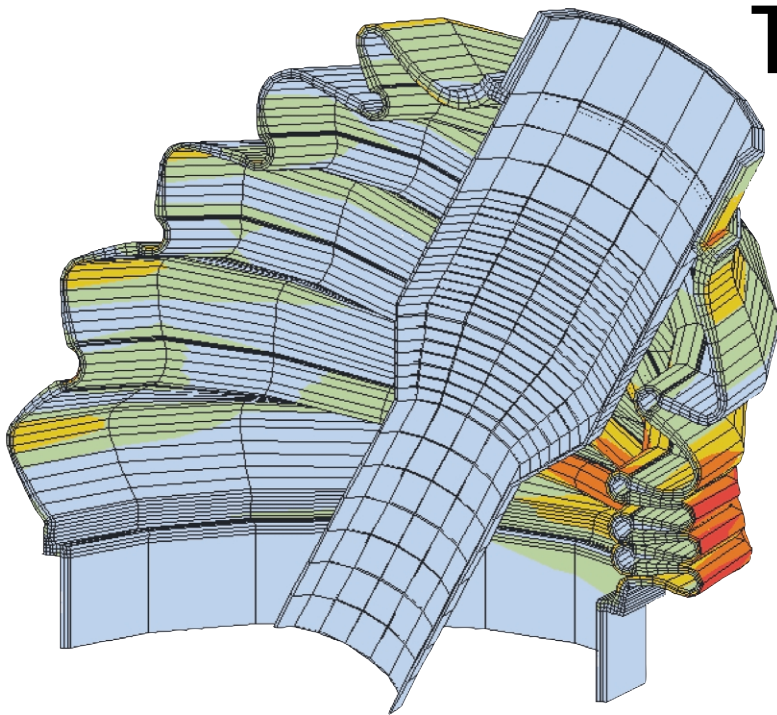


Thermoplastische Elastomere (TPE)



Ernst Osen und Matthias Sckuhr,
Weinheim

Thermoplastische Elastomere gewinnen immer mehr an Bedeutung, besonders seit das Mehrkomponenten-Spritzgießen als kostengünstiges Herstellungsverfahren für Hart-Weich-Verbunde neue Anwendungsmöglichkeiten eröffnet. Vor allem der Automobilbau trägt deutlich zur Steigerung des Gesamtverbrauchs bei.

Marktforschungsinstitute haben sich für die USA auf eine jährliche Verbrauchszunahme von Thermoplastischen Elastomeren um 7% festgelegt. Dieses Wachstum soll dabei nicht nur aus der Mengenerhöhung in bereits bekannten Anwendungen resultieren, sondern aus dem Einsatz von TPE als Substitutionsmaterial für andere Werkstoffe (z.B. Glas, Metall, Thermoplaste und Elastomere). Voraussagen für den deutschen und europäischen Markt, die Anfang der

neunziger Jahre für einzelne potentielle Anwenderindustrien noch bei 12% und mehr gelegen hatten, sind wesentlich zurückgenommen worden. Verglichen mit anderen Werkstoffklassen wie Gummi oder Kunststoffe sind die Wachstumsraten aber deutlich höher ausgefallen.

Nach Einschätzung einer Marktstudie von 1996 der Rapra Technology Ltd., kurz: Rapra, soll das durchschnittliche jährliche TPE-Wachstum für den europäi-

schen Markt bei etwa fünf Prozent liegen, wobei die Verbräuche in den einzelnen TPE-Klassen recht unterschiedlich ausfallen.

Die bereits seit längerer Zeit auf dem Markt befindlichen Klassen wie Styrolblockcopolymer (TPE-S), Thermoplastische Polyurethane (TPE-U) und Thermoplastische Polyolefine (TPE-O) zeigen danach ein moderates Wachstum, während die neueren, technisch fortgeschrittenen Produkte wie Elastomerlegierungen (Bild 1) deutlich stärker wachsen werden.

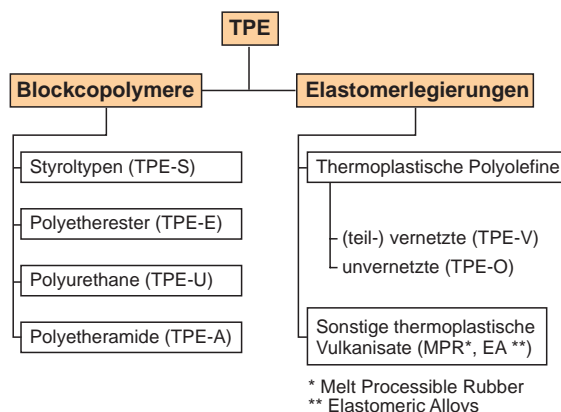


Bild 1. Klassifizierung thermoplastischer Elastomere

Verfahrensentwicklungen

Die Rohstofflieferanten stellen inzwischen umfangreiche Unterlagen zu den verschiedenen Verarbeitungsverfahren mit für die jeweiligen Prozesse maßgeschneiderten Spezialtypen (Tabelle 1) zur Verfügung. Selbst komplette Werkzeugauslegungen werden bei Bedarf durchgeführt.

