

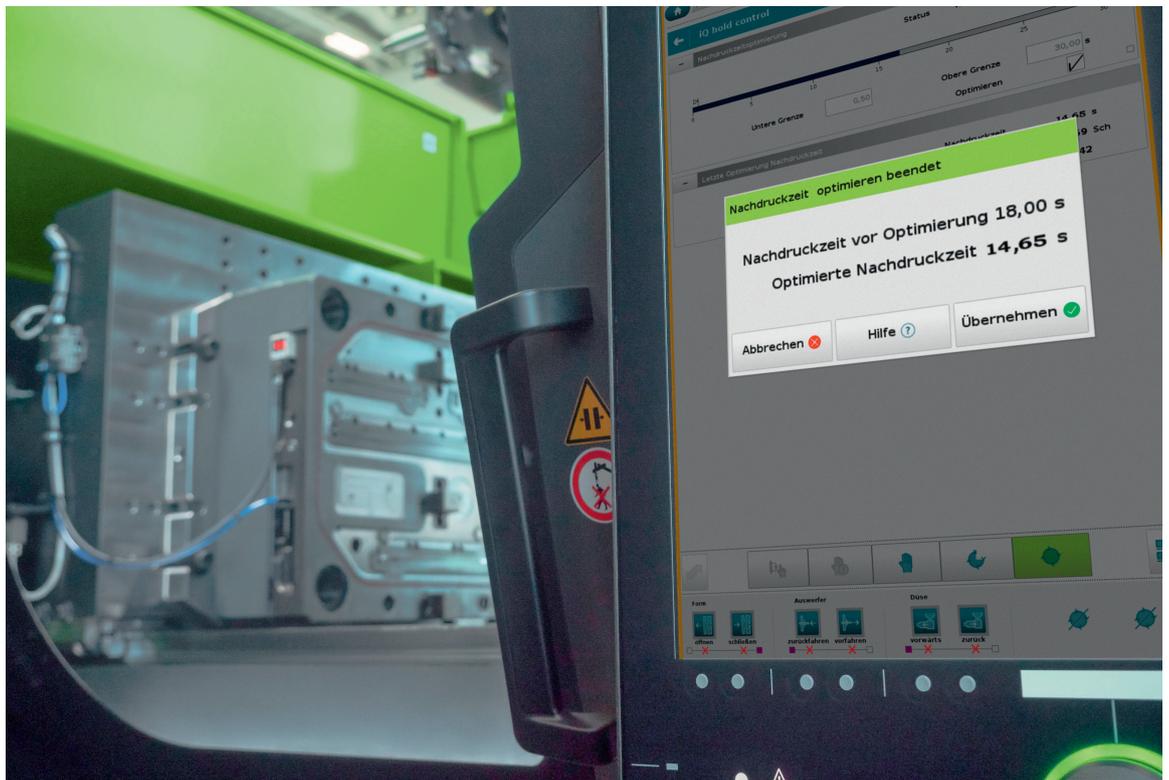
iQ hold control ermittelt die optimale Nachdruckzeit

## Mit Nachdruck zu höherer Qualität

Zur K 2022 bekommt die iQ-Produktfamilie von Engel Zuwachs. *iQ hold control* ermittelt automatisch und ohne Vorgaben durch den Einrichter die für das jeweilige Werkzeug optimale Nachdruckzeit. Der Verarbeiter spart damit viel Zeit beim Abmustern und erhöht zugleich sowohl die Produktivität als auch die Energieeffizienz.

Oft liegt die optimale Nachdruckzeit niedriger als die zu Beginn eingestellte. In diesen Fällen wird die Zykluszeit verkürzt.

