

Das ICM-Verfahren versucht in der Verpackungsherstellung Fuß zu fassen

## Wer macht den Anfang?

Ein Kunststoffbecher als Lebensmittelbehälter hat mehrere Reisen vor sich – und immer geht es um Effizienz. Die Effizienz, mit der er hergestellt, gestapelt und zum Abfüller transportiert wird. Die Effizienz, mit der er dort durch die Abfüllanlage läuft und samt Inhalt in die Regale der Supermärkte verbracht wird. Und die Effizienz, mit der er schließlich eine Sortier- und Recyclinganlage durchläuft, auf dem Weg zurück in den Kreislauf. Warum im ICM-Verfahren produzierte Becher in jeder Lebensphase die Konkurrenz ausstechen.



Die Dünnwandverpackung ist voll recycelbar, weil Siegfelie, Dekorlabel und Becher sämtlich aus PP bestehen und sich im Recyclingprozess voneinander trennen lassen. © Glaroform

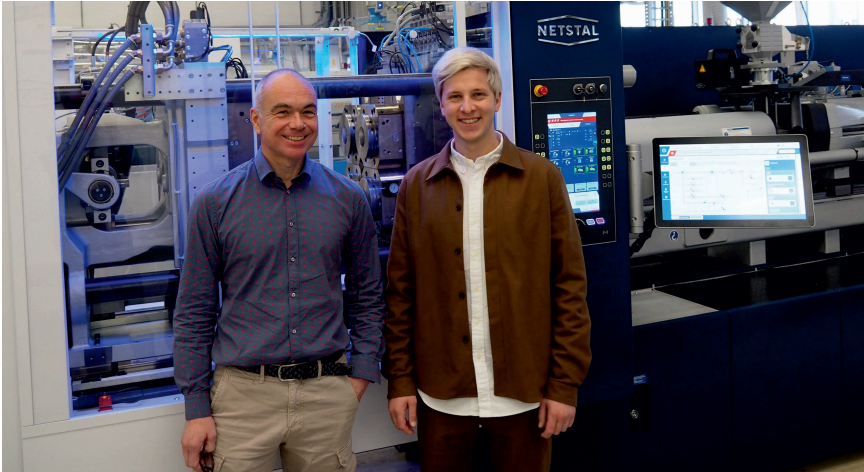
Ein Kunde, der im Supermarkt vor dem Kühlregal steht, erkennt vermutlich intuitiv, dass sich die Verpackungen zum Beispiel von Milchprodukten wie Joghurt, Skyr oder Fruchquark unterscheiden. Abgesehen von Glasbehältnissen sieht er Kunststoffbecher mit und ohne Kartonwickel, mit Kunststoff- oder Aludeckel. Sehr wahrscheinlich entscheidet der Kunde ohnehin nach Preis, Geschmack oder seiner Lieblingsmarke, aber sollte das Kriterium, welche Verpackung die nachhaltigste und umweltfreundlichste ist, in die Entscheidung mit einfließen, wäre er mit Sicherheit überfordert. Vielleicht sind das sogar manche Verpa-

ckungshersteller und Großabfüller, die durch laufende Verträge zudem oft an eine bestehende Anlagentechnik gebunden sind. Weiteres Problem somit: Bis der Markt eine neue Technologie mit kleinerem ökologischen Fußabdruck akzeptiert und großflächig einführt, können Jahre vergehen. Auch davon handelt diese Geschichte.

### *Das Limit liegt nicht bei der Wanddicke, sondern bei der Funktion der Teile*

Ein trüber Tag im November. In der Zentrale der Netstal Maschinen AG im Schweizer Kanton Glarus versammelt

sich ein kleines Grüppchen, um die Vorteile eines im Spritzprägeverfahren (Injection Compression Molding, kurz ICM) hergestellten Joghurtbechers mit Zahlen zu untermauern. Die Berechnung ist einigermaßen komplex (Tabelle S. 69), aber um es vorwegzunehmen: Im Vergleich zu thermogeformten Produkten, dem Quasi-Standard, lassen sich mit dem ICM-Verfahren im konkreten Fall, hochgerechnet auf eine Jahresproduktion, rund 165 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente (CO<sub>2</sub>e) einsparen; gegenüber klassisch spritzgegossenen Bechern sogar noch mehr (206 Tonnen CO<sub>2</sub>e). Wolfgang Zangerle, Head of Business Intelligence »



