

Kunststoffabfälle werden u. a. zur Reduktion des Koksverbrauchs in Hochöfen thermisch verwertet

(Bilder: Evonik)



# Umweltfreundlich flammgeschützt

**„Grüne“ Polyamide.** Exzellente Flammsechutzeigenschaften für Hochleistungsanwendungen lassen sich auch mit biobasierten Kunststoffen realisieren. Meistens werden sie jedoch erst dann als ernstzunehmende Alternative wahrgenommen, wenn ein Umdenken in Richtung „grün“ stattgefunden hat oder neue Anwendungen entwickelt werden.

**BENJAMIN BREHMER  
HOLGER RENNERS  
FRANK ZELDER**

Der kalorische Brennwert von Kunststoffen ist in der Regel hoch, sehr hoch sogar. Wenn die Verbrennungstemperatur in einer Müllverbrennungsanlage zu gering ist (**Titelbild**), werden deshalb häufig Kunststoffabfälle zusätzlich mitverbrannt, um die Temperatur nach oben zu regulieren. In vielen technischen Anwendungen ist diese typi-

sche Kunststoffeigenschaft jedoch unerwünscht. Die Bauteile müssen im Gegenteil schwer entflammbar sein. Dies erreicht man durch die Zugabe von Brand- bzw. Flammsechutzmitteln.

## Stickstoffhaltige Alternativen

Klassische Flammsechutzmittel enthalten Halogen und basieren auf Brom (z. B. polybromierte Diphenylether) oder Chlor (Chlorparaffine). Diese weisen zwar auch in polyamidbasierten Systemen sehr gute Brandschutzseigenschaften auf, bringen jedoch negative Gesundheits- und Umwelaspekte mit sich. Im Fall eines Feuers

werden polybromierte oder polychlorierte Dibenzodioxine bzw. Dibenzofurane (PCDD bzw. PCDF) freigesetzt, die gesundheitsschädlich und vermutlich auch „bio-akkumulierend“ sind. Das heißt, sie werden von der Umwelt kaum abgebaut und können sich im Extremfall in Organismen ablagern.

Deshalb wird der Einsatz von halogenhaltigen Flammsechutzmitteln immer häufiger eingeschränkt, beispielsweise durch die EG-Richtlinie RoHS (Beschränkung gefährlicher Stoffe). Infolgedessen steigt der Marktanteil halogenfreier Mittel stetig: Etwa 500 kt halogenfreier Flammsechutzmittel werden jährlich in

**ARTIKEL ALS PDF** unter [www.kunststoffe.de](http://www.kunststoffe.de)  
Dokumenten-Nummer KU111381



**Bild 1. Die Einstufung der Brandklassen von Kunststoffen erfolgt nach dem Standard UL94 der Underwriters Laboratories (vertikale Brandprüfung)**

kettige Polyamide (PA) durch ihren langjährigen Einsatz etabliert sind. Biobasierte bzw. ökologische Alternativen mit diesen Polymerbasen gibt es derzeit jedoch nicht. Langkettige, biobasierte Polyamide bieten hier neue Möglichkeiten und einige potenzielle Vorteile. Diese sind:

- thermische Stabilität (besonders nach Konditionierung bzw. Wasseraufnahme),
- geringe Wasseraufnahme und Quellung sowie geringes Gewicht,
- hohe chemische Beständigkeit z.B. gegenüber Lösungsmitteln und Reinigern,
- hohe Schlagzähigkeit auch bei niedrigen Temperaturen,
- hohe Abriebbeständigkeit,
- mechanische Festigkeit (abhängig von Verstärkungsfasern),
- thermische Isolation (aufgrund geringer Wasseraufnahme),
- Flammenschutz V0 bei 0,8 und 1,6 mm Wanddicke laut UL94 und
- biobasiert.

Die Eincompoundingierung von MC und ggf. weiteren Additiven in langkettige Polyamide ist aufgrund vergleichsweise niedriger Zersetzungstemperaturen des MC technisch anspruchsvoll. Um eine V0-Klassifizierung (**Bild 1**) bei unverstärktem PA zu erreichen, werden üblicherweise 5 bis 8 % MC eingesetzt. Bei verstärkten Compounds sind jedoch auch 15 % keine Seltenheit. Je höher der Verstärkungsgrad, desto mehr MC ist notwendig, um die gewünschte UL-Klassifizierung zu erhalten (**Tabelle 1**).

