

White Paper

Brandschutzkabel erhöhen die Sicherheit

Kabel als vorbeugender Brandschutz
nach der neuen europäischen
Bauproduktenverordnung

Brände – ein weltweites Problem

Brände in Gebäuden fordern einen hohen Tribut an Menschenleben. Im Jahr 2011 kamen allein in Deutschland über 400 Personen durch Rauch, Feuer und Flammen ums Leben. Die am häufigsten auftretende Todesursache bei Bränden ist die Einwirkung von Gas oder Rauch, die etwa 44% aller Opfer fordert.

Dass Brände eine lebensbedrohliche Gefahr darstellen, weiß der Mensch seit Jahrhunderten, was bei der Auslegung von Gebäuden schon lange zum Einsatz von mehr oder weniger schwer entflammbareren Materialien führte. Neuere Untersuchungen sowohl der Rauchgastoxizität als auch der Brandsituation als Prozess haben Einblicke geliefert, die den vorbeugenden Brandschutz in Gebäuden in ein neues Licht rückt.

Die deutsche Kabelindustrie hat daher eine Reihe von Brandschutzkabeln entwickelt, die im Brandfall weniger Rauch und giftige Gase verursachen. Das bedeutet mehr Zeit für die flüchtenden Menschen und weniger Gefahr für die Rettungskräfte.

Zeitgleich hat die EU im Rahmen der novellierten Bauproduktenverordnung, die am 9. März 2011 beschlossen wurde, europaweit einheitliche Vorschriften zur Verbesserung der Sicherheit in Gebäuden geschaffen. Die Verordnung tritt am 1. Juli 2013 für alle Mitgliedsstaaten verbindlich in Kraft. Diese Vorschriften gehen einher mit einem weitreichenden Zertifizierungssystem, welches sicherstellt, dass nur zugelassene Produkte am Bau Verwendung finden. Auch Kabel, die überall im Gebäude anzutreffen sind, fallen unter diese Regelung.

Das vorliegende Papier möchte allen beteiligten Gruppen wie Planern, Errichtern und nicht zuletzt Nutzern von Gebäuden den Stand der Technik bei Brandschutzkabeln und Vorschriften nahebringen und Planungsansätze erläutern, wie das Gebäude als System im Sinne des Brandschutzes sicherer gemacht werden kann, ohne das Thema Wirtschaftlichkeit aus den Augen zu verlieren.

Was passiert beim Gebäudebrand?

Etwa ein Drittel aller Brände entstehen innerhalb von Gebäuden. Oft verbleiben nur wenige Minuten, um ein brennendes Gebäude sicher zu verlassen, bevor die Rauchentwicklung die Orientierung so sehr erschwert, dass Fluchtwege nicht mehr erkannt werden und sich die Flüchtenden zudem durch eine dichte Wolke aus giftigen Brandgasen bewegen müssen.

Phasenmodell des Gebäudebrands

Ein Brand beginnt immer mit einer Initialzündung durch eine lokale Brandquelle, die umgebendes Material in Brand steckt. In dieser Phase steigt die Temperatur, bis die Zündtemperatur des umgebenden Materials ($>300\text{ °C}$) erreicht ist. Dadurch werden in einer Kettenreaktion im Raum vorhandene Kunststoffe ab etwa 450 °C in Brand gesteckt. Die entstehende Wärmestrahlung setzt nun weitere in der Nähe lagernde Einrichtungsgegenstände in Brand. In dieser Entstehungsphase steigt die

Temperatur weiter an, während große Mengen an brennbarem Pyrolysegas und Kohlenmonoxid freigesetzt werden. Als **flash-over** bezeichnet man den Moment, wenn eindringende Luft im Raum bewirkt, dass die Pyrolysegase unter der Decke abbrennen. Die dabei entstehenden hohen Temperaturen bewirken, dass in kurzer Zeit alle brennbaren Gegenstände im Raum auch ohne Kontakt mit einer Zündflamme abbrennen. Der anschließende Vollbrand bei Temperaturen über 1000 °C bildet die letzte Phase des aktiven Brands, deren Ende durch den Mangel an weiteren brennbaren Stoffen gekennzeichnet ist¹.