© Engel



Vor zehn Jahren legte Engel mit der Markteinführung von *iQ weight control* den Grundstein für eine ganze Reihe intelligenter Assistenzsysteme [1 – 3]. Das Kürzel „iQ“ steht für intelligente Qualität und meint die Integration von Expertenwissen in die Steuerung der Spritzgießmaschine. Ziel ist es, die Qualität des Produktionsprozesses und damit auch der hergestellten Produkte zu verbessern. Die iQ Produktfamilie ist in den letzten Jahren stetig gewachsen (**Kasten S. 66**). Alle iQ-Softwareprodukte unterstützen den Praktiker durch mindestens einen der folgenden Faktoren (**Bild 1**):

- **Transparenz** – durch die verständliche Aufbereitung des Prozesszustands mithilfe aussagekräftiger Parameter

und einer übersichtlichen Darstellung;

- **Assistenz** – durch die automatisierte Ermittlung und Einstellung von Prozessparametern;
- **Effizienz** – dank einer Erhöhung der Produktivität und Reproduzierbarkeit und der Reduktion von Ausschuss durch das kontinuierliche automatische Anpassen von Prozessgrößen während des laufenden Prozesses.

Das neue *iQ hold control* gehört in die Gruppe der Sollwertassistenten. Die Software dient der automatischen, objektiven Ermittlung der optimalen Nachdruckzeit. Mit der Neuheit rückt die vollautomatische Optimierung des gesamten Einspritzvorgangs ein weiteres Stück näher.

### *Zeit und Rohmaterial einsparen*

Die Nachdruckzeit ist für die Bauteilqualität ein wesentlicher Prozessparameter. Sie kommt am Ende des Einspritzvorgangs zum Tragen, in einer Phase des Spritzgießprozesses, in der die Kavität volumetrisch vollständig gefüllt ist. Durch die Abkühlung der Schmelze und die daraus resultierende Volumenkontraktion können in dieser Phase Oberflächenfehler, wie Einfallstellen und Lunker, aber auch nicht sichtbare, die Qualität negativ beeinflussende Effekte, wie innere Spannungen, entstehen. Wird die Schmelze für eine bestimmte Zeit mit Nachdruck beaufschlagt, lassen sich diese Qualitätsminderungen verhindern.

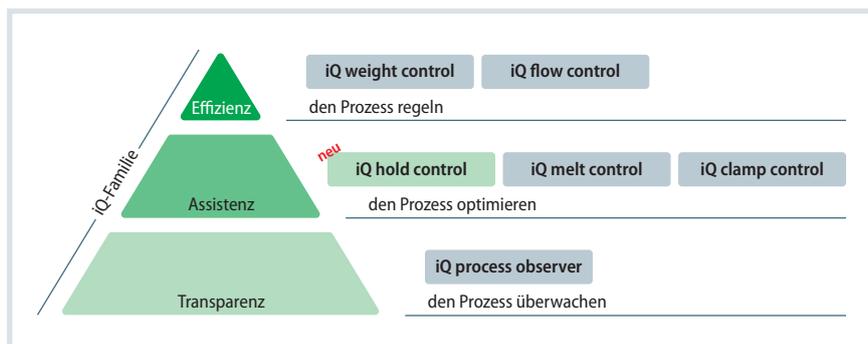
Allerdings verlängert der Nachdruck die Zykluszeit und wirkt sich damit ungünstig auf die Wirtschaftlichkeit sowie den Energieverbrauch aus. Die Frage ist also, wie lang die Druckbeaufschlagung minimal andauern muss, um eine hohe Bauteilqualität sicherzustellen. Aus prozesstechnischer Sicht kann der Nachdruck mit dem Erreichen des Siegelpunkts beendet werden. Der Siegelpunkt ist der Zeitpunkt, zu dem das Material am Anspritzpunkt des Kaltkanals bzw. im Bereich vor der Düse beim Einsatz eines Heißkanals erstarrt.

