

Membranen aus Polyethersulfon für die Ultrafiltration von Wasser zeichnen sich unter anderem durch ihre variable Porengröße, hohen Durchfluss, ihre chemische Widerstandsfähigkeit und wiederholte Sterilisierbarkeit aus (Bilder: BASF)

Polyarylsulfone (PSU, PESU, PPSU)

Wachstumsmarkt Wasser. Nicht nur in der Automobilbranche sind spritzgießtaugliche Kunststoffe, die hohen Temperaturen standhalten, immer stärker gefragt. Die amorphen Hochtemperatur (HT)-Kunststoffe der Polyarylsulfon-Familie zeichnen sich durch außerordentlichen, inhärenten Flammschutz und hohe Transparenz aus. Darüber hinaus lassen sich Membrane mit individuell einstellbaren Porengrößen fertigen, sodass sich vor allem das Interesse im Markt für Wasserreinigungsmembrane in den letzten drei Jahren gut entwickelt hat. Aktuell werden weltweit rund 57000 t dieser Polymere verbraucht (einschließlich Polyetherimid, PEI). Die HT-Kunststoffe werden voraussichtlich in den nächsten Jahren mit etwa 5 % pro Jahr solide wachsen.

Den Polyarylsulfonen kommt im Spektrum der am Markt verfügbaren Polymerwerkstoffe eine besondere Rolle zu: Sie weisen hohe Glasübergangstemperaturen (T_g) im Bereich um 200°C auf, eignen sich daher für die Produktion außerordentlich hitzestabiler Bauteile und machen in faserverstärk-

ter Form Metallen in besonders anspruchsvollen Fällen Konkurrenz.

Polyethersulfon (PESU, z. B. Ultrason E, Veradel, Sumikexcel) erfüllt mit einer T_g von 225°C die höchsten HT-Anforderungen dieser Werkstofffamilie und zeigt gute inhärente Flammseigenschaften (bis V0 nach UL94 ohne Additivierung) sowie eine hohe Heißwasser-, Kühlmittel- und Chemikalienbeständigkeit, zum Beispiel ge-

genüber Ölen und Fetten (bis etwa 170°C). Die PESU-Dauergebrauchstemperaturen liegen um 180 bis 190°C. Spezielle Typen wie Ultrason Dimension von der BASF SE, Ludwigshafen, zeigen noch bei 120°C einen E-Modul von über 10000 MPa und niedrige thermische Ausdehnungskoeffizienten; trotzdem sind sie aufgrund niedriger Schmelzeviskositäten gut im Spritzgießen zu verarbeiten. Polyphenylsulfon (PPSU, z. B. Ul-

trason P, Radel) ist darüber hinaus durch eine hohe Heißdampf- und Spannungsrissbeständigkeit sowie durch hohe Kerbschlagzähigkeiten charakterisiert. Polysulfone (PSU, z. B. Ultrason S, Udel) liegen mit einer Glasübergangstemperatur von 187°C in Bezug auf Hitzebeständigkeit am Ende des Feldes, nehmen dafür aber auch nur geringe Mengen Feuchtigkeit auf.

Eine ähnliche Glasübergangstemperatur wie Poly- ➔

ARTIKEL ALS PDF

unter www.kunststoffe.de
Dokumenten-Nummer KU111507

arylsulfone weisen auch die Polyetherimide auf (PEI; T_g um 217°C). Diese ebenfalls zu den amorphen HT-Thermoplasten zählenden Polymerwerkstoffe konkurrieren daher – vor allem in Spritzgussanwendungen – oft mit PESU oder PPSU. Daher werden die Polyetherimide trotz ihrer anderen chemischen Struktur ebenfalls in diesem Beitrag behandelt (Bild 1).

Markt, Hersteller und Kapazitäten

Die Abschwächung des weltweiten Wirtschaftswachstums 2008/2009 hatte auch Auswirkungen auf den Polyarylsulfon-Absatz. Der Rückgang war jedoch nicht so stark ausgeprägt wie bei vielen anderen Polymeren; die der Krise folgenden Jahre 2010 und 2011 waren von einem deutlich überproportionalen Wachstum gekennzeichnet. Der Grund hierfür liegt in der Na-

tur der Hauptanwendungsfelder dieser Werkstofffamilie: Einige davon, wie etwa Wasser- und Dialysefilter bzw. die Medizintechnik insgesamt, sind relativ konjunkturunabhängig. Tatsächlich ist der Anteil der Polyarylsulfone, die vom Medizinsektor aufgenommen werden, im Vergleich zu 2010 von rund 20 auf nun etwa 24 % gestiegen. PPSU zum Beispiel lässt sich sehr gut ohne Eigenschaftsverluste im Heißdampfverfahren sterilisieren. Auch PEI, unter dem Markennamen Ul-

