

***Umwelt-Info***

Zentralverband  
Elektrotechnik- und  
Elektronikindustrie e.V.



# **Kunststoffe in der Elektrotechnik**

**Aspekte des Brandschutzes**

## Inhalt

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

## Impressum

### **Kunststoffe in der Elektrotechnik - Aspekte des Brandschutzes**

1998 Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie (ZVEI) e.V.  
Stresemannallee 19, 60596 Frankfurt am Main, Abt. Umweltschutzpolitik  
Bearbeiter: Bernhard Klee  
Telefon: (069) 6302-315  
Telefax: (069) 6302-362  
E-Mail: [umwelt@zvei.org](mailto:umwelt@zvei.org)

(Schutzgebühr)

April 1998

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 werden oder unter Verwendung elektronischer Systeme gespeichert, verarbeitet oder verbreitet werden.

## Zusammenfassung

Halogenfreie Kunststoffen erscheinen in der Öffentlichkeit als umweltgerechte Alternative zu "klassischen" Kunststoffen, die Chlor und Brom enthalten. Auslöser hierfür sind einerseits das gestiegene Umweltbewußtsein, andererseits aber auch Erfahrungen aus Brandkatastrophen 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 Lösungen, mit denen ein Verzicht auf halogenhaltige Flammenschutzmittel erreicht werden kann. Aber nicht immer ist die Vermeidung oder der Ersatz von brom- bzw. chlororganischen 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. Der Einsatz von Kunststoffen ohne Flammhemmer oder mit halogenfreiem Flammenschutz ist nicht immer möglich.

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 Broschüre 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 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 des Verbandes kunststofferzeugende Industrie (VKE) bilden Kunststoffe mit ca. 400.000 Tonnen die zweitgrößte Materialfraktion nach den Metallen im Elektro- und Elektronikbereich.

Polyvinylchlorid	PVC	90.000
Polystyrol	PS	65.000
GfK-verstärkte Polyester-, Epoxid-, Phenolharze	Duromere	50.000
Polyethylen	PE	35.000
Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer	ABS	35.000
Polyamid	PA	30.000
Polypropylen	PP	30.000
Polycarbonat	PC	20.000
Polyurethane	PUR	20.000
Polybutylenterephthalat	PBT	10.000
Polymethylmethacrylat	PMMA	5.000
Styrol-Acrylnitril-Copolymer	SAN	5.000
Sonstige		20.000

*Einsatzmengen und Kunststoffarten in der deutschen Elektroindustrie (1990)*<sup>1</sup>

## 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 Rahmenbedin-

<sup>1</sup> Abschätzung des Verbandes der kunststofferzeugenden Industrie (VKE)

gungen und Grenzwerte sind einzuhalten. Dadurch wird eine Gefährdung des Benutzers ausgeschlossen und eine Belastung der Umwelt bei bestimmungsgemäßem Gebrauch auf ein Mindestmaß reduziert.

## 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 in der 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.

## 3. Brandschutzaspekte in der Elektroindustrie

Die Schwelle, bei der ein Brand entsteht, hängt von der Entzündlichkeit des Materials ab.

## Warum Brandschutz in der Elektrotechnik ?

Einige Kunststoffe brennen bei Einwirkung definierter 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

Flammschutzmittel. Sie gewährleisten die nötige Sicherheit im normalen Gebrauch und bei typischen Störungen.

Flammschutzmittel erschweren das Entstehen und Ausbreiten eines Brandes bezogen auf die bereits genannten Zündquellen. 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 Flammschutzmittel dabei spielen, interessiert die Öffentlichkeit in zunehmendem Maße.

## Wie wirken Flammschutzmittel ?

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

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 Flammschutzmittel freigesetzt werden können und schnell aus dem

Kunststoff in die Gasphase gelangen, ein Schritt, den der Zusatz von **Antimontrioxid** häufig 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 Flammschutzmitteln ausnutzt. Verbindungen wie **Aluminium- oder Magnesiumhydroxid** setzen sich durch die freiwerdende Verbrennungswärme in stabile Oxide um und entwickeln dabei Wasserdampf. 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 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. Dies erfordert eine für jeden Kunststoff spezifische Rezeptur-entwicklung.