**Bild 1.** Reto Gmür (links), Produktmanager Packaging bei Netstal, und Robin Eberle, Vertriebsleiter bei Glaroform, im Netstal-Technikum in Näfels. © Hanser/C. Doriat

bei Netstal, wertet das Ergebnis so: „Je nach Stellschraube, die man beim Dateninput dreht, kann die Zahl sich zu Gunsten des einen oder anderen ändern, aber der Trend ist eindeutig.“

Fragt man nach den genauen Gründen, tauchen die Experten ein in die Umstände, wie die drei Faktoren Material, Herstellung und Transport sich gegenseitig beeinflussen. Den größten Posten macht der Materialverbrauch aus, hier spielt das ICM-Verfahren seinen stärksten Trumpf aus. Robin Eberle (**Bild 1**), Leiter Marketing und Sales beim benachbarten Werkzeugbauer Glaroform, verweist auf ein Gemeinschaftsprojekt, das mehrere Unternehmen (**Kasten S. 70**) in einer Entwicklungspartnerschaft mit der Emmi

AG, der größten Abfüllerin für Molkereiprodukte in der Schweiz, auf der Fachmesse Fakuma 2023 vorgestellt haben. Dort fertigte eine Maschine des Typs Elion 1750-450 mit hybridem Spritzaggregat in einer Zykluszeit von 2,85 s aus Polypropylen (PP) jeweils vier gelabelte Joghurtbecher für 200 g Füllgewicht (**Bild 2**). Die Produktdaten:

- Gewicht 5,8 g (inkl. IML-Label)
- Durchmesser 86/61 mm (oben/unten), Höhe 67 mm
- Wanddicke 0,28 mm (Seitenwand), max. 0,46 mm (Boden)
- Material Sabic FPC 45 (mit MFI 45 g/10 min).

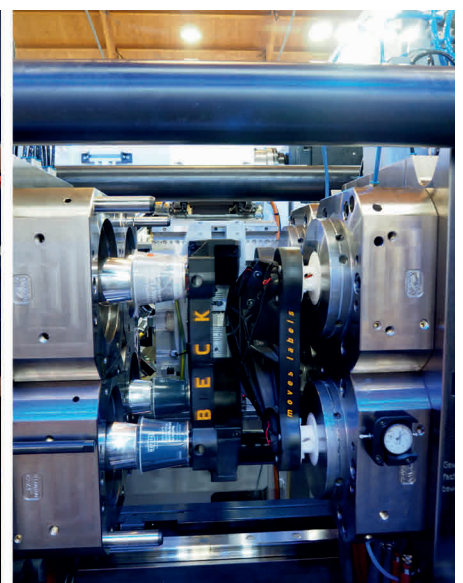
„Damit sparen wir im Vergleich zu den über 8 g schweren Bechern, die im klassi-

schen Spritzgießverfahren hergestellt werden, fast 30% Material ein“, so Eberle. Zwar sei der Spritzgießprozess damit nicht völlig ausgereizt, aber eine derart geringe Wanddicke wie beim Spritzprägen bleibe unerreichbar. Eberle weiter: „Wenn wir das Label abziehen, werden aus den 0,28 mm Wanddicke nur noch 0,22 mm. Das Limit des ICM liegt aber nicht bei der Wanddicke, sondern bei der Funktion der Teile. Wir können so dünn gehen, dass das Teil nicht mehr brauchbar ist.“ Das wäre etwa der Fall, wenn die Becherwand so dünn ist, dass das sogenannte Top-Load darunter leidet, also die Axialdruckfestigkeit. Damit würde man beim Transport ein Fiasko, etwa das Aufplatzen der Becher riskieren – oder einen bekleckerten Konsumenten, der die Siegfolie mit Druck auf den Becher abreißen muss.

