

***Umwelt-
Info***

***Kunststoffe
in der Elektrotechnik***

Aspekte des Brandschutzes

Juni 2009

Inhalt

ZUSAMMENFASSUNG	1
1. EINFÜHRUNG	2
2. AUSGANGSSITUATION UND STAND DER GESETZGEBUNG / NORMUNG	3
3. BRANDSCHUTZASPEKTE IN DER ELEKTROINDUSTRIE	3
4. EINSATZ VON FLAMMSCHUTZMITTELN	7
5. BRAND UND BRANDFOLGEN	7
6. SYSTEMANSATZ	8
7. ZUKÜNFTIGE TENDENZEN UND FORDERUNGEN	9
8. FAZIT	10
FUNDSTELLEN- UND LITERATURHINWEISE	11

Impressum

Kunststoffe in der Elektrotechnik - Aspekte des Brandschutzes

© 2009 Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie (ZVEI) e.V.
Lyoner Straße 9, 60528 Frankfurt am Main, Abt. Umweltschutzpolitik
Bearbeiter: Bernhard Klee
Telefon: (069) 6302-315
Telefax: (069) 6302-362
E-Mail: umwelt@zvei.org

(Schutzgebühr)

Trotz größtmöglicher Sorgfalt keine Haftung für den Inhalt.

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Veröffentlichung und Verbreitung sowie der Übersetzung vorbehalten.
Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des ZVEI reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme gespeichert, verarbeitet oder verbreitet werden.

Juni 2009

Zusammenfassung

Halogenfreie Kunststoffe bzw. Flammenschutzmittel erscheinen in der Öffentlichkeit als umweltgerechte Alternative zu "klassischen" Systemen, die Chlor und Brom enthalten. Auslöser hierfür sind einerseits das gestiegene Umweltbewußtsein, andererseits aber auch Erfahrungen aus Bränden und daraus resultierende Ängste. Sachliche Information ist geboten, die der ZVEI durch Antworten auf immer wieder gestellte Fragen geben will.

Die Elektroindustrie ist sich ihrer Verantwortung für ihre Produkte auch bei Aspekten des Brandschutzes bewußt und sucht daher intelligente und innovative Lösungen. Aber nicht immer ist die Vermeidung oder der Ersatz von brom- bzw. chlor-organischen Flammhemmern der optimale Weg.

Hohe Sicherheitsanforderungen aus Gesetzgebung und Normung setzen Rahmenbedingungen und Grenzwerte, die eine Gefährdung des Benutzers ausschließen sollen: Die Entstehung eines Brandes muss verhindert werden. In vielen Fällen ist dies nur durch flammhemmende Zusätze in Kunststoffen zu erreichen.

Zunehmende Bedeutung erhält die ganzheitliche Betrachtungsweise eines Brandschutzkonzeptes (Systemansatz). Produktübergreifende Aspekte wie Verhinderung der Brandausbreitung und organisatorischer Brandschutz spielen dabei eine große Rolle. Systemlösungen, die bestmöglichen Brandschutz bei gleichzeitig höchstem Sicherheitsstandard bieten, werden zukünftig in vielen Bereichen vermehrt gesucht, wobei ein seriöses Brandschutzkonzept alle Schutzziele berücksichtigen muss.

1. Einführung

Die vorliegende Publikation gibt Antworten auf vielgestellte Fragen zum Brandschutz in der Elektrotechnik. Sie versucht, halogenhaltige Flammenschutzmittel und Brandfolgeprodukte zu bewerten, spricht das Thema "Dioxine/Furane" an und begründet die Notwendigkeit eines übergeordneten Brandschutzkonzeptes. Die Aussagen berücksichtigen relevante Rechtsvorschriften, die z. B. zu Gefahrstoffen, zum Schutz der Umwelt und zur Abfallverwertung erlassen wurden.

Warum Kunststoffe in der Elektrotechnik ?

In der Elektrotechnik ist es erforderlich, spannungsführende Teile zu isolieren. Technische Kunststoffe erfüllen diese Anforderung und zeichnen sich dabei durch weitere Eigenschaften wie Flexibilität, gute Verarbeitbarkeit, Bruchfestigkeit und geringes Gewicht aus. In vielen Bereichen der Elektrotechnik und Elektronik werden daher Kunststoffe als Werkstoff für Gehäuse, Schaltgeräte, Kabel, Leitungen und in Flachbaugruppen z. B. als Leiterplatten oder Verbindungselemente verwendet. Sie können für die jeweilige Anwendung "maßgeschneidert" werden, weshalb sie im Vergleich mit anderen Materialien oft den bestmöglichen Kompromiss aus Preis und gefordertem Eigenschaftsprofil bieten.

Nach Abschätzung der deutschen Kunststoffindustrie machen Kunststoffe mit jährlich ca. 920.000 Tonnen verarbeitete Menge in Deutschland etwa ein Fünftel der in Elektro- und Elektronikgeräten verwendeten Materialien aus.

