

# Weniger bringt mehr

## Mit rotem Phosphor flammgeschützte Polyamide

Flammgeschützte Polyamide auf Basis von rotem Phosphor sind für viele sicherheitsrelevante Anwendungen die effizienteste und umweltfreundlichste Lösung. So ausgerüstete Polyamide bieten den zuverlässigen Flammenschutz, den Elektro- und Elektronikindustrie fordern. Ihre ebenfalls sehr guten elektrischen und mechanischen Eigenschaften beschreibt der nachfolgende Beitrag.

**K**unststoffe in der Elektroindustrie haben vor allem eine Aufgabe: Sie sorgen für Sicherheit. Denn sie dienen der elektrischen Isolierung stromführender Bauteile und bieten damit Schutz bei Berührung. Das gilt für Leistungsschalter, Energieverteilungssysteme, Schütze, Steckverbinder und Kabelkanäle genauso wie für elektrische Komponenten in EDV- oder Haushaltsgeräten (**Titelbild**). Die dafür verwendeten Kunststoffe sind größtenteils flammgeschützt, um bei elektrischen Fehlfunktionen das Entflammen des Bauteils und eine Ausbreitung des Brandes zu verhindern.

Ihre Leistungsfähigkeit müssen diese Kunststoffe entsprechend den Normen und Richtlinien in den Regelwerken von Underwriters Laboratories (UL), International Electrotechnical Commission (IEC), der europäischen Norm (EN) oder des Verbands deutscher Elektrotechniker (VDE) beweisen. Dabei sind die wichtigsten Brandprüfungen der vertikale Brandtest nach UL94 (mit der offenen Flamme eines Bunsenbrenners) sowie die Prüfung mit dem Glühdraht nach IEC 60695-2-10. In der Elektro- & Elektronik (E&E)-Industrie kommen bevorzugt sogenannte selbstverlöschende Werkstoffe zum Einsatz, die bei den genannten Prüfungen in die Brandklasse UL94 V-0 eingestuft werden oder den Glühdrahttest bei 960°C (GWT 960) bestehen.

Glasfaserverstärktes PA66 hat eine hervorragende Temperaturstabilität und ist somit per se als Konstruktionswerkstoff für E&E-Anwendungen bestens geeignet, wenn relativ hohe Einsatztemperaturen berücksichtigt werden müssen. Die Brandklasse UL94 V-0 oder

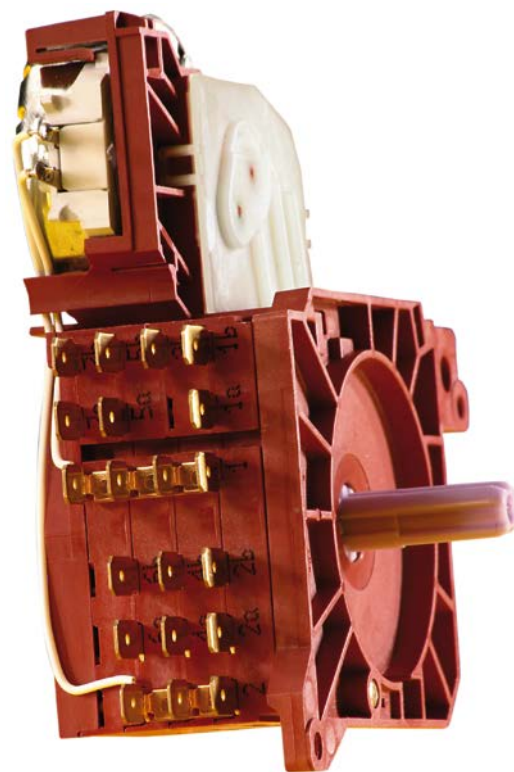
den GWT 960 erreicht aber auch ein solches Polyamid nur nach Zugabe von Flammenschutzadditiven. Roter Phosphor ist hier besonders gut geeignet.

### Bessere mechanische Eigenschaften

Im Vergleich zu halogenhaltigen Flammenschutzsystemen oder organischen Phosphorverbindungen wird beim Flammenschutz mit rotem Phosphor (**Bild 1**) eine deutlich geringere Menge benötigt (**Bild 2**), um für Polyamid ein gutes Brandverhalten zu erreichen. Dies wirkt sich besonders vorteilhaft auf die mechanischen Eigenschaften aus.

