

Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 97 (2006)
Heft: 17

Artikel: Welche Leitung ist brandsicher?
Autor: Fassbinder, Stefan
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-857714>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 12.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Welche Leitung ist brandsicher?

Mineralisierte Kabel als Alternative

Wer als Verantwortlicher mit der baulichen Gestaltung und der technischen Ausrüstung von Objekten mit erhöhten Sicherheitsanforderungen betraut ist, sollte bei der Auswahl von Kabeln und Leitungen auf Typen höchster Brandschutzklassen zurückgreifen. Was aber bedeuten Ausdrücke wie brandsicher, flammhemmend und flammwidrig? Ist hiermit dem öffentlichen Sicherheitsbedürfnis Genüge geleistet? Es gibt weiterreichende, leider nur wenig bekannte Techniken, die mehr Sicherheit bieten und sogar kostengünstiger sein können.



Bild 1 Mineralisierte Kabel

cherheitsinteresse je nach Massgabe der Bauträger oder regionaler Bauvorschriften zumeist flammwidrige Isolierwerkstoffe zum Einsatz kommen, doch bedeutet dies leider bei Weitem nicht, dass diese Werkstoffe unbrennbar sind. Die Normen fordern lediglich, dass die verwendeten Isolierstoffe schwer entflammbar bzw. selbst verlöschend sind und die Funktionsfähigkeit der Leitungen über eine bestimmte Zeit erhalten bleibt. Welche chemischen Reaktionen im Brandfall im so genannten brandsicheren organischen Mantelwerkstoff und seiner Umgebung ablaufen, ist kaum vorhersehbar.

Oberstes Gebot bei Neubau und Sanierung sollte daher sein, Kabelbrände, also jede Art brennenden Kabels, im Vorhinein zu vermeiden. Geeignete Leitungen, die Brände gar nicht erst aufkommen lassen, gleichgültig, ob nun die Zündenergie aus der im Kabel fortgeleiteten elektrischen Energie stammt oder von aussen eingebracht wird, sind seit vielen Jahren am Markt. Diese mineralisierten Leitungen (Bild 1) altern nicht, setzen im Brandfalle keinerlei Rauch oder Gase frei, sind unbrennbar und stellen somit kaum eine oder gar keine zusätzliche

Der elektrische Strom bringt den Vorteil mit sich, dass sich grosse Energiemengen auf kleinste räumliche und zeitliche Ausdehnung konzentrieren lassen. Es lassen sich innerhalb von Millisekunden extrem hohe Temperaturen erzeugen.

Stefan Fassbinder

Dieser Effekt wird etwa beim Elektroschweißen, beim Funkenerodieren oder bei elektrischen Zündeinrichtungen ausgenutzt. Ein weiteres Beispiel ist die elektrische Glühlampe, deren Prinzip ebenfalls auf hoher Leistungsdichte im filigranen Glühwendelgebilde basiert.

Leider bringt die Energiekonzentration auch das Risiko ungewollten Auftretens mit sich, sei es als natürliches Ereignis bei Gewitter oder als Folge eines Fehlers in einem elektrischen Betriebsmittel. Beim gestörten Betriebszustand, insbesondere im Kurzschluss, können die Kabel und Leitungen der Niederspannungsverteilung in Gebäuden eine Wärmeleistung von über 20 kW/m entwickeln, wodurch sie sich schnell überhitzen. Geeignete Schutzmassnahmen sind unverzichtbar. Zwar ist bei der Erzeugung von Licht und Wärme durch elektrische Geräte statt offener Flammen die Brandgefahr in Haushalt und Gewerbe auf einen Bruchteil zurückgegangen, doch schätzen Brandexperten heute, dass 10% der Gesamtsumme aller Versicherungsschäden

aus Hausrat-, Feuer- und Gebäudeversicherung, die sich in der Grössenordnung um 3 Milliarden Euro pro Jahr bewegen, auf Elektrizität zurückzuführen sind (Blitzschlag nicht eingerechnet).

