



Polyoxymethylen (POM)

Stefan Disch,
Sznezana Jurcec und
Nenad Katalenic,
Kelsterbach

Die Polyacetale (POM, Polyoxymethylen) haben sich in zahlreichen anspruchsvollen technischen Anwendungen bewährt. Grund dafür ist ihre außergewöhnliche Kombination von hoher Festigkeit und Steifigkeit, gutem Rückstellvermögen und hoher Oberflächenhärte. Dazu kommen eine gute Verarbeitbarkeit sowie die Möglichkeit, durch Modifizierungen die anwendungstechnischen Eigenschaften von POM gezielt zu verbessern.

Der weitaus größte Anteil der Polyacetale – über 90 % – wird durch Spritzgießen zu Formteilen verarbeitet. Dabei gelingt es regelmäßig, unterschiedliche Funktionen in einem POM-Bauteil zu integrieren und so Teilezahl und Montageaufwand zu verringern, also die Fertigungskosten zu senken.

Für zahlreiche Anwendungen im Automobilbau – sowohl im motornahen Bereich und im gesamten Kraftstoffsystem, als auch bei Funktionsteilen der Innenausstattung und bei funktionellen Außenteilen – spielt neben den mechanischen Eigenschaften die hervorragende Beständigkeit der Polyacetale gegen Kraftstoffe und andere Kraftfahrzeug-Betriebsstoffe eine entscheidende Rolle.

Für die Herstellung von Polyacetalen gibt es zwei unterschiedliche Wege. Die anionische Polymerisation von Formaldehyd ergibt Homopolymere, die besonders gut kristallisieren und daher

hohe Steifigkeit und Festigkeit aufweisen. Eine zweite Möglichkeit ist die kationische Polymerisation von Tri-

oxan. Dabei lässt sich durch Zugabe einer geringen Menge von Comonomeren die Kristallinität etwas absenken.

Dies erhöht die Zähigkeit, während Festigkeit und Steifigkeit etwas geringer als bei Homopolymeren sind. Copo-

Region	Hersteller	Produkt	Typ ¹⁾	Kapazität	
				1997 1000 t/a	2001 1000 t/a
Europa	Du Pont	Delrin	H	75	85
	Ticona	Hostaform	C	61	83
	BASF	Ultraform	C	32	40
	Sonstige		C	10	12
<i>Europa gesamt</i>				<i>178</i>	<i>220</i>
USA	Ticona	Celcon	C	67	86
	Du Pont	Delrin	H	63	67
	BASF	Ultraform	C	22	33
<i>USA gesamt</i>				<i>152</i>	<i>186</i>
Asien	Polyplastics	Duracon	C	122	150
	Korea Engineering Plastics	Kepital	C	35	55
	Mitsubishi	Jupital	C	35	40
	Asahi Chemicals	Tenac	C	24	24
	Asahi Chemicals	Tenac	H	20	20
	Formosa Plastics	Formosacon	C	20	20
	Lucky Goldstar	Lucel	C	13	k.A.
	Sonstige		C	13	55
<i>Asien gesamt</i>				<i>282</i>	<i>364</i>
Insgesamt			C	454	598
			H	158	172
				612	770

¹⁾: C=Copolymer, H=Homopolymer, k.A.=keine Angaben

Tabelle 1. Kapazitäten der POM-Hersteller weltweit (Stand 1997 und 2001)

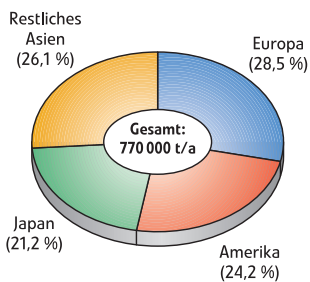


Bild 1. Weltkapazität für POM nach Regionen (Stand 2001)

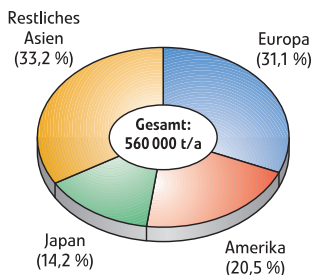


Bild 2. Weltverbrauch für POM nach Regionen (Stand 2001)

lymere sind in alkalischen Medien sowie bei hydrolytischer und thermischer Beanspruchung beständiger, da in die Hauptkette eingebaute Comonomere einen eventuellen Kettenabbau unterbrechen.

