

Plädoyer für einen konsequenten Einsatz der Spritzgießsimulation bei jedem Teil

Ungenutztes Potenzial zur intelligenten Bauteilentwicklung

Wenn man als Lieferant nicht beliebig austauschbar sein möchte, so muss man weg von der Fertigung nach Zeichnung hin zu intelligenten Lösungen für den Kunden. Die Menschheit nutzt Kunststoffe erst seit etwas über 100 Jahren als Werkstoff. Dabei das Optimum herauszuholen, bedarf an vielen Stellen offenbar noch der Aufklärung. Im Umkehrschluss auf die Branche bezogen heißt das: Es gibt noch Potenzial für Innovationen.

Dass der Verfasser dieses Beitrags zuletzt seine Spuren in der Fachwelt hinterlassen hat, ist eine Weile her [1]. Es war damals eine spannende Zeit, in der die Spritzgießsimulation von der Hochschullandschaft in die Praxis zu überführen war. Wie ist die Lage heute – hat mittlerweile jede Abteilung für Formteil- und Werkzeugkonstruktion in irgendeiner Form Zugriff auf die Spritzgießsimulation? Das Positive zuerst: Sehr viele Spritzgießer, Werkzeugbauer und Konstrukteure setzen zumindest eine Füllsimulation ein. Die Möglichkeiten heute sind allerdings so viel größer, nicht zuletzt, weil die Software erschwinglich und die Bedienung einfacher geworden ist und weil die Hardwareentwicklung dazu beigetragen hat, den Durchsatz an Berechnungen enorm zu steigern sowie die Genauigkeit der Schwindungs- und Verzugsergebnisse um ein Vielfaches zu verbessern.

Formteil- und Werkzeugkonstruktion nicht miteinander verknüpft

Wenn man sieht, dass sich heute Wanddicken automatisch optimieren lassen und man im Vorfeld den Prozessraum simulieren kann, um geringstmögliche Musterungskosten zu erzeugen, so ist es eigentlich unverständlich, wenn Entscheider den Einsatz dieser Technologie immer noch ablehnen. Daraus entsteht zumindest der persönliche Eindruck des Autors, dass zum einen Spritzgussteile oft immer noch ein sehr großes Einsparpotenzial besitzen und zum anderen die Leistungsgrenzen der Kunststoffe noch überhaupt nicht ausgereizt sind.

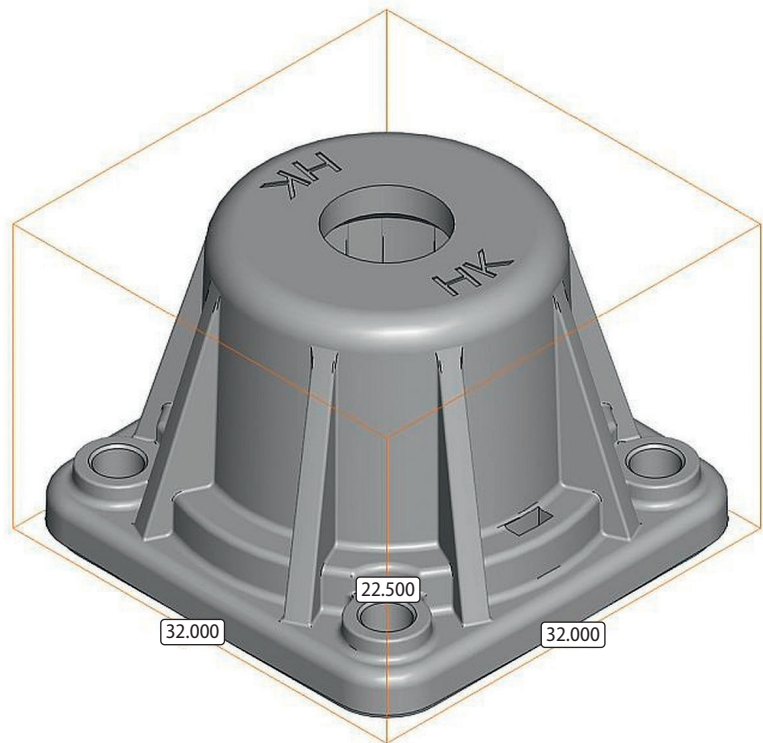


Bild 1. Darstellung der Ausgangsgeometrie der „Federhaube“ (Feinst-Luftdruckregler) mit Angabe der Raummaße. © EG-Plastic