Tragische Brandunfälle wie die am Flughafen Düsseldorf, in der Londoner U-Bahn und in diversen Tunneln der Alpenländer rückten wiederholt die Wichtigkeit des vorbeugenden Brandschutzes bei der Auslegung von elektrischen Anlagen – nicht nur im Zusammenhang mit Sachschäden, sondern vor allem für Leben und Gesundheit der Menschen – in den Mittelpunkt öffentlichen Interesses. Aber wann ist ein Feuer «elektrisch verursacht»? Ist unter einem Kabelbrand nichts weiter als ein brennendes Kabel zu verstehen, oder impliziert dieser Begriff einen Brand, der durch elektrische, in der Folge also thermische Überlastung eines Kabels entstanden ist? Der Begriff ist leider nicht genau definiert.

Alle Kunststoffleitungen brennen

«Brennen tun sie alle», urteilten die Brandschutzsachverständigen laut VDI-Nachrichten über sämtliche Kunststoffleitungen mit Funktionserhalt in der Diskussion über den Brand am Flughafen Düsseldorf vom 11. April 1996, bei dem 17 Menschen zu Tode kamen. Zwar müssen an Einsatzorten mit öffentlichem Si-

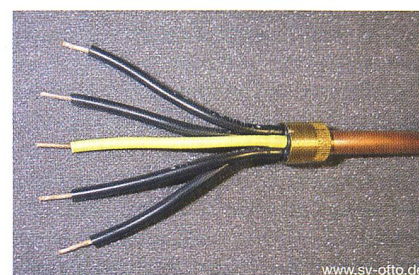


Bild 2 Die Verbindungstechnik ist nicht schwieriger als die herkömmliche, nur ganz anders

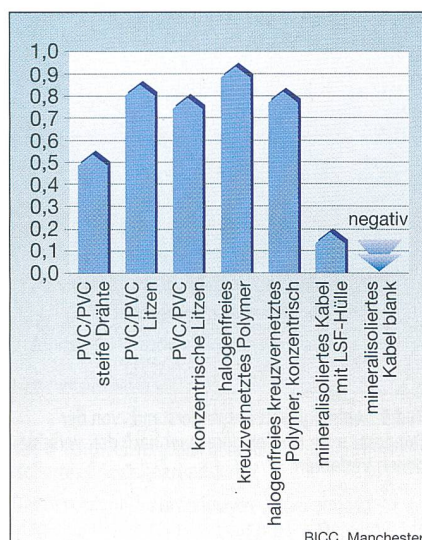


Bild 3 Brandlast einiger Kabel und Leitungen

Brandlast dar, je nachdem, ob die Ausführung mit der optionalen Umhüllung aus LSF-Kunststoff (low smoke and fume) oder blank gewählt wird (Bild 3). Dagegen zeigen herkömmliche Isolierstoffe starke Rauchentwicklung bei der Prüfung, z.B. nach der französischen Norm NSF C 32 070: Das Kabel wird hierbei in einem zylindrischen Elektrofen nach der in ISO genormten Kurve erwärmt (Bild 4 – hier ist ausser der Normkurve auch der tatsächliche Temperaturverlauf aufgetragen). Deutlich ist zu erkennen, wie stark das Entflammen des Mantels die Temperatur von der Sollkurve abweichen lässt, da derart viel Wärme eingetragen wird, dass die elektronische Regelung des Ofens bei Weitem nicht mehr in der Lage ist, dies zu kompensieren. Möglicherweise nur als Folge dessen fällt der Prüfling vorzeitig aus – und so wird es dann in der Praxis auch geschehen.

«Mit verbessertem Verhalten»

