

Schnittstelle ermöglicht direkten Datentransfer zwischen Simulation und Spritzgießmaschine

## Simulation und reale Welt vereint

Die neue Datenschnittstelle sim link tritt an, die Simulation und den realen Prozess zu verknüpfen, um den Kunststoffverarbeiter über den gesamten Produktlebenszyklus – von der Produktentwicklung und Werkzeugkonstruktion bis zur laufenden Produktion – besser unterstützen zu können. Die Herstellung von Automobilkomponenten im Familienwerkzeug macht deutlich, wie sim link das Abmattern von Spritzgießwerkzeugen und die Optimierung von Spritzgießprozessen beschleunigt und die Produktivität steigert.

Das Simulationsmodell wurde im Simulationsprogramm  
Moldflow von Autodesk aufgebaut. © Engel

Schon vor der Werkzeugkonstruktion für ein neu entwickeltes Spritzgießprodukt wird eine Fülle an Informationen generiert. Mittels CFD-Simulation werden zum Beispiel mögliche Anspritzpunkte eruiert, das Füllverhalten der Kavitäten überprüft, Randbedingungen für den zukünftigen Spritzgießprozess eingestellt und die Werkzeugkühlung optimiert. Sind die Ergebnisse der Simulation zufriedenstellend, kann die Werkzeugfertigung beginnen. Es folgen die Erstbemusterung, die Optimierung der Maschineneinstellungen und schließlich die Serienproduktion. Häufig fällt jedoch beim Bemustern auf, dass an den Kavitäten nachgearbeitet werden muss, um die gewünschte Produktqualität zu erreichen. Das kann die Projektkosten erheblich erhöhen und die Markteinführung des neuen Produkts verzögern.

### *Je realitätsnäher die Simulation, desto höher der Nutzen*

Mögliche Ursachen für den Zusatzaufwand sind, dass viele in der Simulation ermittelte Prozessparameter nicht in den Produktionsprozess übernommen werden oder zum Beispiel die ausgewählte Spritzgießmaschine den Volumenstrom aus der Simulation in der Realität nicht übernehmen kann. Doch warum ist dies so? Das Hauptproblem ist, dass die Werte aus der Simulation zum Teil aufwendig umgerechnet werden müssen und die Maschinengrenzen in der Simulation nicht überwacht werden. Umgekehrt

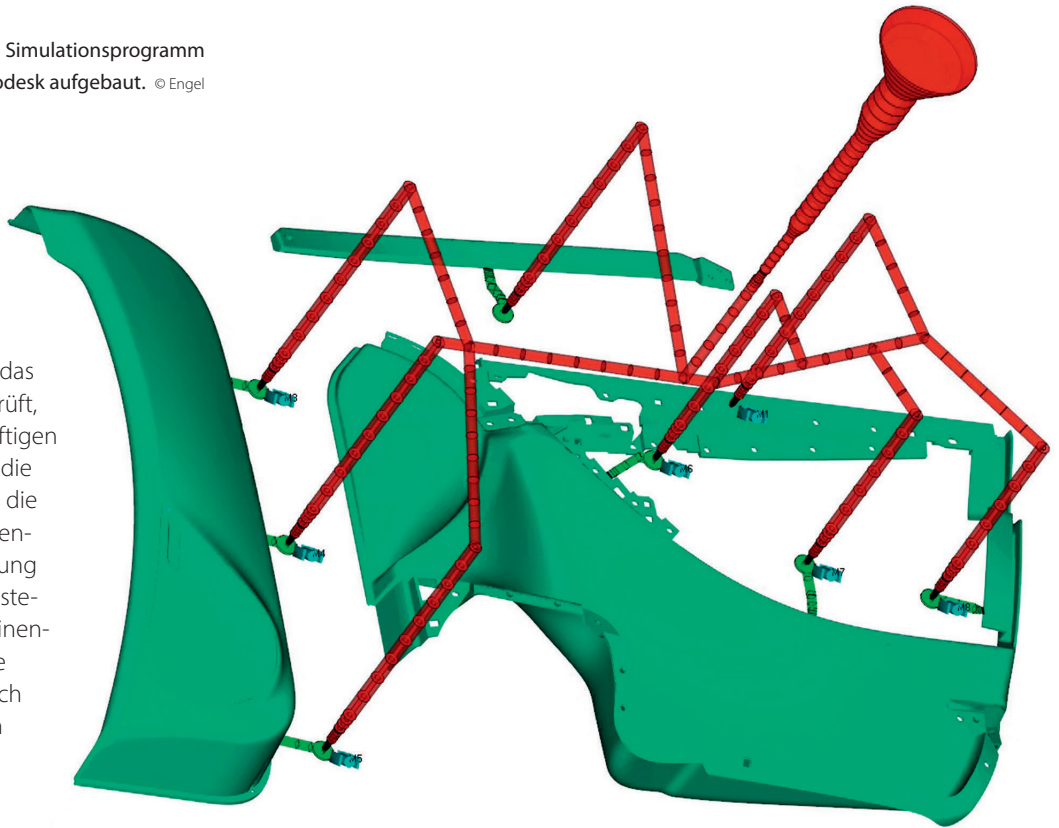
erhält der Simulationstechniker kaum Feedback, wie gut der mit dem Werkzeug mitgelieferte Einstellensatz bzw. die Qualität der Simulation war.