Auch Maschinen- und Zubehörhersteller bemühen sich sehr intensiv, thermo-

Eigenschaft		TPE-O	TPE-V	TPE-S	TPE-U	TPE-E	TPE-A
Dichte	g/cm ³	0,89-1	0,9-1	0,9-1	1,1-1,34	1,05-1,39	1,01-1,2
Härte	Shore A/D	50 A-75 D	40 A-50 D	10 A-75 D	70 A-90 D	35 D-75 D	65 A-72 D
untere Temperaturgrenze	°C	-60	-60	-70	-50	-65	-40
obere Temperaturgrenze	°C	120	135	100	135	150	170
Druckverformungsrest, bei 100 °C	%	-	+ / ++	- [+ / ++]	o / +	o	o / +
Beständigkeit gegenüber KW		-	o / ++	-	o / ++	+ / ++	+ / ++
Beständigkeit gegenüber wäßrigen Medien		+ / ++	+ / ++	+ / ++	o / +	- / -	o / +
Preisniveau	DM/kg	3-7	7-15	3-13	10-13	10-13	13-25

++: sehr gut +: gut o: mittelmäßig -: schlecht

Tabelle 1. Eigenschaften von TPE-Klassen im Vergleich

plastische Verarbeitungsprozesse den speziellen Bedürfnissen für TPE-Werkstoffe anzupassen. Als Beispiele hierfür seien die umfangreichen Arbeiten und Empfehlungen der Blasformanlagenhersteller wie auch der Hersteller von Heißkanalsystemen genannt.

Eine bereits seit vielen Jahren bekannte Verbundtechnologie für Kunststoffe, das Mehrfarben-Spritzgießen oder auch „Overmoulding“ genannt, bekam mit der Einführung der TPE-Werkstoffe eine neue Zielrichtung. Die Idee, harte und steife sowie weiche und flexible Kunststoffe miteinander zu kombinieren, erscheint nicht nur von der anwendungstechnischen Seite, sondern auch von der Wirtschaftlichkeit her sehr interessant.

Der Verbundmechanismus bei Mehrkomponenten-Verbindungen basiert fast ausschließlich auf einem Diffusionsvorgang der Molekülketten ineinander („Interdiffusion“). Es entsteht eine Verschlaufung der Moleküle, die schon bei sehr geringer Diffusionstiefe eine hohe Verbindungsfestigkeit ergeben kann. Die meisten Polymere sind unter-

einander nicht mischbar, d. h. also nicht miteinander verschweißbar. Selbst bei gleichen Kunststoffen kann eine Differenz im Molekulargewicht die Verschweißbarkeit und damit die Haftfähigkeit drastisch reduzieren. Es sind derzeit auf dem Blendbereich zahlreiche Aktivitäten festzustellen, um durch Modifizieren der Ausgangspolymere mittels Compatibilisierung (z. B. durch Propfreaktionen) an sich unverträgliche Polymere miteinander verschweißbar zu machen (Tabelle 2).

In ihrer Fließfähigkeit optimierte Spritzgießtypen erweitern die Anwendungsmöglichkeiten zur Herstellung von Verbundteilen. Die Produkte besitzen Fließeigenschaften, die es ermöglichen, das Material bei niedrigen Drücken auch mit dünnen Querschnitten über verhältnismäßig lange Strecken zu verarbeiten.

Ein neues Extrusionsverfahren wurde zum Verschäumen von TPE-V unter Verwendung von Wasser als Treibmittel entwickelt. Mit diesem Verfahren kann man einfacher als bei vulkanisiertem Zellgummi Profile mit einer Dichte her-

ab bis zu 0,2g/cm³ produzieren. Die Extrudate können leicht eingefärbt werden, was für das Bauteildesign von immer größerer Bedeutung wird.

Ein weiterer, wesentlicher Vorteil der TPE-Werkstoffe gegenüber den klassischen, chemisch vernetzten Elastomeren ist in der grundsätzlichen Eignung zur Wiederverwertbarkeit zu sehen. Wie bei allen Kunststoffen wird auch bei den TPE-Werkstoffen ein mit der Zahl der Verarbeitungsschritte steigender Viskositätsabbau festgestellt, der allerdings zu keiner signifikanten Verschlechterung der Produkteigenschaften führt.