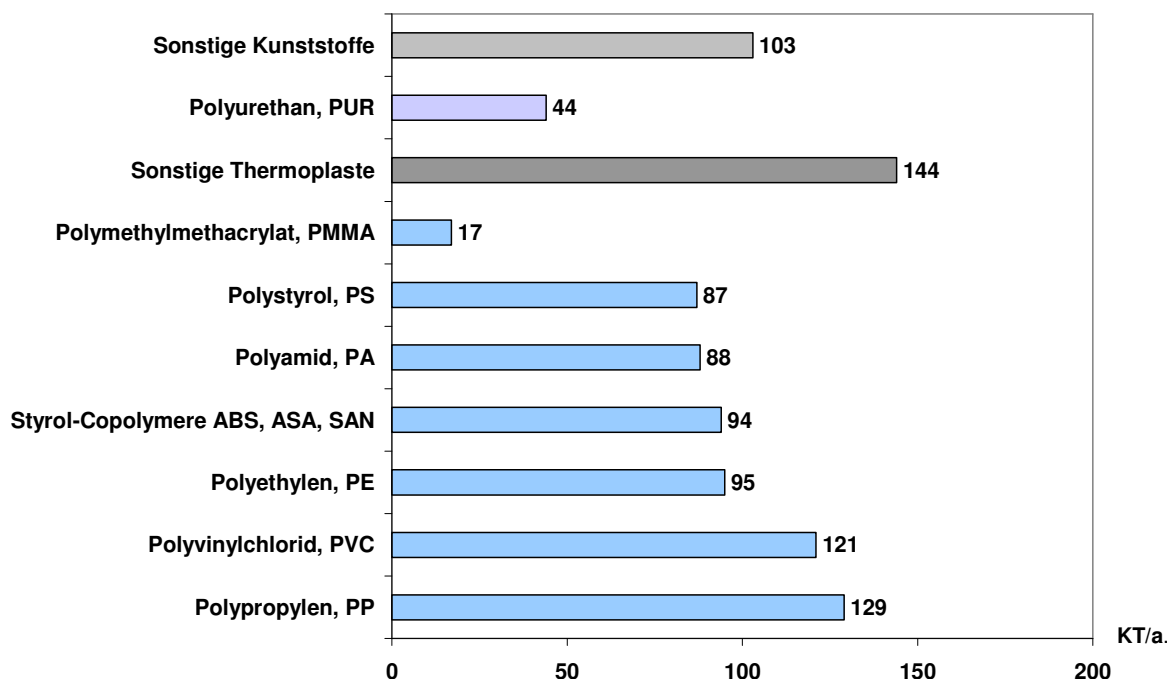


Abb. 1: Einsatzmengen verschiedener Kunststoffarten in der deutschen Elektroindustrie (2007) in 1.000 Tonnen/Jahr (KT/a).¹

¹ CONSULTIC, Produktion, Verarbeitung und Verwertung von Kunststoffen in Deutschland 2007, Alzenau, November 2008

2. Ausgangssituation und Stand der Gesetzgebung / Normung

Die Auflagen, unter denen Elektro- und Elektronikgeräte - damit auch deren Kunststoffteile - betrieben werden dürfen, sind in Standards und technischen Regeln festgehalten. Normungsorganisationen wie die DKE (Deutsche Elektrotechnische Kommission), CENELEC (Europäisches Komitee für elektrotechnische Normung), IEC (International Electrotechnical Commission) und UL (Underwriters' Laboratories Inc.) zählen zu den bedeutendsten in der Elektrotechnik. Gesetzliche Vorschriften kommen z. B. aus dem Arbeits- und Verbraucherschutzrecht, dem Bau- und Umweltrecht sowie der Produktsicherheit. Deren Rahmenbedingungen und Grenzwerte sind einzuhalten. Dadurch wird eine Gefährdung des Benutzers ausgeschlossen und eine Belastung der Umwelt bei bestimmungsgemäßem Gebrauch auf ein Mindestmaß reduziert. Daneben verbieten die Chemikalienverbotsrichtlinie² seit 15. August 2004 sowie die RoHS-Richtlinie³ seit 1. Juli 2006 die Verwendung polybromierter Biphenyle und Diphenylether.

*Was verlangen
Gesetze und
Normen?*

Sicherheitsanforderungen z. B. gemäß DIN-VDE, IEC und UL beziehen sich vorwiegend auf die Umgebung von strom- und spannungsführenden Teilen, die als Zündquelle wirken können. Erhöhte Anforderungen gelten für nicht beaufsichtigte Geräte. Die Grundanforderungen sind im Standard IEC 60695-1-1 festgehalten. Sie bewerten Kriterien wie die Art des Gerätes, seine Einschaltdauer, seinen Aufstellungsort, die Menge des eingesetzten Kunststoffes und dessen Brandeigenschaften.