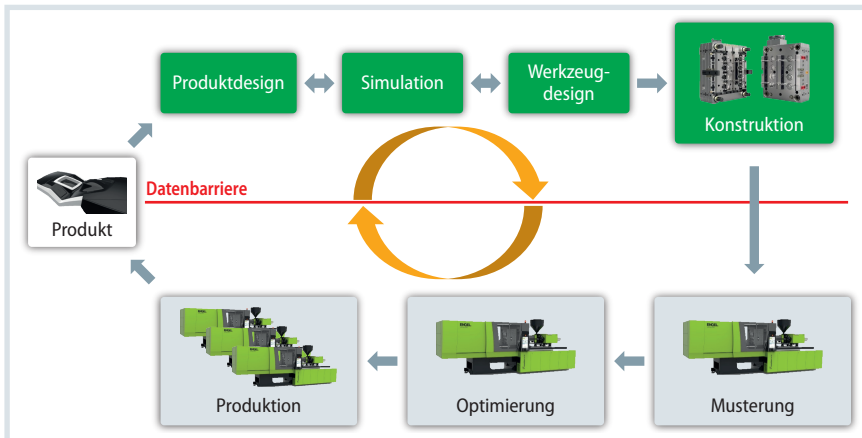
Mit sim link tritt Engel an, diese Datenbarriere zu durchbrechen (Bild 1). Die Datenschnittstelle macht es möglich, die im Vorfeld der Werkzeugfertigung in der Simulation gewonnenen Erkenntnisse und Parameter als Ersteinstellvorschlag direkt in die Steuerung der Spritzgießmaschine zu übertragen und umgekehrt die realen Prozessdaten zurück in die Simulation zu überführen. Ziel ist es, die Qualität der Simulation sukzessive zu verbessern. Simulations- und Produktionstechniker können auf diese Weise das Wissen bzw. die Ergebnisse

des jeweils anderen nutzen und voneinander lernen.

Die Genauigkeit der Simulation hängt stark von der Modellierung und der Qualität der Materialdaten ab. Es handelt sich um ein „Garbage In, Garbage Out“-System. Je realitätsnäher simuliert wird, desto besser sind die Ergebnisse und der Nutzen der Simulation. sim link dient damit gleichermaßen als Postprozessor (Export von Ersteinstellungen für die Spritzgießmaschine) und Präprozessor (Import von Produktionsdaten). Hierfür ist sim link mit drei Funktionen ausgerüstet:

- Modifikation,
- Export und
- Import.





