

# Von klein bis ganz groß

## Unterschiedliche Entwicklungen im Thermoformen je nach Bauteildimension

Wie bei allen Kunststoffverarbeitungsverfahren sind Nachhaltigkeit, Industrie 4.0 und Energieeffizienz die seit Jahren bestimmenden Megatrends beim Thermoformen. Je nach Bauteildesign sowie -größe sind jedoch grundlegend verschiedene Entwicklungslinien identifizierbar.

Insbesondere bei der Herstellung von Verpackungen ist die Steigerung der Materialeffizienz von großer Bedeutung, weil Kunststoffe aufgrund der oft negativen Berichterstattung über geringe Recyclingquoten und die „Vermüllung“ der Weltmeere zunehmend unter Druck geraten. Daher muss die Branche großes Interesse daran haben, unnötiges Material zu vermeiden oder Rohstoffe einzusetzen, die biologisch schnell abbaubar sind, um einem eventuellen Verbot von Standardthermoplasten beispielsweise für Verpackungen entgegenzuwirken. Hersteller von Anlagen versuchen nicht nur, Möglichkeiten für den Einsatz solcher alternativer Materialien zu schaffen, sondern angesichts stetig steigender Energiepreise die Maschinen immer energieeffizienter auszuliegen sowie Prozesse zur Herstellung sowie Bereitstellung bspw. von Materialien zu beschleunigen.

Bei technischen Bauteilen wird neben der Systemintegration zur Herstellung von hochwertigeren Bauteilen weiterhin ein großer Fokus auf Flexibilität in der Produktion gelegt, um den immer schneller wechselnden und höheren Kundenanforderungen gerecht werden zu können. Im Hinblick darauf werden stetig neue Funktionen zur Vernetzung von Anlagen und Peripherie integriert, um den Trend von Industrie 4.0 zu bedienen bzw. weiter voranzutreiben.

### Ideen für mehr Nachhaltigkeit und Materialeffizienz

Um die Nachhaltigkeit bei Verpackungsprodukten zu steigern, setzt die BASF SE, Ludwigshafen, in Zusammenarbeit mit der RPC Bebo Plastik GmbH, Bremervörde,



**Bild 1.** Kaffeekapseln aus industriell kompostierbarem Kunststoff: Gerade bei Verpackungen bestimmen nicht allein technische Optionen, sondern Forderungen aus Markt und Politik die Anforderungen an Werkstoffe und Verfahren im Thermoformen (© BASF, RPC)

auf kompostierbare Kunststoffe. Die unter dem Namen ecovio vertriebenen Kunststoffe gibt es in unterschiedlichen Grades, die beispielsweise mit Polystyrol (PS), Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS) oder Polypropylen (PP) vergleichbar sind. Die Materialien bestehen dabei aus einer Mischung des bioabbaubaren Kunststoffs ecoflex von BASF und Polymilchsäure (PLA). Ecoflex kann dabei je nach Type aus fossilen oder biobasierten Bausteinen hergestellt werden. Die Materialkombinationen sind dabei zertifiziert kompostierbar, werden innerhalb von maximal zwölf Wochen im industriellen Kompost abgebaut und erfüllen somit die Anforderungen der Norm DIN EN 13432. Auf konventionellen Flachfolienanlagen damit hergestellte Ein- oder Mehrschichtfolien lassen sich anschließend im Thermoformen

weiterverarbeiten, auch zu Lebensmittelanwendungen (**Bild 1**).

Die Pöppelmann GmbH & Co. KG, Lohne, setzt Rezyklate aus dem gelben Sack ein, also PCR-Material (Post Consumer Recycled), um die Nachhaltigkeit ihrer Produkte zu erhöhen. Die Initiative Pöppelmann blue bahnt dabei durch recyclinggerechtes Design und den Einsatz von Recyclingkunststoffen den Weg zu einem geschlossenen Rohstoffkreislauf für Pflanztöpfe (**Bild 2**) und Trays. Aufgrund der speziellen Farbgebung lässt sich der eingefärbte Kunststoffe mittels Nahinfrarot-Scantechnik detektieren. Dabei kann auch zwischen z.B PP, PE und PET unterschieden werden. Der so während der Sortierung identifizierte Kunststoff kann wiederum der Herstellung neuer Pflanztöpfe zugeführt werden.