Was häufig unterschätzt wird, ist die Bedeutung eines tieferen Werkstoff-Know-hows. Ist das Formteil kunststofftechnisch schlecht konstruiert, wird der Werkzeugbauer auch kein leistungsfähiges Werkzeug bauen können – der Spritzgießer fährt dann mit dem Werkzeug einen Prozess, der in jedem Fall teurer ist, als er sein müsste. Dabei ist es eine Binsenweisheit: Mit dem richtigen Team zu Beginn der Produktentwicklung Zeit zum Nachdenken über die sinnvollste Lösung zu investieren, ist immer noch

das beste Mittel, um einen tragfähigen Kompromiss zwischen Kosten und Nutzen zu finden.

Mit langjähriger Erfahrung bei einem Spritzgießunternehmen mit eigenem Werkzeugbau lässt sich als Zwischenfazit feststellen: In vielen Anwendungen gibt es immer noch verbesserungswürdige Punkte. Die EG-Plastic GmbH ist Europas größter Hersteller für Tee- und Opferlichthüllen aus recycelten Kunststoffen wie PET und PC. Hier – es gelten die Gesetze der Massenproduktion – sind

die Zykluszeiten sehr kurz. Daneben ist EG-Plastic für Hersteller technischer Teile als Entwicklungspartner für komplexe Anwendungen gefragt.

Eine fundierte Analyse zeigt, welches Potenzial die Spritzgießer nach all den Jahren immer noch haben, Bauteile intelligent zu entwickeln – gerade in Zeiten der Ressourcenknappheit, Handelsembargos, drastisch steigender Energiekosten und zunehmend dringlicher Nachhaltigkeitsforderungen von Kunden und Gesellschaft. Viel zu oft ist die Formteilkonstruktion nicht direkt mit der Werkzeugkonstruktion verknüpft, was zu unnötigen Diskussionen über Maße, Toleranzfelder usw. führt. Hier gilt es, Ansätze zu entwickeln, wie traditionsbehaftetes Vorgehen aufgebrochen werden oder der Einkauf neue Wege gehen kann. Bei EG-Plastic arbeiten Theorie und Praxis Hand in Hand. Die jüngere Generation ist für digitale Technologien grundsätzlich offener eingestellt. Aber sie darf nicht mit den alten Gesinnungen konfrontiert werden, sondern muss motiviert werden, digitale Hilfsmittel konsequent einzusetzen.

Gewusst wie – oder wie erhält der Kunde sonst seinen USP?

USP (Unique Selling Proposition) bedeutet Alleinstellungsmerkmal. Nur, was hat eine vertriebliche Aussage mit der High-End-Simulation zu tun? EG-Plastic arbeitet für seine Kunden oft im kunststofftechnischen Grenzbereich, wenn diese ihre Wettbewerber weit hinter sich lassen wollen, um einzigartig zu sein. Die Wunderwaffe hierbei ist die FEM-Berechnung, wenn sie richtig eingesetzt wird. In diesem Fall hilft die Spritzgießsimulation, Lösungen schnell zu erkennen, die man sonst nur mit aufwendigen Investitionen in Prototypenteile und -werkzeuge finden kann. Das heißt nicht, dass man keine Prototypenwerkzeuge mehr benötigt, sondern nur, dass man sie gezielt bei den Fällen einsetzt, in denen sie wichtige Erkenntnisse erbringen.

