Heutige Kabeltechnologie und -installation für die Tunnel-Brandsicherheit

Autor(en): **Fehlbaum, Jean / Anliker, Peter / Thuering, Michael**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin.ch : Fachzeitschrift und Verbandsinformationen von Electrosuisse, VSE = revue spécialisée et informations des associations Electrosuisse, AES**

Band (Jahr): **94 (2003)**

Heft 15

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-857574

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Heutige Kabeltechnologie und -installation für die Tunnel-Brandsicherheit

In jüngster Zeit haben verschiedene Tunnelunfälle mit Brandfolge die Sensibilität bezüglich Brandsicherheit massiv erhöht. Auf Grund der daraus resultierenden erhöhten Sicherheitsanforderungen sind angepasste Richtlinien (Astra für Strassentunnel) und neue Weisungen (SBB für Bahntunnel) für die Brandsicherheit der Kabelanlage in Infrastrukturprojekten entstanden oder sind zurzeit in Überarbeitung. Der vorliegende Beitrag behandelt das Brandverhalten von Kabelwerkstoffen, die Brandfestigkeitsgarantie der verschiedenen Energie- und Nachrichtenkabel einschliesslich eines Kostenvergleichs der verschiedenen Garantiestufen sowie heutige Anforderungen und vorteilhafte Verkabelungslösungen.

Jean Fehlbaum, Peter Anliker, Michael Thuering

Ein bedeutender Teil der wichtigsten Kabelwerkstoffe sind Kunststoffe, die von ihrer Natur aus einfach leichter brennen als andere Werkstoffe. Die Brandfestigkeit von Kabeln lässt sich einerseits durch die Verwendung von Materialien, die von sich aus bereits flammwidrig sind – wie beispielsweise Silikonkautschuk – oder andererseits durch die Zugabe von Materialien wie z.B. Aluminium-Hydroxid, die unter Feuereinwirkung unbrennbare Gase abspalten und so ein Ausbreiten des Feuers verhindern, verbessern.

Über lange Zeit wurden im Kabelbereich hauptsächlich Polyvinylchlorid (PVC) und Polyäthylen (PE) sowohl für die Aderisolation als auch für die Kabelummantelung verwendet. Diese beiden Materialien weisen aber im Brandfall ein nachteiliges Verhalten auf: PE beispielsweise brennt und das schlechter brennbare PVC erzeugt viel Rauch und giftige Stoffe.

Aus PVC oder PE gefertigte Standardkabel sind daher nicht feuersicher und können dazu beitragen, dass sich der Brand ausbreitet. In der Kabelindustrie propagiert wurden diese beiden Kunststoffe allerdings hauptsächlich wegen ihrer guten mechanischen und elektrischen Eigenschaften.

Tabelle I fasst die mechanischen, elektrischen und thermischen Eigenschaften für die wichtigsten Kabelmaterialien zusammen. Ihr lässt sich entnehmen, dass die herkömmlichen PE-basierten Isolationsmaterialien bessere mechanische und elektrische Eigenschaften als flammwidrige Materialien aufweisen. Allerdings müssen bezüglich des Brandverhaltens andere – thermische – Eigenschaften, die ebenfalls in Tabelle I angegeben sind, berücksichtigt werden.

Eine deutliche Verbesserung der Brennbarkeit wird durch Zugaben erreicht. So lässt sich beispielsweise die Brennbarkeit von PE (Bild 1: z.B. $CaCO_3 \Rightarrow CaO + CO_2$; $2Al(OH)_3 \Rightarrow Al_2O_3 + 3H_2O$; $Mg(OH)_2 \Rightarrow MgO + H_2O$) deutlich reduzieren. Das Schema in Bild 1 zeigt, wie diese Kunststoffzugaben wirken.

Heute existieren geeignete Materialien, um Kabel flammwidrig, feuerhemmend oder sogar feuerbeständig zu machen. Die mechanischen und elektrischen Eigenschaften dieser NO*flamm*-Materialien sind aber in der Regel etwas schlechter als jene der für Standardkabel verwendeten Kunststoffe. Zu beachten ist zudem, dass sowohl die NO*flamm*-Materialien als auch der Silikonkautschuk im Brandfall weder toxische noch korrosive Spaltprodukte abgeben, raucharm sind und ausserdem den Brand nicht ausbreiten.