Die schwedische SRSA² betont in einem Bericht zur Verhütung von Bränden: „1950 vergingen von der Entzündung eines Brandes bis zum Funkenüberschlag durchschnittlich 15 Minuten. Vor 25 Jahren war dieser Wert auf 5 Minuten gesunken, und heute können bereits

nach 3 Minuten lebensgefährliche Bedingungen auftreten. Diese Veränderung wurde ausschließlich durch den vermehrten Einsatz von Kunststoffen verursacht.“

Rauchgaswirkung

Um Menschenleben zu retten und die Arbeit der Rettungskräfte zu erleichtern, muss die Bildung von Rauch und giftigen Brandgasen verringert werden. Die häufigste bei Bränden auftretende Todesursache ist die Einwirkung von Gas oder Rauch, die etwa 44 % aller Opfer fordert.

Eine besondere Gefahr bei Bränden besteht in der Art der entstehenden Verbrennungsprodukte. Diese Gefahr lässt sich einschätzen, wenn die Quantität und Qualität der Mischung der während der Brandentwicklung freigesetzten Gase bekannt ist. Die sogenannte FTIR-Technik³ gewährleistet eine hohe Zuverlässigkeit bei der Analyse von Verbrennungsgasen und kann sehr gut mit dem Brandszenario der Prüfnorm EN 50399⁴ kombiniert werden, um das Brandverhalten von Kabeln zu ermitteln.

Die Azidität (Säuregehalt) wird seit vielen Jahren von der Kabelindustrie verwendet, um das korrosive Potential der von Kabeln freigesetzten Brandgase festzustellen. Sie ist ein guter Indikator für die reizende Wirkung von Brandgasen.

Der vermehrte Einsatz von Kunststoffen in den vergangenen 50 Jahren hat dramatische Auswirkungen auf die zur Verfügung stehende Fluchtzeit. Um Menschenleben zu retten und die Arbeit der Rettungskräfte zu erleichtern, muss folglich die Bildung von Rauch und Brandgasen auf ein Minimum reduziert werden.

Brandschutzkabel erhöhen die Sicherheit

Kabel bestehen in der Regel aus einem metallischen (oder Glasfaser-) Leiter und organischen Isolierungs- und Verkleidungsmaterialien. Diese organischen Stoffe sind unterschiedlich stark brennbar.

Über Kabel kann sich ein Brand aber auch von einem Raum zum anderen ausbreiten. Dieser Gefahr wird in einigen nationalen Vorschriften bereits seit vielen Jahren Rechnung getragen. Das Ausbreitungsverhalten lässt sich im Kabel-

aufbau durch die Verwendung „selbstverlöschender“ oder aus „flammenhemmenden“ Verbundwerkstoffen bestehender Materialien entsprechend reduzieren. Diese Eigenschaft hat nicht nur für einzelne Kabel eine erhebliche Bedeutung, sondern gilt auch für vertikal verlaufende Kabelbündel, die sich nur besonders aufwändig installieren lassen.

Grundlegende Entscheidungskriterien für die Auswahl von Materialien, die das Auftreten gefährlicher Gase im Brandfall reduzieren und die Flucht erleichtern können, sind die Rauchgasdichte sowie die Azidität der entstehenden Brandgase. Es ist von zentraler Bedeutung, die Entwicklung undurchsichtigen Rauchs und gefährlicher Gase während eines Brandes so gering wie möglich zu halten. Diese Kriterien werden durch halogenfreie Kabel erfüllt.

Bei Bränden wird die Mehrzahl der Todesfälle durch das Einatmen giftiger Gase verursacht. Die Einwirkungsdauer dieser Gase muss durch eine sichere Evakuierung bei bestmöglichen Sichtbedingungen verkürzt werden.

Fluchtsimulation

An der Universität Lund in Schweden wurden 2009 Untersuchungen durchgeführt, die mittels speziell entwickelter Computerprogramme die Ausbreitung von Rauch und Verbrennungsgasen in einem Gebäude und das Verhalten der Gebäudenutzer während eines Feueralarms simulierten. Das beklemmende Ergebnis war, dass bei konventioneller Verkabelung nur die Menschen rechtzeitig das brennende Gebäude verlassen konnten, deren Evakuationszeit nicht länger als 53 Sekunden dauerte. Das macht deutlich, wie wichtig in der Praxis der Verzögerungseffekt durch Brandschutzmaßnahmen werden kann.