Produkte und Anwendungen

Nach Anwendungsgebieten aufgeschlüsselt haben vor allem die Automobilanwendungen, die Polymer- und Bitumenmodifizierung und die allgemeinen mechanischen Anwendungen gegenüber früheren Schätzungen deutlich zur Steigerung des Gesamtverbrauchs beigetragen (Bild 2 und 3). Waren bisher bei einigen Anwendungsgebieten keine oder nur geringe Verbräuche bekannt, so

Thermoplaste	PP	PA	PS	ABS	POM	PC	PET	PBT	PVC	PMMA
TPE-S	++	+ ¹⁾	+ ³⁾	++ ⁴⁾	-	++ ⁴⁾	+ ⁴⁾	+ ⁴⁾	+ ⁴⁾	+ ⁴⁾
TPE-O	++	+ ¹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-
TPE-A	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
TPE-U	-	+	-	+	+	+	+	+	+	-
TPE-E	-	+ ²⁾	-	-	-	-	+	+	-	-

++: sehr gut +: gut -: schlecht

1: Spezialtypen der EMS-Chemie, Domat/Schweiz, 2: Polyetheresterelastomere, 3: nur für TPE-S großer Härte, 4: modifizierte TPE-S-Typen

Tabelle 2. Kombinierbarkeit von thermoplastischen Elastomeren mit thermoplastischen Kunststoffen

kann hier in den nächsten Jahren mit Verbrauchszuwächsen um 50% und mehr gerechnet werden (z.B. Einsatz in der Medizintechnik, im Bauwesen und für Folien).

Die Bedeutung der TPE-Werkstoffe speziell für den Einsatz in der europäischen Automobilindustrie ist am deutlichsten ausgeprägt. Innerhalb von zehn Jahren haben sich die je Automobil eingesetzten Mengen an TPE-Werkstoffen nahezu verdoppelt. Die Automobilindustrie hat den Einsatz von TPE anstelle von vernetzten Kautschuken aus mehreren Gründen gewählt. In erster Linie

ausstattung ein wirksamer Weg ist, um den Komfort der Fahrzeuge zu verbessern. Hierzu tragen farblich abgestimmte Dichtungs- und Isolierungskomponenten aus TPE in modernen Fahrzeugen wesentlich bei. Airbag-Abdeckungen aus TPE-V haben in den letzten Jahren drastisch zugenommen. Andere Einsatzfälle von TPE im Innenraum sind z.B. Matten, Halterungen und Abdeckungen.

Beispiele und mögliche Anwendungen für TPE-Werkstoffe im Automobil, gesondert nach Außen- und Innenanwendungen, Fahrwerkselementen und Baugruppen „unter der Motorhaube“ listet Tabel-

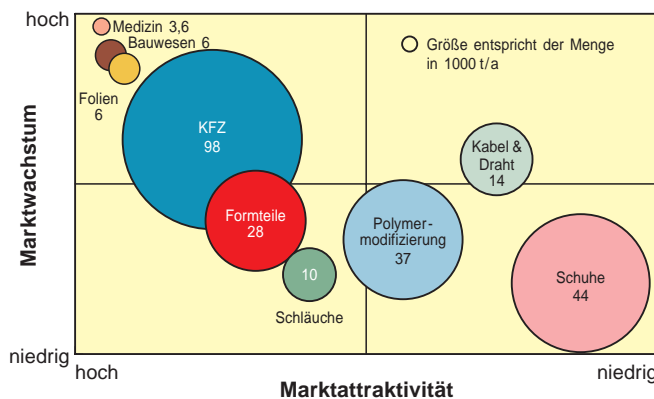
Für TPE-S werden neben den klassischen Einsatzgebieten Schuhe, Klebstoffe und Bitumenmodifizierung deutliche Zuwächse als Compatibilizer/Modifikatoren für die Herstellung von Polymerblends erwartet. Auch die neuen thermomechanisch stabileren SEBS-Compounds werden verstärkt in bisher typische Anwendungen für vernetzte Elastomere bzw. für TPE-V/EA eindringen.

Die Kombination von Festigkeit und Elastizität prädestinieren die TPE-E-Werkstoffe für konstruktive Anwendungen, die erhöhte Schlagzähigkeit, Stoßabsorption und Flexibilität erfordern, z.B. als Scharnier, Dichtung, Schnappbefestigung, als Feder oder Aufrollvorrichtung, d.h. immer dann, wenn das Rückstellvermögen von Bedeutung ist.