Flammenschutzmittel verändern im Allgemeinen die mechanischen Eigenschaften der Kunststoffe auf ungünstige Weise. Das hat nicht nur Folgen für die Konstruktion von Bauteilen, sondern beeinträchtigt bereits deren Herstellung im Spritzgießen bzw. deren automatisierte Montage. Flammenschutzsysteme verringern zum Beispiel die Zähigkeit, das heißt, je größer die Zugabemenge an Flammenschutzmittel ist, desto spröder wird das Polyamid.

Hier liegt einer der wesentlichen Vorteile von mit rotem Phosphor flammgeschütztem PA66, z.B. Ultramid A3X2G5 (mit 25% Glasfasern) der BASF SE, Ludwigshafen. Roter Phosphor ist ein Flammenschutzmittel mit unübertroffen hoher Effizienz. Sein deshalb relativ geringer Anteil im Compound hält die ungünstigen Auswirkungen auf die Zähigkeit gering. Darüber hinaus gibt es speziell entwickelte Zähmodifikatoren, die sich in Verbindung mit rotem Phosphor einsetzen lassen, ohne – wie sonst üblich – die Brandeigenschaften signifikant zu beeinflussen.



Der Programmwahlschalter hat die typische Eigenfarbe von mit rotem Phosphor flammgeschütztem Polyamid (Bild: BASF)

Ein Beispiel hierfür ist ebenfalls Ultramid A3XZG5.

### Geringer konstruktiver Aufwand

Andere Flammenschutzmittel verursachen ein deutlich spröderes Materialverhalten als roter Phosphor. Das erfordert etwa bei Schnapphaken einen erhöhten konstruktiven Aufwand. Darüber hinaus müssen Spritzgießwerkzeuge aufwendiger ausgelegt werden (z.B. mit mehr Aus- ➤

**Bild 1.** Roter Phosphor, hier als pulverförmiges Vorprodukt, bietet seit Jahrzehnten einen zuverlässigen Flammenschutz für Polyamide (Bild: Italmatch)



Ähnlich kritisch wie niedrige Temperaturen können sehr hohe Deformationsgeschwindigkeiten sein, die z. B. in elektrischen Schaltgeräten bei Kurzschlüssen auftreten. Die dabei möglichen Lichtbögen mit Temperaturen weit über 10000 °C und die dadurch entstehenden Druckbelastungen können zu Rissen im Kunststoff führen. Der Hochgeschwindigkeitszugversuch mit Dehnraten bis 100 m/s (Bild 6) lässt auch hier die Vorteile von rotem Phosphor in den Ultramid A3X2-Produkten erkennen.

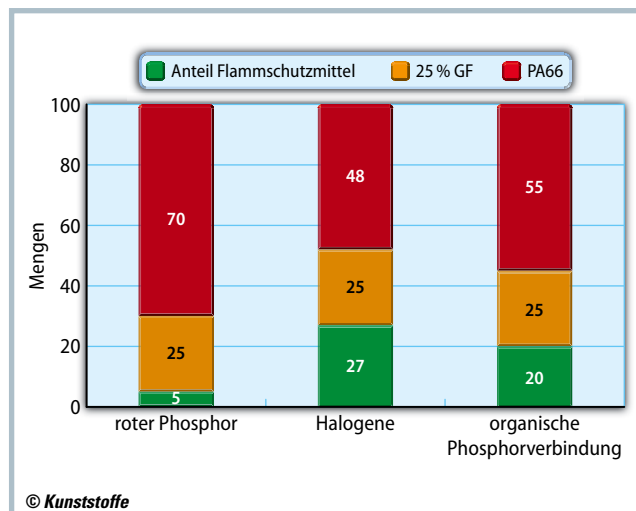
werferstiften), um nicht bereits beim Entformen schadhafte Teile zu erzeugen. Spröderes Material kann auch die Montage verteuern, wenn mehr Ausschuss infolge von Sprödbrech produziert wird. In der grafischen Darstellung von Kerbschlagzähigkeiten und Bruchdehnungen nach ISO 527 (Bild 3) wird dieser Vorteil von mit rotem Phosphor flammgeschützten Ultramid A3X-Produkten gegenüber anders flammgeschützten Compounds besonders deutlich.

Im klassischen Zugversuch nach ISO 527 sind die flammgeschützten Ultramid A3X2-Produkte sogar den nicht flammgeschützten PA66-Produkten ebenbür-

tig. Dies gilt auch im Tieftemperaturbereich bis -60 °C (Bild 4). Derartig niedrige Temperaturen bewirken bei vielen Thermoplasten eine signifikante Versprödung. Mit rotem Phosphor flammgeschütztes Ultramid A3XZG5 behält dagegen seine Schlagzähigkeit (Bild 5).