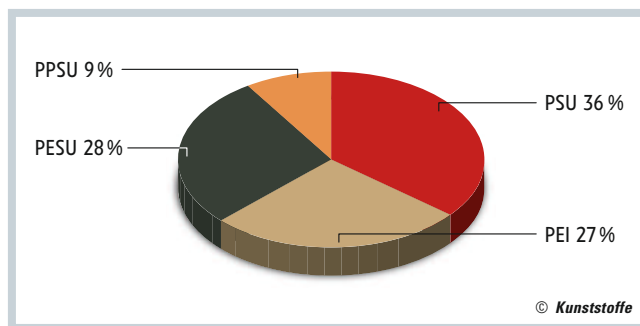


Bild 1. Weltweiter Verbrauchsanteil der HT-Thermoplaste (Stand 2012)

tem von Saudi Basic Industries Corporation (Sabic), Riad/Saudi-Arabien, angeboten, wird in Sterilisationsboxen eingesetzt (Bild 2).

Die Markteintrittsbarrieren für PSU, PESU und PPSU sind im Vergleich zu anderen Thermoplasten relativ hoch. Aufgrund ihres speziellen Ei-

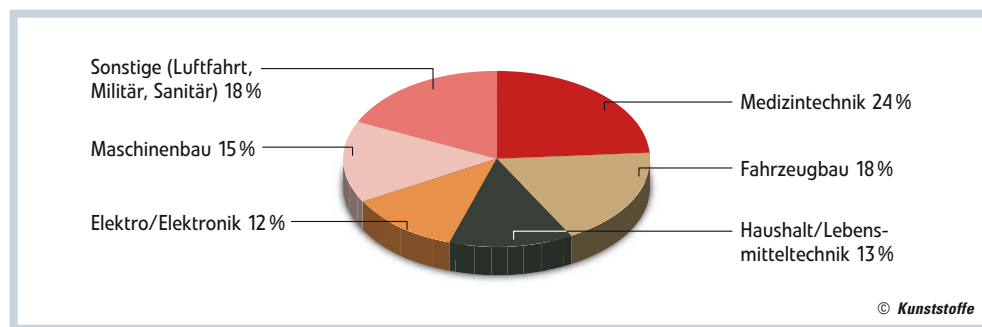


Bild 2. Weltweiter Verbrauchsanteil von amorphen HT-Thermoplasten nach Anwendungsgebieten (Stand 2012)

sonner 松耐

IFE 2013

VISIT US AT BOOTH

2013
16 – 23 October
Düsseldorf, Germany

makes the difference

**EASY CONTROL
MORE ACCURACY**

www.sonnerfeeder.com

KARODUR®

**KARODUR Pressplatten GmbH –
der Spezialist für alle
Hart-PVC-Platten-Anwendungen!**

Wir finden Lösungen für Ihre Anwendungsfälle.
– u.a. PVC-C „Made of Corzan“

Im Verbund mit
KARODUR Wasserstrahlschneidtechnik:

- 2 und 3D Schneidtechnik
- Mikrowasserstrahlschneiden „Finecut“

KARODUR Pressplatten GmbH
Achim Tekath
Industriestraße 4 – 6
D-53842 Troisdorf

**T. 0 22 41/84 58 24
F. 0 22 41/40 15 45
E-Mail: te@karodur.de
www.karodur.com**

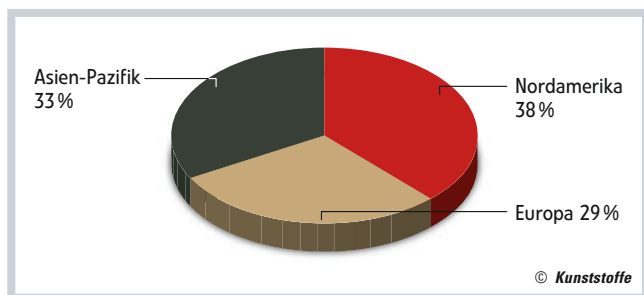


Bild 3. Weltweiter Verbrauchsanteil von amorphen HT-Thermoplasten nach Regionen (Stand 2012)