Die Normensituation

Brandverhalten des Kabels («Reaction to Fire»)

Bis auf ganz wenige Ausnahmen (etwa mineralische Kabel) enthalten alle Kabel brennbare organische Kunststoffe.

Die erste wichtigste Frage bei der Risikoeinschätzung von Kabeln ist, wie sie

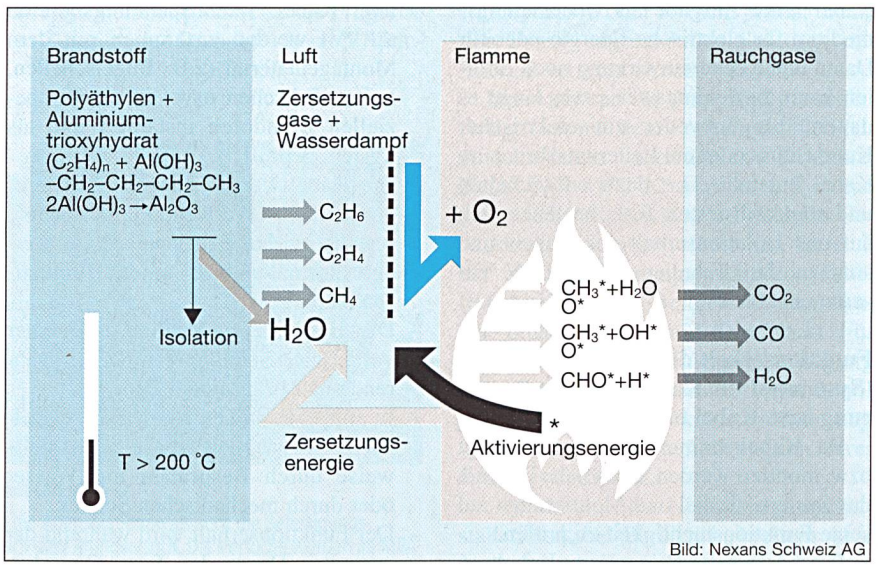

Bild 1 Schema der Wirkungsweise von Kunststoffzugaben

	PVC	PE	PA	Silikon	NOflamm	Kupfer	Alu	LWL
Mechanische Eigenschaften								
– Zugfestigkeit [MPa]	15	15	40	8	12	250	80	300
– Bruchdehnung [%]	250	700	200	250	150		30	2
– Shore-Härte [D]	35	50	90	20	50			
– Einreisskraft [N/cm]	20	30		5	8			
– Ölbeständigkeit	mässig	mässig	sehr gut	gut	schwach			
Elektrische Eigenschaften								
– Dielektrizitätskonstante ε	3,5–8	2,25	4–6	3–10	>5			
– Verlustfaktor tan δ	0,02–0,1	0,0003	0,05	0,001–0,02	0,01			
– Isolationswiderstand [Ω·cm]	10^{11}–10^{14}	>10^{17}	10^{10}–10^{15}	10^{12}–10^{17}	10^{14}–10^{16}			
Thermische Eigenschaften								
– Brennbarkeit	schlecht	gut	gut	schlecht	schlecht	nein	nein	nein
– Freigesetzte Gase und Rauch	CO_2, CO,HCl	CO_2, CO	CO_2, CO, C_xN_x	CO_2, CO, SiO_2	O_2, CO, H_2O			
– Korrosiv (toxisch)	ja	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein
– Betriebstemperatur [°C]	70–90	70–90	80–90	bis 180	70–90	900	600	150
– Erweichungstemperatur [°C]	150	115	200	180	110	1080	660	etwa 1500
– LOI	25	18	18	40	35			

Quelle: Nexans Schweiz AG

Tabelle I Mechanische, elektrische und thermische Eigenschaften der wichtigsten Kabelmaterialien
LWL: Lichtwellenleiter (Glasfaser); PA: Polyamid (z.B. Nylon)

Normen bezüglich der Flammwidrigkeit

International:	IEC 60332-1
Europa:	EN 50265
Schweiz:	TP 20B/3C, 3.4.1

Als Prüfung wird der Bunsenbrennertest durchgeführt: das Kabel muss selbstverlöschend sein und die Abbrandhöhe muss weniger als 500 mm betragen.