Aufbauend auf den bei Messungen an Verbrennungsprodukten unter dem EN 50399-Brandszenario ermittelten Daten führte die Universität Lund eine entsprechende Studie durch und bestätigte, dass die Verwendung halogenfreier Kabel die Brandgefahr erheblich reduzieren kann.

¹ A. Rempe, G. Rodewald: Brandlehre; Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart 1993

² SRSA: Schwedische Agentur zur Gefahrenabwehr und zum Katastrophenschutz

³ FTIR: Die Fourier-Transformations-Infrarot-Technik ist eine spezielle Variante der Spektroskopie und dient der Analyse von Stoffen

⁴ DIN EN 50399:2011; VDE 0482-399:2012-02:2012-02: Allgemeine Prüfverfahren für das Verhalten von Kabeln und isolierten Leitungen

im Brandfall - Messung der Wärmefreisetzung und Raucherzeugung während der Prüfung der Flammenausbreitung - Prüfeinrichtung, Prüfverfahren und Prüfergebnis

Novelle der EU-Bauproduktenverordnung

Die EU hat erkannt, dass die unterschiedlichen nationalen Regulierungen bezüglich der Brandeigenschaften von Bauprodukten in Europa auf ein einheitliches Bewertungssystem gestellt werden müssen. Sie hat mit der Bauproduktenverordnung (BauPVo/CPR) nun einen eindeutigen rechtlichen Rahmen für alle diesbezüglich relevanten Bauprodukte geschaffen. Die Verordnung tritt am 1. Juli 2013 für alle Mitgliedsstaaten verbindlich in Kraft. Auch Kabel, die wegen ihrer Verwendung in der gesamten Struktur von Gebäuden allgegenwärtig sind, fallen unter diese Regelung.

Euroklassen beim Bauprodukt „Kabel“

Die Europäische Kommission hat im Mai 2009 im Rahmen der aktuell geltenden Bauproduktenrichtlinie (BPR/CPD) einen Auftrag an CEN und CENELEC zur Erstellung harmonisierter Normen für Energie-, Steuer- und Kommunikationskabel für folgende Endverwendungszwecke erteilt:

- Stromversorgung
- Kommunikation
- Feuererkennung und Feueralarm

Dieser Normungsauftrag ist das Mandat M/443. Kabel werden nach ihrem Brandverhalten, das gemäß der im Rahmen des Mandats erstellten Prüfnormen getestet wird, den Euroklassen zugeordnet.

Tabelle 1: Euroklassen für Kabel⁵

Klasse	Prüfverfahren	Klassifizierungskriterien	Zusätzliche Klassifikation
A _{ca}	EN ISO 1716	$PCS \leq 2,0 \text{ MJ/kg}$	
B1 _{ca}	EN 50399 (30 kW Brenner)	$FS \leq 1,75 \text{ m}$ und $THR_{1200s} \leq 10 \text{ MJ}$ und $\text{Peak HRR} \leq 20 \text{ kW}$ und $\text{FIGRA} \leq 120 \text{ Ws}^{-1}$	Rauchentwicklung und brennendes Abtropfen/Abfallen und Säuregehalt
	und EN 60332-1-2	$H \leq 425 \text{ mm}$	
B2 _{ca}	EN 50399 (20,5 kW Brenner)	$FS \leq 1,5 \text{ m}$; und $THR_{1200s} \leq 15 \text{ MJ}$; und $\text{Peak HRR} \leq 30 \text{ kW}$; und $\text{FIGRA} \leq 150 \text{ Ws}^{-1}$	Rauchentwicklung brennendes Abtropfen/Abfallen und Säuregehalt
	und EN 60332-1-2	$H \leq 425 \text{ mm}$	
C _{ca}	EN 50399 (20,5 kW Brenner)	$FS \leq 2,0 \text{ m}$; und $THR_{1200s} \leq 30 \text{ MJ}$; und $\text{Peak HRR} \leq 60 \text{ kW}$ und $\text{FIGRA} \leq 300 \text{ Ws}^{-1}$	Rauchentwicklung und brennendes Abtropfen/Abfallen und Säuregehalt
	und EN 60332-1-2	$H \leq 425 \text{ mm}$	
D _{ca}	EN 50399 (20,5 kW Brenner)	$THR_{1200s} \leq 70 \text{ MJ}$; und $\text{Peak HRR} \leq 400 \text{ kW}$; und $\text{FIGRA} \leq 1300 \text{ Ws}^{-1}$	Rauchentwicklung brennendes Abtropfen/Abfallen und Säuregehalt
	und EN 60332-1-2	$H \leq 425 \text{ mm}$	
E _{ca}	EN 60332-1-2	$H \leq 425 \text{ mm}$	
F _{ca}	Keine Leistung festgestellt		