Kapazitäten und Hersteller

Im Zeitraum von 1998 bis 2001 erfolgte bei POM ein Kapazitätsausbau. Bei Homo- und Copolymeren zusammen wurde die Produktionskapazität von 612 000 t/a im Jahr 1997 [1] auf 770 000 t/a im Jahr 2001 erhöht (Tabelle 1). Dieser Gesamtzuwachs von knapp 26 % entspricht einer

durchschnittlichen jährlichen Kapazitätssteigerung von 7 %. Maßgeblichen Anteil am Kapazitätsausbau hatten die Copolymerisate (+32 % im betrachteten Vierjahreszeitraum), so dass ihr Anteil an der Gesamtkapazität von 75 % (1997) auf 78 % stieg. Demgegenüber ist die Homopolymerisat-Kapazität lediglich um knapp 9 % gewachsen, ihr Anteil an der Gesamtkapazität beträgt 22 %.

Die asiatische Region hat ihre führende Position bei der installierten Kapazität für POM weiter ausgebaut; sie verfügt nun über ca. 50 % der Welt-Produktionskapazität (Bild 1).

Bei den Copolymeren hat Ticona in 2001 seine POM-Kapazität in Kelsterbach um 6000 t/a ausgebaut. Weitere 17000t/a sind für 2003 eingeplant. Die BASF hat die Stilllegung ihrer Kapazitäten (33000 t/a) in den USA für 2002 angekündigt. Trotz der Umstrukturierungen bei den Kunststoffherstellern gibt es bei den Herstellern von POM wenig Veränderungen. Nach wie vor sind Ticona, DuPont, Polyplastics und BASF die vier größten Hersteller; sie verfügen gemeinsam über rund 70 % der Weltkapazität.

Verbrauchsaufgliederung

Der Weltverbrauch an Polyacetalen ist von 530 000 t/a im Jahr 1997 [1] auf 610 000 t/a im Jahr 2000 an-

gestiegen, dagegen hat im Jahr 2001 ein Rückgang auf 560 000 t/a stattgefunden. In diesem Rückgang spiegelt sich die schwierige Wirtschaftslage u. a. im Automobilbau wider. Obwohl damit der durchschnittliche jährliche Zuwachs von knapp 5 % deutlich unter dem Kapazitätsausbau liegt, betrug im Jahr 2001 die Kapazitätsauslastung der Anlagen im Durchschnitt ca. 75 %.

An zweiter Stelle folgt Europa mit einem POM-Verbrauch von 180 000 t/a, das sind gut 31 % des Weltverbrauchs. Amerika folgt mit 115 000 t/a, was etwa 21 % entspricht.

Bei der Gliederung nach Anwendungsgebieten bleibt die Fahrzeugindustrie mit durchschnittlich knapp 36 % der weltweit größte POM-Verbraucher. Allerdings zeigen sich deutliche Unterschiede in den drei Weltregionen

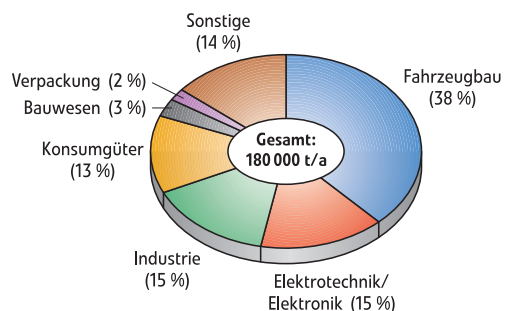


Bild 4. POM-Verbrauch in Europa nach Anwendungsgebieten (Stand 2001)

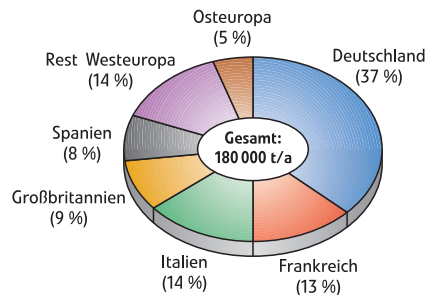


Bild 5. POM-Verbrauch in Europa nach Regionen (Stand 2001)

Bei der Aufteilung nach Weltregionen konnte - ähnlich wie bei den Kapazitäten - der asiatische Raum trotz des Rückgangs seine Position als wichtigster Polyacetal-Verbraucher bei 265 000 t/a oder fast 50 % bestätigen (Bild 2).