Normen bezüglich der Halogenfreiheit

International:	IEC 60754-1
Europa:	EN 50267-2-1
Schweiz:	TP 20B/3C, 3.4.5

Bei der Prüfung wird der Halogengehalt (F, Cl, Br, J) nachgewiesen.

Normen bezüglich der Korrosivität der Brandgase

International:	IEC 60754-2
Europa:	EN 50267-2-3
Schweiz:	TP 20B/3C, 3.4.4

Bei der Prüfung wird die Acidität mittels pH-Wert und Leitfähigkeit (pH > 4,3 und Leitfähigkeit < 10 µS/mm) nachgewiesen.

Normen bezüglich der Rauchgasdichte

International:	IEC 61034
Europa:	EN 50268
Schweiz:	TP 20B/3C, 3.4.3

Die Prüfung erfolgt in einer «3^3 m^3»-Kammer, die Lichtabsorption darf nicht über 70 % betragen.

Normen bezüglich der Feuerhemmfähigkeit (geringe Brandfortleitung)

International:	IEC 60332-3-24 (Cat. C)
Europa:	EN 50266
Schweiz:	TP 20B/3C, 3.4.1.3

Es wird ein Bündelbrandtest auf der Leiter durchgeführt mit 1,5 l/m brennbarem Material und 20 min Beflammung. Das Kabel muss selbstverlöschend sein und die Abbrandhöhe muss weniger als 2,5 m betragen.

Quelle: Nexans Schweiz AG

Tabelle II Brandeigenschaften von Kabeln und zugehörige Normen

auf Feuereinwirkung reagieren beziehungsweise wie leicht oder schwer sie entflammbar sind, wie sie das Feuer ausbreiten und welche Verbrennungsprodukte (korrosive oder toxische Gase und Rauch) dabei freigesetzt werden. Für die Prüfung und damit für die Einstufung der Kabel in verschiedene Klassen des Brandverhaltens sind die in Tabelle II aufgeführten Normen relevant.

Feuerwiderstand des Kabels («Resistance to Fire»)

Als zweite wichtige Frage ist zu klären, ob – und wenn ja: wie lange – das Kabel seine Aufgabe als Übertragungsmedium für elektrische Energie oder für Daten unter Feuereinwirkung noch erfüllen kann, beziehungsweise wie lange es dauert, bis entweder ein elektrischer Kurzschluss oder ein Leiterunterbruch im Kabel entsteht. Die dazu entwickelten und standardisierten Tests beziehen sich auf den Isolationserhalt des Kabels und sind in den Tabellen III und IV zusammengefasst.

Funktionserhalt der Kabelanlage (Systemtest für Kabel und Montierung bzw. Kabel und Aufhängung)

Da Kabel immer irgendwie verlegt bzw. montiert werden, ist es nahe liegend, das System «Kabel und Montierung» auf seine Funktionstüchtigkeit zu prüfen.

Dieser Test ist kein reiner Kabeltest, sondern er prüft den Funktionserhalt eines ganzen Systems, nämlich einer Kabelanlage. Dies im Gegensatz zu Kabeltests wie etwa FE180[3)] nach IEC 60331, bei welchem lediglich der Isolationserhalt des Kabels geprüft wird. Unter einem System versteht man, neben dem Kabel, auch die Kabelaufhängungen (Leiter, Rinne, Schellen usw.) und allenfalls weiteres Installationszubehör.

Ein Test zum Nachweis des Funktionserhalts von Kabelanlagen soll das System «Kabel und Montageeinrichtungen» unter praxisnahen Bedingungen prüfen. Er umfasst in der Regel folgende Elemente:

- Die Kabel (Nennspannungsbereich ≤1 kV) werden zusammen mit dem Montagematerial (z.B. Bügelschellen, Leiter, Pritschen usw.) in einem speziellen Brandofen installiert und als System geprüft.
- Die Kabel werden entsprechend ihrer vorgesehenen Verwendung beschaltet. Installationskabel beispielsweise werden normalerweise unter Nominalspannung gesetzt.
- Die Beflammung erfolgt nach einer vordefinierten Temperaturkurve während einer bestimmten Zeit.
- In einzelnen Fällen werden die Kabelanlagen zusätzlich belastet, beispielsweise durch Besprühen mit Wasser oder durch mechanischen Schock.
- Der Funktionserhalt wird während der gesamten Dauer des Tests überprüft. So darf z.B. bei einem Installationskabel weder ein Kurzschluss noch ein Unterbruch in der Stromleitung eintreten.