Das herkömmliche Verfahren, um diesen Zeitpunkt zu finden, wird in der Literatur als Siegelpunktbestimmung beschrieben. Bei dieser Methode wird die Nachdruckzeit in aufeinanderfolgenden Zyklen so lange erhöht, bis sich die Masse der Formteile nicht mehr verändert (**Bild 2**). Nachteile dieser Methode sind jedoch der hohe Zeitaufwand und die Fehleranfälligkeit. Der Maschinenbediener muss die Nachdruckzeit in der Steuerung der Spritzgießmaschine manuell anpassen, die produzierten Teile entnehmen und im Qualitätslabor abwägen. Eine schnellere Methode zur Siegelpunktbestimmung ist, den Verlauf von Schneckenposition bzw. Schnecken geschwindigkeit in der Nachdruckphase zu beobachten. Der (näherungsweise) Stillstand der Schnecke entspricht dem gesuchten Siegelpunkt. Da sich die Kurven diesem Punkt asymptotisch annähern und die Leckage über den Sperring von Schuss zu Schuss schwanken kann, erfordert diese Methode jedoch Erfahrung und ist weniger präzise.

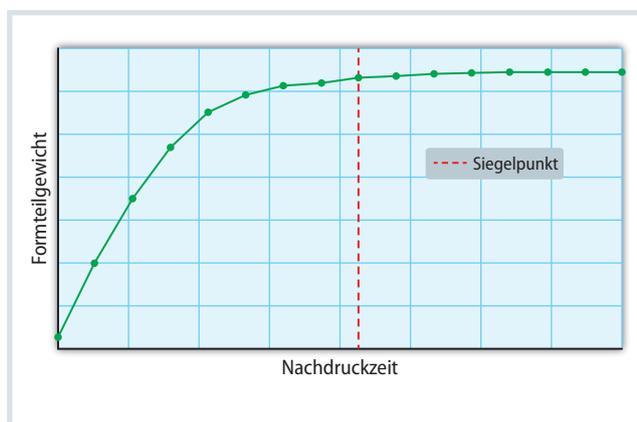
### Mit einem Klick zur optimalen Nachdruckzeit

Die vollautomatische Bestimmung der Nachdruckzeit mit *iQ hold control* erfolgt mit nur einem Klick. Die Software arbeitet in zwei Schritten. Im ersten Schritt wird über die Analyse der Schneckenposition ein grober Startwert ermittelt. Im zweiten Schritt werden auf Basis dieses Startwerts die Nachdruckzeit, die Kühlzeit und die Dosierverzögerungszeit zyklisch variiert und durch Analyse des Werkzeugatmungssignals die optimale Nachdruckzeit ermittelt.

Da in der Praxis der Einfachheit halber oft nur die Nachdruckzeit variiert wird, können sich die Zykluszeit und die



**Bild 1.** Die iQ-Produkte können je nach Art der Unterstützung in die Stufen Transparenz, Assistenz und Effizienz eingeteilt werden. Der neue Sollwertassistent iQ hold control dient der Optimierung der Nachdruckzeit. Quelle: Engel; Grafik: © Hanser



**Bild 2.** Siegelpunktbestimmung durch Abwiegen der Formteile unter Variation der Nachdruckzeit: Der Siegelpunkt entspricht jenem Zeitpunkt, ab dem bei steigender Nachdruckzeit keine Gewichtszunahme feststellbar ist. Quelle: Engel; Grafik: © Hanser

Verweilzeit der Schmelze im Massezylinder ungewollt verlängern. Mit *iQ hold control* hingegen werden die Nachdruckzeit, Kühlzeit und Dosierverzögerungszeit Zyklus für Zyklus so verändert, dass einerseits die Zykluszeit während der Optimierungsphase konstant gehalten werden kann und andererseits der Dosiervorgang zum jeweils identischen Zeitpunkt im Zyklus gestartet wird (**Bild 3**). Auf diese Weise gelingt es, einen konstanten Prozess zu schaffen, in dem die Auswirkung der Nachdruckzeit möglichst unabhängig von anderen Einflüssen ausgewertet werden kann.