(Bild 3): Der Anteil von 40 % für Amerika bzw. von 38 % für Europa spiegelt die hohe Bedeutung der Fahrzeugindustrie in diesen Märkten wider, während in Asien der Fahrzeugbau mit 32 % zum POM-Verbrauch beiträgt und vom

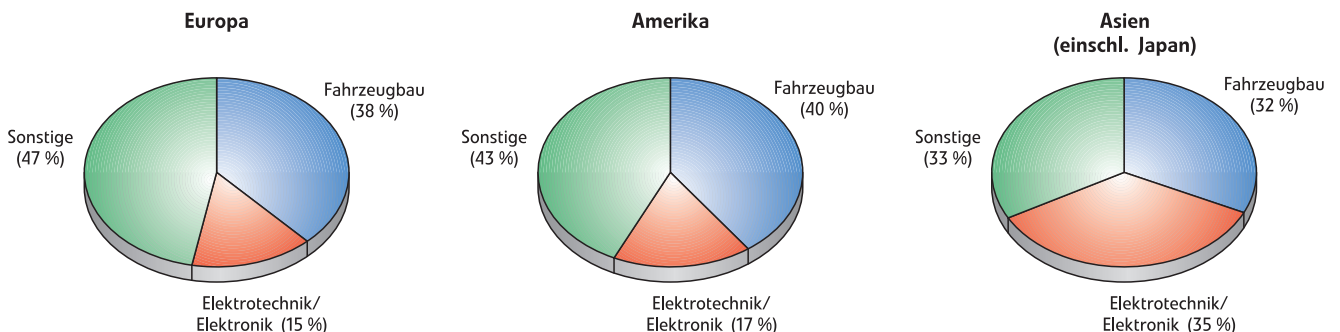


Bild 3. POM-Verbrauch nach Anwendungsgebieten in den drei Weltregionen (Stand 2001)



Bild 6. Dritte Bremsleuchte für den Audi A4 aus UV-beständigem und geruchsarmem POM

Bereich Elektrotechnik/Elektronik mit einem Anteil von 35 % überflügelt wird. Dieser Wert zeigt die außerordentlich starke Stellung des asiatischen Raums bei der Herstellung insbesondere von elektronischen Geräten – vor allem von Personalcomputern und deren Zubehör –, während deren Absatzmärkte jedoch in Amerika und Europa hohe Bedeutung haben. Weltweit tragen Elektrotechnik und Elektronik mit 25 % zum POM-Verbrauch bei; in Europa bzw. Amerika hat diese Branche einen Anteil von 15 bzw. 17 %. Die sonstigen Anwendungen von POM umfassen weltweit gut 40 %, zeigen aber erhebliche Unterschiede zwischen Asien, Amerika und Europa.

Für den POM-Verbrauch in Europa gibt Bild 4 eine detailliertere Anwendungsaufgliederung. Nach dem Fahrzeug-

bau liegen Elektrotechnik/Elektronik und Industrie – dies sind POM-Anwendungen überwiegend im Maschinenbau – mit je 15 % gleichauf. Auch die Konsumgüterindustrie ist mit einem Verbrauchsanteil von 13 % ein bedeutender Abnehmer. Dagegen besitzt POM im Bauwesen (3 %) und bei Verpackungen (2 %) nur eine untergeordnete Bedeutung. In den restlichen 14 % des POM-Verbrauchs in Europa ist die Extrusion zu Halbzeugen enthalten. Ein Teil der Halbzeuge wird anschließend spanend weiterverarbeitet.

