den Massedruck innerhalb einer bestimmten Kavität messen kann. Der Spitzenwert des Werkzeuginnendrucks steht in direktem Bezug zu Teilegewicht und Materialdichte, und diese wiederum zu den endgültigen Abmessungen des Spritzteils.

Während der Befüllung wird das Material durch kleine Öffnungen in der Düse und im Werkzeug in die Kavität gepresst. Durch diese geometrischen Hindernisse entsteht ein gewisser Druckverlust in der Kunststoffschmelze. Die Aufrechterhaltung eines konstanten Werkzeuginnendrucks innerhalb der Kavitäten zwischen den einzelnen Einspritzvorgängen stellt sicher, dass die Schmelze jeweils dem gleichen Einfüllprofil entspricht. Abweichungen in der Materialviskosität haben erheblichen Einfluss auf den endgültigen Werkzeuginnendruck. Die Viskositätsschwankungen treten immer dann auf, wenn ein Füllmaterial wie z. B. Glasfaser oder Recycling-Granulat verwendet wird. Auch ein Chargenwechsel beim gleichen Material kann zu Viskositätsschwankungen führen. Der maximale Werkzeuginnendruck wird normalerweise in der Nachdruckphase der Füllung erreicht, wenn der dynamische Druck nachlässt und der Druck der Schnecke auf die Kavität gleichmäßiger wird.

Pro:

- Bessere Kontrolle des Einspritzvorgangs
- Detaillierte Prozessinformation über die jeweilige Kavität

Kontra:

- Preis
- Für jede einzelne Kavität wird ein Sensor gebraucht

Es gilt zu beachten, dass der Werkzeuginnendruck-Sensor nur so lange genaue Daten liefert, wie der ihn umgebende Kunststoff in einem schmelzeförmigen Zustand vorliegt. Die richtige Platzierung der Sensoren ist ein entscheidender Faktor, da die komplexen Fließwege der Schmelze innerhalb der Kavität berücksichtig werden müssen.

Abb. 2 zeigt die Ergebnisse des Versuchslaufs. Es werden der maximale Werkzeuginnendruck über die Schussanzahl dargestellt. Ohne Anpassung des Umschaltpunktes (HiQ Flow® aus) zeigen Material 1 und 3 ähnliche Drücke, sprich ähnliche Glasfaseranteile. Material 2 weist niedrigere Drücke auf. Der Prozess war nicht stabil. Bei Material 2 erreicht weniger Kunststoffmasse die Kavität als bei Material 1 oder 2. Erst bei Aktivierung von HiQ Flow® stellt sich ein stationärer Innendruck bei allen drei Materialien ein.