**Bild 2.** Geschlossener Rohstoffkreislauf: Die Farbe „Recycling Blue“ erlaubt bei der Sortierung des Post-Consumer-Materials aus dem Dualen System Deutschlands die sichere Identifizierung des Kunststoffs (© Pöppelmann)

Um die Materialeffizienz zu steigern und den Prozess effizienter zu gestalten sowie zu beschleunigen, hat die Frimo Freilassing GmbH das Frimo Accurate Blank Laminating, kurz Fabl entwickelt. Beim Vakuum- oder Press-Kaschieren werden Bauteiloberflächen mit hochwertigen Materialien veredelt, die so sparsam wie möglich eingesetzt werden sollen. Kern der neuen Technik ist das präzise Kaschieren mit zuvor konturgenau gefertigten Dekorzuschnitten. Dabei kommen sowohl PVC- oder TPO-basierende (thermoplastische Elastomere auf Olefinbasis) Oberflächenmaterialien als auch textile Dekorstoffe oder Kunstleder zum Einsatz. Derartige Fertigungszuschnitte lassen sich wesentlich enger in einer Bahn platzieren,

sodass im Vergleich zum herkömmlichen Kaschierprozess deutlich weniger Verschnitt anfällt. So können sowohl beim Dekormaterial als auch beim Kleber 25 bis 45% Material eingespart werden. Dies schont nicht nur Ressourcen, sondern spart insbesondere Kosten beispielsweise bei teuren Automotive-Dekormaterialien.

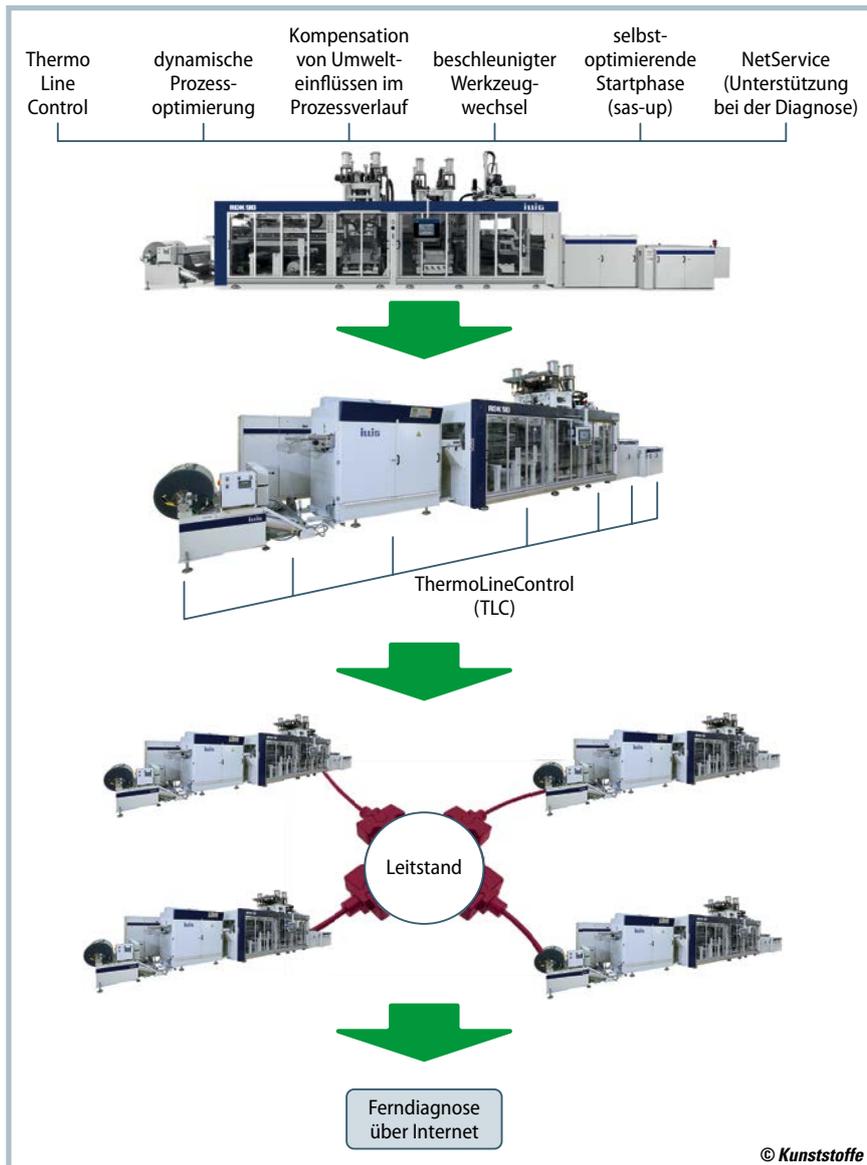
Beim Fabl-Kaschieren wird in einem Arbeitsschritt ein verbrauchsoptimierter Dekorzuschnitt auf einen Träger aufkaschiert. Dabei ziehen elektromotorisch positionsgeregelte Zangenantriebe das Material so, dass sich keine Falten bilden (**Bild 3**). Zudem werden auf der dreidimensionalen Oberfläche des Trägerteils ein präzises Positionieren und einstellbares Nachgleiten des Zuschnitts während des Kaschiervorgangs zugelassen. Das Verfahren erzielt dadurch einen vergleichsweise geringeren Narbauszug und eine höhere Restwandstärke, was zu einem höherwertigen Erscheinungsbild beiträgt. Weiterhin besteht die Möglichkeit, im konventionellen Kaschierverfahren nicht erreichbare Gestaltungen bzw. Formen zu realisieren, z.B. einteilige Türträger nur partiell mit Dekormaterialien unterschiedlicher Farben zu kaschieren. Ebenso sind Bauteile mit dekorativen Ziernähten oder die zunehmend gefragten Smart Surfaces herstellbar, bei denen Funktionselemente in die Dekoroberfläche integriert werden.