Bei einer Gliederung nach Ländern in Europa (Bild 5) ist Deutschland mit einem Anteil von fast 37 % (dies entspricht mehr als 12 % des Weltverbrauchs) der mit Abstand größte POM-Verbraucher. Auf den weiteren Plätzen folgen Frankreich und Italien (je gut 14 %), Großbritannien (knapp 9 %) und Spanien (8 %). Osteuropa verzeichnete mit 5 % einen überdurchschnittlichen Zuwachs. Ursache dafür sind Produktionsverlagerungen in osteuropäische Länder mit günstigen Infrastrukturkosten.

Die Importe aus Südostasien nach Europa stellen eine vergleichsweise geringe Menge dar, jedoch mit steigender Tendenz. Überwie-



Bild 7. Nadelfreies Injektionssystem von Rösch mit wesentlichen Bauteilen aus POM



Bild 8. Hitzebeständiger Schwalltopf (Hersteller: VDO) aus Heißdieselbeständigem POM

gend werden Standardtypen und Naturmaterial eingeführt. In den letzten zehn Jahren folgte der POM-Verbrauch einem Dreijahreszyklus. Auf zwei Jahre mit eher verhaltenem Wachstum folgte ein Jahr mit zum Teil zweistelligen Zuwachsraten. Dieser Zyklus findet sich auch bei den Importmengen.

Produktentwicklung und Anwendungen

POM ist ein etablierter technischer Kunststoff mit hohem Innovations- und Substitutionspotenzial. Die klassischen Anwendungen beruhen auf dem ausgewogenen Eigenschaftsprofil von POM und seinen bekannten Stärken wie hohe Steifigkeit, Elastizität und Oberflächenhärte, gute Gleiteigenschaften, geringe Kriechneigung, gute Beständigkeit gegen Öle, Fette und Kraftstoffe und einfache Verarbeitbarkeit.

In enger Zusammenarbeit mit Rohstoffherstellern weiten Anwender und Verarbeiter die Einsatzmöglichkeiten der Polyacetale kontinuierlich aus. Um neue Anwendungsgebiete zu erschließen, sind zur Problemlösung jedoch häufig markt- oder kundenspezifisch optimierte Materialien erforderlich, wie

die folgenden Beispiele zeigen.

Seit einigen Jahren strebt die Automobilindustrie nach weitestgehender Geruchsvermeidung im Automobilinnenraum, da im geschlossenen Innenraum von Kraftfahrzeugen Gerüche naturgemäß als besonders unangenehm empfunden werden. Ticona hat als erster POM-Anbieter geruchsarme Spritzgusstypen mit der Bezeichnung Hostaform XAP am Markt eingeführt. Das zunächst auf Natur-Qualitäten beschränkte Sortiment weist hohe Stabilität und Reinheit sowie einen geringen Restmonomergehalt auf. Es wurde mittlerweile um farbige (z. T. auch UV-beständige) Einstellungen erweitert. Erste XAP-Spezialitäten mit Schlagzähmodifizierung oder speziellen Gleit-Reib-Eigenschaften wurden kommerzialisiert, weitere Typen mit speziellen Eigenschaftsprofilen befinden sich in der Entwicklung.

Ein aktuelles Beispiel für eine Kfz-Anwendung aus einem Hostaform XAP-Typ ist die dritte Bremsleuchte im Audi A4 (Bild 6). Aufgrund der exponierten Lage hinter der Heckscheibe muss das Bauteil eine neben der Geruchsarmut ausgezeichnete UV-Stabilität aufweisen. Hinzu kommen extreme Tem-

Region	Zuwachs 2001 bis 2005 %/a
Europa	~ 5
Amerika	~ 5
Japan	< 1
Restliches Asien	> 7

Tabelle 2.
Prognostizierter
jährlicher
Zuwachs des
POM-Verbrauchs
nach Regionen
(2001 bis 2005)

peraturunterschiede, die in gleicher Weise eine gute Wärmeformbeständigkeit wie Frostverträglichkeit bedingen. In Fahrzeugen von VW kommt eine Schaltabdeckung aus Hostaform XAP zum Einsatz (Titelbild). Sie besteht aus zwei POM-Teilen, die über Schnappverbindungen miteinander verbunden sind. Der eingesetzte Hostaform XAP-Typ ist UV-beständig, geruchsarm und hat wie POM generell sehr gute Schnapp- und Gleiteigenschaften.