Zusammengefasst entspricht die automatische Nachdruckzeitermittlung mithilfe des Assistenzsystems einer Kombination der beiden bislang angewendeten Methoden. Der Unterschied ist, dass statt der Masseninformation das Werkzeugatmungssignal verwendet wird. Dieses gibt zwar keinen Aufschluss über den absoluten Wert der Formteilmasse, jedoch erlaubt der Vergleich des Werkzeugatmungssignals zweier Zyklen eine Aussage, ob sich die Masse von einem auf den anderen Zyklus verändert hat oder nicht. Und auch damit kann »

## Info

### Text

**Dr. Johannes Lettner** ist Projektleiter im Team Prozessanalyse und Assistenzsysteme bei der Engel Austria GmbH, Schwertberg/Österreich;  
johannes.lettner@engel.at

**Dr. Georg Pillwein** ist Teamleiter für Prozessanalyse und Assistenzsysteme bei Engel; georg.pillwein@engel.at

### Service

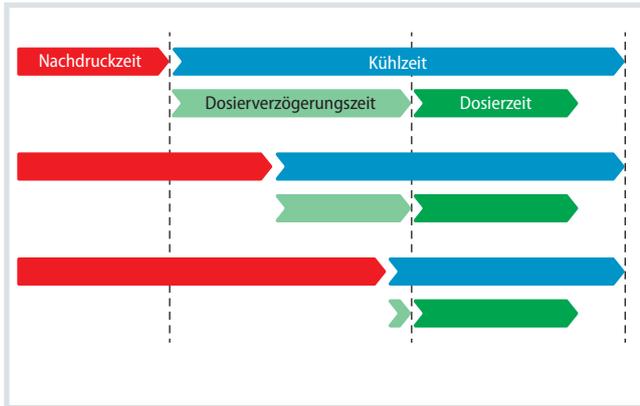
Engel führt das System auf der K 2022 erstmals der Öffentlichkeit vor:  
**Halle 15, Stand C58**

### Literatur & Digitalversion

Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter  
[www.kunststoffe.de/onlinearchiv](http://www.kunststoffe.de/onlinearchiv)

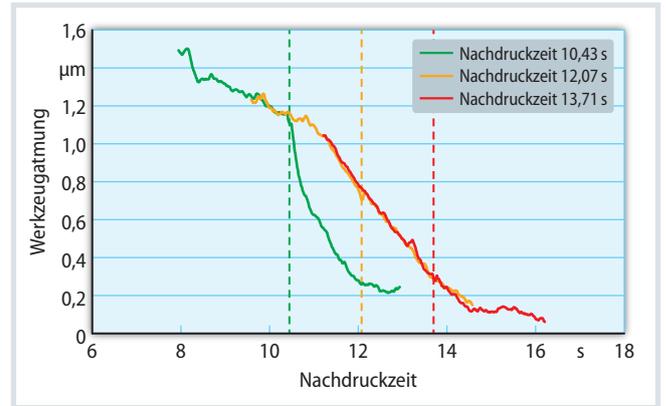
### English Version

Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at [www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)



**Bild 3.** Variation der Prozessparameter während der Optimierung von iQ hold control: Die Zykluszeit während der Optimierung bleibt konstant und der Dosiervorgang startet zur gleichen Zeit im Zyklus. Quelle: Engel;

Grafik: © Hanser



**Bild 4.** Werkzeugatmung über drei Zyklen mit jeweils unterschiedlicher Nachdruckzeit: Wird die Nachdruckzeit reduziert und das Bauteil ist noch nicht versiegelt, bricht die Werkzeugatmung ein. Bei Verlängerung der Nachdruckzeit über den Siegelpunkt hinaus bleibt die Werkzeugatmung unverändert. Quelle: Engel; Grafik: © Hanser

ähnlich wie bei der herkömmlichen Siegelpunktbestimmung die optimale Nachdruckzeit ermittelt werden.