genschaftsprofils kommen sie oft in sicherheitsrelevanten und zulassungsgetriebenen Anwendungen im Automobil, in der Medizin und in der Luftfahrt zum Einsatz. Entsprechend (zeit-)aufwendig ist die Entwicklung neuer Produkte. Eine Ausnahme war das starke Wachstum im Babyflaschen-Segment im Jahr 2010: Hier empfahl sich PESU ausdrücklich als Alternative zu Polycarbonat. Aktuell flacht das Wachstum in dieser Anwendung allerdings wieder ab, da hier mittlerweile eine Bewegung zu Polypropylen stattgefunden hat.

Insgesamt ist für HT-Thermoplaste in den kommenden Jahren von einem globalen Marktwachstum von rund fünf Prozent p. a. auszugehen; vergleichbare Wachstumsraten sind für Europa zu erwarten. Asien dürfte etwas stärker wachsen (rund sieben Prozent); für den am weitesten entwickelten Markt, die USA, werden dagegen nur etwa drei Prozent prognostiziert.

Marktanteile verschieben sich über die Jahre allerdings kaum – auch dies ist eine indirekte Folge des hohen Entwicklungsaufwands für Produkte, in denen typischerweise Polyarylsulfone zur Anwendung kommen (**Bild 3**). Durch den Eintritt der BASF in den PPSU-Markt 2007 ist jedoch Bewegung in den Markt gekommen (**Tabelle 1**). Den stark wachsenden asiatischen Markt will BASF mit ihrer neuen Ultrason-Anlage in Yeosu/Südkorea (6000 t/a) flexibler bedienen. Die Anlage soll 2014 in Betrieb gehen. Im

Jahr 2010 hat Sabc ihre PEI-Anlage in Cartagena/Spanien in Betrieb genommen [1]. Damit verfügt das Unternehmen nun über Kapazitäten für

Produzent	Produkte	Kapazität (t/a)
BASF	PSU, PESU, PPSU	12000
Sabic	PEI	21000
Solvay	PSU, PESU, PPSU	30000
Sumitomo	PESU	3000

Tabelle 1. Die wichtigsten Polyarylsulfon- und Polyetherimidhersteller der Welt (Stand 2012)

rund 21000 t HT-Thermoplaste. Bisher hat Sabc ihre Polyetherimide ausschließlich in den USA produziert. Auch in einer Pilotanlage, die der Anbieter Ende 2011 in Mt.

Vernon eröffnete, sollen Ultem-Polyetherimide entstehen [2]. Die Solvay SA, Brüssel/Belgien, steht laut eigenen Angaben kurz vor der Fertigstellung einer Pulver-PESU- →



Bild 4. Ultrasch E, das Polyethersulfon der BASF, kommt in dem weltweit leichtesten Flugzeug-Trolley zum Einsatz. Das geschäumte Ultrasch E im Innern der Trolley-Wände qualifiziert sich für diese Anwendung unter anderem durch eine hohe Stabilität und inhärenten Flammenschutz

Produktionsanlage in Pano-li/Indien. Die Kapazität der vor allem für die Herstellung von Epoxy-Composites benötigten Spezialität (Virantage) soll bei einigen hundert Tonnen pro Jahr liegen [3]. Von Sumitomo Chemical Corp., Chūō/Japan, wurden seit 2010 keine Kapazitätsveränderungen bekannt gegeben.

Anwendungen und Innovationen

Luftfahrt: Der anhaltende Trend zur Metallsubstitution und zum Leichtbau wird auch die Polyarylsulfone weiter stärken. Für die Luftfahrt sind diese Werkstoffe schon seit Längerem interessant. Hier können sie auch durch ihre in-

härent guten Flammseigenschaften überzeugen. Ein aktuelles Beispiel für Leichtbau mit Polyarylsulfonen sind Trolleys, aus denen in Passagierflugzeugen Getränke und Speisen serviert werden: Im Innern der Wände findet sich geschäumtes Ultrasch E (PESU) mit einer Dichte von nur 40 kg/m³, während die spritzgegossenen Griffmulden aus Ultrasch P (PPSU) bestehen (Bild 4). So ist der Trolley mit 10 kg Gewicht nur halb so schwer wie die konventionelle Metallversion. Die geforderten Flammseigenschaften werden ohne Zusatz entsprechender Additive erreicht. In Großflugzeugen können über 100 derartiger Trolleys zum Einsatz kommen – die mit dem PPSU- und PESU-Einsatz verbundene Gewichteinsparung ist also erheblich.