Auch bei Störungen des bestimmungsgemäßen Gebrauches muss ein Brand verhindert werden. Voraussetzung für die Entstehung eines Brandes ist eine Zünd-/Wärmequelle: z.B. ein Kurzschluss, Kriechstrom, Lichtbogen oder ein überhöhter Kontaktwiderstand. In den letzten Jahren wurde in internationalen Normengremien auch diskutiert, ob Elektrogeräte wie Fernseher auch einer externen Entzündung durch kleine Flammen (z. B. eine Kerze) standhalten müssen⁴. Eine zusammenfassende Übersicht über Anforderungen zum Brandschutz von Kunststoffen findet sich bei Troitzsch⁵.

3. Brandschutzaspekte in der Elektroindustrie

Damit ein Brand entsteht, müssen drei Faktoren zusammenkommen: Ein brennbares Material, eine Zündquelle und ausreichend Sauerstoff. Brennbare Materialien unterscheiden sich in der Energie, die notwendig ist, um eine Entzündung und eigenständiges Weiterbrennen zu erreichen. Darüber hinaus ist die Geometrie des Brandobjekts wichtig, vor allem die Dicke des Materials und ob man eine Kante beflammt oder eine Fläche, ob das Material horizontal oder vertikal orientiert ist. Diese Faktoren werden in Brandtests genormt. Einige Kunststoffe brennen bei Einwirkung solcher definierter

*Warum
Brandschutz in der
Elektrotechnik?*

² Richtlinie 2003/11/EC des Europäischen Parlaments und des Rates über Beschränkungen des Inverkehrbringens und der Verwendung gewisser gefährlicher Stoffe und Zubereitungen.

³ Richtlinie 2002/95/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten

⁴ IEC Technical Specification 62441 „Accidentally caused candle flame ignition“ (2006)

⁵ Troitzsch J. (2004): Plastics Flammability Handbook. Hanser Publishers, Munich; ISBN: 3-446-21308-2.

Zündquellen, andere nicht. Wenn aber aufgrund eines hervorragenden Eigenschaftsprofils für eine bestimmte Anwendung nur ein Kunststoff in Frage kommt, der für sich allein das nötige Sicherheitsniveau noch nicht bietet, dann werden Substanzen zugesetzt, die die Entzündlichkeit absenken oder die Verbrennung erschweren. Derartige Verbindungen heißen Flammenschutzmittel. Sie gewährleisten die nötige Sicherheit im normalen Gebrauch und bei typischen Störungen.

Flammenschutzmittel tragen dazu bei, die zur Entzündung eines Materials notwendige Energie zu erhöhen und erschweren so das Entstehen und Ausbreiten eines Brandes. Bei Bränden, die in Zusammenhang mit der Elektrizität gebracht werden, sind als Brandursache z. B. Fehlfunktion, Fehlbedienung, erhebliche Überlastung eines Produktes oder aber die Einwirkung eines Brandes von außen auf das Produkt denkbar. Häufig ist menschliches Fehlverhalten die Ursache. Kunststoffe sind nicht immer, aber oft beteiligt. Stets entsteht Sachschaden, bilden sich Brandrückstände und Brandfolgeprodukte, die die Gesundheit und die Umwelt beeinflussen können. Wie groß das Risiko eines Schadens ist und welche Rolle Flammenschutzmittel dabei spielen, interessiert die Öffentlichkeit in zunehmendem Maße.

*Wie wirken
Flammschutz-
mittel?*

Studien haben gezeigt, dass durch den Einsatz von Flammenschutzmitteln insgesamt weniger Schadstoffe in die Umwelt gelangen, da weniger Brände verursacht werden^{6 7}.

Flammenschutzmittel können chemisch sehr unterschiedlich aufgebaut sein. Sie entfalten ihre Wirkung vorwiegend nach **vier Prinzipien**⁸:

Am effektivsten gelingt der Eingriff durch eine chemische Reaktion in der Flamme. Man bremst, günstigstenfalls stoppt man die Verbrennung durch Konkurrenz zum Sauerstoff in der Gasphase. Die besten Konkurrenten sind Chlor- oder Bromradikale, die aus **Halogenverbindungen** entstehen. Sie müssen mit relativ wenig Energie aus dem Flammenschutzmittel freigesetzt werden können und schnell aus dem Kunststoff in die Gasphase gelangen, ein Schritt, den der Zusatz von **Antimontrioxid** bei einigen Flammenschutzsystemen erleichtert (Synergieeffekt).

Eine zweite, ebenfalls chemische Methode ist es, Kunststoffe mit Zusätzen zu verwenden, die während des Verbrennungsprozesses auf der Oberfläche eine Sperr- oder Schutzschicht ausbilden. Diese Schicht soll den Luftsauerstoff vom brennbaren Kunststoff fernhalten, dadurch die Verbrennung unterbrechen und obendrein als Hitzeschild wirken. **Phosphorverbindungen** sind die wichtigsten Zusätze, die solche Sperrschichten bilden.