Nach der Devise „jedes Kunststoffteil ist kompliziert“ kann man einfache Teile nicht unterschätzen. Eine beliebte Falle sind zum Beispiel dünnwandige Stellen im Bauteil, die nicht ausgespritzt werden können – die Simulation zeigt es. Also: Wieso soll man den Aufwand betreiben, ein Angebot abzugeben für ein Formteil,

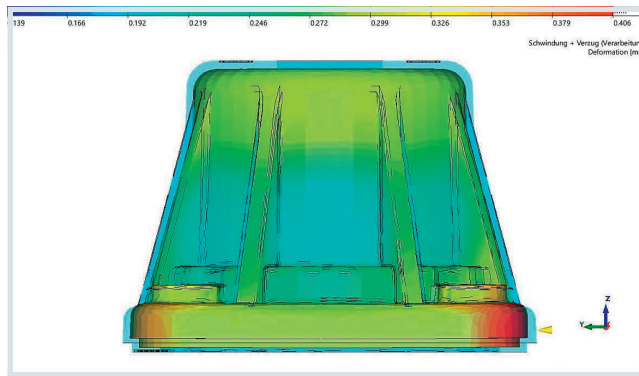


Bild 2. Gesamter Deformationszustand (Überlagerung von Schwindung und Verzug) bei seitlicher Anspritzung in der Ausgangsgeometrie.

© EG-Plastic

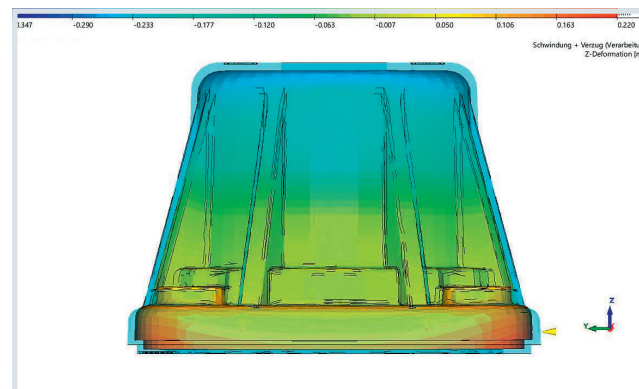


Bild 3. z-Deformation der Ausgangsgeometrie. Die Asymmetrie erschwert die Montage.

© EG-Plastic

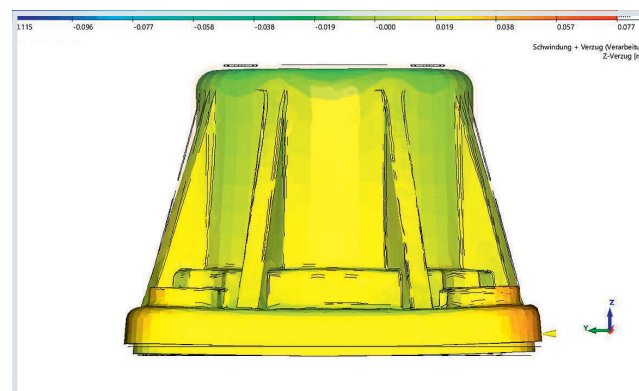


Bild 4. z-Verzug der Ausgangsgeometrie. Der seitliche Anspritzpunkt erweist sich als Problem.

© EG-Plastic

das nach dem Öffnen des Werkzeugs direkt ein Fall für den Recyclinghof ist? Viel schlimmer ist es, wenn die Gefahr nicht erkannt wird. Die Kosten und den Ärger trägt allein der Lieferant, weil er nach Zeichnung liefern soll.

