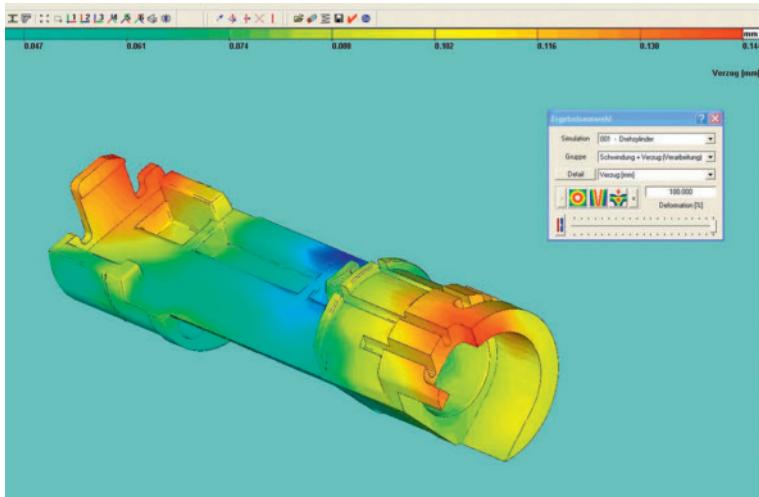


# Simulieren statt probieren

**Pro4Plast – Teil 3.** Ein wichtiges Hilfsmittel zur Entwicklung komplexer Kunststoffteile ist die Simulation. Die Möglichkeit, Verarbeitungsparameter wie Drücke und

Eigenschaften wie Schwindung oder Verzug realitätsnah simulieren zu können, ersetzt fehlende Fachkräfte und reduziert Arbeitsaufwand sowie Kosten der Verarbeiter.



Ein Adapter, der beispielhaft mit der Pro4Plast-Entwicklungssystematik entwickelt wurde

(Bild: PKT Präzisionskunststofftechnik Bürlmair GmbH, Kremsmünster)

## PAUL F. FILZ

Die europäische Spritzgießindustrie ist technisch weltweit führend. Sie wird jedoch im internationalen Markt durch Wettbewerber, die eine wesentlich niedrigere Kostenstruktur haben, zunehmend herausgefordert. Aufgrund des breiten vorhandenen Know-hows liegt die Zukunft dieser Industrie in Europa in der Entwicklung und Produktion von komplexen Bauteilen und den dazu erforderlichen komplexen Spritzgießwerkzeugen. Bisher wird hier vornehmlich im Trial-and-Error-Verfahren gearbeitet. Änderungen werden in dem bereits vorhandenen Spritzgießwerkzeug durchgeführt und erfordern mehrfaches Muster. Diese Vorgehensweise ist teuer und zeitaufwendig, sodass die europäische Spritzgießindustrie zunehmend an Wettbewerbsfähigkeit verliert.

## Ein wichtiges Hilfsmittel

Im Rahmen des von der Europäischen Union geförderten Projekts Pro4Plast wurden daher eine Systematik und die Software PDGS (Product Development Guidance System) entwickelt. Damit ist es möglich, den Produktentwicklungsprozess zu gliedern, zu systematisieren

und zu optimieren. Ein wichtiger Punkt ist es, Entscheidungen, die heute erst spät im Entwicklungsprozess getroffen werden, zu früheren Entwicklungsschritten hin (Frontloading) zu verlagern. Das kann allerdings nur geschehen, wenn die notwendigen Informationen bereits vorliegen. Um dies sicherzustellen, ist die Spritzgießsimulation ein unverzichtbares Hilfsmittel, das in den verschiedenen Phasen des Entwicklungsprozesses zum Einsatz kommt.

Ein sehr großer Anteil der in Europa entwickelten komplexen Kunststoffartikel sind Spritzgussteile mit Einlegern und umspritzte Teile. Bisher verfügten Entwickler und Konstrukteure nicht über die nötige Software, um die Bauteile auf leicht handhabbare Weise und mit der notwen-

digen Qualität zu berechnen. Die im Wesentlichen mittelständisch geprägte Spritzgießindustrie braucht aber Softwaretools, die – auch wenn man nicht täglich damit arbeitet – einfach zu benutzen sind und schnell genaue Antworten hinsichtlich Bauteil- und Materialverhalten im Spritzgießprozess liefern. Ein entscheidender Punkt im Projekt war daher das Erstellen einer Software zur Simulation des Spritzgießprozesses von Formteilen mit Einlegern und umspritzten Teilen.