Mineralisierte Kabel bestehen aus einem oder mehreren blanken Kupferleitern, eingebettet in hoch verdichtetes Magnesiumoxid und umhüllt von einem Mantel, der wiederum aus Kupfer besteht – das ist alles. Der Schmelzpunkt von Magnesiumoxid liegt bei 2800°C, der von Kupfer bei 1083°C. Unterhalb dieser Temperatur passiert weder chemisch noch physikalisch irgendetwas, bis auf eine oberflächliche Oxidation des Kupfermantels. Toxische Ausdampfungen oder Zersetzungsprodukte gibt es bei diesen Werkstoffen nicht. Funktionserhalt Klasse E 90 nach DIN 4102 Teil 12 ist unter diesen Bedingungen keine Frage, doch leisten dies definitionsgemäss auch die der-

zeit üblichen Werkstoffe. Zu bedenken bleibt allerdings, inwieweit die genormten Prüfbedingungen sich mit dem real auftretenden Brandereignis decken. So wird beispielsweise gemäss den deutschen, britischen und französischen Prüfmethoden der Prüfling jeweils frei schwebend aufgehängt bzw. auf eine steife Unterlage montiert und in diesem Zustand beflammt. Bei dem Test nach NSF C 32 070 tritt eine mechanische Beanspruchung hinzu, indem man einen Eisenstab von gleichem Durchmesser wie das Kabel alle 30 Sekunden auf das Kabel fallen lässt – allerdings nicht auf den beflamten Teil, sondern auf eins der kalten Enden.

British Standards 6387 unterscheidet u.a. die Varianten:

- A mit Beflammung von 650 °C,
- C mit Beflammung von 950 °C,
- X mit Beflammung von 650 °C und zusätzlicher mechanischer Beanspruchung,
- Z mit Beflammung von 950 °C und zusätzlicher mechanischer Beanspruchung,
- W mit Beflammung von 650 °C und zusätzlichem Besprühen mit Wasser.

Eine Prüfung mit 950 °C und gleichzeitiger Einwirkung von Wasser ist nicht vorgesehen. Es erscheint jedoch nicht besonders realistisch, wenn im Brandfall eine Temperatur von 950 °C angenommen wird, diese aber auf 650 °C absinkt, ehe die Sprinkleranlage in Betrieb geht, die Feuerwehr anrückt oder Wasserleitungen platzen. Die mechanische Beanspruchung erschöpft sich zudem im Erschüttern der Unterlage, ohne dass der Prüfling selbst berührt wird. In der Praxis dürften herabstürzende Teile z.B. der Deckenverkleidung auch die Leitungen selbst treffen und nicht unbedingt nur deren Unterlage. Weiterhin wird jede dieser Prüfungen mit einem neuen Prüfling durchgeführt, nicht etwa mit demselben, was der Annahme gleichkommt, eine bestimmte Leitung werde stets ausschliesslich von einem dieser Ereignisse getroffen, niemals von mehreren gleichzeitig oder nacheinander.

Die DIN 4102 Teil 12 verlangt zwar eine Prüfung von mit sanften Biegungen auf eine Tragkonstruktion montierten Prüflingen, lässt aber dafür gleich alle anderen Einflüsse ausser Betracht und sieht nur eine Beflammung des Prüflings vor. Dabei verbrennen übliche Isolierwerkstoffe innerhalb der ersten Minuten, wobei selbst LSF-Leitungen ganz erhebliche Mengen an Rauch entwickeln. Der Prüfling wird in diesem Stadium der Prüfung bereits nur noch von einer Hülle aus Asche zusammen- bzw. die einzelnen Adern auf Abstand gehalten, nachdem

der Mantel meist schon in grossen brennenden Stücken herabgefallen ist. Was mit diesen Kabeln im Brandfall unter eingespannten Bedingungen in Kabelkanälen oder an Knickstellen in Kabelkanälen geschieht, wird nicht untersucht. Mineralisierte Kabel hingegen, die sich während der Beflammungsprüfung praktisch überhaupt nicht verändern, bleiben selbst nach zahlreichen massiven Hammerschlägen noch in Funktion.