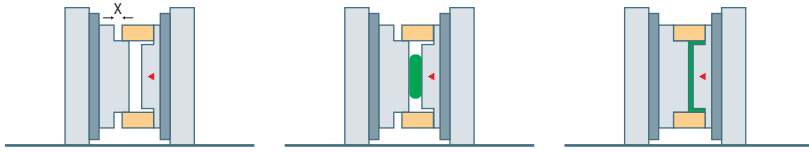
### *Der Formschluss erzeugt die finale Druckspitze*

Was den ICM-Bechern trotz ihrer geringen Wanddicke hilft, beim Transport nach dem Abfüllen oder der Stapelung im Supermarktregal so gut abzuschneiden, sind die per In-Mold Labeling (IML) aufgetragenen Etiketten. Diese koaxial verstreckten BOPP-Thermofolien hieven den Stauchwiderstand der fertig dekorierten Becher auf Werte, wie sie in der Verpackungsindustrie gewünscht sind.

Was macht das ICM-Verfahren nun so besonders? Der Spritzprägeprozess ist an



**Bild 2.** Impression von der Fakuma 2023, wo das Leistungsvermögen der Anlage fünf Tage demonstriert wurde. Rechts: Produktentnahme und Positionierung der Label für den nächsten Schuss vis-à-vis. © Netstal, Hanser/C. Doriat



**Bild 3.** Die Spritzgießmaschine spritzt die Schmelze in 0,08 s in den Prägespalt (x) des nicht geschlossenen Werkzeugs ein. Nach dem Schließen des Werkzeugs wird der Kunststoff zum Formteil „verprägt“. Quelle: Netstal; Grafik: © Hanser

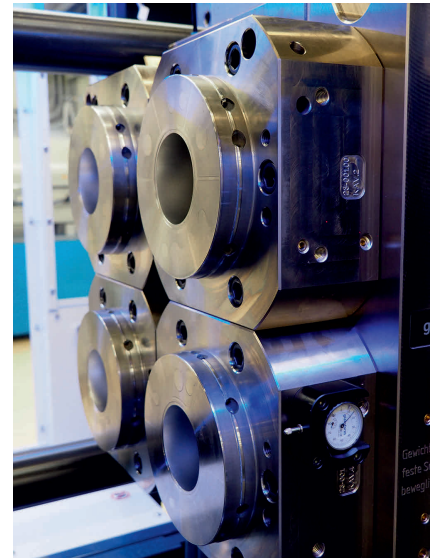
sich nichts Neues. „Die Patente dazu stammen aus den 1940er-Jahren, bei Verpackungsanwendungen kommt das Verfahren aber erst seit ein paar Jahren zum Einsatz“, erklärt Reto Gmür, Produktmanager Packaging bei Netstal. „Der Clou an dem Ganzen ist, dass wir das Werkzeug zum Einspritzen nicht ganz schließen, sondern nur auf den sogenannten Prägespalt zufahren. Nach dem Einspritzen erzeugt das Schließen des Werkzeugs die finale Druckspitze in der Kavität und nicht, wie beim Spritzgießen, das Einspritzaggregat.“ Auf diese Weise ist es möglich, die Fließlänge in der Kavität mit der gewünschten Dünnwandigkeit zu überwinden. Das Fließweg/Wanddicken-Verhältnis beträgt hier 350:1.

Während der Einspritzdruck also vergleichsweise niedrig liegt, wird der eigentliche Produktformungsprozess mit einem mechanischen Hub erledigt, die Kunststoffschmelze dabei „verprägt“ (Bild 3). Die Breite des Prägespalts ist produktabhängig und liegt in diesem

Fall bei 3 mm. „Weil eine Spritzgießmaschine aber primär dafür gebaut ist, die Schließkraft für das mit hohem Druck folgende Einspritzen aufzubauen, haben wir die Regelkreise der Maschine entsprechend angepasst. Mit der Schließkraft definieren wir hier im Prinzip nur die Wanddicke“, so Gmür. Zangerle, der Mann von der Business Intelligence, ergänzt: „Das Werkzeug muss hochpräzise stehen, weil wir in ein noch nicht vorgespanntes System Energie einbringen. Wiederholgenauigkeit und Plattenparallelität müssen auf Top-Level sein. Auf einmal wird die Schließe – wir machen das mit einem Kniehebel – sehr gefordert. Aber präzise zu sein ist für uns kein Problem, weil wir sehr robust bauen.“