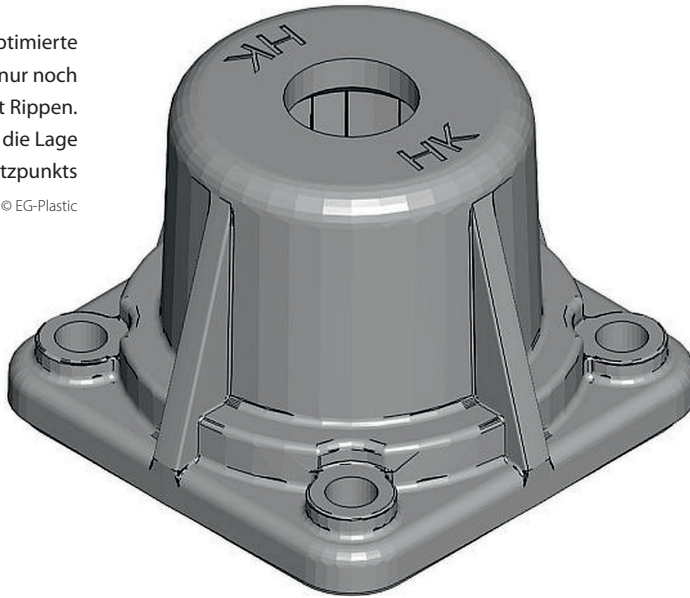
Die Spritzgießsimulation bildet Werkzeug, Materialverhalten und Prozess gleichzeitig ab. Hier offenbart sich, dass das Wissen um das Kunststoffmaterial ein wichtiger Interpretationspunkt ist, der nicht unterschätzt werden darf. Die Simulation liefert wichtige Ergebnisse über Kräfte, die auf Schieber und Werkzeugteile wirken, Materialvergleiche, Schwindungs- und Verzugswerte, Scheuerung, Schließkräfte, Zykluszeiten, Drücke, sinnvolle Einstellungen für Nachdruckzeit und -höhe und vieles mehr, die es

richtig zu interpretieren gilt. Diese Ergebnisse sind ein Paradies für Optimierer, Entwickler oder Kostenfuchse. Gerade von der letzten Gruppe erwartet man zielführende Fragen der Art:

- Was würden Sie verbessern, um Material, Zykluszeit und Maschinengröße einzusparen?
- Würden Sie ein anderes Material wählen?

EG-Plastic verarbeitet technische Standardthermoplaste (gefüllt, verstärkt, Flammenschutz gemäß UL 94 V0), Hochtemperaturwerkstoffe, TPE, TPU, TPV, PLA, WPC sowie recycelte Kunststoffe. Je größer das Wissen um die Eigenschaften eines Kunststoffs ist, umso risikoloser kann man Bauteile entwickeln – auch aus einem völlig neuen Material, »

Bild 5. Das optimierte Bauteil enthält nur noch vier statt acht Rippen. Zudem wurde die Lage des Anspritzpunkts geändert. © EG-Plastic



solange es sich rheologisch, thermisch und mechanisch beschreiben lässt.

Tauchen wir nun ein in die virtuelle Welt der Simulation und zeigen, wie man die negative Eigenschaft des Kunststoffes, sich verziehen zu wollen, intelligent ausnutzt.

Anspruchsvolles Praxisbeispiel

Es geht im Folgenden um ein Bauteil für einen Feinst-Luftdruckregler, im Fachjargon Federhaube genannt, der zum Beispiel im Anlagenbau eingesetzt wird. In diesem Bauteil ist ein Kolbensystem enthalten, das durch Federn und Membranen die Lage des Kolbens in Abhängigkeit von Luftdrücken oder vorgege-

benen Wegen hält. Dadurch wird die Luft geregelt. Die Baugruppe wird mit dem sogenannten Kopfstück verschraubt. Ist die Baugruppe nicht dauerhaft hochgradig dicht, kann das System nicht richtig regeln. Während wir bei unseren „normalen“ Luftdruckregelsystemen von ca. 1 % interner Leckage ausgehen, ohne dass das System falsch reagiert, ist die Toleranz bei so einem Feinst-Regler um einige Potenzen kleiner. Das System muss tausende von Schaltungen im Jahr durchstehen. Randbedingung: Es musste innerhalb von zwei Wochen eine Lösung her, die umgehend ins Serienwerkzeug umgesetzt werden konnte. Insgesamt wurden fünf Varianten untersucht. Um den Beitrag nicht unnötig zu verlängern, wird hier der Ist-Zustand mit dem optimierten Zustand verglichen. Das Bauteil wird mit einem Standard-POM gefertigt, weil sich im Zylinder Teile bewegen.