5-facher Widerstand bei Brand

Bei einem belgischen Kabelhersteller, der allerlei Spezialprodukte im Angebot hat, stiess vor einigen Jahren ein Ingenieur auf eine weitere Lücke in der Norm: Kabel und Leitungen «mit verbessertem Verhalten im Brandfall», wie sie die Norm mit vorsichtigem Realismus nennt, werden unter Brandbedingungen heiss, das ist banal. Dabei erhöht sich aber der elektrische Widerstand der Leiter erheblich (Bild 5). Dadurch, so rechnet der Ingenieur vor, könne es wegen des erhöhten Spannungsfalls in der Leitung vorkommen, dass beispielsweise ein Aufzugmotor nicht mehr anläuft, wenn ein nennenswerter Teil der Zuleitung zum Aufzug einem Brand ausgesetzt ist. Ausserdem führt die erhöhte Temperatur zu einer höheren Übertemperatur. Das klingt wie ein weisser Schimmel, gemeint ist Folgendes: Ein Kabel, das sich bei 40 °C Umgebungstemperatur durch Belastung mit Nennstrom um 40 Grad erwärmt, hat bei 950 °C bereits den 5-fachen Widerstand und erwärmt sich folglich bei gleichem Strom um 210 Grad. Dabei würden 138 Grad reichen, um die Leiter zum Schmelzen zu bringen, egal wie sie isoliert sind. Eigentlich müssten daher sämtliche Kabel und Leitungen mit Funktionserhalt im Brandfall stark vergrösserte Leiterquerschnitte aufweisen – ein ausschliesslicher Funktionserhalt im Leerlauf ist kein Funktionserhalt. Diesem Umstand trug bisher keine Norm Rechnung. Seither

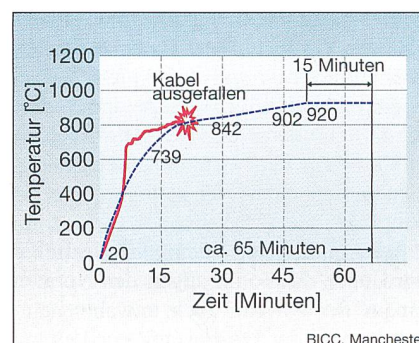


Bild 4 Prüfkurve und praktischer Prüfverlauf eines brandbeständigen Kunststoffkabels

steht er wenigstens in der belgischen Norm RGIE/AREI, Artikel 104, Teil e4. Doch dies ist bislang die Einzige. Eine Vergrößerung des Querschnitts um den Faktor 5 wird hier verlangt, um von 210 wieder auf 40 Grad Erwärmung zu gelangen. Zwar befasst sich das betreffende Unternehmen leider nicht mit mineralisierten Kabeln und Leitungen, sondern mit anderen Spezialformen brandsicherer Kabel, doch stellt sich dieses Problem bei jedem Kabeltyp gleichermassen. Nichtsdestoweniger verlangen die gegenwärtigen Prüfmethode keine Brandprüfung unter nennenswerter Last, sonst fielen sämtliche Prüflinge durch. Lediglich eine Glühlampe wird angeschlossen, um die Funktion und den Zeitpunkt des Ausfalls anzuzeigen.

Bei ihren Untersuchungen stiessen die Belgier auf ein weiteres Problem, nämlich eine Divergenz der Messmethoden. Zum einen kann die Formel verwendet werden, mit der z.B. umgekehrt nach geeigneter Umstellung auch in EN 60742 die Erwärmung von Wickelgütern aus der Veränderung des Widerstands errechnet wird:

$$R_T = R_{20} [1 + \alpha (T - 293 \text{ K})]$$

Dabei ist R_T der Widerstand bei der Temperatur T , R_{20} der Widerstand bei 20°C und α der Temperaturkoeffizient. Bei Kupfer ist $\alpha = 0,0039/\text{K}$. Dabei wurde der zweite Koeffizient β vernachlässigt, der mit dem Quadrat der Erwärmung eingeht und daher bei kleinen Temperaturunterschieden keine Rolle spielt:

$$R_T = R_{20} [1 + \alpha (T - 293 \text{ K}) + \beta (T - 293 \text{ K})^2]$$

Zum Dritten gibt es die Möglichkeit, mit dem exponentiellen Gesetz von Wiedemann-Franz zu rechnen:

$$R_T = R_{20} \left(\frac{T}{T_{20}} \right)^{1,16}$$

Dies ist gemäss Erkenntnissen der Belgier die genaueste Vorgehensweise. In Bild 5 wird deutlich, dass die Abweichungen für technische Zwecke bei üblichen Betriebstemperaturen nicht ins Gewicht fallen, bei Brandtemperaturen aber schon deutlich divergieren. Die Rechenmethode aus der Norm ohne den Koeffizienten β ist daher hier nicht mehr geeignet.