Zertifizierung

Die Zertifizierung von zulassungsfähigen Produkten außer der Euroklasse F erfolgt durch sogenannte „Notifizierte Stellen“ (notified bodies) im Sinne der EU-Produktzertifizierung. Das sind von Herstellern unabhängige Prüfinstitute, die ihrerseits durch eine, durch den jeweiligen Mitgliedsstaat festgelegte

Stelle benannt sind und ein Zulassungsverfahren durchlaufen haben.

Ihre Beteiligung an der Zertifizierung variiert mit der Euroklasse entsprechend der in Tabelle 2 dargestellten Systematik.

⁵ prEN 13501-6:2011-11: Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten – Teil 6: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von elektrischen Kabeln

Tabelle 2: System der Konformitätsbescheinigung⁶

Euroklassen Reaction to Fire	System der Konformitätsbescheinigung	Aufgaben der notifizierten Stelle
A _{ca} , B1 _{ca} , B2 _{ca} , C _{ca}	1+	• Typmusterprüfung • Regelmäßige Werksauditierung • Regelmäßige Musternahme aus laufender Produktion
D _{ca} , E _{ca}	3	• Typmusterprüfung
F _{ca}	4	• Keine

Während ein Produkt der Euroklasse F_{ca} durch den Hersteller deklariert wird, muss ein Produkt der Klasse D_{ca} oder E_{ca} eine Typmusterprüfung bei einer notifizierten Stelle durchlaufen. Ein Produkt der für Brandschutz kritischen Klassen A_{ca}, B1_{ca}, B2_{ca} oder C_{ca}, wird darüber hinaus nach dem Konformitätsverfahren 1+ regelmäßig in der Fertigung überwacht.

Diese Konformitätsbescheinigung ist die Voraussetzung für die Produktkennzeichnung

mit dem CE-Zeichen, das einen Zusatz zur erlangten Euroklasse erhält. Damit ist für den Anwender sichergestellt, dass die Einhaltung der anspruchsvollen Brandschutz-Kriterien insbesondere bei den dafür wichtigen Euroklassen glaubhaft nachgewiesen und leicht erkennbar wird.

Vorschlag in Anlehnung an prEN 50575 für CE-Kennzeichnung unter dem System 1+⁷

 01234	
Mustermann AG, Musterstr. 3, 12345 Musterstadt 11 BPR-00234	
EN 50575 Stromkabel, Typ XYZ vorgesehen zur Verteilung von Elektrizität in Bauwerken	
Brandverhalten:	Klasse B2_{ca} -s1, a1, d1
Freisetzung gefährlicher Stoffe:	Keine

Welchen Beitrag leistet die deutsche Kabelindustrie?

Durch neue Anwendungen wie dem Trend zu intelligenten Steuerungen in Gebäuden, der Photovoltaik oder Lösungen für Internetzugang und -verteilung nimmt der Beitrag, den herkömmliche Kabel zur Brandgefährdung liefern können, tendenziell zu.

Die deutsche Kabelindustrie – im Schulterschluss mit den europäischen Kabelherstellern – hat daher eine Reihe von Brandschutzkabeln entwickelt, die eine geringere Brandfortleitung aufweisen und im Brandfall weniger Wärme, Rauch und giftige Gase freisetzen. Das bedeutet mehr Zeit für flüchtende Menschen und geringere Gefahr für Rettungskräfte. Insbesondere Rauchverhinderung und Halogenfreiheit ermöglichen die schnelle Evakuierung und damit das Retten von Menschenleben.

Kabel, sofern Sie für die Gebäudeinstallation vorgesehen sind, müssen zukünftig auf ihr Verhalten beim Brand (Reaction to fire) untersucht werden. Im Ergebnis der Brandprüfungen

fallen die Kabel und Leitungen in eine von den 7 Euroklassen.