Wie der Tabelle zu entnehmen ist, führte der Einsatz von Verstärkungsfasern zu einem Anstieg der Zugkräfte, aber auch zu einer erheblichen Senkung der Bruchdehnung. Die größte Herausforderung bestand zudem darin, eine V0-Klassifizierung bei den verstärkten Typen zu erreichen. Im Terra DS1281 sind umgerechnet fast 50 % Flammenschutzmittel notwendig (in Bezug auf das Basispolymer), um eine V0-Klassifizierung zu erreichen. DS1680 und DS1880 schaffen im Gegensatz zu DS2280 keine V0 bei dickeren Prüfstäben. Die Glasfasern verfügen über zwei wesentliche Effekte, die sich auf das Brandverhalten von verstärkten Kunststoffen auswirken:

- Die hohe spezifische Oberfläche der Kunststoffmatrix bietet eine große Angriffsfläche für Flammen und Sauerstoff.
- Die Schlichte basiert häufig auf Aminosilanen, was während des Brennens zu Stickoxiden führen kann, die die Rauchbildung beeinflussen.



der EU eingesetzt. Damit bilden sie die deutliche Mehrheit. Nun werden zudem die ersten Forderungen laut, dass Flammenschutzmittel auch frei von Metallen bzw. Schwermetallen sein sollen.

Melamincyanurat (MC) – das Salz von Melamin mit Cyansäure – ist ein stickstoffhaltiges Flammenschutzmittel und stellt eine gute Alternative zu halogenhaltigen Flammenschutzmitteln dar. Langjährige Erfahrungen haben gezeigt, dass MC auch ein idealer Kandidat für die Modifikation von ökologisch geprägten Polyamiden ist. Melamincyanurat wird als Salz in das polymere Basismaterial eincompoundiert. Im Brandfall bzw. bei hohen Temperaturen verdünnt dies die Gasphase und wirkt ähnlich wie ein halogenhaltiges Flammenschutzmittel endotherm. Natürlich sollen die physischen Eigenschaften der Bauteile durch die Einarbeitung des Flammenschutzmittels nicht vermindert werden. Durch Modifikation mit Verstärkungsfasern oder Schlagzähmachern kann daher ggf. gegengesteuert werden.

### Langkettige, biobasierte Produkte

Hochleistungspolymere sind klassische Produkte der Petrochemie, doch lassen sich auch Polymerketten ganz oder teilweise aus biobasierten Bausteinen synthetisieren. Im Gegensatz zu petrochemisch-basierten Polyamiden haben Biopolyami-

de eine günstigere CO<sub>2</sub>- und Energiebilanz. Diese positive Bilanz verdanken sie den Monomeren, die aus der Rizinus-Ölpflanze gewonnen werden. Evonik bietet die drei verschiedenen Biopolyamid-Typen PA610, PA1010 und PA1012 unter dem Handelsnamen Vestamid Terra an.

Biopolyamide gewinnen selbst in technisch hoch anspruchsvollen Einsatzbereichen, in denen gute Brandschutzeigenschaften gefordert sind, immer mehr an Bedeutung. Anwendungsfelder finden sich u. a. in der Elektrik- und Elektronik-Industrie, in denen Standardpolymere wie Polypropylen (PP), Polybutylenterephthalat (PBT), Polyvinylchlorid (PVC) und kurz-

**! Standard UL94**

Die weltweit maßgebliche Norm für die Einstufung der Brandklassen von Kunststoff ist der Standard UL94 der Underwriters Laboratories. Geprüft wird die Fähigkeit eines Materials, nach Beflammung zu verlöschen. Die Einstufung richtet sich nach Brenngeschwindigkeit, Verlöszeit, Tropfenbildung und Nachglimdauer. Die Brandklassen sind in Abhängigkeit von den Wanddicken dargestellt und reichen von HB (langsames Brennen des horizontal geprüften Probekörpers), V2, V1 bis hin zur besten Einstufung V0 (kein brennendes Abtropfen, Flamme nach 10 s selbstverlöschend).

EVI-Name	-	CW1214 (DS1281)	CW1156 (DS1280)	BS1387 (DS1680)	BS1385 (DS1880)	BS1512 (DS2280)	CW1195 (DS2281)	CW1196 (DD2280)
Polyamidbasis	-	PA1010	PA1010	PA1010	PA1010	PA1010	PA1010	PA1012
Prozessart		Dünnwand- spritzgießen	Dünnwand- spritzgießen	Spritzgießen	Pultrusion	Extrusion	Extrusion	Extrusion
GF-Verstärkung	%	55	0	5	5	0	0	0
FR-Füllgrad	%	13	20	15	15	15	7	7
UL-Prüfung 0,8 mm	UL94	V0	V0	V0	V0	V0	V2	V2
UL-Prüfung 1,6 mm	UL94	-	V0	V0	V0	V0	V2	V2
UL-Prüfung 3,2 mm	UL94	-	-	V2	V2	V0	V2	V2
VZ (neutral)	ml/g	110	110	140	160	235	220	250
Dichte	g/cm <sup>3</sup>	1,55	1,14	1,16	1,16	1,13	1,07	1,06
E-Modul	MPa	17800	2470	3275	3250	2390	2025	1550
Bruchspannung	MPa	151	39,7	57,4	55,3	43,7	42,6	40,4
Bruchdehnung	%	1,6	2,2	5,1	6,8	27,5	49	50,5
Charpy-Kerbschlagzähigkeit	kJ/mm <sup>2</sup>	14	1,2	3,6	4,6	5,1	6,3	8,6
MFI (250 °C / 10 kg)	cm <sup>3</sup> /10 min	>50	>50	7	6	5	9	10