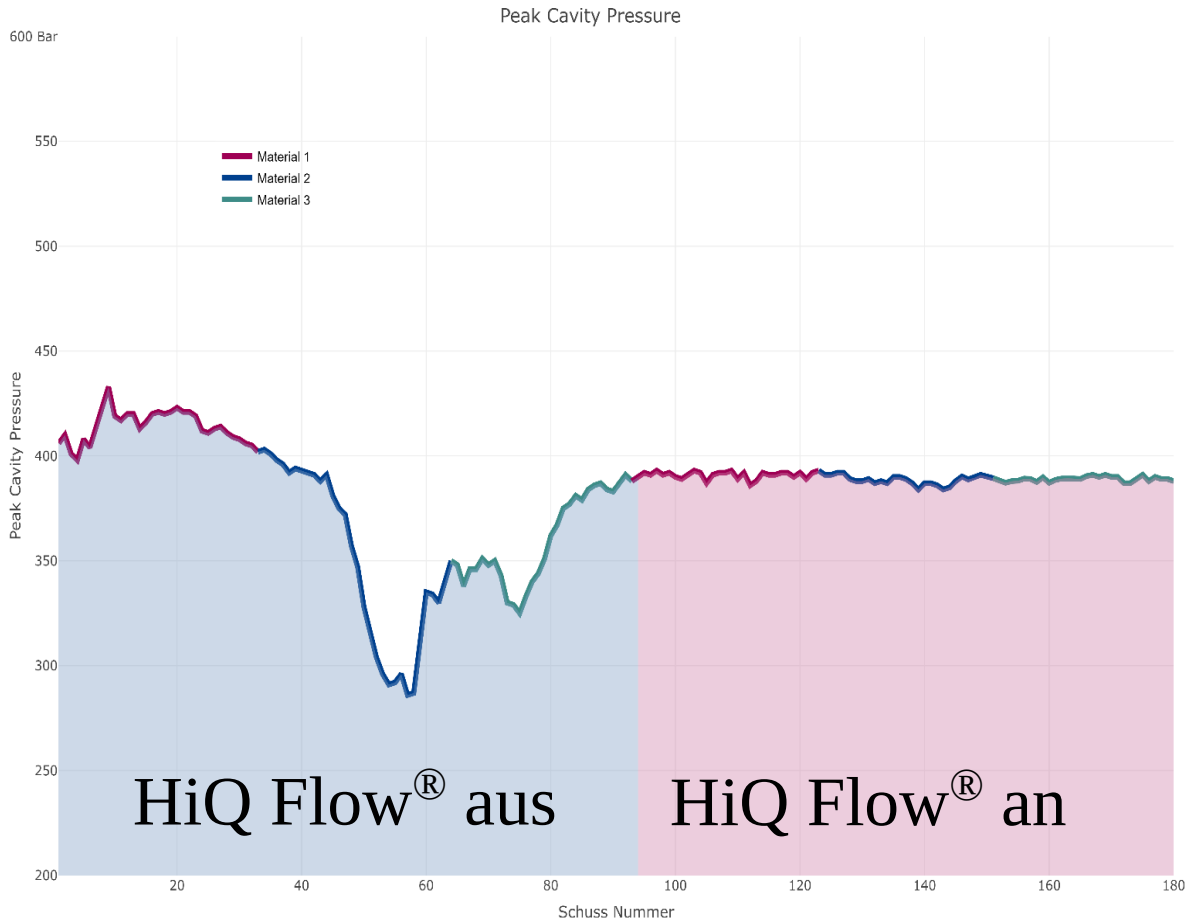

Abb. 2: Maximaler Werkzeuginnendruck pro Schuss für drei unterschiedliche Materialien. Im ersten Abschnitt ist HiQ Flow ® deaktiviert, im zweiten Abschnitt ist HiQ Flow® eingeschalten. Es zeigt sich, dass mit aktiviertem HiQ Flow ® ein stationärer Werkzeuginnendruck und somit Teilfüllung erreicht werden konnte.

Abb. 3 zeigt einen kombinierten Box-Plot, bei der auch die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Einzelwerte geschätzt wird. Vereinfacht lässt sich sagen, umso schärfer der Peak bzw. die Peaks der Verteilung, umso mehr Messpunkte befinden sich in diesem Bereich.

Jedes Material ist durch einen eigenen Farbcode gekennzeichnet. Die Punkte neben dem kombiniertem Boxplot stehen für die Werkzeuginnendrücke der einzelnen Einspritzvorgänge. Insgesamt wurden 6 Tests durchgeführt, jeweils 3 bei aktiviertem und deaktiviertem HiQ Flow®.

Ab Test 4 ist HiQ Flow® aktiviert, und die Streuung der Werte geht drastisch zurück. Aus den Daten geht hervor, dass vor der Einschaltung von HiQ Flow® die Werte des Werkzeuginnendrucks relativ breit gestreut waren, und dass die einzelnen Messwerte ziemlich großflächig über den gesamten Streuungsbereich verteilt waren, was bedeutet, dass jeder weitere Einspritzvorgang mit großer Wahrscheinlichkeit irgendwo innerhalb des gesamten Bereichs angesiedelt sein kann. Sobald dagegen HiQ Flow® aktiviert ist, wird nicht nur der Streubereich kleiner, sondern die Einspritzvorgänge innerhalb dieses Bereichs konzentrieren sich auch stärker in der Nähe des Mittelwerts, so dass der Wert für den nächsten Einspritzvorgang auch mit größerer Wahrscheinlichkeit nah am Mittelwert und nicht im Randbereich der Streuung zu liegen kommt.