Kühlen und Verdünnen sind physikalische Effekte, die man bei einer dritten und vierten Klasse von Flammenschutzmitteln ausnutzt. Verbindungen wie **Aluminium- oder Magnesiumhydroxid** nutzen die freiwerdende Verbrennungswärme, um sich in stabile Oxide umzusetzen und dabei Wasserdampf zu entwickeln. Dieser Prozess verbraucht Wärme. Der dadurch bedingte Kühleffekt erniedrigt die Flammtemperatur. Zugleich verdünnt der Wasserdampf die Konzentration der Brandgase. Die untere Zündgrenze des Gasgemisches wird unterschritten. Brennen ist nicht mehr möglich. Solche Verdünnungseffekte erreicht

⁶ Andersson P, Simonson M, Rosell L, Blomqvist P, Stripple H. (2003): Fire-LCA Model: Furniture Study. SP Swedish Testing Institute, Borås; Report 2003:22

⁷ Simonson M, Blomqvist P, Bodizar A, Möller K, Rosell L, Tullin C, Stripple H, Sundqvist J (2000): Fire-LCA Model: TV Case Study. SP Swedish Testing Institute. pp. 1-157

⁸ EFRA (2007): Flame Retardants – Frequently Asked Questions. Cefic, Brussels. www.flameretardants.eu

man auch mit Additiven, die Kohlendioxid oder Stickstoff bei ihrer Zersetzung bilden, d. h. also mit Gasen, die nicht oder nur schwer mit Sauerstoff reagieren.

Beim Einsatz der Flammschutzmittel gilt es, einen Kompromiss zwischen dem gewünschten Brandschutz und einer möglichst geringen Verschlechterung der Werkstoffeigenschaften des Kunststoffes zu finden. Denn Flammschutzmittel werden typischerweise in Dosierungen von 5% bis 30% eingesetzt, bei Aluminiumhydroxid sogar bis über 70%. Daher ist eine für jeden Kunststoff spezifische Rezepturenentwicklung notwendig.

Abbildung 2 zeigt den geschätzten Verbrauch von Flammschutzmitteln in Europa für das Jahr 2005. Zu den gebräuchlichsten Flammschutzmitteln zählen die Halogenverbindungen.

Was sind heute die wichtigsten Flammschutzsysteme?

Sie sind unabhängig vom verwendeten Kunststoff einsetzbar. Ihr Toxizitätspotential wurde an ausgewählten Produkten im Auftrag des Umweltbundesamtes untersucht. Der hierzu vorliegende Bericht⁹ kommt zu dem Schluss, dass die Bildungswahrscheinlichkeit von polybromierten Dibenzodioxinen und Dibenzofuranen (umgangssprachlich "**Dioxine und Furane**" genannt) außer von den

Brandbedingungen vom verwendeten Flammschutzmittel abhängt. Flammschutzmittel auf Basis bromierter Diphenylether führen im Brandfall zu erhöhter Konzentration dieser Problemstoffe. Diese Ergebnisse legen nahe, dass sich Biphenyle und die entsprechenden Chlorverbindungen analog verhalten. Die Neigung zur Bildung von Dioxinen und Furanen ist bei anderen halogenhaltigen Flammschutzmitteln, z. B. Tetrabrombisphenol A, aufgrund ihrer Molekülstruktur um Größenordnungen geringer und in der Regel vernachlässigbar klein.

Europäischer Verbrauch von Flammschutzmittel (2005)

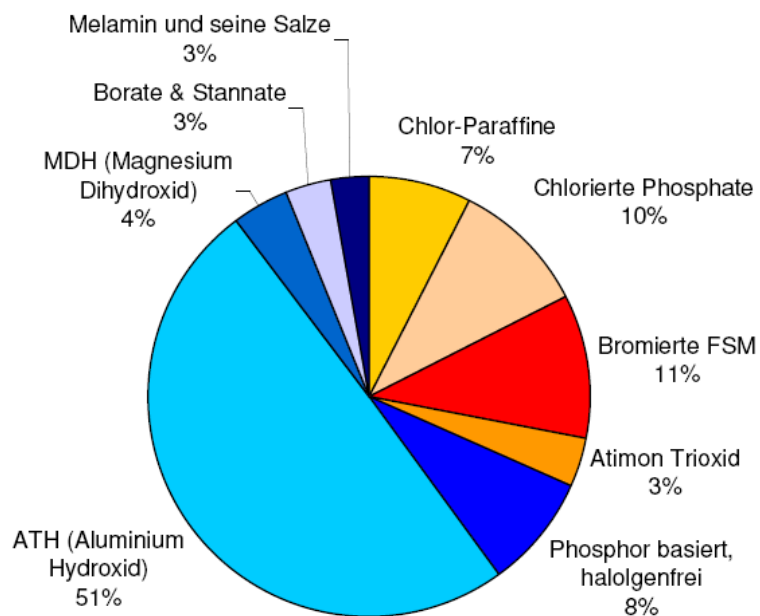


Abb. 2: Europäischer Verbrauch von Flammschutzmitteln, insgesamt ca. 465 000 to, Zahlen für 2005, Quelle: EFRA.