Bei mindestens einem der Hersteller wird über die Forderungen der Normen hinaus der – wenn auch unwahrscheinliche – Fall der Überlastung der Leitung geprüft. Ein mineralisierter und ein Kunststoffprüfling von jeweils 2,5 mm²

Leiterquerschnitt werden in Reihe geschaltet und mit 200 A belastet. Je nach Beschaffenheit entzündet sich der Kunststoffprüfling auf der ganzen Länge, oder eine Ader schmilzt durch. In jedem Fall ist bis dahin schon an beiden Enden starker Rauch ausgetreten, der sich mit einem kleinen Funken entzünden lässt. Der Mineralprüfling im Prüfstand hingegen ist seit Monaten nicht mehr ausgetauscht worden. Er hat eine Vielzahl von Prüfungen schadlos überstanden.

Korrosiver Isolierstoff

Ein weiteres Problem wurde von der Firma Eupen¹⁾ entdeckt und untersucht: Manche organischen Isolierstoffe greifen bei Brandtemperaturen die Leiter an, zersetzen sie chemisch und mindern so den Querschnitt zum Teil erheblich. Das Unternehmen hat daran gearbeitet und eine akzeptable Lösung gefunden. Diese hätte mineralisiertes Kabel heissen können, aber dieses Produkt hat das Unternehmen nicht im Programm. Überhaupt liegt der Grund für die Unbekanntheit der mineralisierten Kabel in Deutschland, Österreich und der Schweiz möglicherweise darin, dass sie hier nicht produziert werden und auch keine entsprechende Tradition vorweisen können, obwohl sie in DIN VDE 0284-1 genormt sind. Diese Norm wurde im November 2002, nun als EN 60702-1, neu herausgegeben. Der Einsatz dieser Materialien hat sich in anderen Ländern in Tunneln, Bahnhöfen, Flughäfen und U-Bahn-Schächten mit erhöhten Sicherheitsanforderungen schon seit der Zeit vor dem Zweiten Weltkrieg bestens bewährt. In Grossbritannien, Italien und Kanada ist diese Installationsart weit verbreitet. Von dort können sie auch bezogen werden. Eine Lieferantenliste gibt es beim Deutschen Kupferinstitut.²⁾

Wie teuer ist die Sicherheit?

Ein mineralisiertes Kabel ist nicht teurer als die üblichen schwer entflammbaren Kunststoffkabel. Gewöhnlich liegt der Preis für eine handelsübliche Leitung der Funktions-Erhaltungsklasse E30 unterhalb des Preises für mineralisierte Kabel, der einer E90-Leitung jedoch erheblich darüber. In einigen Fällen wurde schon aus Preisgründen zum mineralisierten Kabel gegriffen. Es sind auch Fälle von Mischinstallationen bekannt, bei denen für jeden Kabelquerschnitt im Einzelnen ermittelt wurde, ob jeweils der Mineral- oder der Kunststofftyp kostengünstiger war. Wobei von den reinen Material- und Verarbeitungskosten ausgegangen wurde, ohne die Folgekosten im

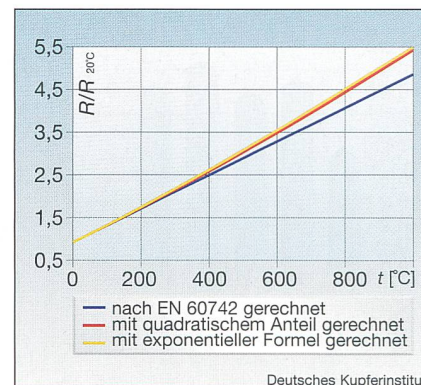


Bild 5 Abhängigkeit des Widerstands von der Temperatur für Kupfer, gerechnet nach drei verschiedenen Verfahren

Brandfall in die Kalkulation mit einzubeziehen.