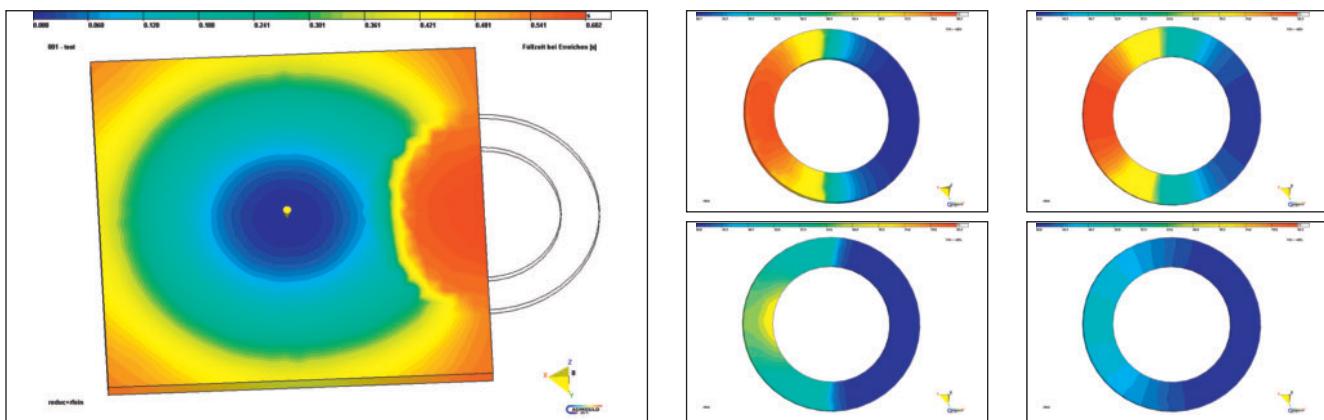
## Geometrien darstellen und manipulieren

Die Entwicklung wurde (beispielhaft) auf Basis der bereits vorhandenen Simulationssoftware Cadmould 3D-F durchgeführt. Zu den wesentlichen im Pflichtenheft festgehaltenden Punkten zählen: Die Software kann sowohl das zu simulierende Kunststoffteil als auch die Einleger bzw. die zu überspritzenden Teile im stl-Format (standard triangulation language) einlesen. Zudem kann der Benutzer alle Geometrien in der grafischen Benutzeroberfläche darstellen und manipulieren. Einleger bzw. überspritzte Teile haben direkten Kontakt mit dem neu eingespritzten Material. Die sich dabei bildende Kontaktfläche muss in einer für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) tauglichen Software automatisch bestimmbar sein.

## i Artikelserie

Hintergrund des Projekts Pro4Plast ist, gemeinsam einen systematischen Ansatz für die Produktplanung von der Idee bis zum serienreifen Prozess zu entwickeln. Im ersten (Heft 10/2009, S. 88) und zweiten Teil (Heft 11/2009, S. 48) wurden Projekt und Softwareprogramm näher beschrieben. Der letzte Teil folgt in der nächsten Ausgabe. In diesem wird ein Viskositätsmesssystem auf Basis eines sogenannten Spritzgießmaschinenelementes vorgestellt.

**ARTIKEL ALS PDF** unter [www.kunststoffe.de](http://www.kunststoffe.de)  
Dokumenten-Nummer KU110311



**Bild 1.** Die Platte füllt sich im Bereich des ringförmigen Einlegeteils aus Aluminium deutlich verzögert; rechts wird eine neue Funktion, die Temperaturentwicklung im Ring, verdeutlicht (Bilder: Simcon)

Für den Wärmeübergang zwischen den Einlegern bzw. den überspritzten Teilen und dem neu eingespritzten Material benutzt die Software Standardwerte, die der Anwender jedoch ändern kann. Die Temperaturen der Einlegeteile werden ebenfalls vorgegeben. Bei überspritzten Teilen, wie sie beispielsweise in einem Rotationswerkzeug hergestellt werden, kann die Temperaturverteilung, die aus dem ersten Spritzgießprozess resultiert, eingelesen und berücksichtigt werden. Des Weiteren muss die Berechnung von Schwindung und Verzug das mechanische und thermische Verhalten der Einleger bzw. der umspritzten Teile mit einbeziehen.