Hinsichtlich dieser Systemtests gibt es jedoch noch keine internationale, europäische oder schweizerische Normierung. Die Schweiz wartet diesbezüglich die Euronorm ab. Allerdings sind in einigen Ländern spezifische nationale Tests – z.B. DIN 4102-12[1)] in Deutschland – entwickelt worden. Cenelec arbeitet zurzeit an einem Entwurf für einen Systemtest. Dabei ist zu erwarten, dass dieser ähnlich – aber nicht identisch – wie die DIN 4102-12 ausfallen wird.

Der Systemtest nach DIN 4102-12 (E30)

Der wohl bekannteste Systemtest zum Nachweis des Funktionserhalts von Kabelanlagen ist der Deutsche Test nach DIN 4102, Teil 12. Die Prüfbedingungen lassen sich wie folgt beschreiben:

- Die Kabel werden zusammen mit dem Montagematerial in einen Brandofen nach DIN 4102-2 mit den Mindestabmessungen 3 x 2 x 2,5 m eingebaut.
- Damit die Prüfergebnisse für eine ganze Kabelfamilie Gültigkeit haben, werden jeweils 2 verschiedene Querschnitte geprüft (z.B. 4 x 1,5 und 4 x 50 mm²). Pro Typ werden jeweils 2 Kabel geprüft.
- Starkstromkabel werden mit 400 V, Industriekabel mit 110 V belastet.
- Die vorgegebene Beflammung folgt der Temperaturkurve nach ISO/DIN 4102-2, d.h. nach 30 min beträgt die Temperatur rund 820 °C, nach 90 min rund 1000 °C.
- Übersteht die Kabelanlage eine Zeitspanne von mindestens 30 min ohne Kurzschluss oder Unterbruch, erhält sie die Qualifikation E30, erreicht sie 90 min, so gilt sie als E90 zugelassen.

Eine Kabelanlage mit integriertem Funktionserhalt nach E30 setzt sich somit zusammen aus einem Sicherheitskabel, dem Verlegesystem und weiterem Installationszubehör (wie beispielsweise Abzweigdosen). Bild 2 zeigt eine Kabelanlage vor und nach einem Brandversuch.

Ein «Kabel E30» existiert aus diesem Grunde nicht, sondern nur ein «System E30». Eine Anfrage nach einem Kabel E30 ohne Angabe der vorgesehenen detaillierten Installationsart kann folglich niemand abschliessend beantworten, denn nur die ganze Kabelanlage erfüllt E30 – oder eben nicht.

Die Anwendung von DIN 4102-12 (E30)

Die Norm DIN 4102 beschreibt verschiedenste Baumaterialien in Bezug auf deren Feuerbeständigkeit. Teil 12 dieser Norm behandelt die Gebäudeverkabelungssysteme. Diese Norm ist eine nationale deutsche Norm für den Hochbau. Eine vergleichbare internationale Norm besteht nicht.

Die DIN 4102-12 sieht folgende Verlegearten vor:

- Normtragekonstruktionen (Kabelleiter und -rinnen, Einzelverlegung mit Einzelschelle oder Bügelschelle mit Langwanne) gemäss DIN 4102-12 (für horizontale und vertikale Verlegung);
- Tragekonstruktionen in Anlehnung an Normtragekonstruktionen gemäss DIN 4102-12 (für horizontale und vertikale Verlegung);
- Sondertragekonstruktionen in Anlehnung an DIN 4102-12 (nur für horizontale Verlegung).

Die Testergebnisse sind lediglich für die Normtragekonstruktionen von Hersteller zu Hersteller übertragbar. Für die erwähnten Tragekonstruktionen, die sich an Normkonstruktionen anlehnen, sowie für Sonderkonstruktionen sind die Resultate nicht übertragbar, da sie ausschliesslich für das aus Kabel und Tragekonstruktionen bestehende gesamthaft geprüfte System gelten.