Aufgrund seines Eigenschaftsprofils ist POM prädestiniert für den Einsatz in tribologischen Anwendungen. Bereits unmodifiziertes POM ist sehr gut für Gleit-Reib-Anwendungen geeignet. Darüber hinaus wurden in den letzten Jahren für spezielle tribologische Anforderungen eine Reihe von POM-Spezialitäten entwickelt. Durch Modifikation mit Additiven (z. B. Spezialwachse, PTFE und PE-UHMW, Silikonöl, Molybdändisulfid, Spezialkreiden) lassen sich die tribologischen Eigenschaften gezielt weiter verbessern, auch die bei bewegenden Teilen häufig auftretenden Quietschgeräusche lassen sich durch spezielle Einstellungen verringern oder sogar ganz unterdrücken. Ticona hat im vergangenen Jahr neue Gleit-Reib-Spezialitäten kommerzialisiert (Hostaform LW90BSX und LW90EWX), die besonders geeignet sind für Anwendungen, bei denen Kunststoffteile gegeneinander gleiten. Sie weisen einen verminderten Abrieb auf und erhöhen damit die Lebens-

dauer von Gleit-Reib-Kunststoff-Paarungen.

Der POM-Markt wächst nach wie vor durch neue Anwendungen, bei denen Metalle substituiert werden. Beispielsweise wurden in Frankreich Umlenkscheiben von Überlandleitungen, die bisher in einer mehrteiligen Konstruktion aus Aluminium hergestellt wurden, durch eine einteilige Konstruktion aus dem POM-Typ Delrin von Dupont ersetzt. Der Delrin-Typ

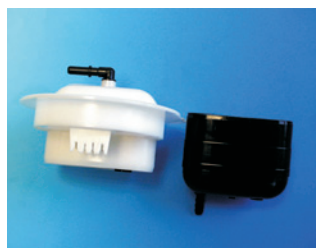


Bild 9. Beispiel für die Integration des Kraftstoff-Filters und des Druckreglers in die Kraftstoff-Fördereinheit (Siemens VDO)

wird eingesetzt wegen seiner hohen mechanischen Festigkeit, seiner Beständigkeit gegen Umwelteinflüsse und seiner guten elektrischen Isolierung.

Ein interessanter Markt mit hohen Wachstumsraten ist die Medizintechnik. Für diesen Sektor wurden die Spezialtypen Hostaform MT entwickelt (Hersteller: Ticona), die sich durch höchste Reinheit auszeichnen. Die Materialien sind auf Biokompatibilität getestet, stimmen mit FDA- und BGVV-Regulierungen überein und sind in FDA Drug Master Files sowie FDA Device Master Files gelistet. Ferner gibt Ticona seinen Kunden eine Langzeitgarantie auf Beibehaltung der Materialformulierung, unterstützt

sie bei Zulassungsverfahren und prüft jede Charge auf Reinheit.

Hostaform MT-Typen kommen beispielsweise bei dem neuartigen, nadelfreien Injektionssystem der Rösch AG Medizintechnik zum Einsatz (Bild 7). Der Füllmechanismus der nadelfreien Injektionsampulle und der Scharnierbolzen der Reset-Box zur Verbindung der Gehäusehälften werden aus Hostaform MT-Typen hergestellt.

Ein weiterer wichtiger Markt für POM ist der Kraftstoffbereich im Automobil. Das ausschlaggebende Kriterium für den Einsatz von POM ist die Beständigkeit gegenüber allen gebräuchlichen Kraftstoffen einschließlich methanolhaltigem Benzin oder



Biodiesel. Eine neue Generation von Motoren stellen die Diesel-Direkteinspritzer dar. Die hier eingesetzten Systeme erhöhen die Anforderungen an die Materialien des Kraftstoffsystems, da Temperaturen von über 90°C auftreten können. Darüber hinaus können sich durch das extreme Temperaturniveau aggressive Abbauprodukte bilden, gegen die traditionelle Werkstoffe nicht ausreichend resistent sind. Für diesen Anwendungsbereich wurde von Ticona ein spezieller Heißdieselbeständiger POM-Typ, Hostaform XF, entwickelt, der zum Beispiel für Flansche, Ventile und den Schwalltopf eingesetzt wird (Bild 8).