**Teures Werkzeug, sparsames Werkzeug**

Doch die Maschine kann ihren Zweck nur erfüllen mit einem adäquaten Werkzeug (Bild 4). Würde man die Wanddicke des Bechers radial abtasten, so Zangerle, würde man gleichbleibende Werte



**Bild 4.** Das 4-fach-Werkzeug, hier die Düsen-seite, muss während der Bewegung zentrieren. © Hanser / C. Doriat

detektieren. Werkzeugspezialist Eberle nimmt den Ball auf: „Ein maßgeblicher Punkt ist natürlich ein ausbalancierter Heißkanal, damit die gleiche Menge Material in jede Kavität eingespritzt wird. Der große Unterschied für uns ist, dass wir beim normalen Spritzgießen konisch zentrieren – das Werkzeug ist geschlossen und dann wird eingespritzt. Beim ICM müssen wir während der Bewegung zentrieren, das geht konisch nicht, nur zylindrisch. Der Vorgang muss aus den genannten Gründen sehr präzise sein, und damit das lange Zeit funktioniert, arbeiten wir mit einer speziellen Beschichtung, die wir auf die Zentrierungen anwenden.“

Was heißt das für den Anlagenbeschaffer? Eberle muss nicht lange überlegen: „Dieses Werkzeug ist 30% teurer als ein normales Spritzgießwerkzeug. Aber die Business Intelligence kann sicher begründen, warum der Invest sich lohnt.“ Zangerle übernimmt mit einem Lachen und rechnet überschlagsweise: „Bei einer Abschreibungsdauer von zehn Jahren macht das beim Werkzeug vielleicht 3% auf den Stückpreis aus. Das bedeutet, mit ICM ist der Stückpreis 0,3% höher. Diese Differenz kompensiere ich aber dadurch, dass sich der Materialkostenanteil, der bei Verpackungen normalerweise bei 60 bis 65% liegt, um 30% reduziert. Damit ist der Stückpreis beim ICM um mindestens 15% billiger. Das bedeutet im Umkehrschluss, dass der Verar- ➤

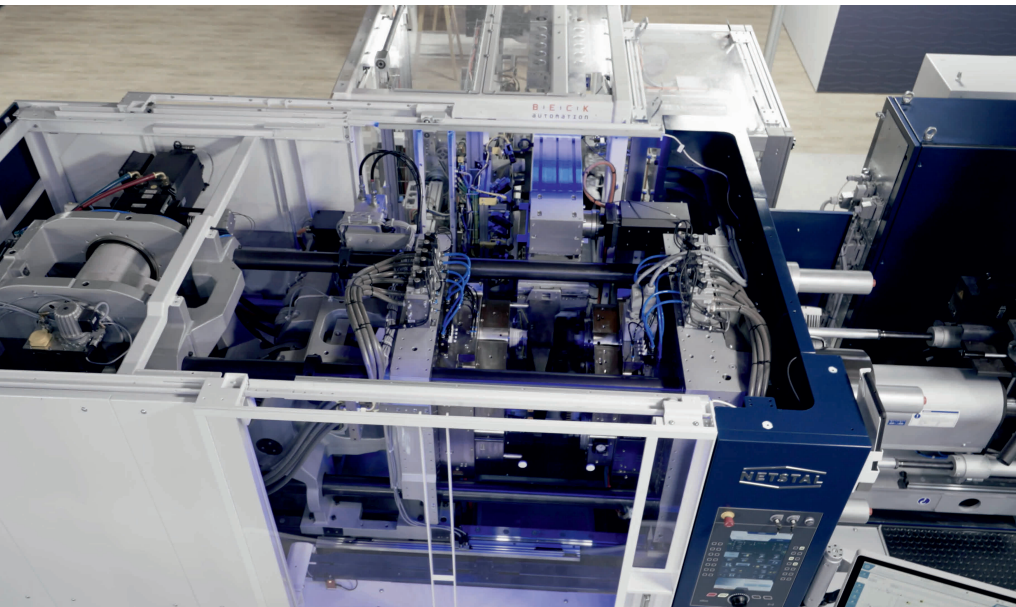
Verfahren	Spritzgießen (alt)	Spritzprägen (ICM)	Tiefziehen (TZ)	Δ TZ/ICM
<b>Datenbasis</b>				
Produktgewicht	8,30 g <sup>1)</sup>	5,80 g <sup>1)</sup>	6,68 g <sup>2)</sup>	-13 %
spezif. Energieverbrauch	0,944 kWh/kg	0,998 kWh/kg	1,286 kWh/kg	-22 %
<b>Berechnung für eine Jahresproduktion (7/24) von 8000 h</b>				
Material <sup>3)</sup>	16,60 g CO <sub>2</sub> e/p	11,6 g CO <sub>2</sub> e/p	14,6 g CO <sub>2</sub> e/p	-21 %
Herstellung	2,62 g CO <sub>2</sub> e/p	1,94 g CO <sub>2</sub> e/p	2,87 g CO <sub>2</sub> e/p	-33 %
Transport	0,28 g CO <sub>2</sub> e/p	0,20 g CO <sub>2</sub> e/p	0,23 g CO <sub>2</sub> e/p	-13 %
<b>Gesamt</b>	<b>19,50 g CO<sub>2</sub>e/p</b>	<b>13,74 g CO<sub>2</sub>e/p</b>	<b>17,70 g CO<sub>2</sub>e/p</b>	<b>-22 %</b>