Bei bestehenden Bauteilen fiel auf, dass sie stark verrippt (acht Rippen) waren (**Bild 1**). Dem steht der in vielen Projekten bewährte Praxistipp entgegen, bei der Formteilentwicklung mit möglichst keinen oder sehr wenigen Rippen zu starten. Anhand der Deformationsergebnisse erkennt man dann sehr schnell, wo Rippen sinnvoll am Bauteil zu gestalten sind und wo besser nicht. Rippen später im Werkzeug noch einmal verändern zu müssen, führt grundsätzlich zu Diskussionen. Um, allgemein gesprochen, die Stabilität eines Bauteils bei glasfasergefüllten Materialien nachvollziehen zu wollen, muss immer die entstandene Faserorientierung mit in die

Strukturanalyse übernommen werden. Das ist etwas aufwendiger, liefert aber bessere Ergebnisse.

Einfluss der Geometrieauslegung völlig verkannt

Die Schwindungs- und Verzugsanalyse mit Cadmould (Anbieter: Simcon) zeigt deutlich (**Bild 2**), dass die Bodenplatte des Bauteils sich unsymmetrisch deformiert. Deformation ist die Überlagerung von Schwindung und Verzug. So sieht das Bauteil aus, wenn es ausreichend auf Raumtemperatur abgekühlt ist. Man kann Ergebnisse zum Beispiel auch nur auf Richtungen beziehen und nach Verzugs- und Schwindungsergebnissen trennen (**Bilder 3 und 4**). Hier erkennt man einen wichtigen Einflussparameter für die entstandene Deformation, den seitlichen Anspritzpunkt. Wieso wurde der Anspritzpunkt dorthin gesetzt? Erstens, weil man sich nicht bewusst gemacht hat, was das Bauteil zu leisten hat, zweitens, weil man sich die Auswirkungen des Anspritzpunkts nicht vorher angeschaut hat, drittens, weil es eine billige Werkzeuglösung ist, und viertens: „Das haben wir schon immer so gemacht“. Dieses Beispiel zeigt leider genau das, was dem Autor am Herzen liegt: wie Hersteller die Geometriegestaltung und potenzielle Einflussparameter völlig unterschätzen.

Für die Montage, die geregelte Drehmomentschrauber verwendet, ist es ein Problem, über die Bodenplatte überall den gleichen Druck auf die Dichtung auszuüben. Die Bohrungen werden von den Rippen sogar eher gehindert, sich nach unten zu bewegen, was dazu führt, dass die Bodenplatte sich in der Mitte sogar wölben kann. Damit die Auflagefläche nach dem Verschrauben plan liegt, müssen die Bohrungen bewusst nach oben gehen und die Mitten unten bleiben. Alle Bohrungen müssen gleiche Werte im Verzug haben – so herrscht auf der Dichtung an jedem Ort die gleiche Anpresskraft. Die Füllung muss also symmetrisch erfolgen. Die Lage des Anspritzpunktes spielt somit eine wichtige Rolle, auch bei unverstärkten Kunststoffen. Es geht nicht darum, „bunte Bildchen“ zu erzeugen, sondern wie man die Ergebnisse zu interpretieren weiß. Auf Wunsch des Kunden wird auf die genaue Ausgestaltung der neu-

Info

Text

Dipl.-Ing. Hendrik Genoske ist Vertriebs- und Entwicklungsleiter bei der EG-Plastic GmbH, Dreis-Brück; genoske@eg-plastic.de

Dank

Der Dank des Autors gilt der Knocks Fluid-Technik GmbH, Selm, für die Freigabe des Bauteils „Federhaube“ und im Speziellen deren Konstruktionsabteilung, die offen für die beschriebenen Verbesserungsvorschläge war.