Empfehlungen der deutschen Kabelindustrie

Um das Niveau des Brandschutzes im gesamten Gebäude anzuheben, empfiehlt die Kabelindustrie die Verwendung von Brandschutzkabeln. So wird in Gebäuden mit sehr hohem Sicherheitsbedarf (z. B. Krankenhäuser, Kindertagesstätten) und in Rettungswegen der Einsatz von Kabeln der Klasse B2_{ca} empfohlen, in Gebäuden mit hohem Sicherheitsbedarf (z. B. Verwaltungs- und Bürogebäude) der Einsatz von Kabeln der Klasse C_{ca}.

Derartige Brandschutzkabel verfügen über geringere Wärmefreisetzung und Brandfortleitung. Zusätzlich verursachen sie weniger Rauch und keine korrosiven Gase.

⁶⁺⁷ prEN 50575:2012: Starkstromkabel und -leitungen, Steuer- und Kommunikationskabel – Kabel und Leitungen für allgemeine Anwendungen in Bauwerken in Bezug auf die Anforderungen an das Brandverhalten

Tabelle 3: Vorschlag der deutschen Kabelindustrie bezüglich Brandschutzkabel in Abhängigkeit des Sicherheitsbedarfs

Euroklassen Flammausbreitung Wärmeentwicklung	Zusätzliche Klassen			Sicherheits- bedarf	Bauaufsichtliche Benennung
	Rauchentwicklung/ -dichte	Säureentwicklung/ Korrosivität	Brennende Tropfen		
A _{ca}				Sehr hoch	Nicht brennbar
B1 _{ca}				Sehr hoch	
B2 _{ca}	s1a	a1	d0	Sehr hoch	Schwer entflammbar
C _{ca}	s1b	a1	d1	Hoch	Normal entflammbar
D _{ca}	s2	a1	d2	Mittel	
E _{ca}				Gering	Leicht entflammbar
F				Gering	

Diese Zuordnung geht einher mit weitergehenden Empfehlungen zum Einsatz der Kabel in verschiedenen Gebäudeklassen. So unterschiedlich Gebäude sein können, so unterschiedlich sind auch die sich aus ihrer Verwendung ergebenden Sicherheitsanforderungen. Daher ist es sinnvoll, das Brandsicherheitsniveau der Kabel vom Gebäudetyp abhängig zu gestalten. Hierzu kann auf die Gebäudetypisierung in der seit über 10 Jahren existierenden Musterbauordnung (MBO) zurückgegriffen werden.

In einem freistehenden Einfamilienhaus gibt es mehr als nur einen Fluchtweg, weswegen hochwertige Sicherheitskabel die Rettung der Menschen im Ergebnis nicht wesentlich verbessern.

Ganz anders stellt sich die Situation jedoch in Hochhäusern, in Gebäuden mit hoher Personendichte wie Verkaufsstätten und Veranstaltungshallen oder in Verwaltungen mit

Publikumsverkehr dar. Hier muss alles getan werden, um den im Brandfall zu evakuierenden Menschen mehr Zeit zu verschaffen und die Flucht zu ermöglichen.

Höchstes Sicherheitsniveau gilt deswegen folgerichtig für Gebäude mit Menschen, die zum Beispiel bedingt durch Alter oder Krankheit zu einer eigenständigen Flucht nicht imstande sind.

Mit den empfohlenen Brandklassen steigt das Sicherheitsniveau des gesamten Gebäudes, sodass Brandschutzkabel auch in Rettungswegen, Fluren und Versorgungsschächten eingesetzt werden können.

Daher empfiehlt die Kabelindustrie die Anpassung der Musterleitungsanlagenrichtlinie (MLAR) an den neuesten Stand der Technik.

In der nachfolgenden Tabelle sind diese Betrachtungen zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 4: Vorschlag der deutschen Kabelindustrie zur Gebäudeklassenzuordnung

Gebäudeklassen nach MBO					
Gebäude	Beschreibung			Klasse	
				Gebäude (außer Fluchtweg)	Fluchtweg
1	Ein/Zweifamilienhäuser freistehend und freistehende land- oder forstwirtschaftlich genutzte Gebäude	bis 7 m hoch	mit gesamt 400 m ² gleich 2x 200 m ²	E	
2	Ein/Zweifamilienreihenhäuser	bis 7 m hoch	mit gesamt 400 m ² gleich 2x 200 m ²	E	
3	Sonstige	bis 7 m hoch		E	B2
4		bis 13 m hoch	bis nx400 m ²	D	B2
5	Sonstige	u.a unterirdische Gebäude		B2	B2

