

Weiterhin gesunde Wachstumsraten. Der Klimawandel und die Notwendigkeit, Energie zu sparen, sichern Polystyrol-Hartschaumstoff auch für die kommenden Jahre gesunde Wachstumsraten. Auf der einen Seite tragen immer höhere gesetzliche Auflagen bezüglich der Wärmedämmung zur steigenden Nachfrage bei,

auf der anderen Seite ist davon auszugehen, dass die gute Dämmwirkung des Materials mehr und mehr auch zur Reduktion der Energiekosten für die Klimatisierung von Räumen in tropischen und subtropischen Regionen genutzt wird.



Die schwimmenden Häuser am Geierswalder See in Brandenburg besitzen eine Dämmung aus extrusionsgeschäumtem Polystyrol (Foto: BASF)

Polystyrol-Hartschaumstoff (EPS, XPS)

**HELMUT WINTERLING
NATALIE SONNTAG**

Polystyrol bleibt unangefochten die Nummer Eins, wenn es um die effiziente Sanierung von Altbauten oder die Wärmedämmung von Neubauten geht – sei es in Form von Partikelschaumstoff aus expandierbarem Polystyrol-Granulat (EPS) oder von extrusionsgeschäumtem Hartschaumstoff (XPS).

Aber nicht nur gegen Kälte bieten Polystyrolschaumstoffe eine ausgezeichnete Däm-

mung, sondern ebenso gegen Hitze. So hat das Passivhaus Institut in Darmstadt in einer von der BASF SE, Ludwigsha-

fen, in Auftrag gegebenen Studie gezeigt, dass sich zum Beispiel in Mumbai oder Singapur bis zu rund 60 % des Strombe-

darfs für die sensible Kühlung einsparen lassen [1].

Für leichte Verpackungen stoßempfindlicher Güter oder thermisch dämmende Verpackungen von Lebensmitteln oder Medikamenten ist EPS das Material der Wahl. Aufgrund seines spezifischen Eigenschaftsprofils (**Tabelle 1**) wird Polystyrol-Hartschaum darüber hinaus für verschiedene Spezialanwendungen, z. B. Schalen zur Aufzucht von Pflanzen, eingesetzt.

Hersteller, Kapazitäten und Verbrauch

Expandierbares Polystyrol (EPS): Den enormen Zuwachs,

Eigenschaften	EPS	XPS
Wärmeleitfähigkeit [W/(m K)]	0,031*) bis 0,045	0,035 bis 0,045
Rohdichte [kg/m ³]	10 bis 35	25 bis 45
Druckfestigkeit bei 10% Stauchung [MPa]	0,07 bis 0,26	0,15 bis 0,70
zulässige Druckspannung bei Druckbelastung (50 Jahre, < 2% Stauchung) [MPa]	0,012 bis 0,11	0,06 bis 0,25
Wärmespeicherkapazität [J/(kg K)]	1500	1500
Wasserdampfdiffusionswiderstand —	20 bis 100	80 bis 200
Baustoffklasse —	B1 schwerentflammbar (D) E (europäische Klassifikation)	

* Der niedrige Wert gilt für grafithaltiges EPS

Tabelle 1. Spezifische Eigenschaften von EPS und XPS

ARTIKEL ALS PDF unter www.kunststoffe.de
Dokumenten-Nummer KU110869

Region	Verbrauch [Mio. t]					
	2001	2003	2005	2007	2009	2011
Asien	1,447	1,903	1,943	2,330	2,493	3,079
Europa (einschl. Russland)	1,118	1,100	1,266	1,624	1,614	1,801
Nordamerika	0,518	0,551	0,640	0,610	0,488	0,513
Rest der Welt	0,168	0,211	0,250	0,347	0,382	0,440
Weltverbrauch	3,251	3,765	4,099	4,911	4,977	5,833

Tabelle 2. EPS-Weltverbrauch im Zeitraum von 2001 bis 2011 (Quelle: CMAI)

den der EPS-Markt im letzten Jahrzehnt erfahren hat, spiegelt **Tabelle 2** wider: Lag der weltweite Verbrauch im Jahr 2001 noch bei 3,251 Mio. t, stieg er bis zum Jahr 2011 um fast 80 % auf 5,833 Mio. t. In Asien gab es in diesem Zeitraum einen überproportionalen Zuwachs von über 110 %, in Europa (einschließlich Russland) betrug das Plus rund 60 %, während der EPS-Verbrauch in Nordamerika entgegen dem allgemeinen Trend stagnierte.