⁹ Hutzinger, Forschungsbericht 10403362, Universität Bayreuth, 1990, im Auftrag des Bundesumweltministeriums: "Untersuchung der möglichen Freisetzung von bromierten Dibenzophenylene und Dibenzofuranen beim Brand flammgeschützter Kunststoffe"

Vor diesem Hintergrund verzichteten die Mitgliedsfirmen der deutschen Chemischen Industrie und der deutschen Kunststoffherzeugenden Industrie bereits 1986 auf die Produktion und Verwendung polybromierter Diphenyle und Diphenylether. Mit einem deutlichen Kostennachteil wurde auf andere Flammenschutzmittel umgestellt, von denen ein solches Gefährdungspotential nicht ausgeht. Solche halogenhaltigen Flammenschutzmittel haben zwar im Brandfall Vorteile, in bestimmten Einsatzgebieten aber auch technische Nachteile wie schlechtere Isoliereigenschaften und erhöhte Korrosivität (elektrolytische Korrosion). Diese Erkenntnisse regten vor allem in Europa dazu an, halogenfreie Flammenschutztausrüstung zu verwenden.

Gibt es halogenfreie Alternativen?

Phosphorverbindungen decken mittlerweile einen weiten Bereich ab. Als Spezialfall findet **roter Phosphor** seit langem in Polyamid (PA) eine Anwendung und liefert dort, da in relativ geringen Konzentrationen wirksam, ein ausgewogenes Eigenschaftsprofil. Diese Produkte sind die bevorzugte Werkstoffklasse für elektrische Schaltgeräte, sofern keine helle Einfärbung erforderlich ist. Neuere Entwicklungen umfassen den Einsatz von Ammoniumphosphaten vor allem in Polypropylen (PP), sowie von phosphororganischen Verbindungen im Falle der Gehäusewerkstoffe Polystyrol (PS), Polycarbonat (PC) und dem Acrylnitril/Butadien/Styrol-Copolymer (ABS). Bei diesen Kunststoffen erhöht man die Flammwidrigkeit zusätzlich, indem man als zweite Komponente einen Kunststoff mit geringerer Selbstentzündlichkeit zusetzt (Polymerblends). Für Polyamide und Polyester gibt es neue Flammenschutzsysteme auf der Basis von Phosphinaten. Bei Leiterplatten haben sich halogenfreie Lösungen etabliert, die vor allem auf der phosphororganischen Verbindung DOPO (Dihydrooxaphosphaphenantrene) basieren.

Zu den halogenfreien Alternativen zählen auch die schon erwähnten **anorganische Hydroxide**, die vor allem in Polyolefinen und Polyamid ihren Einsatz finden. Ihre flammhemmende Wirkung ist erst mit höheren Einsatzmengen effektiv, weshalb schlechtere mechanische Eigenschaften in Kauf genommen werden müssen. Diesen Nachteilen stehen Vorteile wie gute elektrische Isolationseigenschaften und geringe Rauchdichten gegenüber.

Stickstoffhaltige Flammenschutzmittel können im Vergleich dazu in deutlich geringerer Konzentration eingesetzt werden, sind in hellen Farben einfärbbar und eignen sich z.B. für verstärktes und unverstärktes Polyamid. Diese Produkte finden ihren Einsatz u.a. in Leitungs- und in Fehlerstrom-Schutzschaltern. Aktuelle Übersichten zu verfügbaren halogenfreien Flammenschutzmitteln haben das Forschungszentrum Karlsruhe¹⁰ und die amerikanische Handelsorganisation HDPUG herausgegeben¹¹. Diese Berichte kommen zu dem Schluss, dass für eine Vielzahl von Kunststoffen bereits halogenfreie Alternativen zur Verfügung stehen und dass die Hersteller intensiv an weiteren Produkten arbeiten.

Kunststoff ohne Flammenschutzmittel ?

Eine weitere Möglichkeit für den Flammenschutz ist der Einsatz von Kunststoffen, die aufgrund ihres chemischen Aufbaus ohne den Zusatz von Flammenschutzmitteln auskommen. Derartige Kunststoffe bilden an ihrer Oberfläche eine Sperrschicht aus Kohle. Beispiele sind Polyimide, Polyetherketone und

¹⁰ Döring M, Diederichs J (Hg., 2007): Halogen-free Flame Retardants in E&E Applications. Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, www.halogenfree-flameretardants.com

¹¹ HDPUG, O'Connell S (2008): Halogen-free Guideline, High Density Packaging User Group, Scotsdale, AZ USA, www.hdpug.org

Polyethersulfone. Ihr hoher Preis und Nachteile z.B. bei der Kriechstromfestigkeit machen sie nur für spezielle Anwendungen geeignet. Ein anderes Beispiel ist das chemisch äußerst inerte und nicht brennbare Polytetrafluorethylen (bekannt als Teflon®), das aber ebenfalls Einschränkungen bei der Verarbeitbarkeit mit sich bringt. Fazit: Es gibt Möglichkeiten, bei Kunststoffen auf Flammschutzmittel zu verzichten, sie decken jedoch noch nicht alle Anwendungsfälle ab.