Thermoplastische Vulkanisate und Elastomerlegierungen aller Art stellen aufgrund der vielfältigen Variationsmöglichkeiten auch weiterhin ein enormes Entwicklungspotential dar. Der Trend zu Spezialtypen für bestimmte Verarbeitungsverfahren, für physiologisch unbedenkliche Varianten sowie für physikalisch-chemisch optimierte Werkstoffeinstellungen wird sich fortsetzen, wenn auch nicht mehr so rasant wie in den vergangenen Jahren.

Polyurethan-Werkstoffe als „ausgereifte“ TPE-Klasse sind bereits in vielen Anwendungsbereichen fest etabliert und können daher mit nur noch geringen Zuwachsraten rechnen. Teilweise werden TPE-U aus Preis- und technologischen Gründen auch durch andere TPE-Klassen verdrängt (z.B. TPE-O und TPE-E). Ansätze für einen verstärkten Einsatz von TPE-U werden bei Beschichtun-

Bild 2. Marktprognosen für thermoplastische Elastomere



werden jedoch die Möglichkeiten zur Kostenreduzierung hervorgehoben (geringere Zykluszeit, niedrigeres Teilegewicht und Wiederverwendung von Produktionsreststoffen).

Die Innenausstattung von Automobilen ist ein Marktsegment, das sehr stark im Interesse des Einsatzes von TPE-Werkstoffen steht. Die Erstausrüster haben erkannt, daß die Optik, die Haptik und die Geräuschdämpfung der Innen-

le3 auf. Beispielsweise werden heute in einem Fahrzeug der Mercedes-Benz E-Klasse ca. 13kg und nach Angaben von Carlund (1996) in Volvo-Fahrzeugen der 850er-Reihe rund 15 kg TPE eingesetzt.

Das wichtigste Marktsegment für TPE-O wird auch in Zukunft der Automobilbereich sein. Besonders viel verspricht man sich in dieser Klasse von der neuen Generation der reaktormodifizierten Produkttypen.

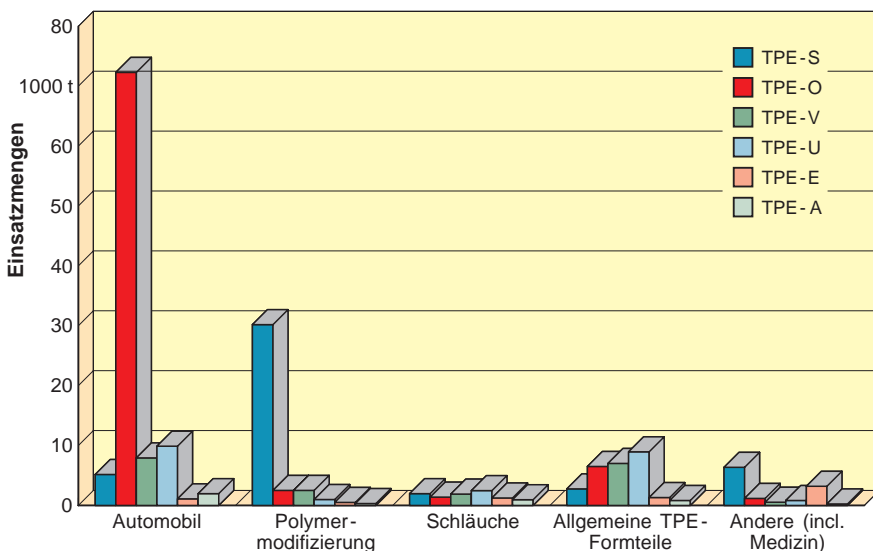


Bild 3. Einsatz von TPE-Klassen nach Anwendungsgebieten

Bauteile	Mögliche TPE-Werkstoffe	Eingesetzte TPE-Werkstoffe	Elastomere	andere Werkstoffe
		Innenanwendungen		
Durchführungsteile, Steckverbinder	TPO, TPV, SEBS	TPO, TPV, SEBS	EPDM/SBR, NR/SBR	ABS, PP-Copolymer
Lenkungs-, Dämpfungs- und Radaufhängungselemente				
Dämpfungsteile für Karosserieisolation Motorlager Teile für Karosseriefederung Gelenkwellen-, Lenkungsbälge	TPV (IIR-Basis) COPE TPO, TPV, COPE	TPU, COPE, TPV	Butylkautschuk Naturkautschuk (EPDM, VMO) Polychloropren Polychloropren	
Baugruppen „unter der Motorhaube“				
Akust. Dämpfungselemente Schläuche für Klimaanlage Kabel Raumlufthführungsteile	TPO, TPV, SBS TPV (IIR-Basis), COPE SBS, PVC-TPE, COPE TPV, TPO	SBS COPE, PVC-Type TPV	IIR EPDM	EVA Epichlorhydrin

Tabelle 3. Einsatzmöglichkeiten für TPE-Werkstoffe im Automobil

gen, Folienanwendungen und im biomedizinischen Bereich gesehen.