Größter Abnehmer ist demzufolge auch Asien mit aktuell 53 % des Weltverbrauchs, weit vor Europa mit 31 % (**Bild 1**).

Dem weltweiten Verbrauch von 5,833 Mio. t im Jahr 2011 stehen Kapazitäten in Höhe von 9,676 Mio. t gegenüber (**Tabelle 3**). Die mit Abstand größten EPS-Kapazitäten befinden sich mit 6,694 Mio. t oder 69 % in Asien (s. **Bild 1**). Engpässe sind am EPS-Markt insbesondere in Asien also nicht zu befürchten, zumal

mehrere Hersteller eine größere Ausweitung der Kapazitäten angekündigt haben. Die größten EPS-Hersteller weltweit sind die taiwanische Loyal Group, Taipei/Taiwan, mit einer Gesamtkapazität von 1,26 Mio. t/a, Wuxi Xingda, Wuxi/China (0,9 Mio. t/a), BASF (0,8 Mio. t/a) (**Tabelle 4**) und Ineos Styrenics, Channahon/USA (0,4 Mio. t/a). Loyal und Xingda produzieren ausschließlich in Asien, während BASF in allen Regio-

nen mit seinen Kapazitäten präsent ist.

Große regionale Unterschiede gibt es auch hinsichtlich der Hauptanwendungen von EPS. So entfallen in Europa fast 80 % des EPS-Verbrauchs auf das Bauwesen, während sich der Anteil in den übrigen Ländern bei ca. 50 % bewegt (**Bild 2**). Besonders niedrig liegt der Verbrauch für Anwendungen am Bau mit 41 % in Nordamerika. Auf Verpackungen entfällt in Europa mit 20 % im weltweiten Vergleich der kleinste Anteil am Verbrauch, wohingegen sie in Asien fast die Hälfte ausmachen. Hier werden große EPS-Mengen für den Schutz Weißer Ware und von Elektro- und Elektronikprodukten beim Versand verbraucht, insbesondere in Japan auch für die Herstellung von Fischkisten. Bei den sonstigen Anwendungen ist Nordamerika besonders stark vertreten, wo es einen großen Markt für Trinkbecher aus EPS für heiße Getränke gibt. Für alle Regionen wird erwartet, dass Anwendungen von EPS im Bauwesen stärker zunehmen werden als im Verpackungsssektor.

Extrusionsgeschäumtes Polystyrol (XPS): Der XPS-Verbrauch wuchs in den letzten Jahren um durchschnittlich etwa 4 % und hat heute ein Volumen von weltweit rund 30 Mio. m³. Die wichtigsten Märkte für XPS sind China, die USA, Russland, die Türkei, Japan, Deutschland, Italien und Korea. Auf Europa (inklusive Russland und Türkei) entfallen rund 50 % des globalen →

Region	Nennkapazität [Mio. t] (einschließlich Eigenverbrauch)					
	2005	2007	2009	2011	2013	2015
Indien	0,051	0,054	0,076	0,151	0,171	0,171
Nordostasien	3,461	3,789	4,752	6,316	6,963	6,963
Südostasien	0,241	0,247	0,255	0,227	0,212	0,212
Westeuropa	1,197	1,395	1,542	1,560	1,693	1,760
Mitteuropa	0,199	0,213	0,293	0,303	0,303	0,303
GUS und Baltische Staaten	0,176	0,186	0,186	0,236	0,286	0,286
Nordamerika	0,680	0,682	0,627	0,630	0,630	0,630
Südamerika	0,187	0,183	0,193	0,193	0,193	0,193
Mittlerer Osten	0,035	0,035	0,060	0,060	0,060	0,060
Weltkapazität	6,227	6,784	7,984	9,676	10,511	10,578

Tabelle 3. EPS-Kapazität der Welt im Zeitraum von 2005 bis 2015 (Quelle: CMAI)