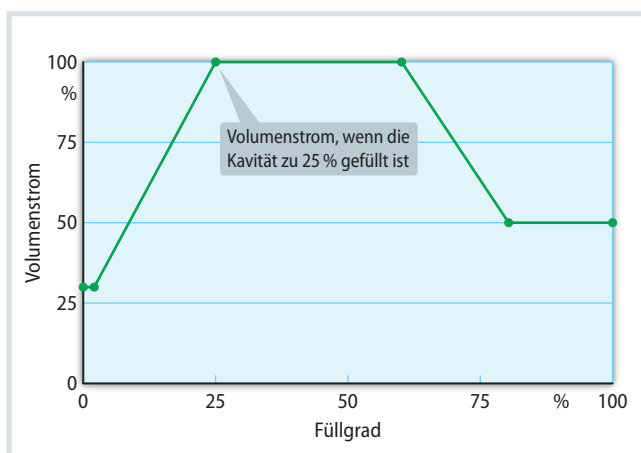
**Bild 1.** Die Schnittstelle sim link vereinfacht die Zusammenarbeit zwischen den Simulationsexperten und den Prozesstechnikern. Die Datenbarriere wird überwunden. Quelle: Engel; Grafik: © Hanser

Die Funktion *Modifikation* passt das Simulationsprofil an die reale Dynamik der ausgewählten Maschine an und verbessert so die Simulationsqualität deutlich. Damit können sowohl die Maschinendynamik als auch die Maschinen Grenzen bereits in der Simulation berücksichtigt werden, was die Qualität deutlich verbessert. Mithilfe der Modifikation lässt sich abschätzen, ob das Produkt auch wirklich auf der gewählten Spritzgießmaschine produziert werden kann.

Die Funktion *Export* erstellt aus der Simulation automatisch einen Teiledatensatz und überträgt diesen direkt an

die Steuerung der Engel-Spritzgießmaschine. Dabei werden die Simulationseinstellungen so umgerechnet, dass sie von der Steuerung richtig interpretiert werden können. Auf diese Weise kann der Verarbeiter seine Einstellungen aus der Simulation per Knopfdruck auf die Maschine übertragen und damit effizienter in die Produktion starten.

Die Funktion *Import* überträgt reale Parameter und Messsignale aus der Produktionsmaschine zurück in das Simulationsprogramm und rechnet diese automatisch für die Simulation um. Mit diesem Feedback kann der Simulations-



**Bild 2.** Zunächst wurde eine maschinenunabhängige Simulation unter Verwendung eines relativen Einspritzprofils durchgeführt und die Einspritzgeschwindigkeit als prozentualer Volumenstrom über den Füllgrad der Kavität definiert. Quelle: Engel;

Grafik: © Hanser

techniker die Qualität seiner Simulation überprüfen, Druckkurven vergleichen und weitere Expertise aufbauen.

In der aktuellen Version arbeitet sim link mit zwei Simulationstools, mit Moldflow von Autodesk und mit Cadmould von Simcon. Die Datenschnittstelle ist mit Engel-Spritzgießmaschinen mit CC200- und CC300-Steuerung kom- »

## Info

### Text

**DI Alfred Angerer** ist Entwicklungsingenieur im Bereich „smart production“ bei der Engel Austria GmbH, Schwertberg/Österreich; [alfred.angerer@engel.at](mailto:alfred.angerer@engel.at)

### Schnittstelle sim link

sim link verbindet Design und Produktion. Die Datenbarriere wird überwunden. Weitere Vorteile:

- Simulationsergebnisse lassen sich sehr einfach auf die Serienproduktion übertragen und bleiben nicht länger ungenutzt.
- Die Qualität der Simulation wird kontinuierlich verbessert. Nachbesserungen am fertigen Werkzeug und damit hohe zusätzliche Kosten werden vermieden.
- Die Time-to-Market wird kürzer.
- Die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Fachbereichen wird gefördert und interdisziplinäres Know-how aufgebaut.
- sim link ermöglicht einen Closed-loop-Prozess über Simulation und Produktion, inklusive eines digitalen Zwillings.
- Der Einsatz von sim link erfordert keine zusätzliche Soft- oder Hardware.
- Für den Datentransfer ist kein Netzwerk oder Internet erforderlich.