*Nichts geht mehr ohne Industrie 4.0*

Immer wichtiger werden beim Thermoformen auch sichere Datenspeiche- »



**Bild 3.** Genauer und ressourcenschonend kaschieren: Draufsicht auf eine Fabl-Presskaschier-Umbugkavität mit kompletter Medienversorgung. Umlaufend sind elektromotorisch positionierbare Dekorspannzangen mit integrierten Umbugschiebern angeordnet (© Frimo)



**Bild 4.** Vernetzungsebenen (von oben nach unten): Das zentrale Intelligent-Control-Konzept (IC) der Thermoformanlage besteht aus sechs Komponenten (ganz oben). Es regelt den Produktionsablauf und stimmt sich mit kompatiblen Modulen ab. Die Einzelmaschinen der Linie kommunizieren über TLC. Ein Leitstand führt alle Einzelmaschinen-Prozesse zusammen und überwacht, optimiert und steuert die Linien. Weltweite Ferndiagnose ist über Internet möglich (Quelle: Illig)

nung, eine ortsunabhängige effiziente Datenverarbeitung sowie die Analyse und die Ableitung von Prozessverbesserungen aus diesen Daten. Frimo treibt am Standort Freilassing mit dem Thermoformen 4.0 die Vernetzung weiter voran, um flexibel auf Kundenwünsche reagieren zu können sowie Prozesse zu verbessern. Dazu werden Daten aus dem Thermoformprozess aufgezeichnet, visualisiert und analytisch aufbereitet, um sie für Nachfolganwendungen zur Prozessoptimierung nutzbar zu machen. Alle relevanten Daten sind auch ortsunabhängig auf mobilen Endgeräten darstellbar.

Über den Datentransfer in die Cloud sind Maschinen-, Produktions-, Energie- und Maintenance-Daten, wie z. B. Temperaturen, Drücke, Endlagen, Positionen oder Energieaufnahmen, für Frimo-Mitarbeiter und Kunden stets verfügbar und können analysiert und ausgewertet werden. Die automatisierte Datenerfassung ermöglicht auch Anpassungen und Verbesserungen direkt im Prozess, sodass Produktion und Prozesse schneller und transparenter werden. So lassen sich Fehler frühzeitig erkennen und bereits präventiv abstellen, z. B. durch die Bereitstellung von Ersatzteilen und Planung von

Serviceeinsätzen. In der Instandhaltung unterstützt ein Ferndiagnose-Tool den Kunden bei der raschen Problemlösung. Dabei kann eine Datenbrille nicht nur den Anlagenzustand via Internet an den Service-Techniker übertragen, sondern sogar Sprachbarrieren überwinden, weil ihre integrierte Chat-Funktion in die gewünschte Sprache übersetzt.