Der Preisvorteil einer mineralisierten Leitung gegenüber einer E90-Leitung ist gross genug, um eventuelle Mehrkosten bei der Verlegung aufzufangen (metallummantelte Leitungen sind ziemlich steif). Zudem bleiben sie in aller Regel auch nach einem Brand so gut erhalten, dass die Installation belassen werden kann. Die heute überwiegend verwendeten Kabel hingegen werden, trotz ihres notdürftigen Funktionserhalts während der Katastrophe, so stark geschädigt, dass sie meist auf der gesamten Länge ersetzt werden müssen.

Die Steifigkeit der mineralisierten Leitungen hat bei den Installationsarbeiten nicht nur Nachteile: Auf Kabelkanäle kann häufig verzichtet werden, Kabelschellen und Halterungen können in wesentlich grösseren Abständen gesetzt werden, und die Kabel sind nahezu unelastisch. In den Ländern, in denen die Kabel breit eingesetzt werden, sind spezielle Werkzeuge und Verfahren der Verlege- und Verbindungstechnik elementarer Bestandteil des Elektrohandwerks. Jede Verformung ist plastischer Natur und somit bleibend, wohingegen das Verlegen der elastischen, kunststoffummantelten Leitungen bisweilen an das Zähmen einer Schlange erinnert. Auch wird der gelegentliche Nachteil der Steifigkeit in vielen Fällen durch einen wesentlich kleineren Gesamtquerschnitt mehr als aufgewogen. Die mineralisierte Leitung hat im Mittel nur etwa die Hälfte bis zwei Drittel des Durchmessers einer kunststoffummantelten Leitung gleichen Aderquerschnitts und gleicher Adernzahl, da die Aderisolierung entfallen kann (Bild 6).

Das Risiko einer Kontamination der Umgebung im Brandfall, Eindiffundieren korrosiver, die Armierung angreifender Salzsäure in das Betonmauerwerk, was

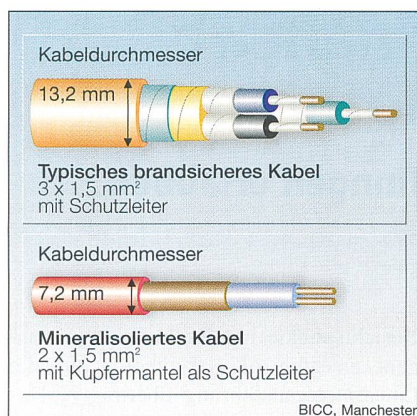


Bild 6 Grössenvergleich herkömmliches und mineralisiertes Brandsicherheitskabel

Das herkömmliche brandsichere Kabel umfasst Mantel und Aderisolierung aus organischem Isolierstoff mit Glasfaser- oder Micafil-Füllstoff und Flammenschutzfolie. Das mineralisierte Kabel umfasst Mantel aus Kupfer und mineralischem Isolierstoff, optional eine Aussenhülle aus LSF-Kunststoff.

schon nach kleineren Kabelbränden Abbrände erforderlich gemacht haben soll, lässt sich mit mineralisierten Kabeln ebenfalls vermeiden. Zwar vermeiden auch halogenfreie Leitungen diese Schäden, vermindern aber in keiner Weise die Emissionen an Rauch und Kohlenmonoxid. Brandsachverständige weisen darauf hin, dass die meisten Brandopfer durch den Rauch die Orientierung verlieren und dann an CO-Vergiftung sterben – und nicht direkt durch die Flammen. Das Magnesiumoxid der mineralisierten Kabel verhält sich dagegen neutral und kann auch unbedenklich entsorgt werden. Das Kupfer kann zurückgewonnen und beliebig oft wiederverwertet werden.²⁾

EMV und ästhetische Gründe

Der Kupfermantel kann, darf und sollte gleichzeitig als Schutzleiter dienen. Der Querschnitt ist so gross, dass das Gebäude ein PA-System niedriger Impedanz erhält, was für Sicherheit und EMV vorteilhaft ist, insbesondere seit eine ständig zunehmende Zahl nicht linearer Lasten immer mehr Oberschwingungsströme in das Erdungssystem einbringt. Auf jeden Fall, seien die Ströme und Spannungen nun linear oder verzerrt, bietet das mineralisierte Kabel ein vollständig abgeschirmtes System, aus dem keine elektrische oder magnetische Streufelder austreten.