4. Einsatz von Flammschutzmitteln

*Wie viel
Flammschutz wird
verwendet?*

Der Einsatz von flammgeschützten Kunststoffen verteilt sich nicht gleichmäßig über die gesamte Elektroindustrie. In weiten Bereichen müssen Flammschutzmittel eingesetzt werden, andere Produktgruppen benötigen keinen Flammschutz. Die hauptsächlichen Anwendungsgebiete der flammgeschützten Kunststoffe in der Elektrotechnik lassen sich wie folgt charakterisieren:

- Gehäuse, Schaltgeräte
- Kabel, Leitungen
- Leiterplatten, Flachbaugruppen
- Verbindungselemente (Steckvorrichtungen)
- Bauelementgehäuse

Flammschutzmittel werden in etwa gleichen Mengen in Nordamerika, Europa und Asien eingesetzt. Die Gesamtmenge belief sich in 2007 auf 1,8 Mio. Tonnen, bei einem Wert von geschätzten 4,2 Mrd. US-Dollar¹². Grob ein Sechstel der von der Elektroindustrie eingesetzten Kunststoffe sind flammhemmend ausgerüstet. Von den flammgeschützten Kunststoffen wiederum enthalten 40 % halogenhaltige Zusätze wie Chlor und Brom in organisch gebundener Form.

5. Brand und Brandfolgen

*Ist Kunststoff im
Brandfall besonders
gefährlich?*

Kunststoffe sind ebenso wie organische Naturstoffe prinzipiell brennbar und emittieren im Brandfall als Folgeprodukte Gase, Feststoffe und Schwebstoffe (Aerosole). Das Einatmen der Gase stellt ein akutes Vergiftungsrisiko für den Menschen dar. Aus langjährigen Erfahrungen geht man davon aus, dass das Kohlenmonoxid einen dominanten Anteil an der Ursache für Vergiftungen hat. Danach folgen Blausäure und erst dann Halogenverbindungen wie Chlorwasserstoff (HCl) mit etwa 2 %. Die generelle Annahme, die Rauchgase synthetischer Materialien seien giftiger als die der Naturstoffe, trifft nicht zu. Neben den produkttypischen Eigenschaften sind insbesondere die Brandbedingungen (Luftzufuhr, Brandlast, Anordnung im Raum, Materialdichte) für eine Gefährdung verantwortlich. Diese Faktoren bestimmen auch die Zusammensetzung der Gase im Rauch in weitaus stärkerem Maße als die Flammschutzmittel, somit auch das von ihnen ausgehende Gefährdungspotential.

¹² Fink U, Hajduk F, Yanq W, Mori H (2008): Flame Retardants Market Report. Specialty Chemicals 2008, SRI Consulting, www.sriconsulting.com, pp. 1-236

*Wie sind
Brandrückstände
zu bewerten?*

Ruß ist grundsätzlich mit organischen Schadstoffen behaftet. Die biologische Verfügbarkeit dieser Schadstoffe ist gering, weil sie fest auf dem Ruß fixiert und damit immobil sind. So liegen bislang z. B. keine berufstypischen Krankheitssymptome aus dem Bereich der Feuerwehren oder aus dem Kreis der Brandschaden-Sanierung vor¹³. Auch ist eine Sonderrolle der Dioxine in diesem Zusammenhang nicht festzustellen. Nachdem Ruß aus Brandstellen bereits durch eine Vielzahl chlorfreier toxischer Verbindungen belastet ist, ist eine sorgfältige, dem Stand der Technik entsprechende Reinigung notwendig. Hier sind die Empfehlungen zur Reinigung von Gebäuden nach Bränden des BGA zu nennen, die in aktuelle Unterlagen wie z. B. in das gemeinsame Merkblatt der Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e. V. (vfdb) bzw. des Versicherungs-Verbands¹⁴ und der BGR¹⁵ eingeflossen sind, in denen Maßnahmen zur Entfernung von Brandrückständen aufgeführt sind.

6. Systemansatz

Unter Systemansatz versteht man die ganzheitliche Betrachtungsweise eines Brandschutzkonzeptes. Hierbei werden umfassende Rahmenbedingungen in die Festlegung und Auswahl des produktbezogenen Brandschutzes einbezogen. Neben der flammfesten Ausrüstung von Kunststoffen sind andere Technologien und Maßnahmen zum Brandschutz zu berücksichtigen, so dass der Gesamtaufwand minimiert wird, um ein gefordertes Sicherheitsniveau zu erreichen.