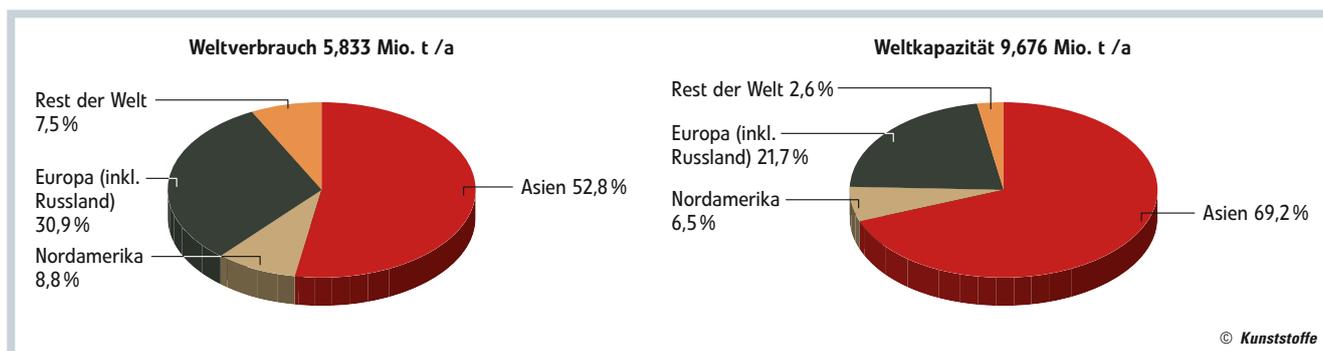


Bild 1. EPS-Verbrauch (links) und -Kapazitäten (rechts) der Welt, gegliedert nach Regionen (Stand Mitte 2011) (Quelle: CMAI)

XPS-Bedarfs. Zunehmend steigt auch die Nachfrage in den osteuropäischen Ländern nach Dämmung.

XPS-Platten bieten gegenüber EPS-Platten eine höhere Druckfestigkeit senkrecht zur Plattenebene bei zugleich hoher Elastizität sowie eine geschlossenzellige und dadurch wasserabweisende Oberflächenstruktur. Sie werden deshalb vorrangig für die Wärmedämmung von Flachdächern, Perimeterdämmung, Fassadendämmung und – wegen ihrer guten mechanischen Eigenschaften – auch als lastabtragende Dämmmate-

ihrem Tief im Jahr 2008 wieder deutlich erholt und liegen für EPS aktuell bei rund 1500 EUR/t. Dennoch rechnet die Branche weiterhin mit unbefriedigenden Margen, da mit der wirtschaftlichen Erholung auch die Rohstoffpreise wieder kräftig gestiegen sind.

Neue Produkte und Märkte

Expandierbares Polystyrol (EPS): Im Bereich Fassadendämmung/Wärmeschutz setzen sich in den DACH-Ländern (Deutschland, Österreich, Schweiz) mehr und mehr EPS-

Spanien) ist mittlerweile ein Trend zu höheren Dämmstandards zu beobachten, die nicht nur zur Einsparung von Heizkosten beitragen, sondern auch helfen, die Energiekosten für die Klimatisierung zu senken. Entsprechend kann man davon ausgehen, dass Dämmung in den Regionen mit Heißklimata zunehmend an Bedeutung gewinnen wird.

Der Trend hin zu Materialien mit immer besserer Dämmleistung ist noch nicht abgeschlossen. So befinden sich neuartige Materialien in der Entwicklung, die auf Wärmeleitfähigkeiten unter

ten, Holzunterkonstruktion mit Luftspalt und Außenverkleidung – ist unempfindlich gegenüber Feuchtigkeit und somit formstabil, alterungsbeständig und verrottungsfest. Sie kann einfach und schnell montiert und bei Bedarf rückgebaut und wieder verwendet werden.

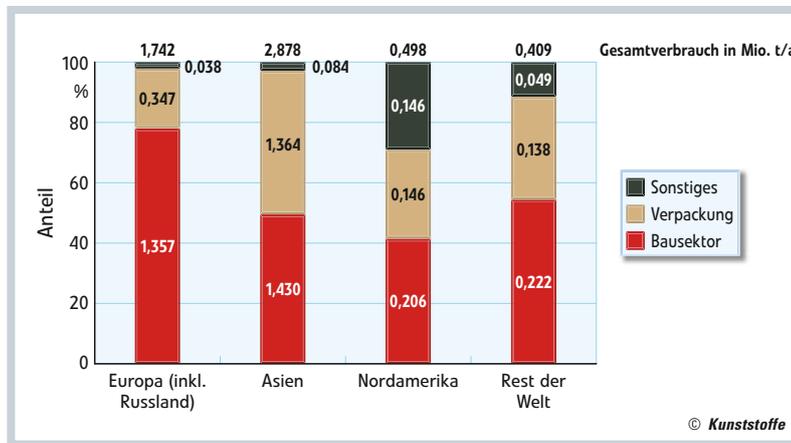
Im Verpackungsmarkt hat EPS wegen seines geringen Gewichts und seiner guten thermischen Dämmung seit vielen Jahren seinen festen Platz. Dank seines hohen Dämmvermögens ermöglicht es zum Beispiel eine lückenlose Kühlkette für Lachs von der Fischfarm bis zum Konsumenten, und dies selbst bei langen Transportflügen.