### Die Werkzeugatmung als Basis

Ein Versuch zeigt die Werkzeugatmungssignale bei unterschiedlichen Nachdruckzeiten (**Bild 4**). Im Zyklus, den die grüne Kurve beschreibt, wird die Nachdruckphase eine Sekunde vor dem Siegelpunkt beendet. Die Folge ist, dass Material aus der Kavität zurück in den Schneckenorraum gedrückt wird, was zu einer geringeren Formteilmasse und einem kleineren Integral der Werkzeugatmung im Vergleich zu einem Zyklus mit ausreichender Nachdruckzeit führt. Wird die Nachdruckzeit über den Siegelpunkt hinaus verlängert, kann aufgrund des erstarrten Angussbereichs kein Material mehr in die Kavität fließen. Entsprechend verändert sich weder die

Formteilmasse noch die integrale Werkzeugatmung, wie es die roten und orangefarbenen Linien beschreiben. Somit ist es möglich, mithilfe der Werkzeugatmung und deren zyklischer Veränderung den Siegelpunkt automatisch zu bestimmen, was einmal mehr den großen Nutzen dieses Prozesssignals unterstreicht [5].

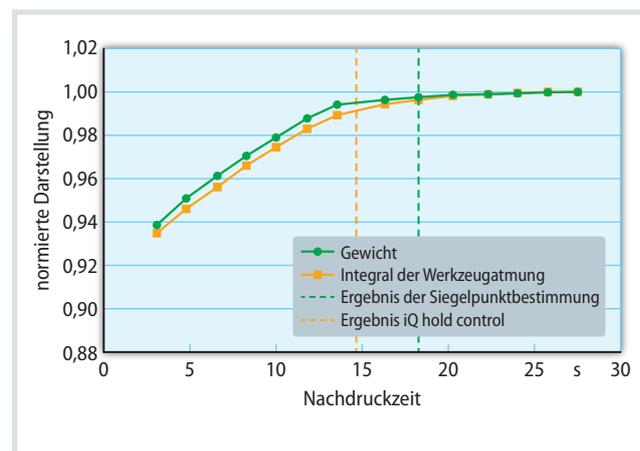
In einem Praxisbeispiel zur Ermittlung der optimalen Nachdruckzeit ist die herkömmliche Siegelpunktbestimmung dem neuen Sollwertassistenten *iQ hold control* gegenübergestellt (**Bild 5**). Für eine bessere Vergleichbarkeit der beiden Größen Formteilmasse und Integral der Werkzeugatmung wurden die Werte auf den jeweiligen Maximalwert normiert.

Der Anguss benötigt dabei eine gesonderte Beachtung. Denn es gibt mehrere mögliche Angussvarianten. Beim Kaltkanalanguss kann bei genauerer Betrachtung zwischen dem Siegelpunkt des Bauteils und dem Siegelpunkt

## Intelligente Assistenz

Die Ahnengalerie der iQ-Produktfamilie für Spritzgießmaschinen:

- 2012 iQ weight control: Automatische Echtzeitregelung des Einspritzvorgangs für konstantes Schussvolumen [1–3] trotz Schwankungen im Rohmaterial und in den Umgebungsbedingungen
- 2015 iQ clamp control: Automatische Einstellung der Schließkraft mithilfe der Ermittlung der Werkzeugatmung direkt an der Maschine [4, 5]
- 2016 iQ flow control: Automatische Einzelkreisdurchflussregelung für konstante Temperierverhältnisse und Energieeinsparung bei der Werkzeugtemperierung [6]
- 2019 iQ melt control: Automatische Anpassung der Dosierdrehzahl zur Reduktion von Verschleiß und Materialbelastung durch die Ausnutzung der verfügbaren Kühlzeit [7]
- 2019 iQ process observer: Umfassende automatische Prozessdatenanalyse inklusive einer KI-basierten Plattform zur Optimierung des Prozesses [8]
- 2022 iQ hold control: Automatische Ermittlung der optimalen Nachdruckzeit zur potenziellen Zykluszeitverkürzung



**Bild 5.** Vergleich der herkömmlichen Siegelpunktbestimmung mit dem Ergebnis von iQ hold control: Für einen visuellen Vergleich wurden die Maximalwerte von Gewicht und integraler Werkzeugatmung auf 1 normiert. Quelle:

Engel; Grafik: © Hanser

der Angusstange bzw. Angusspinne unterschieden werden. Die Höhe des Werkzeugatmungssignals ergibt sich aus dem Integral des Werkzeuginnendrucks über die projizierte Fläche. Da die projizierte Fläche des Angusses gegenüber der Bauteilfläche meistens sehr klein ist, kann die Abweichung in der Regel vernachlässigt werden.