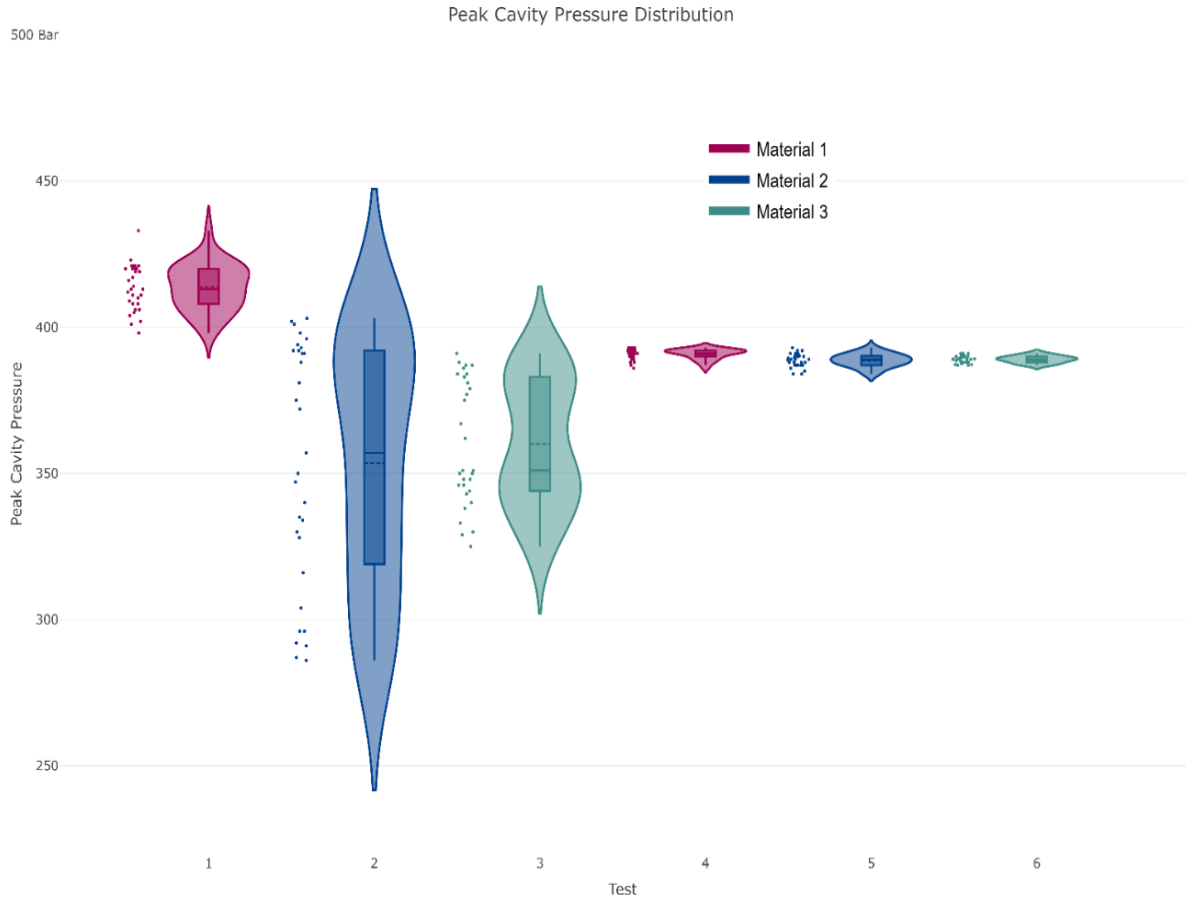

Abb. 3: Kombinierter Boxplot zur Gegenüberstellung des maximalen Werkzeuginnendrucks pro Material und Versuchsreihe.

Abb. 4HiQ Flow® dar. Test 1, 2 und 3 wurden zu der Gruppe „OFF“ zusammengefasst. Die restlichen Tests (4, 5 und 6) kamen zu der Gruppe „ON“. Dies zeigt anhand eines praktischen Beispiels die Fähigkeit von HiQ Flow®, die Teilequalität konstant zu halten. Mit der Aktivierung von HiQ Flow® wurde die

Standardabweichung des maximalen Werkzeuginnendrucks um mehr als 85% reduziert, und der Streuungsbereich der Werte um fast 75%.