Eingefärbt sind diese Teile durch Farb-Masterbatches (Sicoversal X) der BASF Color Solutions Germany GmbH, Köln, die seit rund einem Jahr auch auf Ultrasch basierende Masterbatches in ihr Programm aufgenommen hat: Die Verwendung typgleicher Farb-Masterbatches kann bei der Sicherung einer hohen Produktqualität von Bedeutung sein. Vor allem im Medizinbereich spielt die Einfärbung nach wie vor eine wich-

tige Rolle; Solvay bietet Polyarylsulfone (PPSU) für den Medizinsektor daher in diversen Farben an [4].

Für besonders anspruchsvolle Leichtbauprojekte verfügt die BASF außerdem über eine mit 30 % Carbonfasern verstärkte PESU-Type (Ultrasch E 2010 C6). Ebenfalls im Luftfahrt-Sektor im Einsatz sind OH-terminierte Polyethersulfone als Schlagzähmodifikator für Epoxy-Systeme – stark in diesem Markt sind vor allem BASF



Bild 5. OH-terminierte Polyethersulfone dienen als Schlagzähmodifikator für Epoxy-Systeme. In Folienform sind sie leichter zu verarbeiten

und Sumitomo. Da sich diese Additive aufgrund ihrer hohen Reaktivität nicht thermoplastisch verarbeiten lassen,

kamen sie bislang vor allem in Pulver- bzw. Flockenform zum Einsatz. Die BASF hat hierfür im Rahmen einer Kooperation eine Folienvariante entwickelt (Bild 5), die den Bedürfnissen der Anwender entgegenkommt. Sie kann dazu beitragen, die Prepreg-Herstellung deutlich zu vereinfachen und die Produktivität beim Endkunden zu erhöhen.

Eine weitere Polyarylsulfon-Variante für den Luftfahrtsektor ist ein mit Endlos-Carbonfasern verstärktes PESU (Complect LCF-PESU, Bild 6), das vom amerikanischen Unternehmen PlastiComp, Winona, Minnesota, angeboten wird. Das Compound auf Basis von Ultrasch E der BASF wartet selbst im Vergleich mit glasfaserverstärkten Standardtypen mit noch einmal erheblich gesteigerten E-Modulen auf und ist damit als hochbelastbarer Leichtbauwerkstoff für steife Bauteile (bezogen auf das Bauteilgewicht) sogar Aluminium überlegen. Mögliche Anwendungen könnten zum Beispiel im Sitzbereich liegen – einem der wenigen Einsatzbereiche, die in Passagierflugzeugen noch von Metall dominiert werden. In ersten Tests hat sich das Material dort bereits bewährt.

Automobil: Auch in der Automobilbranche finden Po-



Bild 6. Ein mit Endlos-Carbonfasern verstärktes PESU ist ein hochbelastbarer Leichtbauwerkstoff für steife Bauteile und konkurriert mit Aluminium

lyarylsulfone ein breites Einsatzfeld. PESU zum Beispiel wird im Kühlwasser- und Ölkreislauf genutzt, in der Autoelektrik (Gehäuse und Stecker) sowie in Getrieben. Eine besonders anspruchsvolle Anwendung stellen Automobilscheinwerfer dar: Für die Reflektoren greifen Entwickler – manchmal nach Umwegen über vermeintlich günstigere Werkstoffe – immer wieder auf PESU zurück, weil es nur wenige Materialalternativen gibt, die Dauergebrauchstemperaturen zwischen 190 und 200°C ohne Eigenschaftsabbau überstehen, dabei hervorragend metallisierbar sind und aufgrund ihres amorphen Aufbaus zudem eine hohe Dimensionsstabilität mitbringen (**Bild 7**).