Auch die Illig Maschinenbau GmbH & Co. KG, Heilbronn, setzt auf die stetige Weiterentwicklung ihrer Maschinen durch Digitalisierung und Industrie 4.0. Die Bedienung der immer komplexeren Thermoform-Linien soll das Thermoformsystem-Bedienkonzept IC (Intelligent Control) erleichtern, wobei kompatible Module zu mehr Produktivität, Reproduzierbarkeit und Maschinenverfügbarkeit verhelfen sollen. Weiter lassen sich mit ThermoLineControl (TLC) die Prozesse aller Einzelmaschinen einer Thermoformlinie zentral verwalten, überwachen, verbessern und regeln. Dadurch erhöht sich der Bedienkomfort bei der Prozessoptimierung und der Datenverwaltung. Weiterhin werden Fehleranalyse und Fehlerbehebung einfacher und effektiver. Statt über viele verschiedene Knöpfe bzw. Bedienfelder, können über TLC alle Prozesse der Einzelmaschinen in den Linien zentral zusammengeführt und somit direkt verbessert, überwacht und gesteuert werden. Weil sich das Steuerungskonzept einer Produktionslinie in den Illig-NetService einbinden lässt, können Techniker von Heilbronn aus über das Internet in Komponenten der Anlage Einblick nehmen, diagnostizieren und eingreifen (**Bild 4**).

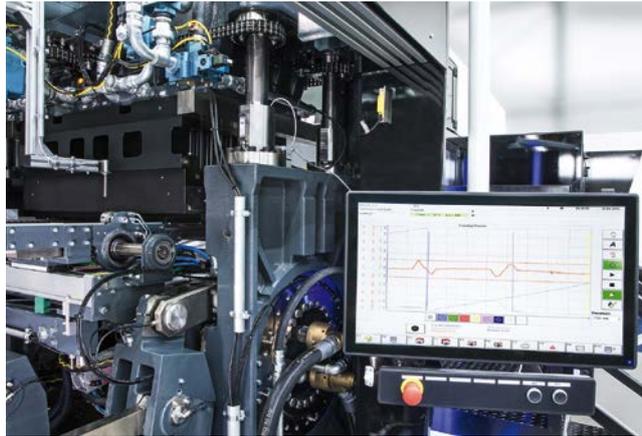
### Steigerung der Energieeffizienz

Ähnlich setzt die Kiefel GmbH, Freilassing, in Bezug auf Industrie 4.0 auf Usability und User Experience. Sensorik und Interfaces führen zu einer immer größeren horizontalen und vertikalen Systemvernetzung von Thermoformmaschinen. Damit einhergehend verändern sich auch die Anforderungen an die Interaktion der Maschinen untereinander sowie von Mensch und Maschine. Eine ganzheitliche und interdisziplinäre Betrachtung des Bedien- und Nutzungsprozesses von Thermoformmaschinen und Prozesslinien wird immer wichtiger (**Bild 5**). Ebenso setzt Kiefel auf die Steigerung der Energieeffizienz. Da je nach Produkt bis zu 10% der Herstellkosten

auf die tendenziell steigenden Energiekosten zurückzuführen sind, wird neben dem Einsatz von servo-motorischen Antrieben auch der Energieverbrauch der Heizungen stetig reduziert, da beim Thermoformen der mit Abstand größte Energiebedarf auf das Aufheizen der Materialien entfällt. Ein Ansatz zur Steigerung der Energieeffizienz ist das schnellere Aufheizen der Anlage bzw. der Hauptheizung. Durch die Überarbeitung und Anpassung der Hauptheizungen werden Aufheizzeiten von unter fünf Minuten angestrebt. Zusätzlich lässt sich die Energieeffizienz durch effizientere Strahlersysteme erhöhen. Die Verbesserung der Wirkungsgrade steigert die Effizienz der Systeme um ca. 10% und verbessert so nicht nur die Energiebilanz, sondern erhöht auch die Produktivität der Anlage und senkt so die Produktionskosten insgesamt.

### Weiterentwicklung von speziellen Verfahren

Die Niebling GmbH, Penzberg bei München, entwickelt und vertreibt Anlagen- und Werkzeugtechnik für die Verformung von Kunststofffolien für den speziellen HPF-Thermoformprozess (High Pressure Forming) (Bild 6). Funktionsintegration und Flexibilität stehen dabei genauso wie eine präzise Verformung im Fokus. Durch Hochdruck von um die 100 bar kommt der Prozess mit geringerer Vorerwär-



**Bild 5.** Prozesskontrolle stellt die Produktqualität sicher (© Kiefel)

mung der Folie aus und erreicht dadurch weit höhere Präzision in Bezug auf Positionier- und Wiederholgenauigkeit mit wesentlich geringerer Verstreckung als in traditionellen Thermoformverfahren. Eingesetzt werden diese Folien hauptsächlich im Automobilinterieur für Dekorteile wie z.B. Navigations- oder Displayblenden oder auch bei multifunktionalen Touch-Bedienelementen, bei denen es nicht nur aufgrund der visuellen Anforderungen, sondern auch aufgrund der elektronischen Komponenten, auf Präzision ankommt. Dadurch werden beispielsweise Kurzschlüsse von Leiterbahnen vermieden und Design- sowie Funktionselemente der Bedienpanels exakt positioniert.