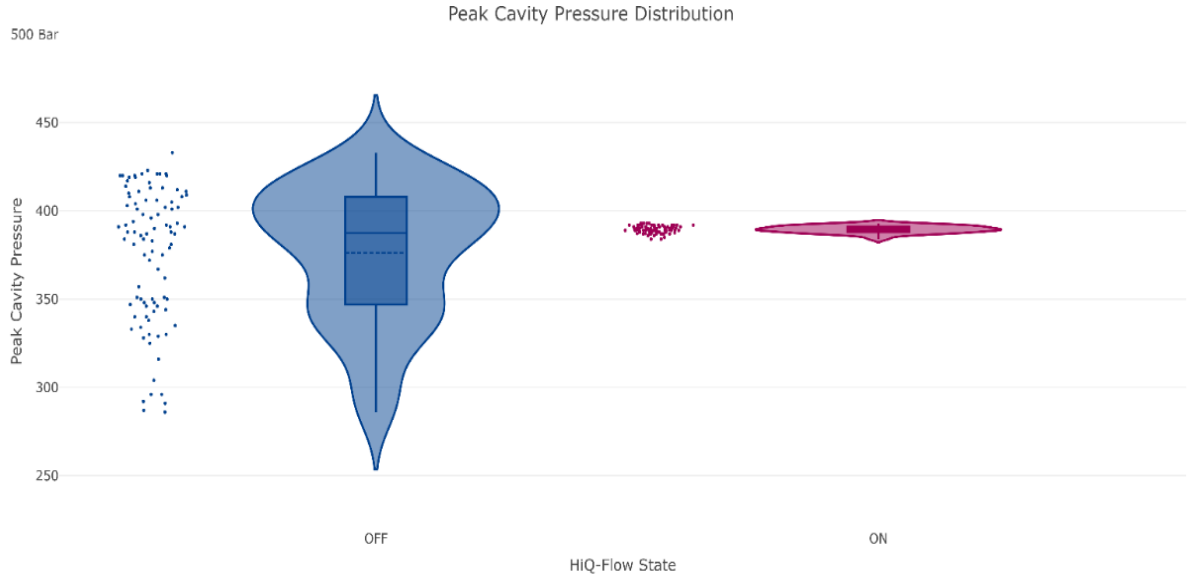

Abb. 4: Kombinierter Boxplot zur Gegenüberstellung des maximalen Werkzeuginnendrucks bei HiQ Flow® EIN/AUS.

Zusammenfassung

HiQ Flow® hält das Teilegewicht, selbst bei einem Materialwechsel, innerhalb der Zielvorgaben. Es berechnet die Werte für den Umschalt- und Nachdruck des aktuellen Einspritzvorgang. Daraus resultiert eine erhöhte Effizienz der Produktionszelle durch Reduzierung der erforderlichen Arbeitsstunden und der Ausschussrate. Dadurch kann sich die Wirtschaftlichkeit der Produktion erhöhen.

Beim Benchmark-Test waren die unter normalen Verarbeitungsbedingungen produzierten Teile außerhalb des Toleranzbereichs; durch die Verwendung von HiQ Flow® wurde der Prozess stabilisiert und der Ausschussanteil auf null reduziert.

Die Fähigkeit von HiQ Flow®, einen reproduzierbaren maximalen Werkzeuginnendruck zu generieren, macht das System zu einer möglichen Alternative für teure Werkzeuginnendruck-Sensoren. Im Gegensatz zu einem Werkzeuginnendruck-Sensor, der in jedem einzelnen Werkzeug installiert sein muss, steht HiQ Flow® für jedes beliebige Werkzeug zur Verfügung, nachdem es einmal in der WITTMANN BATTENFELD Spritzgieß-Produktionszelle freigeschalten ist. Dadurch bietet HiQ Flow® eine sehr hohe Investitionsrentabilität.

Kontakt:

WITTMANN BATTENFELD GmbH
Wiener Neustädter Straße 81
2542 Kottingbrunn
Tel.: +43 2252 404 0
info@wittmann-group.com
www.wittmann-group.com

Autoren:
Benjamin Pearson
Verfahrenstechnische Entwicklung
Tel.: +43 2252 404 5606
benjamin.pearson@wittmann-group.com

Patrick Pazour
Verfahrenstechnische Entwicklung
Tel.: +43 2252 404 5607
patrick.pazour@wittmann-group.com