Eine vielversprechende Neuentwicklung gelang BASF mit dem auf der K2010 erstmals vorgestellten zäh-elastischen Schaumstoff E-por. Er bietet alle Vorzüge des klassischen Styropors und kann wie dieses transportiert, gelagert, verarbeitet und recycelt werden. Das Material zeichnet sich durch eine sehr gute Verschweißung der Oberfläche, exzellente Lösemittelbeständigkeit sowie ansprechende Optik und Haptik aus. Durch die hohe Rissbeständigkeit ist es mehrfach stoßsicher und eignet sich deshalb vor allem als Transportverpackung für hochwertige stoßempfindliche Elektro- und Elektronikprodukte. Vorteilhaft ist darüber hinaus, dass das Material bei Raumtemperatur transportiert und gelagert werden kann und erst vor Ort beim Verpackungshersteller mit geringem Dampfbedarf geschäumt wird.

Extrusionsgeschäumtes Polystyrol (XPS): Auch bei XPS gehen die Entwicklungen in Richtung noch höhere Wärmedämmung. Dabei werden zwei Strategien verfolgt: höhere Lambda-Werte und dickere Platten.

Mit Styrodur Neo hat BASF ein XPS mit einem noch einmal um rund 20 % verbessertem Lambda-Wert auf den Markt →

Bild 2. EPS-Verbrauch der Welt im Jahr 2010, gegliedert nach Anwendungsgebieten (Quelle: CMAI)



rialien im Hoch- und Tiefbau eingesetzt. Dank ihres geringen Gewichts finden XPS-Platten außerdem als Trägermaterial für Verbundbauteile Anwendung. Aufgrund des relativ hohen Anteils der Frachtkosten an den Gesamtkosten ist das XPS-Geschäft eher regional strukturiert.

Weltweit beträgt die Gesamtkapazität für XPS-Platten heute über 30 Mio. m³/a bzw. 0,9 Mio. t/a. Die wichtigsten Hersteller sind Dow, Midland/USA, Owens Corning, Toledo/USA, BASF und Ursal, Montabaur. Der Kapazitätsanteil der europäischen Hersteller wird auf 40 bis 50 % geschätzt.

Preisentwicklung von EPS und XPS

Sowohl für EPS als auch für XPS haben sich die Preise seit

Produkte mit verbesserter Dämmleistung durch. Zunehmend wird dieses verbesserte EPS auch in Flachdachanwendungen eingesetzt.

Erstmals wurde ein EPS mit deutlich verbesserter Dämmleistung von BASF unter dem Handelsnamen Neopor auf den Markt gebracht – möglich wurde dies durch das Einbringen fein verteilter Grafitpartikel, die die Wärmestrahlung wie kleine Spiegel reflektieren und so den Wärmeverlust verringern. Es bietet eine um bis zu 20 % bessere Dämmleistung als herkömmliches EPS. Mittlerweile sind weitere Anbieter mit einem EPS mit verbesserter Dämmleistung auf dem Markt, so z. B. Sunpor Kunststoff GesmbH., St. Pölten/Österreich, mit Lambdapor und Ineos Styrenics mit Silver.

Selbst in südeuropäischen Ländern (Türkei, Italien und

0,020 W/m·K abzielen. Einsatzmöglichkeiten sind insbesondere Spezialanwendungen, bei denen starke räumliche Beschränkungen vorliegen.

Neue Entwicklungen in der Dämmung gibt es ebenso bei intelligenten Systemen. Ein Beispiel ist das patentierte Fassadensystem Lambda Vento des Schweizer Dämmstoffherstellers Swisspor AG, Steinhausen/Schweiz (Bild 3). Die vom Deutschen Institut für Bautechnik zugelassene vorgehängte, hinterlüftete Fassade mit Dämmplatten aus Neopor bietet eine sehr gute Wärmedämmung ($\lambda_R = 0,032 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) und einen großen gestalterischen Freiraum für individuelle, hochwertige und gleichzeitig witterungsbeständige Fassadenbekleidungen. Die mehrschichtige Außenwandkonstruktion – bestehend aus Dämmstoffplat-

gebracht. Dieser Innovations-sprung in der Dämmleistung gelang – wie schon beim EPS – durch Integration fein verteilter Grafitpartikel. Ebenso hat Dow unter dem Handelsnamen Xenergy ein XPS mit deutlich verbesserter Dämmleistung auf den Markt gebracht.