Im FIM-Prozess (Film Insert Molding) bzw. IML (In-Mold Labeling) werden die-

se 3D-Folien im Spritzgießen hinterspritzt und/oder überflutet. Funktionelle Bauteile wie In-Mold Electronics (IME) mit bereits vor dem Verformen gedruckten Leiterbahnen und bestückten elektronischen Komponenten können ebenfalls verarbeitet werden. Durch die stetige Weiterentwicklung der eingesetzten Folien und Lacke in Bezug auf u.a. Kratzbeständigkeit erlangt dieser Prozess auch immer mehr Bedeutung im Automobilinterieur, wie z.B. für Embleme im Kühlergrill mit integrierter Heizung und Durchsicht für Radarkameras. Die Folie in Hochglanzoptik im Interieur mit Hinterleuchteffekten tritt dabei vermehrt an die Stelle des traditionellen Lackierens mit anschließendem Auslasern der Symbole. Automatisierte Hochdruckformanlagen von Niebling unterstützen die »

**Bild 6.** Hochdruckverformen mit der SAMK 650: Die Maschine ermöglicht die halbautomatische Herstellung von präzise geformten Bauteilen bis 650x400 mm Größe

(© Niebling)



wirtschaftliche Umsetzung auch für große Stückzahlen.

Auch die Geiss AG, Sesslach, bedient mit ihren Anlagen den Trend der immer größer werdenden flächigen Bauteile z. B. für Automobilanwendungen. Außenbeplankungen können im Thermoformen

hergestellt werden, da die Maschinen die Abmaße zulassen (zurzeit bis zu 12 m<sup>2</sup>), bei denen Spritzgießanlagen auch aufgrund der zu realisierenden Wandstärken an ihre Grenzen kommen. Die Maschinen sollen in Zukunft sogar technische Bauteile formen können, die Abmaße bis 17 m<sup>2</sup> und mehr aufweisen. Beispiele für thermogeformte Bauteile in dieser Größenklasse sind Innenausstattungen für Badezimmer, Ambulanzfahrzeuge sowie Liftkabinen. Ziel ist dabei das Vermeiden zusätzlicher Arbeitsschritte wie Verkleben, Verschrauben oder Verschweißen, um die Prozesskette zu verkürzen und somit die Kosten zu senken.

Neben der Vergrößerung von Maschinen- und Anlagentechnik bedient Geiss auch den Trend des Designens von Bauteilen im Werkzeug mit der Möglichkeit, Formteile im IMD-Verfahren (In-Mold Decoration) herzustellen. Die be-

druckten Folien werden dabei im Werkzeug umgeformt, benötigen aber aufgrund der durch die Verstreckung beanspruchten Lacke ein nachträgliches Härten. Je nach Kunststoff und Druck sind unterschiedliche Strahlersysteme nötig, die beispielsweise in einem Härtungstunnel positioniert sind. Dies erfordert allerdings weiteren Platz und maschinen-technische Komponenten. Alternativ können spezielle Heizstationen über das geformte Bauteil fahren und es dabei in der Form härten. Die Auswahl der Strahler ist von Lack und Kunststoff abhängig. So werden zum Erwärmen u.a. Infrarot-Strahler (IR) verwendet, die auch manche Lacke aushärten können; für andere Lackarten sind jedoch eigene Ultraviolett-Strahler (UV) notwendig.