In Zukunft werden die Anforderungen an die Hitzebeständigkeit der verwendeten Werkstoffe weiter steigen, denn Automobil Designer setzen verstärkt auf immer kleinere, kompaktere Scheinwerfer, die im Betrieb noch heißer werden als bisher. Die BASF hat auf diese Herausforderung mit der Einführung des besonders hitzebeständigen Hochtemperatur-PESU Ultrason E 2010 MR SW HM (HM: Heat Management) reagiert, das durch eine spezielle Additivierung gegenüber dem bereits sehr beständigen Vorgänger Ultrason E 2010 SW Q31 erheblich weniger Wärmestrahlung absorbiert und damit für noch einmal deutlich höhere Dauereinsatztem-

peraturen geeignet ist. Bei einem großen Hersteller von Automobil-Beleuchtungssystemen ist der Werkstoff bereits im Einsatz.

Auch das Einsatzgebiet Ölpumpen verzeichnet weiter ein bemerkenswertes Wachstum: PESU qualifizieren sich für diesen Einsatzbereich vor allem durch ihre ausgezeichnete Heißölbeständigkeit und gleichbleibenden mechanischen Eigenschaften über einen weiten Temperaturbereich von -40 bis +160°C; durch Einarbeitung von Koh-

lefasern, Graphit und PTFE konnte BASF die tribologischen Eigenschaften dieses Werkstoffs noch einmal verbessern. In drehzahlabhängig geregelten Ölpumpen der Schwäbischen Hüttenwerke zeigt Ultrason KR 4113 ein besseres Verschleiß- und Gleitreibeverhalten als Metall, gleichwohl ist der Kunststoff temperaturbeständig bis 200°C. In Fahrzeugen namhafter europäischer Automobilhersteller sind Pumpenteile aus Ultrason E mittlerweile millionenfach im Einsatz.

Zwar stagniert der europäische Automobilmarkt derzeit, dagegen zeigt aber der asiatische Markt ein bemerkenswertes Wachstum. Derzeit ist kaum ein Werkstoff in Sicht, der PESU in Ölpumpen Konkurrenz machen könnte – hier sind die Polyarylsulfone eindeutig aus einer Nische herausgetreten. Das gilt in gewisser Weise auch für das PESU Ultrason Dimension E 1010 G9 der BASF. Der hochgefüllte Werkstoff (45 % Glasfasern) zeichnet sich durch eine besonders hohe Dimensionsbe- ➔

ständigkeit aus und steht mit einem sehr hohen Metallersatzpotenzial für neue Leichtbauprojekte zur Verfügung.

Trinkwasser- und Sanitär-anwendungen: Die Suche nach Alternativen zu metallischen Werkstoffen ist auch im Sanitärsektor ein anhaltender Trend. Die Baubranche selbst stagniert zwar derzeit, aber zum Beispiel die Substitution von Messing- durch Kunststoffleitungen schreitet aus

tem Boiler, der 2012 vom spanischen Anbieter Soterna vorgestellt wurde. Das 80 kg schwere System aus zwei extrudierten PPSU-Profilen (Radel, Solvay) zwischen zwei spritzgegossenen Endstücken arbeitet mit 95°C heißem, chloriertem Wasser unter einem Druck von 6 bar. Laut Hersteller hat mit PPSU hier erstmals ein thermoplastischer Kunststoff an Stelle von Stahl im druckbeaufschlagten

beres Wasser von strategischer Bedeutung. Dialysepatienten, deren Zahl aufgrund des demografischen Wandels stetig zunimmt, profitieren übrigens von ähnlichen Produkten. Auch Solvay hat einige Polyarylsulfone für diese Anwendung im Sortiment [6].

Ausblick

Da die Polyarylsulfone ihren Spezialitätencharakter aller Voraussicht nach auch in den kommenden Jahren beibehalten, wird ihr Wachstum mittelfristig weiterhin eng mit dem ihrer Abnehmerbranchen verbunden bleiben. Darin liegen besondere Chancen: Der Automobilsektor wird aufgrund des anhaltenden Wachstums in China und Indien voraussichtlich ein wichtiger Absatzmarkt bleiben; der Gesundheitsbereich aufgrund des steigenden Anteils älterer Mitbürger in den Industrieländern

realisieren. Eine interessante Neuigkeit auf dem Gebiet der Polyetherimide ist auch die Einführung neuer, transparenter Ultem- bzw. Extem-Typen (Sabic) für optische Anwendungen im Telekommunikationsbereich [8].