**Tabelle 1. Verfügbare Produkte auf Basis von Vestamid Terra**

Mit besonderem Hinblick auf die richtige Bilanz zwischen mechanischer Festigkeit und Brandschutz wurde die Vestamid Terra-Reihe DS1680, 1880 und 2280 konzipiert. Die Entwicklung der Produkte erfolgte in enger Abstimmung mit den Kunden. Dabei wurden bestehende Lastenhefte ebenso wie mögliche Anwendungsgebiete berücksichtigt.

### Potenziale in „grünen“ Anwendungen

**Gebäudeelektrik:** „Grüne Gebäude“ gewinnen immer mehr an Popularität. Die ersten Länder haben bereits Normen festgeschrieben, um die Anforderungen an ein „grünes Gebäude“ zu definieren. Bestens bekannt ist die amerikanische Zertifizierung LEED (Leadership in Energy and Environmental Design). „Grün“ bezeichnete Baumaterialien sind demnach z. B. natürliche Produkte wie Holz, Stroh oder Holz-basierte Compounds. Biobasierte Polyamide gehören ebenfalls zu den möglichen Einsatzstoffen, wenn Naturmaterialien nicht mehr ausreichen.

Kunststoffe mit Brandschutzeigenschaften finden im Gebäudebau fast immer Eingang in Elektriksysteme. Das können Beleuchtungselemente, Kabelkanäle bzw. Kabelkästen oder auch Verbindungs- und Befestigungselemente sein. Gehäuse für Versorgungssysteme gehören ebenfalls zu den möglichen Anwendungen.

Die verwendeten Kunststoffe verlangen einen hohen Grad an Flexibilität und

Anpassungsvermögen, da sie unter sehr unterschiedlichen und mitunter starken Umwelteinflüssen eingesetzt werden. Je nach Umgebung können z. B. mechanische Werte wie Steifigkeit oder Schlagzähigkeit im Fokus stehen. In anderen Fällen rücken Eigenschaften wie UV-Stabilität oder Hitzestabilität in den Vordergrund. Unabhängig von den externen Einflussfaktoren bleibt eine Anforderung immer gleich: Die Farbe der Bauteile muss immer weiß oder grau sein. Biobasierte Polyamide mit halogenfreiem Flammenschutzmittel erfüllen diese Anforderungen und können so dazu beitragen, die Gebäudeelektrik einen Schritt „grüner“ zu machen.

**Klein-Elektrogeräte:** Die Lebenszyklen kleiner Elektrogeräte werden immer kürzer und die Geräte immer mehr zu Wegwerfartikeln. Vor allem große Unternehmen suchen deshalb nach Wegen, ihre Materialien ressourcenschonender einzusetzen. Neben dem Recycling ist die Einführung von biobasierten Produkten eine zusätzliche Möglichkeit, dies zu er-

reichen. Besonders bei Haushaltselektronik und bei Konsumgeräten stoßen biobasierte Materialien jedoch häufig an ihre Grenzen: Glatte, glänzende Oberflächen oder eine perfekte Farbabstimmung sollen für eine hochwertige Optik sorgen – und versprechen gleichzeitig ein hochwertiges Produkt. Bei vielen ressourcenschonenden Ansätzen, wie der Verwendung von rezyklierten Kunststoffen oder bekannten Bio-Polymeren, ist die Realisierung solcher Oberflächen jedoch nicht möglich. Mit biobasierten, halogenfreien Polyamiden hingegen schon.

Besonders gut geeignet sind flammgeschützte Kunststoffe, die sehr dünnwandige, leichte und gleichzeitig steife und schlagfeste Bauteile ermöglichen. Das CW1214 und CW1156 (s. Tabelle 1) sind Beispiele für biobasierte Polyamide, die speziell für den Elektrogeräte-Markt entwickelt wurden. Mit den sehr niedrigviskosen, glasfaserverstärkten Typen können z. B. dünnwandige Bauteile hergestellt werden, die auch kurze Herstellzeiten gestatten.