Durch die höhere Dämmleistung kann die Dicke der Dämmplatten reduziert werden. Damit eignet sich Styrodur Neo insbesondere für die Gebäude-Innendämmung an Wänden, Böden und Decken, aber auch für die Wärmebrücken- und Kerndämmung. Der neue Schaumstoff enthält als Zellgas ausschließlich Luft und besitzt wie das seit Jahrzehnten bewährte Styrodur C (Titelbild) die gleichen positiven Eigenschaften: hohe Druckfestigkeit, geringe Wasseraufnahme, Unverrottbarkeit, Formstabilität und Langlebigkeit.

Üblicherweise werden XPS-Platten meist noch in einer Dicke von 20 bis 200 mm extrudiert. Ein wichtiger Schritt in Richtung stärkere Dämmschichten ist die bauaufsichtliche Zulassung verschiedener XPS-Typen für die dreilagige Verlegung im Umkehrdach. Damit kann die für Flachdächer vorteilhafte Umkehrdachkonstruktion auch bei besonders hohen Anforderun-

Tabelle 4.
EPS-Produzenten und ihre Nennkapazitäten (einschließlich Eigenverbrauch) in Europa

Hersteller	Nennkapazität 2011 [Mio. t]
BASF	0,400
Ineos Styrenics	0,415
Sunpor	0,175
Synthos	0,200
Polimeri (einschl. Dunastyr)	0,140
Styrochem	0,100
Monotez (ohne Eastchem)	0,070
Sunde	0,135
Styron (früher Dow)	0,055
Knauf	0,060
Synbra	0,060
	0,085
Sonstige	0,458
Gesamt	2,353

gen an den Wärmeschutz ausgeführt werden. Erlaubt sind jetzt Dämmstoffdicken bis 400 mm.

Eine weitere Innovation gelang mit der Entwicklung einer neuen XPS-Variante mit einer Wärmeformbeständigkeit von bis zu 105°C (Anwendungsgrenzttemperatur). Das ebenfalls aus den Labors der BASF-Wissenschaftler stammende Styrodur HT bietet die gleichen guten Eigenschaften wie konventionelles XPS, das jedoch nur bis 75°C einsetzbar ist. Erhältlich ist der neue Dämmstoff in Nenndruck-

festigkeiten von 300 und 600 kPa. Er ist besonders geeignet für belastete Warmdächer, für verschiedene Dämmaufgaben in der Solartechnik, für die Dämmung von Warmwasserspeichern (auch im erdberührten Bereich) sowie für alle speziellen Dämmanwendungen mit heißem Wasser, die druck- und feuchtebeansprucht sind (Bild 4).

Verarbeitungsentwicklung

Für die Verarbeitung von EPS und die Extrusion von XPS ste-

hen seit vielen Jahren ausge-reifte Technologien zur Verfügung [2], bei denen keine signifikanten Weiterentwicklungen zu verzeichnen sind. Die Anlagen verfügen meist über frei programmierbare Steuerungen, die eine gezielte Einstellung der Produkteigenschaften sowie lückenlose Überwachung aller Betriebsdaten erlauben. Wie allgemein im Kunststoffmaschinenbau stehen Optimierung der Produktionsprozesse, Steigerung der Energieeffizienz, Zykluszeitverkürzung, Minimierung von Stillstandzeiten und Wartungsfreundlichkeit im Fokus der Weiterentwicklung.

Umwelt

Laut einer vom McKinsey Global Institut, New York/USA, veröffentlichten Studie stellt die Dämmung von Gebäuden eine der effizientesten Methoden zum Einsparen von CO₂ dar [3]. So ist bei geeigneter Dämmung heute selbst bei Altbaumodernisierung ein 3-Liter-Haus realisierbar. Bei Neubauten setzt sich mehr und mehr der Passivhausstandard durch mit dem Ziel, dass ab 2020 in Europa nur noch Passivhäuser gebaut werden.

Die 2009 vom Deutschen Institut für Bautechnik erteilte bauaufsichtliche Zulassung für die dreilagige Verlegung von Styrodur-Bodenplatten bis zu einer Dämmschichtdicke von 300 mm bedeutet einen wesentlichen Fortschritt hin zu diesem Standard. Damit ermöglichen Plattengründungen einen sicheren, umfassenden und wärmebrückenfreien Wärmeschutz für Passivhäuser auch in den lastabtragenden Bereichen der Gebäudehülle.