Literatur & Digitalversion

Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/onlinearchiv

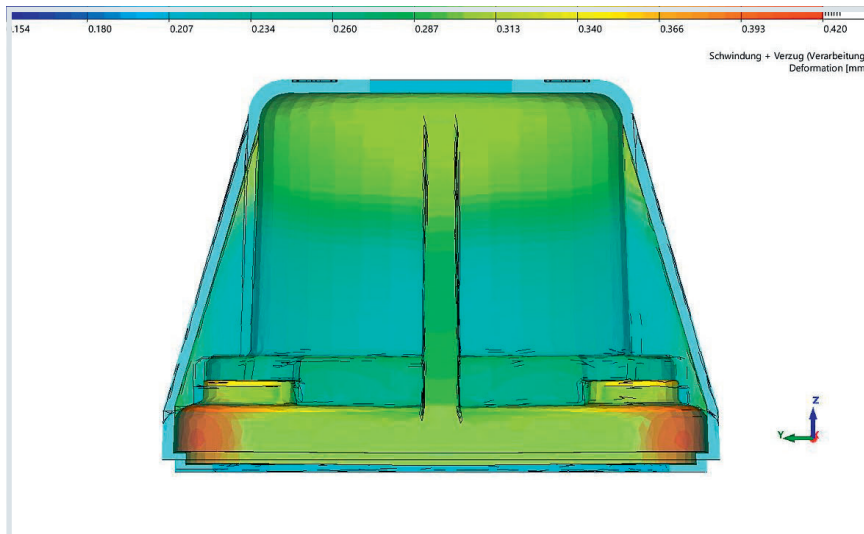


Bild 6. Der Deformationszustand der optimierten Geometrie zeigt die erzielte Verbesserung.