Um den zukünftigen strenger Emissionsgrenzwerten

für Automobile gerecht zu werden, ist es notwendig, die Anzahl der Schnittstellen außerhalb des Tanks zu reduzieren. Ein Beispiel für eine solche Entwicklung ist die Integration des Kraftstoff-Filters und des Druckreglers in die Kraftstoff-Fördereinheit, wodurch die Anzahl der Kraftstoffleitungen reduziert werden kann. Bei dem von der Fa. Siemens VDO entwickelten System kommt POM aufgrund seiner vorzüglichen Eignung für diese Anwendung zum Einsatz (Bild 9).

Zu den charakteristischen Eigenschaften von Kunststoffen zählt die oft erwünschte elektrische Isolierwirkung. Für einige Anwendungen müssen Kunststoffteile jedoch elektrostatische Aufladungen ableiten können. Antistatische bzw. elektrisch leitfähige POM-Typen kommen bei solchen Anwendungen in zunehmendem Maße zum Einsatz, z. B. in automobilen Kraftstoffsystemen, bei industriellen Transportketten oder bei Kopierern und Druckern (Bild 10). Die in diesen Anwendungen eingesetzten POM-Typen sind durch Zusatzstoffe elektrisch modifiziert. Die erfolgreichsten Verfahren sind hier die Zugabe von Ruß oder Graphit, von Kohlenstoff- oder Edelstahlfasern zur Polymerbasis. Nach Menge und Art der Zugabe lassen sich so die elektrischen Eigenschaften von POM unterschiedlich modifizieren: antistatisch, dissipativ, elektrisch leitfähig oder auch abschirmend. In jedem Leitfähigkeitsbereich sind mittlerweile POM-Typen am Markt erhältlich.

Im Rahmen ihrer Bemühungen, das Eigenschaftsspektrum von POM durch Entwicklung innovativer Spezialitäten zu erweitern und dadurch neue Anwendungsfelder für POM zu erschließen, verfolgen die POM-Hersteller in jüngster Zeit auch den Ansatz der chemischen



Bild 10. Funktionsrad aus elektrisch leitfähigem Hostaform für ein Geldscheinausgabegerät

Modifikation des Polymerückgrats. Unter dem Namen Hostaform CP15X hat Ticona eine neuartige Polyacetal-Type kommerzialisiert, bei der eine deutlich erhöhte Zeitstandsfestigkeit nicht durch Zusatz von chemischen Zusatzstoffen, sondern durch chemische Modifikation der Polyacetal-Kette erreicht wird. Im Vergleich zu herkömmlichen POM-Copolymertypen ist die statische Zeitstandsfestigkeit um den Faktor 10 erhöht. Ziel ist es, bei druckbelasteten Bauteilen, z. B. Fensterhebern im Automobilbereich oder Zahnrädern, die Metallsubstitution durch POM zu beschleunigen. Mitsubishi Gas Chem hat angekündigt, eine Produktionsanlage in Japan zur Produktion von Spezialitäten mit erhöhter Viskosität einzusetzen. Die neuen Typen sollen u. a. zur Profiltrusion verwendet werden. Weitere POM-Copolymertypen mit erhöhter mechanischer Flexibilität sollen durch Erhöhung des Comonomergehalts realisiert werden.

Marktprognose bis 2005

Die Erwartungen für die weitere Entwicklung des POM-Markts sind insgesamt posi-

tiv. Weltweit dürfte im Zeitraum von 2001 bis 2005 der durchschnittliche jährliche Zuwachs bei 5 % liegen. Dieser Wert wird auch für Europa und Amerika erwartet (Tabelle 2). Der POM-Verbrauch in Japan dürfte stagnieren, während das restliche Asien ein Durchschnittswachstum von über 7 % p. a. beitragen wird.