Da der DIN-Test ursprünglich für Kabelanlagen in Gebäuden normiert wurde, sind «tunnelspezifische» Anforderungen – wie etwa Kabelverlegung im Oberflächenkanal (OKK) oder in einbetonierten Rohranlagen – sowie die geforderten armierten Sicherheitskabel (CL-Armierungen), die bezüglich mechanischer Beständigkeit und Nagetierschutz der harten Tunnelumgebung gerecht werden, nicht vorgesehen.

Wie in jeder Norm geht man zudem von einem Modell eines Brandes aus. Ob dieses Modell der Wirklichkeit entspricht oder nicht bzw. ob die Kabelanlage in einem Vollbrand nach DIN 4102 feuerresistent sein muss oder nicht, kann nur eine seriöse Risikoanalyse beantworten. So stellt sich beispielsweise die Frage, ob im Zentrum des Brandes – nach 5 Minuten liegt die Temperatur gemäss Modell ISO/DIN 4102 bei über 550 °C – die Kabel während 30 min ihre Aufgaben erfüllen müssen oder ob nicht primär die an den Brand angrenzenden Sektoren mit Energie versorgt werden müssen.

Der Aufwand für diese Analyse rechtfertigt sich mit dem Preisunterschied der verschiedenen alternativen Produkte. Nach DIN 4102-12 normierte Systeme sind wie bereits erwähnt lediglich für Gebäudeverkabelungssysteme im Bereich der Niederspannungsinstallationskabel (0,6/1 kV) und im Bereich der Signalkabel (binäre Signale) auf dem Markt. Für Kabelanlagen für Energieübertragung oder Telekomkabel existiert zum heutigen Zeitpunkt noch keine Normierung von ganzen Systemen bezüglich ihrer Feuerbeständigkeit.

Obwohl nur im Niederspannungsinstallationskabel-Bereich in breitem Ausmass Brandsicherheitsnormen bestehen, ist es möglich, auch verschiedenste Kabel

IEC 60331-11 (Prüfeinrichtung)
Prüfbedingungen: horizontales Kabel auf Bügel, Beflammung 90 min (empfohlen), Temperatur ≥ 750 °C

IEC 60331-21 (bis 0,6/1,0 kV)
Starkstromkabel: Kabel unter Spannung (U_{NENN}); kein Kurzschluss, kein Unterbruch

IEC 60331-23 (Datakabel)
Datenkabel: Spannung gemäss Kabelnorm bzw. 110 V; kein Kurzschluss, kein Unterbruch

IEC 60331-25 (LWL-Kabel)
LWL-Kabel: maximale Dämpfungszunahme gemäss Kabelspezifikation; kein Faserbruch nach Abkühlung

Quelle: Nexans Schweiz AG

Tabelle III Internationale Normen: Feuerbeständigkeit
«Circuit Integrity»: Isolationserhalt des Kabels unter Feuereinwirkung

IEC 60331-12 (Prüfeinrichtung)
IEC 60331-31 (bis 0,6/1,0 kV)
EN 50200 (bis 0,6/1,0 kV und LWL; ∅ ≤ 20 mm)
prEN 50362 (bis 0,6/1,0 kV, ∅ > 20 mm), 850 °C, 90 min
Kabel U-förmig auf Platte/Rahmen; Beflammung ≤ 90 min; Temperatur 830 +40/–0 °C; mechanischer Schock alle 5 min
Starkstromkabel: Kabel unter Spannung (U_{Nenn}); kein Kurzschluss, kein Unterbruch
Datenkabel: gemäss Kabelnorm bzw. 110 V; kein Kurzschluss, kein Unterbruch
LWL-Kabel: maximale Dämpfungszunahme gemäss Kabelspezifikation; kein Faserunterbruch nach Abkühlung

Quelle: Nexans Schweiz AG

Tabelle IV Internationale Normen: Isolationserhalt des Kabels mit mechanischem Schock
«Circuit Integrity, Fire with Shock»: Isolationserhalt unter Feuereinwirkung und Schock