### Für hohe Glasfaseranteile geeignet

Glasfaserverstärkte Thermoplaste beinhalten im Allgemeinen Kurzglasfasern, deren typische mittlere Länge im Bauteil im Bereich zwischen 150 und 250 µm (0,15 bis 0,25 mm) liegt. Reichen die mechani-



**Bild 2.** Basisformulierungen für PA66 GF25 UL94 V-0 mit unterschiedlichen Flammenschutzmitteln: Im Vergleich zu halogenhaltigen Flammenschutzsystemen oder organischen Phosphorverbindungen wird beim Flammenschutz mit rotem Phosphor eine deutlich geringere Additivmenge benötigt (Bild: BASF)

## Die Autoren

**Klaus Uske** ist in der Anwendungsentwicklung für Engineering Plastics der BASF SE, Ludwigshafen, tätig.

**Dr. Michael Roth** ist in der Produktentwicklung für Engineering Plastics der BASF SE tätig.

## Weitere Informationen

Informationen zu Umweltfragen von rotem Phosphor finden Interessierte in einer früheren Veröffentlichung unter dem Titel „Ein Plädoyer für roten Phosphor“ in Kunststoffe 9/13, S. 203–206.

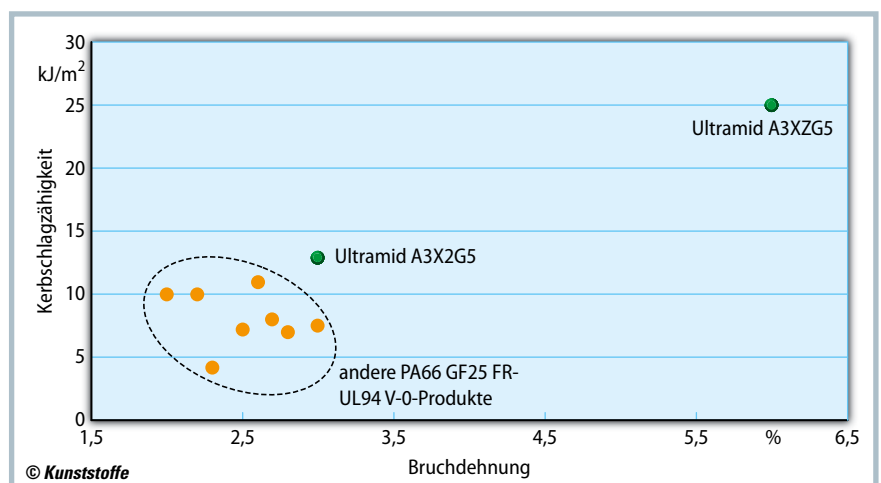
## Service

### Digitalversion

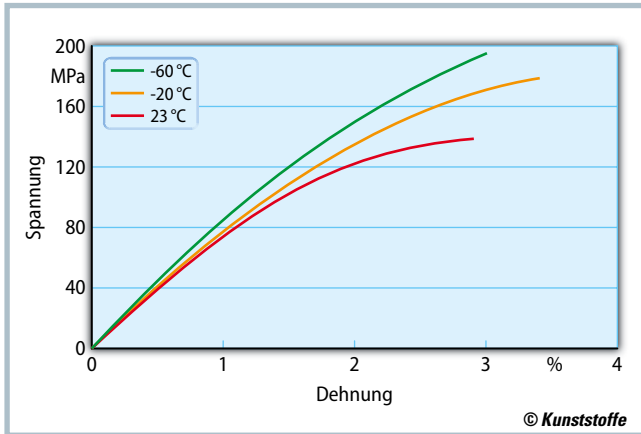
➤ Ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/934817](http://www.kunststoffe.de/934817)

### English Version

➤ Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at [www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)



**Bild 3.** Kerbschlagzähigkeit (trocken) und Bruchdehnung aus dem Zugversuch (trocken) zeigen, dass die Zähigkeit von mit rotem Phosphor flammgeschütztem Polyamid deutlich besser ist als bei Polyamiden mit anderen Flammenschutzmitteln; der Effekt wird noch verstärkt bei Zugabe von Zähmodifikatoren (s. Ultramid A3XZG5) (Quelle: Campus Werkstoffdatenbank)



**Bild 4.** Zugversuche mit Ultramid A3X2G5 bei 23, -20 und -60°C belegen die hervorragenden mechanischen Eigenschaften auch im Tieftemperaturbereich (Bild: BASF)

schen Eigenschaften wie Steifigkeit und Festigkeit eines z. B. mit 25% Kurzglasfasern verstärkten Materials nicht aus, werden Werkstoffe mit höheren Glasfaseranteilen (z. B. 35 oder 50%) eingesetzt. Sind aufgrund von extrem hohen Anforderungen an das Kriechverhalten auch diese hoch verstärkten Produkte nicht mehr einsetzbar, dann bietet häufig noch die Langglasfasertechnologie eine Lösung. Die Glasfaserlänge im Granulat entspricht dann der Länge des Granulatkorns (also 5 bis 10 mm je nach Korngröße).