Die Entwicklung der zusätzlichen Funktionalität erfolgte in den Schritten:

- Implementieren der neuen Berechnungsmöglichkeiten,
- Durchführung erster Plausibilitäts- tests,
- Berechnung realer Testbauteile und
- Durchführung von Evaluationstest.

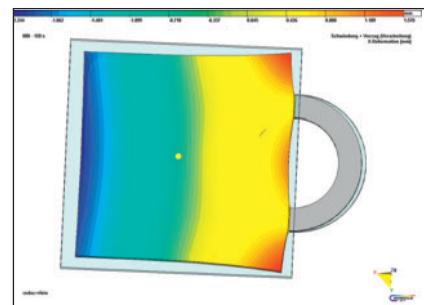
Die Ergebnisse aus einzelnen Tests flossen direkt in die Weiterentwicklung der Simulationssoftware ein. Am Ende des

Projekts konnte daher ein fortgeschrittenen Softwareprototyp an die Partnerfirmen weitergegeben werden.

### Simulationssoftware im Test

Die Plausibilitätstests der neu implementierten Berechnungsmöglichkeiten verliefen positiv. In **Bild 1** ist das Füllbild einer Platte mit einem ringförmigen Einlegeteil aus Aluminium dargestellt, das zur Hälfte aus der Platte herausragt. Man erkennt deutlich die Verzögerung der Füllung im Bereich des Einlegeteils und die Temperaturentwicklung im Einlegeteil zu verschiedenen Zeiten des Spritzgießprozesses. In **Bild 2** sind Schwindung und Verzug des Testteils dargestellt. Die Simulation ermittelt überzeugend die Behinderung der Schwindung durch das Einlegeteil.

Auch erste Berechnungen realer Bauteile stimmen gut mit der Realität überein. Das zeigen die Ergebnisse der Verzugsberechnung eines technischen Formteils mit metallischem Einlegeteil (**Bild 3**). Nachdem auch der Praxistest mit realen Formteilen erfolgreich verlaufen war,

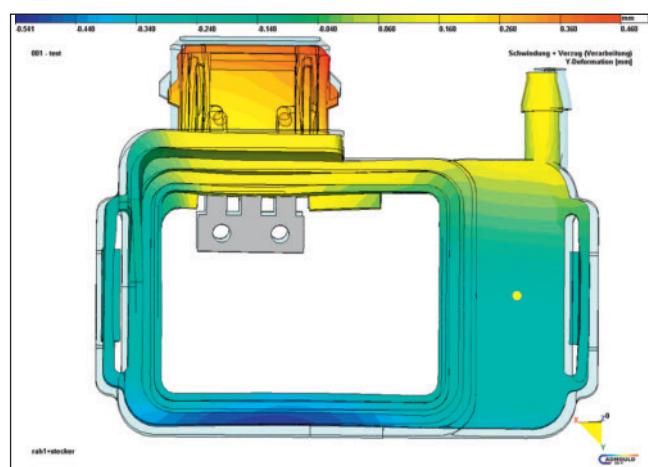
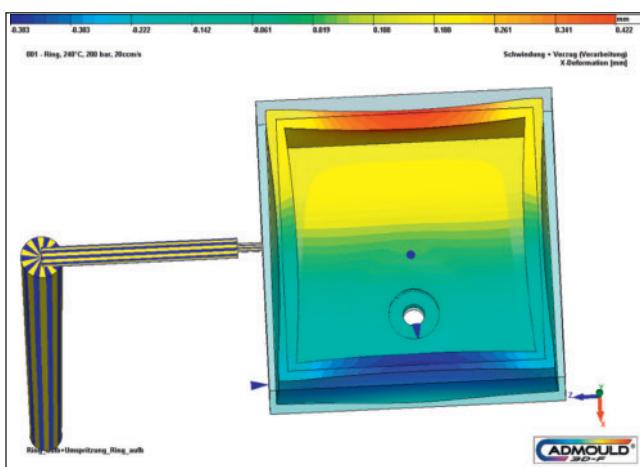