Dies wurde in jüngster Zeit beim Neubau des Lippe Bads in Lünen genutzt, das als erstes Schwimmbad in Deutschland den Passivhausstandard erfüllt. Den Grund bildet eine lastabtragende Wärmdämmschicht aus drei Lagen Styrodur C mit je 100 mm Schichtdicke. Verlegt wurde ein vorge-



Bild 3. Fassadensystem Lambda Vento: Die EPS-Platten bieten eine sehr gute Wärmedämmung (Foto: BASF)

fertiges, passgenaues Bodenplatten-Dämmsystem vom Typ Iso-lohr der LohrElement E. Schneider GmbH, Gemünden-Langenprozelten.

Seit etwa 1995 haben die meisten großen Hersteller von Polystyrol-Dämmstoffplatten in Europa ihre Produktion auf CO₂ umgestellt. Teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (HFKW) werden zwar gelegentlich noch verwendet, sind aber nur noch von untergeordneter Bedeutung. Aktuell wird im Bundestag über deren Verbot diskutiert. Das bei der Herstellung CO₂-getriebener Polystyrol-Hartschaumstoffe anfallende – im Vergleich zu HFKW deutlich geringere – Treibhauspotenzial kann oft bereits in der ersten Heizperiode eingespart werden.

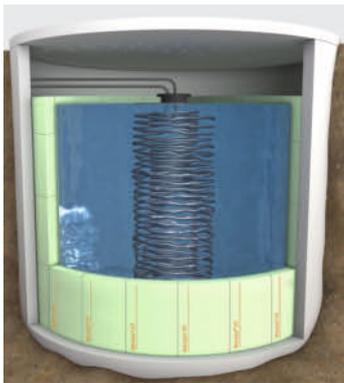


Bild 4. Solarer Wärmespeicher mit XPS-Dämmung: Die dafür verwendete neue XPS-Variante erreicht eine Wärmeformbeständigkeit bis 105°C

(Foto: BASF)

Um die Einhaltung der strengen Brandschutzvorschriften zu gewährleisten, wird Polystyrol-Dämmschäumen gegenwärtig das bereits in kleinsten Mengen hochwirksame Flammschutzmittel HBCD (Hexabromcyclododecan) zugesetzt. Aufgrund von Umweltbedenken wurde diese Substanz aber in das Zulassungsverfahren gemäß dem europäischen Chemikalienrecht REACH aufgenommen, ihr Einsatz damit ab 2015 beschränkt.

Als Alternative mit gleicher Flammschutzwirkung, jedoch deutlich besseren Umwelteigenschaften hat Dow Chemical ein neues bromiertes polymeres Flammschutzmittel entwickelt. Aufwendige Versuchsreihen mit dem neuen Produkt in kleinem bis mittlerem Maßstab haben zu vielversprechenden Ergebnissen geführt, sodass sich das Polymer in den nächsten Jahren als Ersatz für HBCD etablieren dürfte. ■

LITERATUR

- 1 Grove-Smith, J.: Einfluss von Wärmedämmung mit Neopor und Styrodur C auf den Energiebedarf von Wohngebäuden in den Klimata von Singapur, Mumbai, Buenos Aires und Los Angeles. Passivhaus Institut, Darmstadt 2009
- 2 Glenz, W.: Polystyrol-Hartschaumstoffe (EPS, XPS), Kunststoffe 100 (2010) 10, S. 98–102
- 3 The carbon productivity challenge: Curbing climate change and sustaining economic growth. McKinsey Global Institute, Juni 2008

DIE AUTOREN

HELMUT WINTERLING ist Leiter des Bereichs Globales Marketing Foams der BASF SE, Ludwigshafen.

NATALIE SONNTAG ist tätig im Bereich Globales Marketing Foams der BASF SE, Ludwigshafen.

SUMMARY

RIGID POLYSTYRENE FOAM (EPS, XPS)

CONTINUED HEALTHY GROWTH. Climate change and the need to conserve energy will ensure healthy growth for rigid polystyrene foam in the years to come. On the one hand, ever tougher regulatory requirements concerning thermal insulation are contributing to rising demand. On the other, it can be assumed that the good insulating properties of this material will be utilized more extensively to reduce the energy expense of inside air-conditioning in tropical and sub-tropical regions.

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