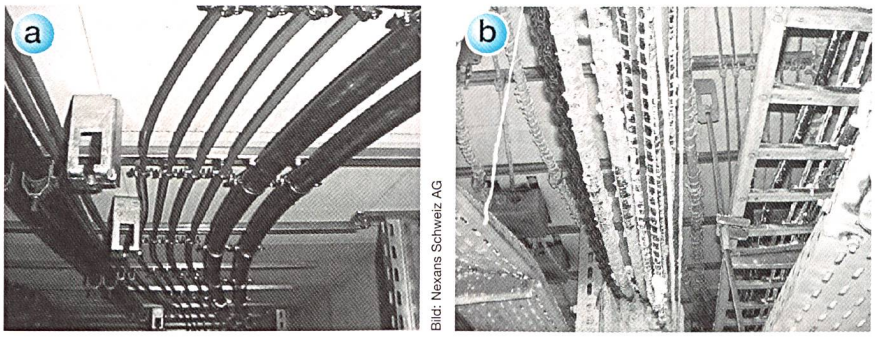

Bild: Nexans Schweiz AG

Bild 2 Der Systemtest E30 – Bilder aus dem Brandofen nach DIN 4102-12
Auch nach einem längeren Brand sind immer noch sowohl die Aderisolationen als auch die Befestigungszubehöre funktionstüchtig. a: vor dem Brandversuch; b: nach dem Brandversuch. Die Versuche wurden im MPA NRW (Materialprüfungsamt Nordrhein-Westfalen) durchgeführt, einem der wenigen zugelassenen neutralen Drittinstitute.

für andere Anwendungen in ihrem Brandverhalten zu verbessern.

3-Punkte-Regel für die Beschaffung einer Kabelanlage mit integriertem Funktionserhalt

Um den sicheren und normkonformen Einsatz einer Kabelanlage mit integriertem Funktionserhalt zu gewährleisten, wird folgende Vorgehensweise empfohlen:

- Nutzen Sie das Fachwissen der Industrie.
- E30/E90-Kabelanlage (Sicherheitskabel inkl. Kabeltragesystem und weiteres Zubehör) nach Möglichkeit in einem Los gemeinsam ausschreiben.
- Immer einen Nachweis des Funktionserhalts durch den Hersteller (Zertifikate inkl. Skizzen) verlangen.

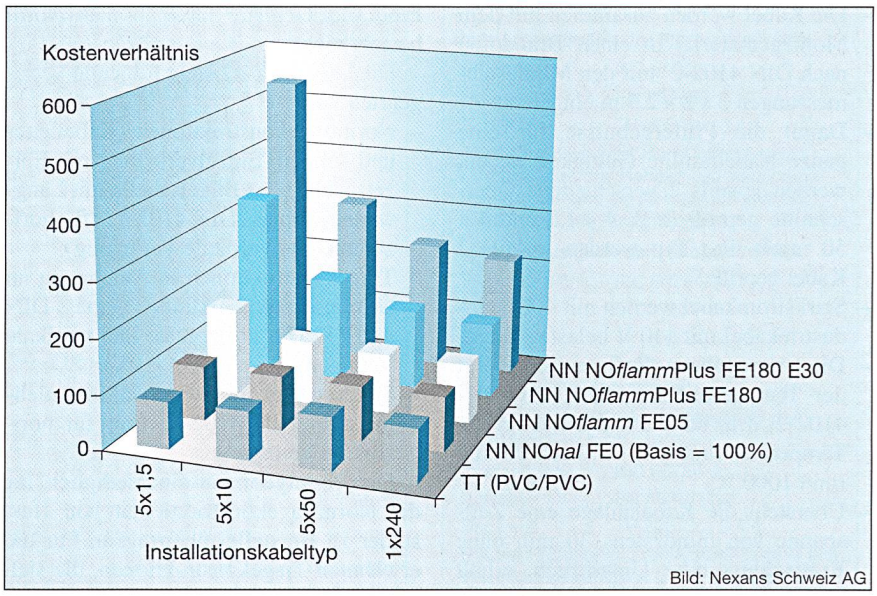

Bild 3 Kostenverhältnis indexiert (NO*hal* = 100%)

Bei dieser Betrachtung wurde nicht berücksichtigt, dass bei Lösungen im E30-Bereich nicht nur der Kabelpreis alleine ausschlaggebend ist, sondern auch, dass bei normgerechter Installation, aufwändigere Verlegesysteme zum Einsatz gelangen, die mit ihren durch die Norm eingeschränkten Belastungsmöglichkeiten und Spannweitenbeschränkungen wiederum die Montagezeiten erhöhen. In der Summe kann so je nach Schutzziel eine unter Umständen sehr teure Lösung entstehen.