An technischen Einsatzmöglichkeiten für thermoplastische Copolyester mangelt es sicher nicht, doch wird die künftige Preisentwicklung, in Relation zu TPE-U, für das weitere Wachstum dieser TPE-Klasse mitbestimmend sein.

Nahezu die gleichen Voraussetzungen für den Einsatz als technische Konstruktionswerkstoffe bieten die thermoplastischen Copolyamide. Ein Wachstum dieser Werkstoffe ist sowohl im Sportartikelbereich, in technischen Anwendungen und vor allem im Medizinbereich zu erwarten, wenn es gelingt, den hohen Materialpreis durch anwendungs- bzw. fertigungstechnische Vorteile zu kompensieren. Die werkstoffspezifischen Voraussetzungen wie ausgezeichnete dynamische Eigenschaften, hohe Kompatibilität mit Füll- und Farbstoffen und Bioverträglichkeit sind dafür gegeben.

TPE-Werkstoffneuentwicklungen werden im allgemeinen dem Bedarf der Anwenderindustrien und den Bedingungen moderner Verarbeitungsverfahren angepaßt. Häufig sind die Entwicklungsarbeiten der Hersteller auf Varianten der bereits eingeführten TPE-Qualitäten mit verbesserten Eigenschaften gerichtet. Eine Vergrößerung des Einsatzspektrums wird insbesondere dann möglich sein, wenn weichere und gleichzeitig temperaturfestere Varianten angeboten werden. Ein Schritt in diese Richtung war die Entwicklung von SEBS-Compounds mit verbessertem Kriechverhalten, indem die temperaturlabilen Polystyrol-Domänen durch Legieren mit hochschmelzenden, verträglichen Thermo-

plastanteilen mechanisch stabilisiert werden. Dies führt zu deutlich besseren Werten für den Druckverformungsrest, vergleichbar den Werten für vollständig vernetzte TPE-V.

Auf dem Gebiet der Elastomerlegierungen gibt es nach wie vor ein großes Entwicklungspotential. Der Schwerpunkt liegt auf Spezialeinstellungen für den Ersatz hochwertiger Spezialkautschuke wie Acrylat-, Silikon- oder Fluorkautschuk.

Auch bei anderen TPE-Klassen wie TPE-O, TPE-E, TPE-U und TPE-A finden derzeit intensive Weiterentwicklungen statt, insbesondere zur Verbesserung des Preis-Leistungs-Verhältnisses und der allgemeinen Anwendbarkeit.

Prognosen

Zusammenfassend kann man schlußfolgern, daß der zukünftige Einsatz von TPE-Werkstoffen wesentlich abhängen wird:

- ▶ von der Weiter- und Neuentwicklung geeigneter Rohstoffe mit Verbesserungen in thermischer Beständigkeit, Verformungsverhalten und Betriebsmittelresistenz („Hochleistungs-TPE“ für Einsatzgebiete wie Motor- und Getriebedichtungen sowie für Kühlmitteldichtungen und -schläuche),
- ▶ von der Akzeptanz der kautschukverarbeitenden Industrie, in neue Fertigungs- und Verarbeitungstechnologien zu investieren,
- ▶ von der Bereitschaft der Endabnehmer von Produkten aus TPE, überzogene Forderungen und Spezifikationen mit

den TPE-Verarbeitern neu zu definieren,

- ▶ und letztlich von der Recyclingfähigkeit von TPE-Bauteilen als wichtigem Bestandteil der Kreislaufwirtschaft in der Automobilproduktion.

Literatur

Die umfangreichen Literaturangaben können unter Fax-Nr. 06201/69-300 erhalten werden.

Die Autoren dieses Beitrags

Dr. Matthias Skuhr, geb. 1968, ist seit 1997 bei der Freudenberg Forschungsdienste KG beschäftigt und im Projektteam TPE für den Bereich Materialmodelle zuständig.

Dr. Ernst Osen, geb. 1957, ist innerhalb der Freudenberg Dichtungs- und Schwingungstechnik KG verantwortlich für den Bereich Werkstoffentwicklung Europa.