### Was sind heute die wichtigsten Flammschutzsysteme ?

Zu den gebräuchlichsten Flammschutzmitteln zählen die Halogenverbindungen. Sie sind unabhängig vom verwendeten Kunststoff einsetzbar. Ihr Toxizitätspotential wurde an ausgewählten Produkten im Auftrag des Umweltbundesamtes untersucht. Der hierzu vorliegende Bericht<sup>2</sup> 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.

Vor diesem Hintergrund verzichteten die Mitgliedsfirmen des VCI (Verband der Chemischen Industrie) bereits 1986 auf die Produktion und Verwendung bromierter Diphenyle und Diphenylether. Mit einem deutlichen Kostennachteil wurde auf andere Flammschutzmittel umgestellt, von denen ein solches Gefährdungspotential nicht ausgeht. Solche halogenhaltigen Flammschutzmittel haben zwar im Brandfall Vorteile, in bestimmten Einsatzgebieten aber auch technische Nachteile wie schlechtere Isoliereigenschaften und erhöhte Kor-

<sup>2</sup> Hutzinger, Forschungsbericht 10403362, Universität Bayreuth, 1990, im Auftrag des Bundesumweltministeriums: "Untersuchung der möglichen Freisetzung von bromierten Dibenzophenylen und Dibenzofuranen beim Brand flammgeschützter Kunststoffe"

rosivität (elektrolytische Korrosion). Diese Erkenntnisse stießen vor allem in Europa eine Entwicklung an, deren Ziel eine halogenfreie FlammSchutz-ausrüstung ist.

Phosphorverbindungen decken mittlerweile einen weiten Bereich ab. Als Spezialfall findet roter Phosphor seit langem in Polyamid (PA) eine Anwendung und liefert dort, da in 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 Organo-Phosphorverbindungen 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).

*Gibt es halogenfreie Alternativen ?*

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 Isolationseigenschaften und geringe Rauchdichten gegenüber.

Stickstoffhaltige FlammSchutzmittel 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.

*Kunststoff ohne FlammSchutzmittel ?*

Eine weitere Möglichkeit für den FlammSchutz ist der Einsatz von Kunststoffen, die aufgrund ihres chemischen Aufbaus ohne den Zusatz von FlammSchutzmitteln auskommen. Derartige Kunststoffe bilden an ihrer Oberfläche eine Sperrschicht aus Kohle. Beispiele sind Polyimide, Polyetherketone und Polyethersulfone. Ihr hoher Preis und Nachteile z.B. bei der Kriechstromfestigkeit machen sie nur für spezielle Anwendungen geeignet. Fazit: Es gibt halogenfreie Alternativen, sie decken jedoch noch nicht alle Anwendungsfälle ab.

#### 4. Einsatz von FlammSchutzmitteln

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

*Wieviel FlammSchutz wird verwendet ?*

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

Die größten Verbraucher von Flammschutzmitteln sind die USA (40 % der Weltgesamtmenge) gefolgt von Westeuropa (28 %) und Japan (22 %). Ca. 1/6 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

Kunststoffe sind ebenso wie organische Naturstoffe prinzipiell brennbar und emittieren im Brandfall als Folgeprodukte Gase, Feststoffe und wässrige Schwebstoffe (Aerosole). Das Einatmen der Gase bewirkt ein akutes Vergiftungsrisiko für den Menschen. Aus jahrzehntelanger Erfahrung weiß man, daß hierfür das Kohlenmonoxid zu über 90 % die Ursache ist. Danach folgen Blausäure und erst dann Halogenverbindungen wie Chlorwasserstoff (HCl) mit etwa 2 %. Die landläufige Meinung, daß die Rauchgase synthetischer Materialien giftiger seien als die der Naturstoffe, ist falsch. 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.

*Ist Kunststoff im Brandfall besonders gefährlich ?*

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 vor<sup>3</sup>. 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 zunächst die Empfehlungen zur Reinigung von Gebäuden nach Bränden des BGA von 1990 zu nennen<sup>4</sup>, in denen die Maßnahmen zur Entfernung von Brandrückständen aufgeführt sind.