**Bild 2.** Mit der Simulation lassen sich Schwindung und Verzug unter Einflussnahme des Einlegeteils ermitteln

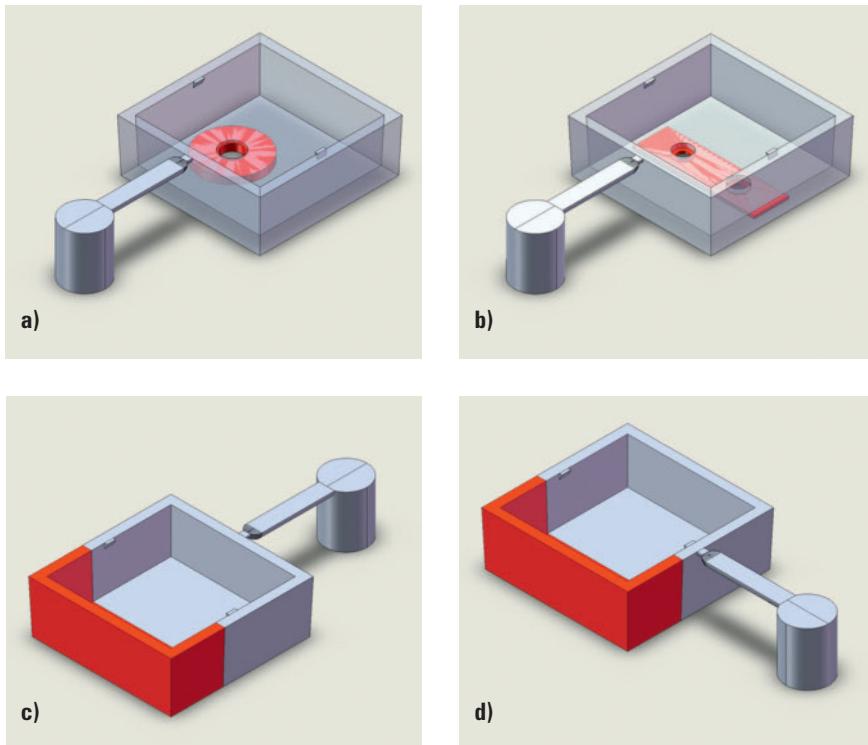
wurde mit einem eigens dafür konzipierten Spritzgießwerkzeug die Ergebnisqualität der entwickelten Software wissenschaftlich evaluiert.

### Tatsächlichen Versuchsaufwand reduzieren

Die Konstruktion des Evaluationswerkzeugs und die Versuche wurden zwischen den Projektpartnern, dem Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV), Aachen, der TNO – Netherlands organisation for →



**Bild 3.** Berechnungen an realen Bauteilen, wie hier die Verzugsberechnung eines technischen Formteils mit metallischem Einlegeteil, haben gute Übereinstimmungen ergeben



**Bild 4.** Verschiedene Varianten an Formteile wurden mit dem Evaluationswerkzeug getestet: a) mit hartem Einlegeteil (Ring), b) mit weichem Einlegeteil (Leiterbahn); c) Umspritzung eines Kunststoffteils (hart/hart) und d) Umspritzung eines Kunststoffteils (hart/weich)

applied scientific research – und der Simcon Kunststofftechnische Software GmbH, Würselen, abgestimmt. TNO spritzte und vermaß die Versuchsteile, Simcon verglich die Daten mit den Simulationsergebnissen. Das Prinzip des Frontloadings wurde auch bei der Konzeption der Versuche angewendet. So simulierte der Softwareentwickler die gewünschten Versuche inklusive aller Geometrie-, Material- und Verfahrensvarianten im Vorfeld. Die machbaren und aussagekräftigsten Versuche wurden durchgeführt. In **Bild 4** sind die verschiedenen Varianten der realisierten Versuchsteile abgebildet. Im Prozess wurden die Verarbeitungsparameter – Einspritzvolumenstrom, Massestemperatur, Nach-

druckzeit und Nachdruckhöhe – variiert.