### Digitalversion

Ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/onlinearchiv](http://www.kunststoffe.de/onlinearchiv)



**POLAR-FORM®**  
Werkzeugbau GmbH

Halle 1 / Stand 1C61

**PRÄZISION für die MEDIZINTECHNIK**



patibel und benötigt keine zusätzliche Soft- oder Hardware.

### **Datensicherheit hat höchste Priorität**

Im Engel-Kundenportal e-connect werden automatisch alle im Maschinenpark vorhandenen Spritzgießmaschinen, die mit sim link arbeiten können, angezeigt. Generierte Teiledatensätze und Messungen lassen sich im „sim link data store“ einfach verwalten und abrufen.

Der Datensicherheit galt bei der Entwicklung der Schnittstelle ein Hauptaugenmerk. Sensible Daten, wie CAD-Files oder Informationen über komplette Simulationsprojekte, verbleiben in den lokalen Systemen des Anwenders und werden nicht in die Engel-Systeme übertragen. Sie sind für die Benutzung von sim link nicht erforderlich. Es werden jeweils nur die notwendigen Parameter und Einstellungen über die Schnittstelle transferiert, wobei der Anwender jederzeit volle Transparenz bezüglich des Datenverkehrs hat.

Der Datenaustausch zwischen Simulationsprogramm und e-connect erfolgt über einen lokalen Client, das „sim link interface“. Nach der Modifikation oder dem Import von Produktionsdaten werden die Daten mit zusätzlichen Metainformationen versehen. Es wird dokumentiert, woher die Daten stammen und welche Randbedingungen, wie Spritzgießmaschinentyp oder Schnecken-durchmesser, für die jeweilige Aktion geherrscht haben.

Der von sim link generierte Ersteinstellvorschlag kann auf verschiedene Arten an die Spritzgießmaschine übertragen werden. Möglich ist der Datentransfer über ein Firmennetzwerk, wie ein maschineneigenes Netdrive oder MES, sowie über das Internet. Er kann aber auch über einen USB-Stick erfolgen, wenn die Maschine nicht vernetzt ist.

### **Acht Heißkanaldüsen in Kaskade für ein dreiteiliges Türmodul**

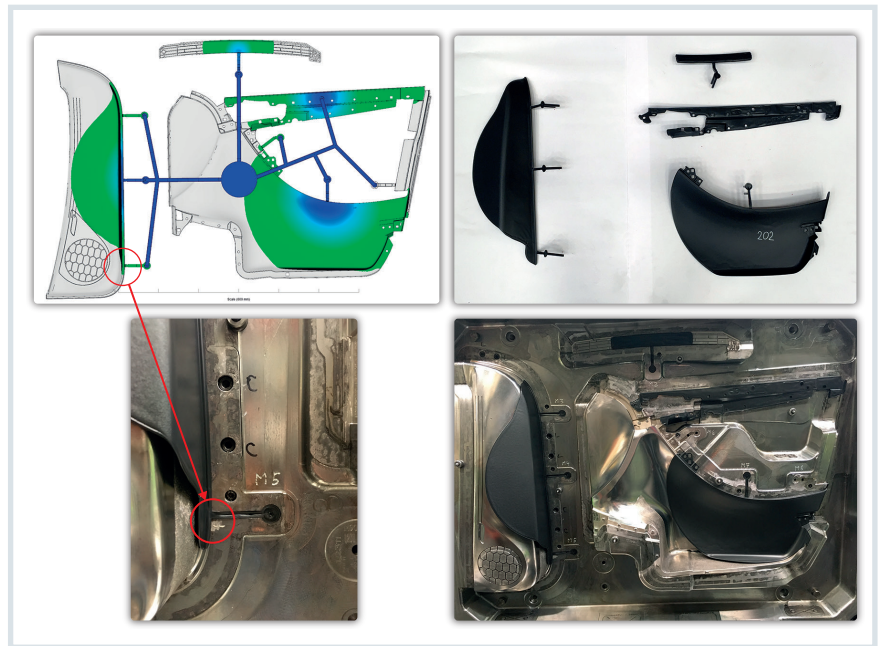
Gemeinsam mit den Partnerunternehmen Oerlikon HRSflow und Borealis hat Engel sim link in der Praxis umfangreich getestet. Dazu wurde ein Familienwerkzeug mit drei Kavitäten und einer Heißkanalkaskade mit insgesamt acht servoelektrisch gesteuerten Düsen (Typ: Flexflow) in Produktion genommen. Bei den