*Muss es immer
flammgeschützter
Kunststoff sein?*

Geräte der Elektrotechnik müssen bezüglich Flammwidrigkeit im Weltmarkt die Anforderungen z.B. der IEC und der amerikanischen UL erfüllen. Darüber hinaus gibt es in Europa Sicherheitsanforderungen, die zum Teil auch der Gesetzgeber vorgibt, etwa durch Konformität nach dem CE-Zeichen für einige Anwendungen. Obwohl derartige Forderungen eigentlich meist das gesamte System oder Gerät betreffen, werden sie häufig auch auf alle Einzelkomponenten ausgedehnt. Dies bedeutet, dass die Bauelemente und Materialien aller Komponenten - somit auch Kunststoffe - flammwidrig eingestellt sein müssen.

Der "vorbeugende" Brandschutz will die Brandentstehung verhindern und hat absoluten Vorrang. Materialien mit geringer Entzündlichkeit sind ebenso gefragt, wie Maßnahmen vor Ort, die Zündquellen und Brandrisiken von brennbaren Materialien fernhalten. Im Zusammenhang mit Schadensereignissen geraten immer wieder Werkstoffe für elektrische Geräte und Leitungen in die Schlagzeilen und oft wird vorschnell ein Verbot halogenhaltiger Materialien gefordert. Häufig ist eine solche bloße Forderung weder von Aspekten des Umweltschutzes oder der Gesundheit, noch von Aspekten zur Sicherheit begründet.

¹³ Symposium "Brandschutz und Kunststoffe" des VKE 9.-10. Dezember 1996

¹⁴ VdS-Merkblatt 2357: Richtlinien zur Brandschadensanierung; Richtlinien für den Umweltschutz, VdS Köln, 2007, Vereinigung zur Förderung des deutschen Brandschutz (vfdb) <http://www.vds.de/Sachgruppen-Liste.485.0.html>

¹⁵ BGR 129: Kontaminierte Bereiche; Berufsgenossenschaftliche Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit, Carl Heymanns Verlag, Aktualisierte Ausgabe Februar 2006

Ein produktübergreifendes Brandschutzkonzept ist nötig, weil die Brandursache in einem Großteil der Fälle ursächlich nicht auf Fehlerursachen in der Elektrotechnik zurückzuführen ist. Übergeordnete Brandschutzmaßnahmen, die eine Brandausbreitung verhindern, sind zunehmend erforderlich. Brandmeldeanlagen und Löschanlagen (Sprinkler, Sprühflut, Wasservernebelungsanlagen und Inertgasanlagen) in Verbindung mit einer schlagkräftigen Löschoorganisation, Brandabschottungen wie Brandschutztüren, Kabelabschottungen, Brandschutzklappen usw. sowie Rauch- und Wärmeabzugsanlagen verhindern die Brandausbreitung. Der Einsatz flammhemmender Kunststoffe kann nur in der Entstehungsphase eines Brandes eine Flammenweiterleitung verhindern. Bei einem Vollbrand, der sich - aus welcher Ursache auch immer - entwickelt hat, werden sich alle brennbaren Materialien am Brand beteiligen, sofern der Sauerstoffgehalt in der Umgebung noch hoch genug ist.

Was ist baulicher bzw. organisatorischer Brandschutz ?

Schließlich versteht man unter vorbeugendem Brandschutz auch die regelmäßige Überprüfung aller elektrischen Licht- und Kraftanlagen, sowie die ordnungsgemäße Wartung, die Prüfung und den Betrieb aller Brandschutzeinrichtungen. Reparaturen müssen so durchgeführt werden, dass sie Brandschutzsysteme nicht außer Kraft setzen.

7. Zukünftige Tendenzen und Forderungen

Vorbeugender Brandschutz bedeutet Schutz von Leben, Gesundheit, Umwelt und Sachwerten. Auch in Zukunft werden generell Systemlösungen bevorzugt werden, die neben anderen Brandschutzmaßnahmen soviel Flammschutz wie nötig bei vorgegebenem Sicherheitsstandard einsetzen.

In der Installationstechnik muss ein System aus Kabeln und Leitungen zusammen mit Geräten betrachtet werden. Bei Geräten kommt man mit den bisherigen schwerentflammbaren Materialien - oft Duroplaste - aus. Duroplaste enthalten meist keine speziellen halogenhaltigen Flammschutzzusätze und sind bei gleichen Eigenschaften kostengünstiger. Wenn besondere Korrosionsrisiken bestehen, kann die Elektroindustrie u.a. bei Kabel und Leitungen meist auch halogenfreie Lösungen anbieten. Ein seriöses Brandschutzkonzept wird alle Schutzziele wie z.B. Rauchfreisetzung, Funktionserhalt oder Korrosionsfolgen beachten.

Sollte auf Flammschutzmittel generell verzichtet werden?

Ein genereller Verzicht auf Flammschutzmitteln ist, wie bereits dargelegt, in vielen Fällen nicht möglich. Bei Gehäusewerkstoffen, Schaltgeräten und bei der Verbindungstechnik beachtet die deutsche Chemische und Kunststoffherstellende Industrie den freiwilligen Selbstverzicht auf bromierte Biphenyle und Diphenylether als flammhemmende Zusätze. Inzwischen sind diese Stoffe ohnehin durch gesetzliche Regelungen wie z. B. die RoHS-Richtlinie europaweit in Elektro- und Elektronikgeräten verboten¹⁶. Das Angebot an halogenfreien Flammschutzmitteln umfasst noch nicht alle Anwendungsgebiete, wächst jedoch kontinuierlich.