Besondere Aufmerksamkeit genießt derzeit der POM-Markt in China, dessen Volumen aktuell auf rund 100 000 t/a geschätzt wird [2]. Wegen der sehr positiven Wachstumsaussichten in diesem dynamischen Markt wird Ticona gemeinsam mit der Polyplastics Co Ltd. und der Mitsubishi Gas Chemical Company nördlich von Shanghai eine 60 000-t-Anlage errichten, die im Jahr 2004 in Betrieb gehen soll. Des Weiteren haben DuPont China Holding Co. Ltd. und Ashai Kasei Corporation angekündigt, in Zhangjiagang, Provinz Jiangsu, eine Anlage für POM Copolymer zu bauen. Dieses 50:50-Joint Venture wird eine Anfangskapazität von 20 000 t/a haben, die dann sukzessive auf 60 000 t/a ausgebaut werden soll. Start dieser Anlage ist für das Frühjahr 2004 geplant.

Ausgelöst durch den über-raschenden und anhaltenden Konjunkturerholung werden die neuen Anlagen aus heutiger Sicht zu Überkapazitäten führen. Die angekündigte Konjunkturerholung sollte aber wieder für ein ausgeglichenes Nachfrage-Kapazitäts-Verhältnis sorgen.

Als zusätzlicher Vertriebsweg wird E-Commerce in den nächsten Jahren ein wichtiges Thema für die Kunststoffhersteller bleiben. Einerseits werden sich neutrale Marktplätze wie Omnexus weiter durchsetzen. Andererseits werden eigene Internet-Sites der Rohstoffhersteller zunehmend an Bedeutung gewinnen.

Literatur

- 1 Weber, M.: Polyoxymethylen (Polyacetale, POM). Kunststoff 88 (1998) 10, S. 1700-1706
- 2 Gärtner, E.: Ticona ohne Angst vor Konjunkturdelle: Ehrgeizige Ausbaupläne sind angesagt. Chem. Rundschau Nr. 14 vom 6. Juli 2001

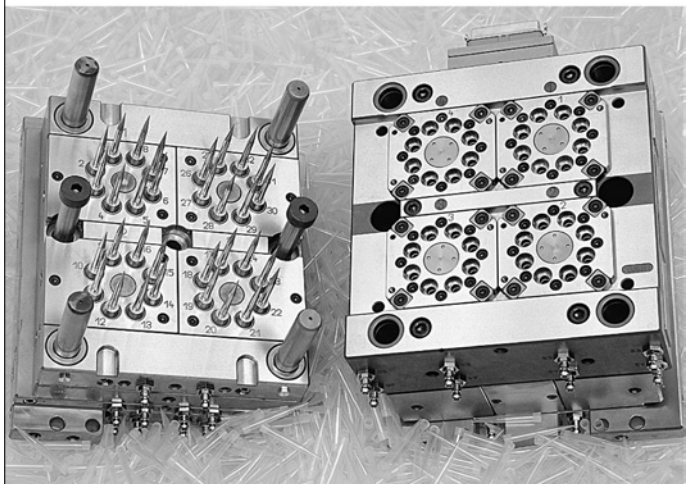
Die Autoren dieses Beitrags

Dr. Stefan Disch, geb. 1964, ist Product Manager Hostaform bei Ticona GmbH, Kelsterbach.

Sznezana Jurcec, geb. 1969, leitet die Abteilung Product Management POM/Polyester bei Ticona.

Nenad Katalenic, geb. 1967, ist Manager Product Marketing POM bei Ticona.

Die Adresse für «Spitzenformen»



TANNER's
Mehrfach-Heisskanalspritzgiessformen
Wir sind die Spezialisten!

TANNER FORMENBAU AG
 Haldenweg 2
 CH-8245 Feuerthalen/Schweiz
 Telefon +41 52 647 46 46
 Telefax +41 52 647 46 47
 E-mail: info@tanner-formenbau.ch
 http://www.tanner-formenbau.ch