Teilen handelte es sich um die Innenverkleidung einer Autotür, eine Kartentaste und ein Versteifungselement, die aus Polypropylen mit 7% Mineralfüllung (Typ: Borealis Dapleen EE001AI – 9557) produziert werden sollten.

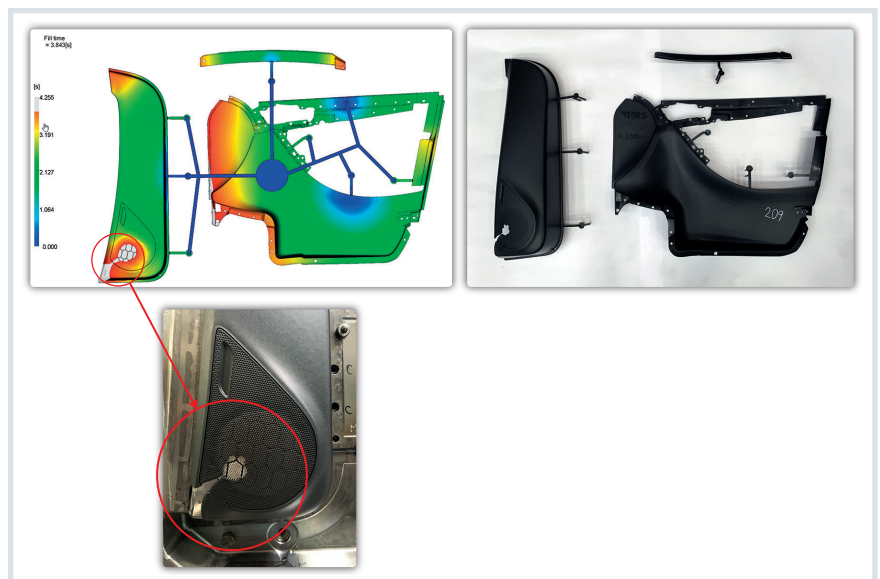
Die Einstellungen für die Produktion der Teile sollten durch Simulation bestimmt und optimiert werden. Bei der Optimierung standen eine konstante Fließfrontgeschwindigkeit über alle drei Kavitäten sowie die optimalen Schalt-

zeitpunkte der servoelektrischen Heißkanaldüsen im Fokus. Neben der Tatsache, dass das Familienwerkzeug in der Größe sehr unterschiedliche Kavitäten aufwies, stellte das Abstimmen der Kaskadierung der Heißkanaldüsen auf die Fließfrontposition die größte Herausforderung dar.