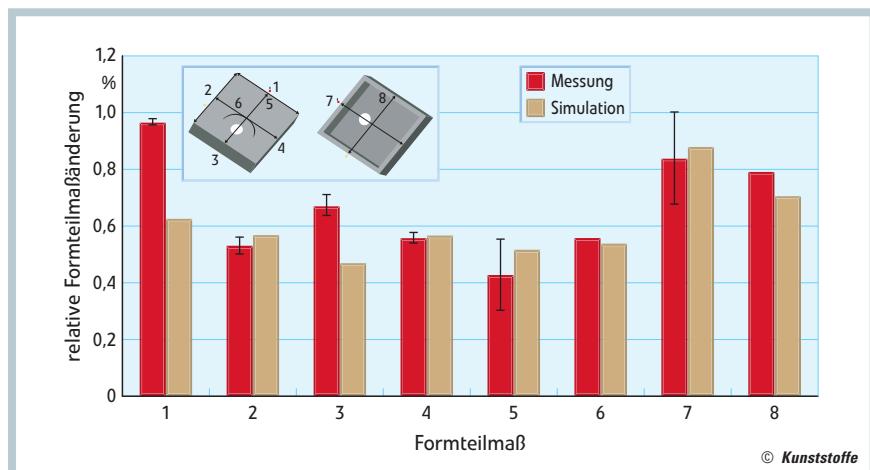
Ausgewertet wurden:

- die Werkzeugtemperatur als Funktion der Zeit,
- der Druckverlauf über der Zeit nah und fern des Anspritzpunkts und
- die Formteilmaße 1–8 (**Bild 5 oben**).

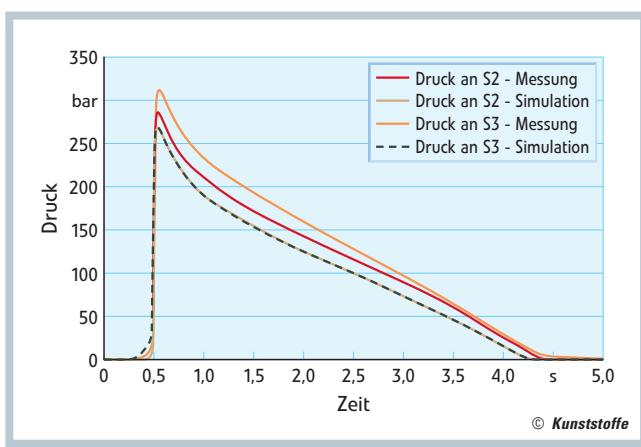
In **Bild 5** sind die Schwindungs- und Verzugsergebnisse gemäß Messung und Simulation an den acht verschiedenen Messlängen einander gegenübergestellt.

**Bild 6** zeigt beispielhaft den Vergleich des gemessenen und simulierten Druckverlaufs an zwei Messpunkten einer Versuchsreihe. Dabei ist deutlich zu erkennen, dass sowohl die simulierten Druck- als auch die Schwindungs- und Verzugsresultate sehr gut mit den Messwerten übereinstimmen.

Gegen Ende des Projekts Pro4Plast wurden reale Industrieprojekte zwischen den kleinen und mittelgroßen Partnerfirmen und ihren Kunden durchgeführt, um festzustellen, wie der Einsatz des PDGS und der Spritzgießsimulation Zeiten und Kosten neuer Entwicklungen beeinflusst (**Bild 7**). Bei mehr als der Hälfte der Projekte konnten die Bearbeitungsschleifen



**Bild 5.** Die Schwindungs- und Verzugsergebnisse von Messung und Simulation sind für acht evaluierter Formteilmaße einander gegenübergestellt