**Luftfahrt:** Langkettige flammgeschützte Polyamide finden bereits heute Einsatz in der Flugzeugindustrie, beispielsweise als extrudierte Kabelkanalabdeckungen am Boden. Dazu werden PA12-basierte Formmassen wegen ihrer sehr guten Beständigkeit gegenüber Chemikalien und einer sehr guten Beständigkeit gegen Spannungsrisse verwendet. Als Flammenschutzmittel dient wiederum MC. Auch einige MC-basierte Biopolyamide wurden bereits entwickelt

**i Kontakt**

**Evonik Industries AG**  
**Communications High Performance**  
**Polymers**  
**D-45772 Marl**  
**TEL +49 2365 49-9227**  
**→ [www.vestamid-terra.com](http://www.vestamid-terra.com)**  
**→ [www.evonik.de](http://www.evonik.de)**

– innerhalb kurzer Zeit und in Zusammenarbeit mit der Flugzeugindustrie. Viele Unternehmen haben entsprechend ihre internen Prüfmethode spezifiziert und dabei insbesondere eine geringe Rauchdichte als wesentliches Merkmal definiert. Bei diesen strengen Tests fallen viele halogenfreie Flammschutzmittel regelmäßig durch, z. B. Phosphorsysteme.

Vestamid Terra durchläuft derzeit die notwendigen Prüfungen, die bis zu zehn Jahre dauern können. Doch der hohe Aufwand lohnt sich: Bei einer erfolgreichen Zulassung stünde der Flugzeugindustrie eine ökologische und gegenüber petrochemisch hergestellten Produkten gleichwertige Alternative zur Verfügung. Dank der gleichbleibenden mechanischen Eigenschaften können langkettige Polyamide gegenüber kurzkettingen Materialien sogar im Vorteil sein. Insbesondere in unterschiedlichen Klimazonen kommt dieser Vorteil zum Tragen.

**Weiterentwicklungen:** Eine langfristige und für viele Anwendungen unumgängliche Voraussetzung ist die Listung der Formmasse bei UL (Yellowcard). Auf diesem Weg können neben den Brand-

schutzeigenschaften weitere wichtige Kunststoffkennwerte für die jeweilige Formmasse (z. B. CTI- und RTI-Wert) gemessen und bestätigt werden.

Bisher haben unterschiedliche Anwender und Kunden die Angebote von biobasierten, flammgeschützten Polyamiden mit großem Interesse verfolgt – und teilweise auch in Serienanwendungen eingeführt. Noch sind diese Anwendungen allerdings als Nischenanwendungen zu betrachten. Der Flammenschutz wird deshalb in der Regel nur in internen Labors geprüft. Der Wunsch nach einer offiziellen Zertifizierung für kommerzielle Compounds wird jedoch drängender.

Die Anwendungsmöglichkeiten von flammgeschützten Kunststoffen sind sehr breit gefächert. Je mehr das Thema Nachhaltigkeit ins Bewusstsein der Unternehmen rückt, desto größer wird auch das mögliche Anwendungsspektrum. Hochwertige Möbel oder Designelemente (z. B. in öffentlichen Gebäuden oder Sportstadien) sind nur ein paar der möglichen Beispiele. Wie schon vor einem Jahr gilt auch heute noch: Die Einsatzmöglichkeiten für Biopolyamide sind noch lange nicht ausgeschöpft. ■

**DIE AUTOREN**

DR. BENJAMIN BREHMER, geb. 1981, ist verantwortlich für den Vertrieb und das Marketing der Biopolymere im Geschäftsgebiet High Performance Polymers der Evonik Industries AG, Marl; Benjamin.brehmer@evonik.com

HOLGER RENNERS, geb. 1973, ist im Key Account Management/Technical Marketing im Geschäftsgebiet High Performance Polymers der Evonik Industries AG, Marl, für Kabelanwendungen verantwortlich.

FRANK ZELDER, geb. 1971, ist verantwortlich für Spritzgießanwendungen im Elektro- und Elektronikbereich im Geschäftsgebiet High Performance Polymers der Evonik Industries AG, Marl.

**SUMMARY**

**ECOLOGICALLY FLAME RETARDANT**

“GREEN” POLYAMIDES. Excellent flame retardant properties can also be achieved using biobased plastics for high-performance applications. Most of the time, however, they are not perceived as being a serious alternative unless rethinking with a green bias has taken place, or new applications are being developed.

---

*Read the complete article in our magazine*

**Kunststoffe international** and on [www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)