Das Simulationsmodell wurde in Moldflow von Autodesk aufgebaut. Es beinhaltete die Kavitäten, das gesamte Heißkanalvolumen, die servoelektrischen



**Bild 3.** Simulation versus Realität: Bei allen Nadelverschlussdüsen wurde in der Simulation darauf geachtet, dass sich die Fließfronten der jeweiligen Kavität und der zu öffnenden Nadelverschlussdüse am Anschnitt treffen, um Bindenähte zu vermeiden. © Engel



**Bild 4.** Die Momentaufnahme zum Zeitpunkt des Umschaltens von der Einspritz- auf die Nachdruckphase zeigt eine sehr gute Übereinstimmung zwischen Simulation und realer Produktion.

© Engel

Nadelverschlussdüsen sowie die Maschinendüse inklusive eines Teils des Schneckenvorrums (**Titelbild**). Ebenso wurde die Werkzeugkühlung mitmodelliert und simuliert.

### Teure Nachbesserungen am fertigen Werkzeug vermeiden

Zunächst wurde eine maschinenunabhängige Simulation unter Verwendung eines relativen Einspritzprofils durchgeführt und dabei die Einspritzgeschwindigkeit als prozentualer Volumenstrom über den Füllgrad der Kavität definiert (**Bild 2**). Dadurch ist die Schmelzfrontgeschwindigkeit an der Stelle X in der Kavität unabhängig von der Kompression im System.

Um über den gesamten Füllprozess eine konstante Fließfrontgeschwindigkeit zu erreichen, wurden die Schaltzeitpunkte für die einzelnen Heißkanaldüsen anhand der Fließfrontposition im Füllvorgang definiert. Es war vorgegeben, dass sich die Fließfront in der Kavität mit der Fließfront aus der Düse am jeweiligen Anschnitt trifft. Dies ist mit der initialen maschinenunabhängigen Simulation einfach möglich. Die Öffnungszeitpunkte der einzelnen Düsen sind somit vollständig voneinander und ebenso von der Kompression im System entkoppelt. Es konnte gezeigt werden, dass sich durch die Wahl einer maschinenunabhängigen Simulation auch ein komplexes System sehr schnell und mit wenigen Iterationen in der Simulation optimieren lässt.

### Prozess kontinuierlich mit Simulation optimieren

In der maschinenunabhängigen Simulation wurden alle initialen Einstellungen ermittelt und diese mittels sim link an die gewählte Spritzgießmaschine – eine Engel duo 12060/1700 – angepasst. Die so erhaltenen maschinenabhängigen Einstellungen wurden erneut simuliert, um den Prozess auf Basis der Produktionsmaschine weiter optimieren zu können. Da das Ergebnis mit den nun maschinenabhängigen und somit realitätsnahen Parametern sehr zufriedenstellend war, wurde für die Be-

musterung mit der Funktion *Export* ein Erstellendatensatz generiert und in die Steuerung CC300 der Produktionsmaschine übertragen.

Die Nadelöffnungseinstellungen wurden auf Basis der in der Simulation gewonnenen Werte in der Flexflow-Steuerung manuell eingestellt. Beim Anfahren der Spritzgießmaschine wurde der reale Umschaltzeitpunkt nachträglich analog zur Simulation eingestellt. sim link exportiert einen sicheren Wert, der bei Parameterungenauigkeiten in den Materialdaten oder Zylindertemperaturen

keinesfalls zu einem Überspritzen der Kavitäten führen kann.

Es waren keine weiteren Optimierungsschritte notwendig, um die Teile in der gewünschten Qualität zu produzieren. Beleg dafür ist auch eine Momentaufnahme des Füllprozesses zum Öffnungszeitpunkt der markierten Nadelverschlussdüse (**Bild 3**). Bei allen Nadelverschlussdüsen wurde in der Simulation darauf geachtet, dass sich die Fließfronten der jeweiligen Kavität und der zu öffnenden Nadelverschlussdüse am Anschnitt treffen, um Bindenähte zu »



## WÄRMESCHUTZPLATTEN

## WÄRMESCHUTZPLATTEN

### ZUR IDEALEN WÄRMEISOLATION DES WERKZEUGES

Bei Meusburger werden Wärmeschutzplatten hochpräzise geschliffen und weisen daher standardmäßig eine **Parallelität von 0,02 mm** über die gesamte Fläche auf.