<sup>1)</sup> inkl. Label

<sup>2)</sup> ohne Karton-Banderole: 6,1 g Artikelgewicht + 0,58 g prozessbedingter Verlust bei 2 mm Randabstand im Werkzeug; mit Banderole: 10,1 g

<sup>3)</sup> Becher und Label

**Tabelle.** CO<sub>2</sub>-Bilanz für einen Joghurtbecher (p = Produkt) mit 200 g Füllgewicht. In die Modellrechnung fließen ein: konkrete Werte für Zykluszeit bzw. Output und das CO<sub>2</sub>-Äquivalent für das verwendete PP (2,0 g CO<sub>2</sub>e/g), aber auch Annahmen wie die Transportdistanz (628 km) und der standortabhängige CO<sub>2</sub>-Faktor für die Stromproduktion (334 g CO<sub>2</sub>e/kWh). Quelle: Netstal



**Bild 5.** Angedockt an die Maschine ist die „Side-Entry“-IML-Automation (im Hintergrund); in die Zelle ist auch ein Inspektionssystem zur Qualitätssicherung integriert. © Netstal

beiter bei gleichem Marktpreis automatisch einen viel höheren Profit erzielt.“ Dazu komme dann noch die um 10 bis 15 % kürzere Zykluszeit beim Spritzprägen.

Außerdem, fügt Eberle hinzu, ist der Werkzeugverschleiß aufgrund der niedrigeren herrschenden Kräfte wesentlich geringer. Eine Einschränkung lässt der Glaroform-Vertriebsleiter jedoch gelten: „Was noch fehlt, muss man fairerweise sagen, ist die Langzeiterfahrung. Aber auch wenn wir noch kein Werkzeug vorweisen können, das die 50-Millionenschuss-Marke vor Totalrevision geknackt hat – die Tendenz zeigt ganz klar in die Richtung.“ Und die Technologie kann einiges leisten: „Wir können auch weniger leicht fließende Materialien verarbeiten, die dafür mehr Stabilität versprechen. Zum Beispiel ein PP mit MFI 25 – bei gleicher Wanddicke! Mit einem Trinkbecher haben wir das bereits erfolgreich umgesetzt. Da hätte man früher im Traum nicht dran gedacht“, so Eberle.

### **Der dünnere Tiefzieh-Becher ist schwerer – in zweifacher Hinsicht**

Zurück zum 200-g-Joghurtbecher. Auf dem Tisch im Besprechungszimmer liegen ein paar Exemplare, spritzgegossene, spritzgeprägte und thermogeformte. Robin Eberle zieht die IML-Folien ab und konstatiert: „Wenn man den ICM-Becher ohne Label anfasst – der ist so

viel dünner als der im normalen Spritzguss hergestellte und fühlt sich eigentlich an wie ein tiefgezogener Becher.“ Mit diesem Paradoxon zum großen Rivalen des Spritzgießens und Spritzprägens: dem Thermoformen. Selbstredend hat Zangerle ein paar Zahlen parat, um den tiefgezogenen und den ICM-Becher, beide mit gleichen Maßen, miteinander zu vergleichen: „Unser Becher verbraucht in der Herstellung 13% weniger Kunststoff und ca. 22% weniger Strom pro Kilogramm Materialdurchsatz. Das Produkt kommt fix und fertig aus der Spritzgießmaschine und ist über 40% leichter als der dekorierte Tiefzieh-Becher mit seinen 10,1 g.“ Grund dafür: Die Dekoration ist im einen Fall ein hauchdünnes Label, im anderen eine Karton-Banderole, die von Haus aus schwerer ist und deren Anwendung im Gegensatz zum IML-Spritzprägen (**Bild 5**) einen mehrstufigen Prozess erfordert.