Wenn IR-Strahlung zum Aushärten genügt und das Bauteil niedrige Abmaße besitzt, genügen eine Ober- und Unterheizung, die unabhängig voneinander verfahrbar sind. Nach dem Umformen des Kunststoffs kann somit die Oberheizung zum Aushärten des Bauteils erneut eingefahren werden, sodass nur lackierte Bereiche bestrahlt werden. Dabei muss eine zweite Heizwerteneinstellung realisiert werden, was reaktionsschnelle Halogenstrahler voraussetzt. Bei größeren Bauteilhöhen vermeidet eine höher positionierte, dritte IR-Heizstation Kollisionen mit dem geformten Bauteil (**Bild 7**). Das Ein- und Ausfahren der Heizungen über das geformte Bauteil bringt des Weiteren den Vorteil, dass das Bauteil während des Aushärtens auf dem Werkzeug verbleiben kann. Die formstabile Fixierung verhindert Verzug bzw. Zurückstellen des Kunst-

## Der Autor

**Dennis Balcerowiak** forscht auf dem Gebiet Thermoformen.

## Service

### Literatur & Digitalversion

» Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/6834355](http://www.kunststoffe.de/6834355)



**Bild 7. IMD-Anwendung: Thermoformanlage T10 mit mehreren Heizsystemen zum Aushärten von Lacken** (© Geiss)

stoffs während des Härten und erlaubt höhere Strahlerleistungen, sodass das Aushärten beschleunigt wird.

### *Wanddicken steuern*

Neben den In-Mold-Technologien zeichnet sich der Trend ab, Folien nicht mehr homogen zu erhitzen. Das stark temperaturabhängige Materialverhalten lässt sich nutzen, um die Verstreckwiderstände lokal zu beeinflussen und so die Wanddicken der thermogeformten Bauteile zu steuern. Angepasste Folienheizungen erzeugen eine Temperaturprofilierung, indem sie Bereiche, die höhere Verstreckungen aufweisen sollen, intensiver erhitzen. So lassen sich beispielsweise Dünnstellen, die bei homogener Folienerwärmung entstehen würden vermeiden. Durch die gleichmäßigere Materialverteilung ist es möglich, dünnere Folien einzusetzen und dadurch die Materialeffizienz zu steigern.

Um solche Temperaturprofile einzustellen, stehen unterschiedliche Verfahren zur Wahl. Neben dem Einsatz von Lasern, die die Folien mit unterschiedlicher Intensität bestrahlen, werden Kontaktheizungen eingesetzt, die durch Wärmeleitung an den ausgewählten Stellen lokal zusätzliche Wärme einleiten. So hat die watttron GmbH, Freital, ein modulares und lokal ansteuerbares Heizsystem entwickelt, das genaue Temperaturprofilierung ermöglicht und so bis zu etwa 30% an Kunststoff und Energie einsparen kann [1]. Neben der Kontaktheizung besteht auch die Möglichkeit, mittels Masken ein Temperaturprofil aufzuprägen. So wurde am Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV) an der RWTH Aachen das Verfahren weiterentwickelt, Masken in die Heizstati-

on zu integrieren, die die Strahlung abschirmen. Durch den Schattenwurf werden Bereiche der Folie lokal weniger stark erhitzt, wodurch sich das Temperaturprofil auf der Folie einstellt.

Ein Ansatz zur Wanddickensteuerung über Temperaturprofile, der mit Druckluft die Wärmeverteilung beeinflusst und lokal Druck ausübt, ist die Formluft-Impact-Technologie (FIT) des Fraunhofer IVV in Dresden (siehe S. 162). Zur Steuerung der Oberflächentemperatur dient auch die TSHC-Technologie (Time Shifted Heat Control) von Frimo, die mit Halogen-Infrarotstrahlern arbeitet (siehe S. 167).

### *Fazit:*

#### *Das Bauteil macht den Unterschied*

Die Entwicklungen im Thermoformen hängen sehr stark von den zu fertigenden Bauteilen ab und sind daher uneinheitlich. Während bei Verpackungen der Fokus auf höherer Materialeffizienz, Recycling sowie neuartigen Biopolymeren liegt, ist bei der Herstellung von technischen Bauteilen die Systemintegration von verschiedenen Funktionen im Bauteil sowie die Integration mehrerer Verarbeitungsschritte in einer Anlage von Bedeutung und bedient auch die stetige Nachfrage nach Flexibilität. Die verbesserten Möglichkeiten der Prozessüberwachung und -auswertung der Daten durch die Vernetzung von Anlagen sowie Anlagenkomponenten – also der Einsatz von Industrie 4.0 – erlaubt es, Prozesse immer effizienter zu gestalten und Probleme schneller zu beheben. Unabhängig von Bauteilen und Verfahren sinkt grundsätzlich auch der Energiebedarf der Anlagen immer weiter und macht effizientere und damit auch kostengünstigere Prozesse möglich. ■