Flammwidrige und feuerbeständige Kabel

Alle in Tabelle II erwähnten IEC-Normen sind schon seit langem eingeführt, und die Kabeltechnologie ist überall, wo dies möglich ist, bis zur obersten Stufe der Anforderungen weiterentwickelt worden. Nachfolgend werden alle geprüften Kabelfamilien in Abhängigkeit der Normierung zusammengefasst.

Kabeleigenschaften: Flammwidrigkeit, Halogenfreiheit, keine Korrosivität der Brandgase, geringe Rauchgasdichte

Kabel mit diesen Eigenschaften sind halogenfrei (enthalten also kein Cl, Br oder F), sind flammwidrig, selbstverlöschend und zeigen eine geringe Rauchentwicklung, ohne dabei korrosive und toxische Gase zu produzieren. Geprüfte Kabeltypen sind beispielsweise: NN NO*hal* (FE0), NN-CLN NO*hal* (FE0-CLN), NO*hal* G51, NO*hal* U72, NO*hal* U72M.

Kabeleigenschaft: Geringe Brandfortleitung

Diese Kabel weisen die Eigenschaften von NO*hal* und zusätzlich eine geringe Brandfortleitung auf. Geprüfte Kabeltypen sind beispielsweise: NN NO*flamm* (FE05), NN-CLN NO*flamm* 70 °C, NN-CLN NO*flamm* 90 °C (FE05-CLN).

Kabeleigenschaft: Isolationserhalt unter Feuereinwirkung («Circuit Integrity»)

Diese Kabel weisen die Eigenschaften von NO*flamm* und zusätzlich einen Isolationserhalt wie FE180 auf. Geprüfte Kabeltypen sind beispielsweise: NN NO*flamm* Plus (FE180), NN-CLN NO*flamm* Plus (FE180-CLN).

Kabeleigenschaft: Isolationserhalt mit mechanischem Schock («Circuit Integrity, Fire with Shock»)

Diese Kabel halten den Test FE180 mit mechanischem Schock aus. Ein geprüfter Kabeltyp ist beispielsweise: NO*flamm* Plus (FE180).

Kabeleigenschaft: Funktionserhalt der Kabelanlage

Diese Kabel sind nach DIN 4102 Teil 12 (Funktionserhalt) für verschiedene Montierungsarten geprüft. Geprüfte Kabeltypen sind beispielsweise: NN-CLN NO*flamm* Plus (FE180 E30-CLN), N2XH FE180 E30 / E90, N2XCH FE180 E30 / E90, JE-H(St)H FE180 E30 / E90, JE-H(St)H FE180 E30-CLN.

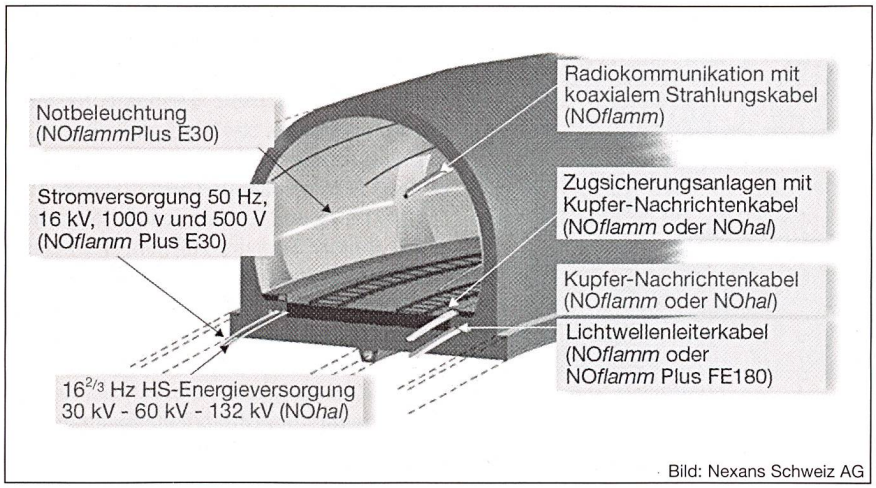

Bild 4 Schematische Darstellung der in neuen Tunnels verwendeten Kabeltypen

Risikoanalyse

Die vorgängig erwähnten Produktfamilien können sowohl in Bahn- als auch in Strassentunnels mit verschiedenen Anforderungsstufen eingeführt werden. Die heutigen Möglichkeiten der Technologie erlauben für die verschiedenen Kabelfamilien bezüglich Brandfestigkeit die in Tabelle V angegebenen Typen.