Obwohl der thermogeformte Behälter mit ca. 0,20 mm Wanddicke noch etwas dünner ist als der ICM-Becher – das darf er auch sein, weil der Kartonwickel ihm mehr Stabilität verleiht –, wiegt sein Kunststoffanteil insgesamt schwerer (**Bild 6**). Denn er wird aus einer Kunststoffbahn mit einer gewissen Dicke, in diesem Fall etwa 1,1 mm, erzeugt. „Tiefziehen ist eine tolle Technologie, keine Frage, vor allem beim Output. Aber je tiefer man zieht, umso dicker muss die Folie sein, um sie in einem bestimmten

Ringmaß verstrecken zu können. Sonst ist der Becher unten offen oder die Wand reißt ein. Verfahrensbedingt ist die Dicke der Siegelfläche und des Becherbodens deshalb immer größer, da sind wir beim Spritzprägen viel freier“, erläutert Zangerle. Zusätzlichen Speck setzt der Tiefzieh-Becher unten an einem Designelement an, das als Anschlag für die Papp-Banderole dient.

Je höher ein Becher, umso mehr liege der Vorteil auf Seiten des ICM, so Zangerle. „Mit dickeren Folien müssen die Tiefzieher mehr Material verschenken an Stellen, wo sie es gar nicht haben wollen.“ So erkläre sich, dass für den ICM-Becher in diesem Fall rechnerisch 22% weniger CO<sub>2</sub>-Äquivalente zu Buche schlagen.

### **Stapel ist nicht gleich Stapel**

Der Wert beinhaltet ein weiteres Nachhaltigkeitskriterium: den Transport: Das Packvolumen der leeren Becher ist bei den spritzgeprägten Exemplaren deutlich kleiner (**Bild 7**). Der Hauptgrund dafür ist die dicke Karton-Banderole, die die Stapel bei gleicher Stückzahl enorm vergrößert. Eberle veranschaulicht es so: „Ich habe das einmal ausgerechnet: Für eine Million Becher brauchen wir beim ICM 24 Paletten und beim Thermoformen 61. Auch wenn der Transportweg in der CO<sub>2</sub>-Rechnung nicht viel ausmacht – das ist schon ein wirtschaftlicher Faktor, wenn man fast zwei von drei Lkw-Fahrten einsparen kann.“

Der Abfüller profitiert zudem in seinem Betriebsablauf. „Das war uns anfangs nicht bewusst, aber Emmi hat uns erklärt, dass die Stapelhöhe einen gro-

### **Info**

Die für das Recycling optimierte Verpackungsanwendung entstand in Zusammenarbeit zwischen den Systempartnern **Netstal** (Spritzgießmaschine), **Glaroform** (Werkzeug), **Sabic** (PP), **Beck Automation** (IML-Automation), **Intravis** (integriertes Inspektionssystem), **iPB Printing** (Label), **motan** (Materialhandling), **Regloplas** (Temperierung) und **Uniform Color** (Masterbatch). Entwicklungspartnerin aus der Lebensmittelindustrie ist mit der **Emmi AG** die größte Abfüllerin für Molkereiprodukte in der Schweiz.