¹⁶ (siehe hierzu Abschnitt 2. „Ausgangssituation und Stand der Gesetzgebung / Normung“)

Betrachtet man schließlich die Thematik der Kunststoff-Verwertung, so ist zu berücksichtigen, dass manche halogenhaltigen Flammschutzmittel oder uneinheitliche Flammschutzlösungen die werkstoffliche Verwertung der Kunststoffe behindern oder unmöglich machen. Im Falle von kunststoffreichen Abfallströmen, einschließlich solchen aus dem Elektro-/ Elektronikbereich, stehen verschiedene Verwertungsoptionen zur Verfügung. Dies sind werkstoffliche, rohstoffliche und energetische Verwertung. Eine werkstoffliche Verwertung ist dann nicht angezeigt, wenn nicht ausgeschlossen werden kann,

Welche Aspekte sind bei der Altgeräte-Verwertung zu beachten?

dass die Abfallfraktionen PBB- oder PBDE-haltige Flammschutzmittel enthalten. In diesem Fall sind rohstoffliche Verfahren (z. B. Pyrolyse oder integrierter Schmelzofen) oder energetische Verfahren wie z. B. modernere, effiziente Müllheizkraftwerke angezeigt. Die Mechanismen zur Bildung und Zersetzung von Dioxinen in einer modernen Müllverbrennungsanlage sind geklärt und durch die Steuerung der Rauchgastemperatur (d. h. Wahl der geeigneten Verbrennungsbedingungen) liegen die Dioxinmengen im Abgasstrom weit unterhalb der gesetzlichen Grenzwerte.

In einigen speziellen Fällen gibt es auch Kunststoffe mit bromierten Flammschutzmitteln, die auch werkstofflich verwertet werden können (z. B. ein bromiertes Epoxy-Oligomer), das im Gehäusekunststoff eingebunden ist und vom Hersteller gezielt zurückgenommen wird. Ein anderes Beispiel ist TBBA in Leiterplatten. Derartige Produkte eignen sich für eine werkstoffliche Verwertung nicht, da es sich hierbei um duroplastische Materialien handelt. Diese Werkstoffe können am ehesten rohstofflich verwertet werden (z. B. in einem integrierten Schmelzofen) oder auch mit energetischen Verfahren.

8. Fazit

Eine bestmögliche Lösung wird durch einen Systemansatz erreicht, der mittels Rauchmelder, Sprinkler und Produkte mit brandverzögernden Flammschutzmitteln in der Anwendung einen Brand entweder ganz verhindert oder zumindest früh erkennen und löschen lässt und damit generell die Belastung von Mensch und Umwelt auf ein Minimum reduziert. Das Ergebnis einer solchen ganzheitlichen Betrachtung kann dann auch dazu führen, sich bewusst für Flammschutz in diesem Gesamtkontext zu entscheiden. Für die Beratung über Alternativen stehen Fachleute der Elektrotechnik-/Elektronik- und der Kunststoffindustrie zur Verfügung.

Fundstellen- und Literaturhinweise

- HDPUG, O'Connel S:
Halogen-free Guideline,
High Density Packaging User Group, Scotsdale, AZ USA, www.hdpug.org
August 2008
- Süddeutsches Kunststoff-Zentrum, Würzburg
Tagungshandbuch:
Kunststoffe, Brandschutz und Flammenschutzmittel
Dezember 2007 (Veranstaltung findet regelmäßig alle 1 ½ Jahre statt)
- Döring M, Diederichs J:
Halogen-free Flame Retardants in E&E Applications.
Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, www.halogenfree-flameretardants.com
Oktober 2007
- Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV)
VdS 2357, Richtlinien zur Brandschadensanierung
2007
- EFRA (European Flame Retardants Association):
Flame Retardants – Frequently Asked Questions.
Cefic, Brussels. www.flameretardants.eu
Januar 2007
- Berufsgenossenschaftliche Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit
BGR 129 „Kontaminierte Bereiche“
Carl Heymanns Verlag
Aktualisierte Ausgabe Februar 2006
- Saechtling H.
Kunststoff-Taschenbuch (Gebundene Ausgabe)
Hanser Fachbuchverlag; ISBN: 3-446-22670-2
Oktober 2004
- Troitzsch J:
Plastics Flammability Handbook.
Hanser Publishers, München; ISBN: 3-446-21308-2
Januar 2004
- Sachverständigenkommission NRW
Bericht Teil 1
Analyse des Brandes am 11. April 1996
Empfehlungen und Konsequenzen für den Rhein-Ruhr-Flughafen Düsseldorf
April 1997
- VKE (Verband kunststofferzeugende Industrie)
Symposiumsband
Brandschutz und Kunststoffe - Kunststoffe am Bau
Dezember 1996