© EG-Plastic

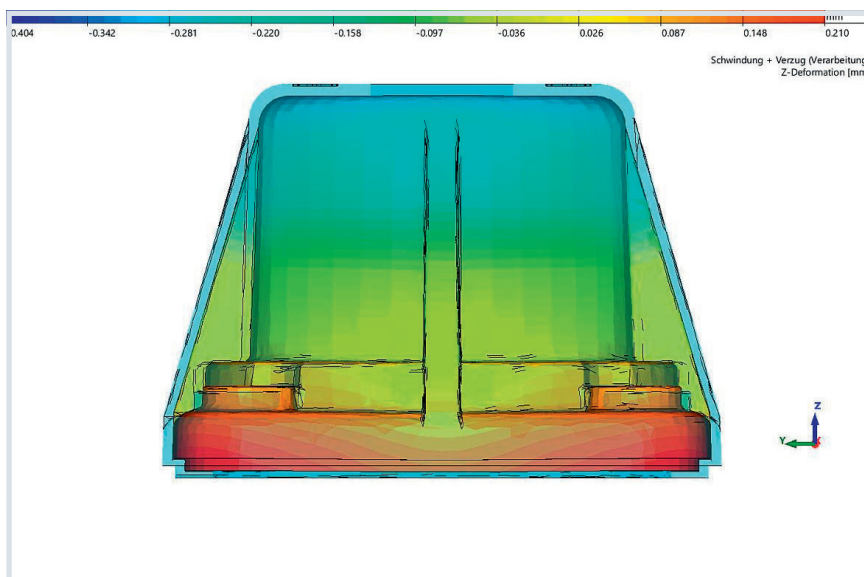


Bild 7. z-Deformation der optimierten Geometrie. © EG-Plastic

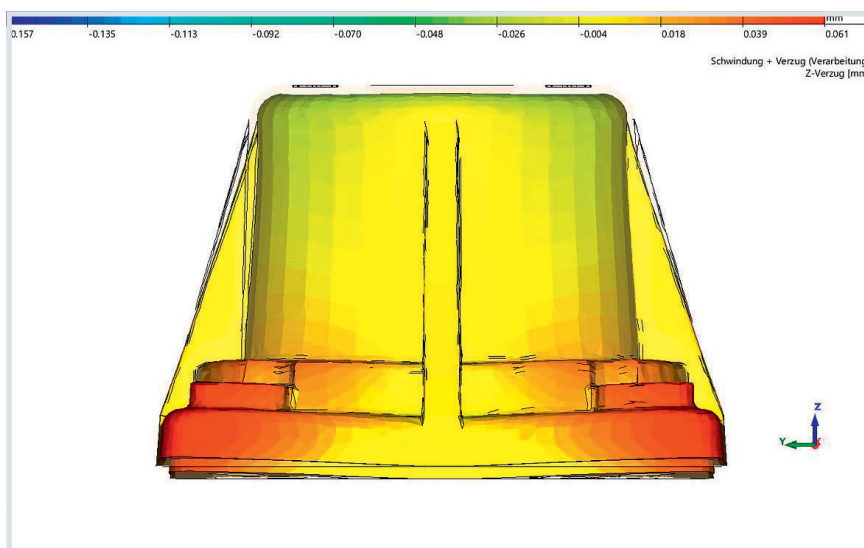


Bild 8. z-Verzug der optimierten Geometrie: Dadurch, dass alle Ecken gleichmäßig nach oben gehen, wird bei der Montage Dichtheit erreicht. © EG-Plastic

en Anspritzsituation nicht näher eingegangen.

Die Geometrie des Bauteils hat man mit nur noch vier Rippen optimiert (**Bild 5**) und somit Material eingespart. Die größte Wanddicke wurde nicht verändert, sodass die Zykluszeit gleich blieb. Es ergibt sich ein weiterer Pluspunkt: Weil jede Rippe gleich „zieht“ (**Bild 6**), bleibt der Kolbenbereich rund, was für die Abdichtung ebenfalls Vorteile mit Blick auf Leckagen des bewegten Kolbens mit sich bringt. Das optimierte Bauteil (**Bilder 7 und 8**) zeigt im Vergleich zum ursprünglichen (**Bilder 3 und 4**) signifikante Unterschiede. Es macht genau das, was es machen soll: Alle Ecken gehen gleichmäßig nach oben. Die Mitten bleiben unten.

Ergebnis: eine einzigartige Leistung des Bauteils

Beim Vergleich der Ergebnisse stimmte das real vermessene Bauteil auf wenige hundertstel Millimeter mit der Simulation überein (ohne die Temperierung mitgerechnet zu haben). In diesem Fall hat der Kunde sich fünf Prototypenwerkzeuge gespart. Das Bauteil hat alle Bedingungen sofort erfüllt, wofür, nebenbei bemerkt, inkl. Konstruktion und Werkzeugbau keine zehn Wochen bis zur Freigabe vergingen. Dabei war keine extra Anpassungsschleife notwendig.

Kleine Anmerkung am Rande. Das beliebte Mittel, um bei Kunststoffteilen eine (angeblich) höhere Festigkeit zu erreichen, nämlich wie bei Metallteilen die Wanddicken zu erhöhen, ist hochgradig kontraproduktiv. Wenn das Verhältnis der Wanddickenverteilung im Bauteil zu groß ist, kann der Nachdruck nicht richtig wirken, Einfallstellen sind die Konsequenz. Bei einer zu dicken Bodenplatte wäre der Prozess nicht mehr in der Lage, die Bohrungen „gerade“ zu ziehen, was andere Nachteile nach sich zieht, vom größeren Material- und Zykluszeitbedarf ganz zu schweigen.

Die gesamte Baugruppe muss 16 bar Druck aushalten. Der Kunde hat bis 120 bar geprüft. Geplatzt sind die montierten Luftschläuche, weil diese dem Druckbereich nicht entsprochen haben. Eine Undichtigkeit der Baugruppe konnte nicht festgestellt werden. Nach Aussagen des Kunden liegt hier eine besondere, einzigartige Leistung des Feinstreglers vor. ■