Weitere Wachstumsimpulse könnten durch Kapazitätserweiterungen, wie die der BASF in Korea, gesetzt werden: Sie eröffnen der Anwendungstechnik die Möglichkeit, die Hochtemperatur-Thermoplaste in neuen Anwendungsfeldern zu etablieren. ■

Nina Rau und Florian Hennenberger, beide Ludwigshafen

Bild 7. Reflektoren von Automobilscheinwerfern sind nach wie vor ein wichtiges Einsatzgebiet für PESU: Ein neues, besonders hitzebeständiges HT-PESU absorbiert noch weniger Wärmestrahlung als Standardware und lässt sich bei noch höheren Temperaturen einsetzen



funktionellen Erwägungen weiter fort. Die BASF ist auf diesem Gebiet mit ihrem Ultrason P aktiv, aber auch Solvay ist dort mit Radel stark vertreten. PPSU kommt hier unter anderem in Verbindungsstücken, sogenannten Fittingen, für Heißwasserleitungen oder Heizungsverteilersysteme zum Einsatz (z. B. Ultrason P 3010) (Bild 8). Dabei kommt dem Werkstoff neben seiner guten Heißwasserbeständigkeit und Druckfestigkeit auch seine im Bausektor nützliche hohe Robustheit zu Gute. Ultrason P 3010 verfügt über eine Vielzahl von Zulassungen für den Lebensmittel- und Trinkwasserkontakt und ist sogar beständig gegenüber überhitztem Wasserdampf (bis 134°C). In Flügelrädern von Wasserpumpen für die Sanitärtechnik hat sich das glasfaserverstärkte PESU inzwischen etabliert.

Ausgesprochene Hitzebeständigkeit ist natürlich in der Solartechnik ein wichtiges Thema – ein gutes Beispiel ist ein Solar-Panel mit integrier-



Bild 8. PPSU kommt in Verbindungsstücken von Wasserleitungen, sogenannten Fittingen, zum Einsatz

Boiler eines Solar-Panels Einzug gehalten [5].

Die Bedeutung polymerer Werkstoffe, die besonders für den Umgang mit Wasser geeignet sind, wird kurz- bis mittelfristig stark wachsen, da der Zugang zu sauberem Trinkwasser für die wachsende Weltbevölkerung immer wichtiger wird. Durch spezielle Verfahren lassen sich aus PESU Membrane herstellen, deren Porenanzahl und -größe über einen weiten Bereich steuerbar sind. Solche Membrane sind für die Wasseraufbereitung sehr wichtig. PESU ist einer von sehr wenigen Polymerwerkstoffen, die für diese Nutzung in Frage kommen (Titelbild). Für die BASF ist der Megatrend sau-

sogar überdurchschnittlich an Bedeutung gewinnen.

Ähnliches gilt für die Trinkwassergewinnung: Der Markt für Wasseraufbereitungstechnologien gilt als einer der am stärksten wachsenden weltweit. Laut einer von der Inge GmbH auf ihrer Webseite zitierten Studie von BCC Research [7] sollen sich die Umsätze mit Wasser- und Abwassertechnik (ohne Bauleistungen) bereits von 2007 bis 2012 auf rund 81 Mrd. US-Dollar mehr als verdreifacht haben. Der Zugang zu sauberem Trinkwasser gilt seit einer Resolution der Generalversammlung der Vereinten Nationen im Juli 2010 als Menschenrecht. PESU-Membranen können mithelfen, es zu

LITERATUR

- 1 Presseinformation Sabic 23.09.2010
- 2 Presseinformation Sabic 19.12.2011
- 3 Presseinformation Solvay 08.05.2013
- 4 Presseinformation Solvay 17.11.2011
- 5 www.soterna.com und Presseinformation Solvay 23.02.2012
- 6 www.solvayplastics.com/sites/solvayplastics/EN/specialty_polymers/Markets/Membranes/Pages/sulfone-polymers-membranes.aspx
- 7 www.inge.ag
- 8 Presseinformation Sabic 19.03.2013

SUMMARY

PSU, PESU, PPSU

WATER – A GROWTH MARKET. The amorphous high-temperature (HT) polymers of the polyarylsulfone family are characterized by extraordinary, inherent flame retardancy and high transparency. In addition, membranes having adjustable pore sizes can be produced, with the result that the market for water purification membranes has shown growing interest in them in the last three years. Global consumption of these polymers is currently running at about 57,000 t (including polyetherimide, PEI). The HT polymers are expected to grow at a steady annual rate of 5 % in the coming years.

Read the complete article in our magazine **Kunststoffe international** and on www.kunststoffe-international.com