Die gleiche Argumentation trifft bei Heißkanalanwendungen mit offener Düse zu, da auch der aufgeschmolzene Bereich vor der Heißkanaldüse flächenmäßig sehr klein ausfällt.

### Produktion von Steckern macht Funktionsweise transparent

Die Besucher der K 2022 können am Messestand von Engel das neue *iQ hold control* in Aktion erleben. Auf einer voll-elektrischen Spritzgießmaschine e-mac werden Stecker für die Fahrzeugelektro-

nik produziert. Die Maschine ist mit allen im „inject 4.0“-Programm von Engel verfügbaren Assistenzsystemen ausgerüstet. Diese lassen sich einzeln aktivieren und deaktivieren, damit die Messebesucher die Funktionsweise live verfolgen können.

Es wird deutlich, welchen zusätzlichen Gewinn das neue Assistenzsystem den Verarbeitern bringt. Der vollautomatische Sollwertassistent bestimmt die optimale Nachdruckzeit mit minimalem Zeitaufwand objektiv und reproduzierbar. Der Prozesstechniker kann mit einem Knopfdruck den Optimierungsvorgang starten. Der automatische Vorgang spart Zeit, und in vielen Fällen lässt sich zudem die Zykluszeit verkürzen. Oft liegt die automatisch ermittelte Nachdruckzeit niedriger als die zuvor manuell eingestellte. In Summe steigen die Produktivität, die Energieeffizienz und die Wirtschaftlichkeit an. Auch wenn

nicht in jeder Schicht qualifiziertes Fachpersonal anwesend ist, kann durchgehend eine hohe Produktqualität erhalten werden.

### Potenzial der Maschine vollständig ausschöpfen

Die intelligente Assistenz ist ein wesentliches Merkmal der Smart Factory. Die Assistenzsysteme ermitteln während der laufenden Produktion die optimalen Produktionsparameter, schlagen diese aktiv vor oder stellen sie automatisch ein. Auf diese Weise lässt sich das Potenzial der Spritzgießmaschine ausschöpfen. Dabei macht es Engel mit dem streng modularen Ansatz seines „inject 4.0“-Programms den Kunststoffverarbeitern besonders einfach, die Chancen der Digitalisierung zu nutzen. Schon einzelne Lösungen wie *iQ hold control* stiften einen hohen Nutzen. ■

HANSER

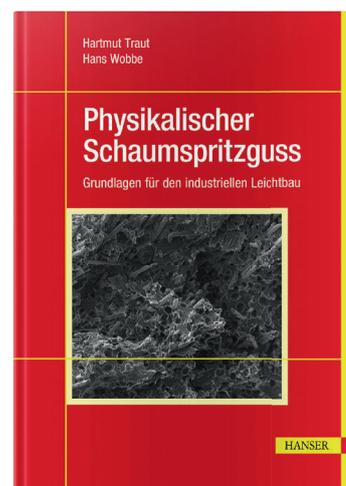
## Gut informiert zu jedem Verfahren



Kesmarszky  
Lacke und Beschichtungen für die Verpackungsindustrie  
€ 179,99 | ISBN 978-3-446-47018-7

Eine moderne Darstellung der dynamischen Entwicklung von Heißsiegelbeschichtungen und dem Zusammenspiel von Bindemitteln und Additiven.

In diesem Fachbuch werden die Potenziale des physikalischen Schaumspritzgießens als weiteres Standardverfahren erläutert.



Traut, Wobbe  
Physikalischer Schaumspritzguss  
€ 69,99 | ISBN 978-3-446-45406-4



Besuchen Sie uns!  
EINGANG NORD OG