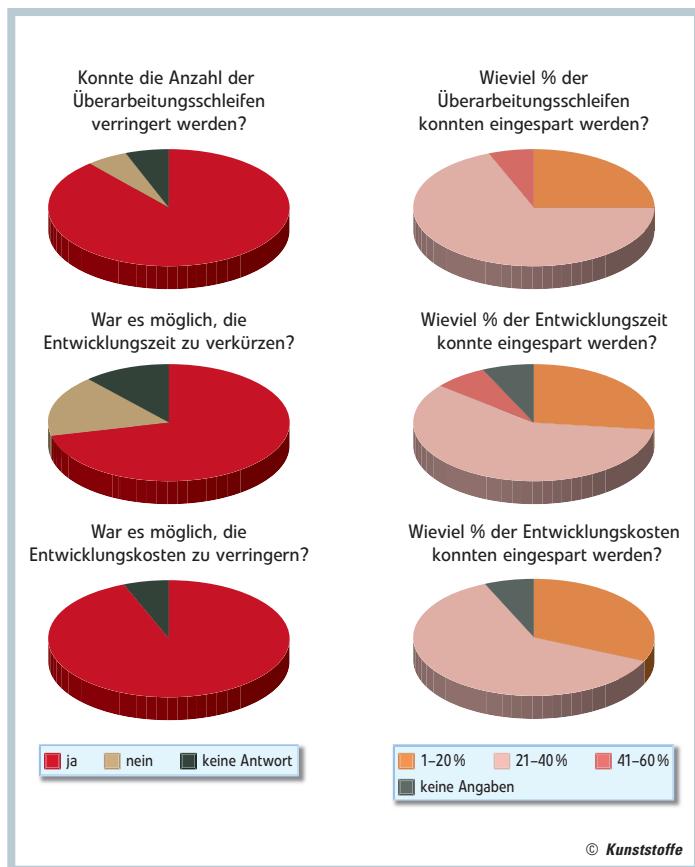


**Bild 6.** Beispielhaft sind zwei simulierte Druckverläufe mit den gemessenen Werten zum Vergleich dargestellt

der Werkzeuge, die Entwicklungszeit (Time to Market) und die Kosten zwischen 21 und 40 % verringert werden.

### Simulierte Realitäten

Anhand der Industrieprojekte konnte nachgewiesen werden, dass sich durch Einsatz einer strukturierten Produktentwicklung nach dem Stage-Gate-Verfahren Zeiten und Kosten deutlich reduzieren lassen. Die Spritzgießsimulation ist dabei eines der wichtigsten Tools zur Unterstützung des Verfahrens, das mit qualifiziertem Frontloading möglich



**Bild 7. Mit realen Industrieprojekten wurde der Einfluss des PDGS und der Spritzgießsimulation auf die Entwicklungszeit und -kosten erfragt**

wird. Die Simulation allein bietet schon erhebliche Einsparpotenziale. Sie verkürzt die Entwicklungszeiten und erhöht die Formteilqualität. Zudem ist das Tool einfach zu bedienen und erlaubt nach kurzer Rechenzeit realitätsnahe Aussagen.

Der Markt für Kunststoffteile in Europa wächst weiter, jedoch gibt es nicht genügend erfahrene und gut ausgebildete Fachkräfte. Systeme wie das PDGS und die weiterentwickelte Spritzgießsimulationssoftware können für den Mittelstand zumindest teilweise das fehlende Know-how ersetzen. Sie müssen daher zu einem Standardwerkzeug für die gesamte Kunststoffbranche werden. ■

#### DANK

Pro4Plast ist ein Projekt, das im Rahmen des „Collective Research“ des sechsten Rahmenprogramms (RP6) der Europäischen Kommission unter der Vertragsnummer 030205 durchgeführt wird. Ihr gilt unser besonderer Dank.

#### DER AUTOR

DR. PAUL F. FILZ, geb. 1957, ist Geschäftsführer der Simcon kunststofftechnische Software GmbH, Würselen.

#### SUMMARY

#### SIMULATING PARTS INSTEAD OF TRYING THEM OUT

PRO4PLAST – PART 3. Simulation constitutes a key aid in the development of complex plastic parts. The feasibility of simulating parameters like pressures, as well as properties such as shrinkage or warpage, in a realistic manner constitutes a means of compensating for a lack of specialists and reduces the converter's workload and costs.

*Read the complete article in our magazine **Kunststoffe international** and on  
[www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)*