**Bild 6.** An der Seitenwand zwar etwas dünner, ist der thermogeformte Becher (rechts) wegen der Masseanhäufungen an Boden und Siegelrand doch schwerer als der spritzgeprägte (links). © Hanser/C. Doriati



**Bild 7.** Bei gleicher Becherzahl macht die Karton-Banderole die Stapelhöhe des Tiefziehprodukts (rechts) deutlich höher als die der ICM- (links) und Spritzgießvariante (Mitte). © Hanser/C. Doriati

ßen Einfluss auf die Effizienz hat, mit der die Mitarbeiter die Abfüllanlage bedienen können“, sagt Eberle. Zangerle ergänzt einen weiteren Punkt: „Je steiler der Winkel zwischen Becherboden und -wand ist, umso leichter lassen sich die Becher in der Abfüllanlage separieren, das muss alles problemlos und in Hochgeschwindigkeit passieren. Diesen Winkel bekommt man im Spritzgießen besser hin als im Thermoformen.“

### Bestwert für die Recyclbarkeit

Ein für heutige Produktdesigns wichtiges Kriterium fehlt in der Aufzählung noch: die Recyclingfähigkeit. „Wir haben das Produkt von dem Unternehmen RecycleMe zertifizieren lassen und dafür eine A+++ Bewertung bekommen“, betont Eberle. Die Erklärung: Becher und Label bestehen zu 100% aus PP. Im Gegensatz zu einem konventionellen In-Mold-Label löst sich das hier mit einer speziellen Beschichtung auf der Innenseite versehene Label von iPB Printing (Typ: Recypeel) im mechanischen Recyclingprozess ab (Bild 8). „Der PP-Stream wird somit nicht beeinträchtigt, weil die bedruckten Label in der Recyclinganlage von einem Zick-Zack-Blower zuverlässig vom reinen Polypropylen der Becher separiert werden“, erklärt Produktmanager Reto Gmür. Man erhält somit zwei PP-Fractionen: eine für hochwertige Anwendungen, die andere für die berühmten Parkbänke.

Auch die Hersteller der Kunststoff-Karton-Kombination werben damit, dass ihre Produkte zu 100% recycelbar sind –



**Bild 8.** Das Label löst sich – hier ein Selbstversuch – im mechanischen Recyclingprozess problemlos ab. © Hanser/C. Doriati

unter der Bedingung, dass die Konsumenten die beiden Materialien beim Entsorgen voneinander trennen. Diesen Nachteil soll eine Neuheit, der sich selbst trennende Kunststoff-Karton-Becher, in Zukunft aufwiegen. Die Projektpartner sehen die ICM-Variante dennoch im Vorteil. Zangerle fasst es so zusammen: „Von den drei R – Reduce, Replace, Recycle – haben wir zwei Punkte erfüllt, durch den reduzierten Materialverbrauch und die volle Recyclbarkeit. Ersetzen zum Beispiel mit einem Kunststoff aus einem nachhaltigen Rohstoff wäre vermutlich möglich, aber ziemlich teuer.“

Zeit für ein Zwischenfazit, nach neun Jahren der Entwicklung: Welche Referenzen kann man vorweisen? „Wir haben ca.

30 ICM-Systeme im Markt, vorwiegend in Ländern der EU wie Frankreich, Spanien, Luxemburg oder Irland. Aber auch in Ländern, wo man es vielleicht nicht erwarten würde, wie Kenia, Gaza und Südafrika“, resümiert Reto Gmür. Die Situation ist etwas diffizil, weil Netstal, Glaroform & Co. keinen direkten Einfluss nehmen können; Druck auf die Verpackungshersteller können nur Großverteiler und der Einzelhandel ausüben.

### Ein „running system“ wird man nicht so schnell los

Eberle kennt diesen Konflikt: „Wir sind der Meinung, dass ICM bis heute nicht die Aufmerksamkeit erhalten hat, die es eigentlich verdient, weil es eine Technologie mit riesigem Potenzial ist. Das war sicher auch die Intention, warum wir dieses Projekt mit Emmi umgesetzt haben. Am Markt gilt oft die alte Regel: ‚Never change a running system‘. Man will nicht unbedingt der First Mover sein. Aber wir spüren seit der Messe eine gewisse Dynamik und ein gesteigertes Interesse.“ Man selbst könne die nötigen nächsten Schritte nur als Technologiepartner begleiten, aber: „Das Karussell dreht sich jetzt.“

Kuriosum am Rande: Wie viele andere Länder hat auch die Schweiz kein organisiertes Sammelsystem für Kunststoffverpackungen (mit Ausnahme von PET-Flaschen). Stark exportorientierte Unternehmen denken offensichtlich weiter als die lokale Politik. ■

Dr. Clemens Doriati, Redaktion