*Wie sind Brandrückstände zu bewerten ?*

## 6. Systemansatz

Unter Systemansatz versteht man die ganzheitliche Betrachtungsweise eines Brandschutzkonzeptes. Hierbei werden umfassende Rahmenbedingungen in die Festlegung und Auswahl des produktbezogenen Brandschutzes einbezogen. Geräte bzw. Geräteteile sollten nur

<sup>3</sup> Symposium "Brandschutz und Kunststoffe" des VKE 9.-10. Dezember 1996

<sup>4</sup> BGVV Blatt 1/1990 (Bundesgesundheitsblatt)

so flammwidrig ausgerüstet bzw. konstruktiv gestaltet sein, daß unter Einhaltung aller Anforderungen ein Minimum an Flammschutzmitteln zum Einsatz kommt.

*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. Obwohl derartige Forderungen eigentlich meist das gesamte System oder Gerät betreffen, werden sie häufig auch auf alle Einzelkomponenten ausgedehnt. Dies bedeutet, daß die Kunststoffe auch aller Komponenten flammwidrig eingestellt sein müssen. Bisher gelingt dies in zahlreichen Fällen noch nicht halogenfrei. Sollte der Kunde also halogenfreien Flammschutz für ein ganzes Gerät wünschen, so sind langfristige Untersuchungen notwendig.

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. Oft wird vorschnell ein Verbot halogenhaltiger Materialien gefordert.

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 Löschorganisation, Brandabschottungen wie Brandschutztüren, Kabelabschottungen, Brandschutzklappen usw. sowie Rauch- und Wärmeabzugsanlagen verhindern häufig zuverlässiger die Brandausbreitung als der Einsatz flammhemmender Kunststoffe. Diese können nur in der Entstehungsphase eines Brandes, wenn sie unmittelbar betroffen sind, 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 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, 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 soviel Flammschutz wie nötig bei höchstem Sicherheitsstandard anstreben. Komplexe Systembetrachtungen sind notwendig.

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 Kunststoffindustrie den freiwilligen Selbstverzicht auf bromierte Biphenyle und Diphenylether als flammhemmende Zusätze.

Betrachtet man schließlich die Thematik der Kunststoff-Verwertung, so können manche halogenhaltigen Flammschutzmittel oder uneinheitliche Flammschutzlösungen die werkstoffliche Verwertung der Kunststoffe behindern oder unmöglich machen. Die Elektroindustrie arbeitet deshalb gemeinsam mit der Kunststoffindustrie an halogenfreien Lösungen auch für Leiterplattengrundmaterial und Umhüllmassen für Bauelemente.

Eine bestmögliche Lösung wird durch einen Systemansatz erreicht, der mittels Rauchmelder, Sprinkler und Produkte mit brandverzögernden Flammschutzmitteln in der Anwendung einen Brand 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 halogenhaltigen Flammschutz in diesem Gesamtkontext zu entscheiden. Für die Beratung über Alternativen stehen Fachleute der Elektro- und der Kunststoffindustrie zur Verfügung.

## Fundstellen- und Literaturhinweise

- Sachverständigenkommission NRW  
**Bericht Teil 1**  
**Analyse des Brandes am 11. April 1996**  
**Empfehlungen und Konsequenzen für den Rhein-Ruhr-Flughafen Düsseldorf**  
April 1997
- Süddeutsches Kunststoff-Zentrum, Würzburg  
**Tagungshandbuch:**  
**Kunststoffe, Brandschutz und Flamschutzmittel**  
April 1997
- VKE (Verband kunststofferzeugende Industrie)  
**Argumente: Kunststoff, Feuer und die Folgen**  
Juni 1994
- VKE (Verband kunststofferzeugende Industrie)  
**Symposiumsband**  
**Brandschutz und Kunststoffe - Kunststoffe am Bau**  
Dezember 1996
- VKE (Verband kunststofferzeugende Industrie) sowie AgPU, API und PVCH  
**PVC: Daten, Fakten, Perspektiven**  
September 1997
- ZVEI Arbeitskreis Produktionstechnik  
**Leitfaden**  
**Vermeidung flammhemmender Zusätze in Kunststoffen**  
Dezember 1992
- ZVEI Fachverband Meßtechnik und Prozeßautomatisierung  
**Ergebnis- und Abschlußbericht zu den Aktivitäten der**  
**AG Aspekte umweltgerechter Produktgestaltung**  
Dezember 1996