#### IHRE VORTEILE

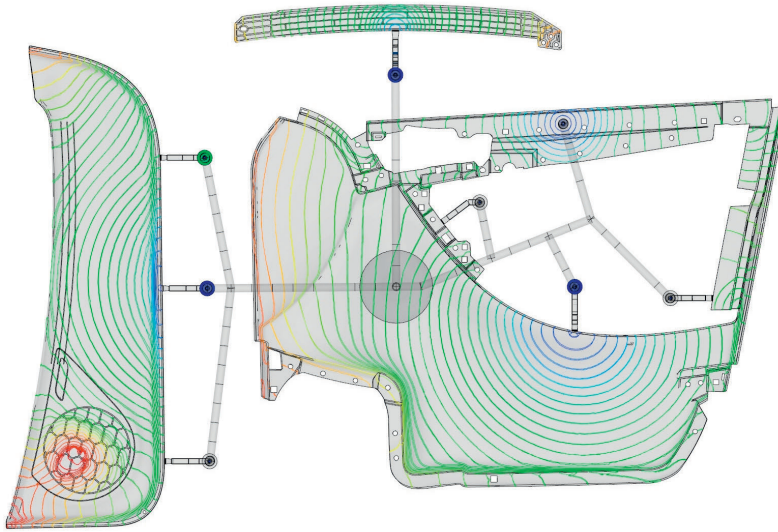
- » **Parallel aufeinander abgestimmte** Formhälften
- » **Exaktes Schließen** der Trennebene
- » **Reduzierter Verschleiß** an Führungs- und Zentrierelementen



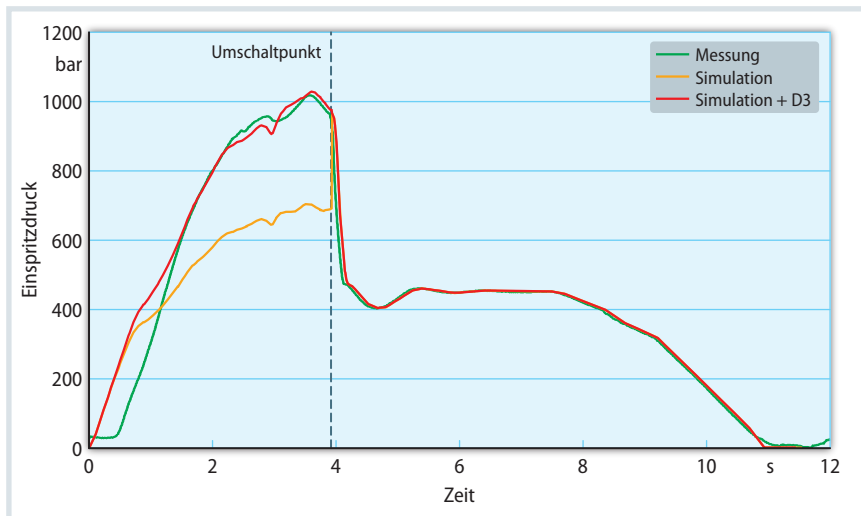
**meusburger**

Standards für Ihren Erfolg.