In den meisten flammgeschützten Thermoplasten können keine hohen Glasfaseranteile (bis 50%) oder Langglasfasern eingesetzt werden. Der Gesamtfüllgrad aus Glasfasern und Flammenschutzsystem ist zu hoch. Deshalb kann kein homogenes Compound hergestellt werden. Bei mit rotem Phosphor flammgeschütztem PA66 gilt diese Einschränkung jedoch nicht. Aufgrund des im Vergleich zu anderen Systemen deutlich geringeren Flammschutzanteils ist ein relativ hoher Glasfaser-

anteil in der Formmasse möglich. Die flammgeschützten Produkte Ultramid A3X2G7 und A3X2G10 mit 35 bzw. 50% Glasfasern sind seit vielen Jahren im Markt etabliert, wenn hohe Steifigkeiten und Festigkeiten gefordert werden.

Weitere Steigerungen in den mechanischen Eigenschaften sind durch den Einsatz der Langglasfasertechnik gelungen. Ultramid A3X2G10 LF ist nicht nur extrem kälteschlagzäh, sondern überzeugt auch durch sehr niedriges Kriechen unter mechanischer Last. Dies wird bei hohen Temperaturen besonders deutlich.

### Mehr Freiheit bei Konstruktion

Für die elektrische Funktionalität von Komponenten ist neben elektrischen Widerständen und dielektrischen Eigenschaften die sogenannte Kriechstromfestigkeit des Kunststoffes von besonderer Bedeutung. Für ihre Bewertung wird als Materialkennwert die Vergleichszahl der Kriechwegbildung, der sogenannte CTI

(Comparative Tracking Index nach IEC/ DIN EN 60112 und ASTM D3638) herangezogen. Der CTI bestimmt, welche Mindestwerte für die Kriechstrecken zwischen zwei stromführenden Komponenten eingehalten werden müssen. Ein hoher und damit guter CTI (der Maximalwert beträgt 600 Volt) bedeutet, dass Anwendungsentwickler mehr Freiheit haben bei der Dimensionierung bzw. Miniaturisierung von Bauteilen, die zur elektrischen Isolierung dienen. Bei Polyamiden bewegt sich der CTI je nach verwendeten Füllstoffen oder Flammenschutzmitteln zwischen 150 und 600 V. Insbesondere halogen- und antimonhaltige Flammenschutzsysteme bewirken oftmals eine deutliche Absenkung des CTI. Das führt zu ungünstigen Vorgaben für Kriechstrecken, was wiederum die Freiheit bei der Konstruktion von Bauteilen einschränkt.

Wird dagegen roter Phosphor als Flammenschutzmittel in PA66 GF verwendet, dann liegen die CTI-Werte im oberen Bereich. Die Ultramid A3X2-Marken sind in der UL-Datenbank sogar mit dem Bestwert PLC 0 (Performance Level Category 0, entspricht 600 V) gelistet.

### Fazit

Roter Phosphor wird seit fast 40 Jahren im Flammenschutz eingesetzt. Wegen ihrer sehr guten mechanischen und elektrischen Eigenschaften können die mit rotem Phosphor flammgeschützten Ultramid A3X2-Produkte der BASF auch viele Jahre nach ihrer Markteinführung ihre Führungsposition im Bereich der flammgeschützten PA66-Marken behaupten. ■



**Bild 5.** Eine typische Anwendung für mit Phosphor flammgeschütztes Polyamid sind Steckverbinder für Photovoltaikanlagen; Ultramid A3X2G5 erfüllt mit seiner hohen Schlagzähigkeit bei -35°C die UL-Norm 1703 (Bild: Weidmüller)

**Bild 6.** Der Hochgeschwindigkeitszugversuch zeigt: Mit rotem Phosphor flammgeschützte Polyamide (trocken) tolerieren auch sehr hohe Deformationsgeschwindigkeiten, wie sie z. B. in elektrischen Schaltgeräten bei Kurzschlüssen auftreten (Bild: BASF)