Gebäude	Beschreibung		Klasse	
			Gebäude (außer Fluchtweg)	Fluchtweg
Sonderbauten				
S 1	Hochhäuser	höher als 22 m	D	B2
S2		höher 30 m	C	B2
S3	Großgebäude	mehr als 1600 m² größtes Geschoss	C	B2
S4	Verkaufsstätten	größer 800 m²	C	B2
S5	Büro/Verwaltung	Räume größer 400 m²	C	B2
S6	Vielpersonennutzung	Räume mit mehr als 100 Personen	C	B2
S7	Versammlungsstätten	mehr als 200 Personen	C	B2
S8	Gaststätten/Hotels		C	B2
S9	Krankenhäuser/Heime		B2	B2
S10	Tageseinrichtungen für Kinder, behinderte und alte Menschen		B2	B2
S11	Schulen, Unis		C	B2
S12	Gefängnisse		C	B2
S14	Freizeit/Vergnügungsparks		C	B2
S16	Regallager mit Oberkante Ladegut höher 7,5 m		D	B2
S17	bauliche Anlagen für Lagerung von Stoffen mit erhöhter Brandgefahr		B2	B2
S18	Industrie		B2	B2
	Serverräume		B2	B2
	Straßentunnel		B2	B2
	Bahntunnel		B2	B2

Fazit

Mehr Sicherheit im Brandfall für die Menschen in Gebäuden und wirtschaftlich günstige Gebäudetechnik sind kein Widerspruch mehr. Mit den europaweit eingeführten Euroklassen für Kabel haben Architekten, Planer und Betreiber klare Rahmenbedingungen, um Kabel mit verbesserten Brandeigenschaften einzusetzen. Der europaweite Wettbewerb garantiert die Verfügbarkeit der Produkte zu Marktpreisen und in einer Qualität, die durch neutrale Konformitätsbescheinigungen nachgewiesen ist.

Um mehr Sicherheit im Brandfall zu erreichen, empfiehlt die Kabelindustrie daher:

- Erhöhung des Sicherheitsniveaus im gesamten Gebäude durch den Einsatz von Brandschutzkabeln
- In Sonderbauten mit sehr hohem Sicherheitsbedarf (z. B. Krankenhäuser, Kindertagesstätten) Einsatz von Brandschutzkabeln der Klasse B2_{ca}
- In Gebäuden mit hohem Sicherheitsbedarf (z. B. Verwaltungs- und Bürogebäude) Einsatz von Brandschutzkabeln der Klasse C_{ca}
- Einbeziehung der Brandschutzkabel in die Musterbauordnung (MBO) und die Musterleitungsanlagenrichtlinie (MLAR) nach dem Vorschlag der Kabelindustrie

Die Implementierung der Sicherheitsstandards in Gebäuden mit hohem Sicherheitsbedarf und die Anpassung der derzeitigen Vorschriften an die neue Bauproduktenverordnung obliegen den Bauministerien der einzelnen Bundesländer. Die deutsche Kabelindustrie unterstützt dies gerne mit ihrer Fachkompetenz und steht zum konstruktiven Dialog bereit.

So wie ein Airbag das Fahren eines Autos nicht merklich verändert, so werden zukünftig Gebäude erscheinen wie schon seit jeher. Ob zweckmäßig oder repräsentativ, ob ausgefallen oder konventionell, ob groß oder klein liegt ganz in der Hand des Eigentümers. Eins aber haben sie alle gemein: Mit Brandschutzkabeln entsprechend dieser Empfehlung werden sie sicherer.

Der ZVEI-Fachverband Kabel und isolierte Drähte informiert gemeinsam mit Europacable, dem europäischen Kabelverband, über das wichtige Thema Brandschutzkabel auf der Internetseite, auf der weitergehende Informationen wie wissenschaftliche Studien zu finden sind:

www.sicherheit-im-brandfall.de



ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik-
und Elektronikindustrie e. V.
Kabel und isolierte Drähte
Minoritenstr. 9-11
50667 Köln

Telefon: 0221 96228-0
Fax: 0221 96228-15
E-Mail: kabel@zvei.org
www.zvei.org

Stand: April 2012