Mehr entdecken auf  [www.meusburger.com](http://www.meusburger.com)



**Bild 5.** Die simulierte Fließfrontgeschwindigkeit stimmt mit den tatsächlichen Einspritzparametern sehr gut überein. © Engel



**Bild 6.** Beim Vergleich der Druckkurven für den spezifischen Spritzdruck fällt die Diskrepanz zwischen der Simulation und der im Produktionsprozess gemessenen Kurve auf – bis die Druckabhängigkeit der Viskosität berücksichtigt wird (D3). Quelle: Engel; Grafik: © Hanser

vermeiden. Die Abbildung zeigt eine sehr gute Übereinstimmung zwischen den initialen Simulationsdaten und der realen Produktion. Auch bei einer Momentaufnahme, die den Zeitpunkt des Umschaltens von der geschwindigkeitsgeregelten Einspritzphase in die druckgeregelte Nachdruckphase abbildet, lässt sich eine sehr gute Übereinstimmung zwischen Simulation und realer Produktion feststellen (**Bild 4**).

### Aus Feedback für Folgeprojekte lernen

Damit der Simulationstechniker eine Rückmeldung bekommt, ob die in der Simulation ermittelten Einstellparameter verwendbar sind, wurden die im realen

Prozess verwendeten Teiledaten und Messergebnisse aus der Maschine zurück in das Simulationsprogramm übertragen. Da sim link die Ist-Daten aus der Produktion automatisiert aufbereitet und einspielt, kann der Simulationstechniker sofort mit der Nachsimulation starten. Das mühsame manuelle Eingeben von Werten und Profilen entfällt – mit den Ist-Profilen wird das tatsächliche Maschinenverhalten in das Simulationsprogramm übertragen, inklusive dem Einschwingen des spezifischen Spritzdrucks beim Umschalten bis zum Erreichen des gewünschten Nachdrucks.

Die simulierte Fließfrontgeschwindigkeit stimmt mit den tatsächlichen Einspritzparametern sehr gut überein

(**Bild 5**). Beim Vergleich der Druckkurven für den spezifischen Spritzdruck fällt auf, dass die Vorhersage der Simulation trotz realitätsnaher Prozessparameter einen weitaus geringeren Spitzenwert aufweist als die im Produktionsprozess gemessene Kurve (**Bild 6**). Ein genauer Blick auf die Materialparameter zeigt, dass die Druckabhängigkeit der Viskosität nicht vermessen wurde. Im üblicherweise verwendeten Cross-WLF-Modell wird die Druckabhängigkeit mit dem Parameter D3 beschrieben. In diesem Fall ist  $D3 = 0$ . Durch empirisches Anpassen des Parameters ließ sich schnell eine bessere Übereinstimmung zwischen der gemessenen und der simulierten Druckkurve finden.

Das Feedback aus der Produktion hilft dem Simulationstechniker, ein besseres Gespür für die in der Produktion verwendeten Materialien und die Güte der dazugehörigen Prozessparameter zu entwickeln. Damit wird die Qualität der Simulation für weitere Anwendungen erhöht. So lassen sich bei nachfolgenden Projekten zum Beispiel genauere Druckvorhersagen machen.

Auch der Vergleich der Werkzeuginnendruckkurven kann zusätzliche Informationen liefern, unter anderem zur Qualität der in der Simulationsdatenbank gespeicherten Materialparameter. Der Werkzeuginnendruckverlauf hat einen wesentlichen Einfluss auf die Schwindung und den Verzug des betrachteten Formteils. Dementsprechend lautet das Ziel, den Werkzeuginnendruckverlauf in der Simulation möglichst genau vorherzusagen.

### Fazit

Engel sim link ist ein vielseitiges Tool, das das Wissen der Simulationsexperten direkt in die Produktion übermittelt. Bereits vor dem Serienstart kann überprüft werden, ob die vorgesehene Spritzgießmaschine auch tatsächlich für das Produkt geeignet ist. Indem die Simulationsparameter entsprechend der gewählten Spritzgießmaschine modifiziert werden, können Anwender komplexere Einspritzprofile verwenden und die Zykluszeit realitätsnah abschätzen. Das Feedback aus der Produktion hilft, die Qualität der Simulation zu erhöhen, um kostspielige Iterationen zur Nachbearbeitung des Werkzeugs zu vermeiden. ■