Selbst die Ästhetiker kommen auf ihre Kosten. Wegen des wesentlich kleineren Durchmessers und weil sich die Kupferfarbe oft günstig unauffällig in die entsprechende Umgebung einfügt, wird mineralisiertes Kabel manchmal für histo-

risch wertvolle Gebäude und in Museen eingesetzt, wenn dort eine Aufputz-Installation erforderlich wird (Bild 7), um die historischen Strukturen nicht anbohren zu müssen.

Bilanz

Die gegenwärtigen Normen für Kabel und Leitungen «mit verbessertem Verhalten im Brandfall» wurden sorgsam um die Gegebenheiten der Machbarkeit herumgelegt, dass eine Herstellung solcher Kabel und Leitungen aus hoch spezialisierten Kunststoffen gerade eben noch möglich ist. Ein Schritt in Richtung Vernunft wäre es, zukünftig bei der Auslegung elektrischer Anlagen in Bereichen mit erhöhten Brandschutzanforderungen über den Stand der Normen hinauszugehen und die Alternative der mineralisierten Kabel in Betracht zu ziehen. Ein erster Schritt wurde beispielsweise im Centro, der Neuen Mitte Oberhausen, geleistet, wo 100 km mineralisiertes Kabel eingebaut wurden.³⁾ Daneben sollten die europäischen und internationalen Normen schnellstmöglich – und sehr schnell ist das leider nicht – dem Beispiel der nationalen belgischen Norm folgen und den beim Brand stark erhöhten Widerstand berücksichtigen – und entsprechend vergrösserte Querschnitte fordern.

Normen sind aber keine Gesetze. Und die Gesetze sehen vor, dass die verantwortliche Elektrofachkraft ihrer Ausbildung und Qualifikation nach zu handeln hat und für ihr Handeln verantwortlich zeichnet. Dies kommt einer Verpflichtung zum Einsatz verbesserter Techniken gleich, sobald diese die Personensicherheit erhöhen.

Angaben zum Autor

Stefan Fassbinder ist Ingenieur der elektrischen Energietechnik, Diplom der FH Dortmund 1985, drei Jahre Entwicklungstätigkeit im Bereich Grosstransformatoren, fünf Jahre Entwicklungstätigkeit im Bereich Kleintransformatoren, Ringkerntransformatoren, seither tätig als Beratungsingenieur für den Bereich Elektrotechnik beim Deutschen Kupferinstitut in Düsseldorf. Neben der Anwendungsberatung ist er zuständig für die Durchführung spezieller Projekte zur Anwendung von Kupfer in der Elektrotechnik, Koordination internationaler Aktivitäten auf den Gebieten EMV, Betriebssicherheit, Zuverlässigkeit und Energieeinsparung zusammen mit anderen nationalen Kupferinstituten.
Deutsches Kupferinstitut, D-40474 Düsseldorf,
sfassbinder@kupferinstitut.de

¹⁾ www.eupen.com.

²⁾ Weitere Informationen zu diesem Thema: www.kupferinstitut.de.

³⁾ HTW Hetzel, Tor-Westen & Partner Ingenieurgesellschaft KG, Herr Reichardt, www.htw-ingenieur.de.

Résumé

Quelles câbles sont à l'épreuve de l'incendie?

Les câbles à isolants minéraux – une alternative. Le responsable de l'agencement et de l'équipement technique d'objets à hautes exigences de sécurité devrait, en choisissant les câbles et lignes, avoir recours à des types des plus hautes catégories de protection incendie. Mais que signifient des notions comme sécurité incendie, ignifuge et réfractaire? Satisfait-on ici au besoin public de sécurité? Il existe des techniques très étendues, malheureusement peu connues, qui offrent davantage de sécurité et peuvent même être moins coûteuses.



Bild 7 Mineralisierte Kabel und Leitungen verschwinden optisch an historischen Fassaden