Um das richtige Anforderungsprofil bestimmen zu können, empfiehlt es sich, zuerst immer eine Risikoanalyse zu machen. Zu beachten ist dabei, dass die Um-

	NO*hal*	NO*flamm*	NO*flamm* Plus FE180	E30 und E90
Hochspannungskabel	×	×		
Mittelspannungskabel	×	×		
Niederspannungs-Netzkabel	×	×	×	×
Niederspannungs-Installationskabel	×	×	×	×
Notbeleuchtungskabel	×	×	×	×
Signal-/Brandmeldekabel	×	×	×	×
Mess-, Steuer- und Regelkabel	×	×	×	×
Stellwerkkabel	×	×		
Paarsymmetrische Nachrichtenkabel	×	×		
Koaxiale Strahlungskabel	×	×		
Lichtwellenleiter-Innenkabel	×	×		
Lichtwellenleiter-Aussenkabel	×	×	×	
Datenkabel	×	×		

Quelle: Nexans Schweiz AG

Tabelle V Bezüglich Brandfestigkeit in Bahn- und Strassentunnels verwendbare Kabeltypen

x: erhältliche Standardtypen

gebung und die Verlegeart die effektive Gefährdung stark beeinflussen.

Die verschiedenen Anforderungsstufen weisen entsprechend auch ganz unterschiedliche Kosten auf. Als Beispiel ist in Bild 3 für die Familie der Niederspannungskabel das Kostenverhältnis zwischen der halogenfreien Basisvariante (NN NO*hal* = Index 100) und den anderen Brandfestigkeitsversionen dargestellt.

Risikoabschätzung

Sowohl in Bahn- als auch Strassentunnels gibt es verschiedene Möglichkeiten, Energie- und Telekomkabel zu installieren. Allerdings weisen nicht alle Trasseetypen im Brandfall das gleiche Risiko auf.

Der kleinste Risikograd liegt beispielsweise bei Kabeln, welche in einbetonierte Rohre eingezogen werden, aber auch in gedeckten Betonschächten verlegte Kabel zeigen immer noch ein geringes Risiko.

Auch der Ort hat einen Einfluss auf den Risikograd. Werden Kabel beispielsweise in der technischen Galerie auf Leitern, Rinnen oder Kabelkanälen montiert, so besteht dort ein mittleres Risiko, während dieselbe Situation im Tunnelfahrraum zu einem hohen Risiko führt. Ein sehr hohes Risiko wird schliesslich eingegangen, wenn Kabel mit Bügeln oder Schellen im Tunnelfahrraum aufgehängt werden.

Schlussfolgerung

Bild 4 zeigt am Beispiel eines Bahntunnels, welche Energie- und Nachrichtenkabel in heutigen Projekten in der Regel hinsichtlich Brandsicherheit installiert werden.

Durch die Entwicklung neuer Isolier- und Mantelmaterialien in den letzten zehn Jahren wurde es möglich, sehr hohe Anforderungen an die Brandfestigkeit zu erfüllen. Alle Kabel der verschiedenen Qualitätsstufen werden in der Schweiz hergestellt, und viele Tunnels sind mit diesen neuen Lösungen schon ausgerüstet worden.

Angaben zu den Autoren

Jean Fehlbaum, Dipl. Ing. ETHL, ist seit 1981 in der Kabelindustrie in Cortaillod in verschiedenen Engineering-, Marketing- und Management-Aufgaben tätig. Er führt heute die Projektierungsabteilung der Nexans Schweiz AG, Breitenbach.
Kontakt: jean.fehlbaum@nexans.com

Dr. Peter Anliker ist Leiter Forschung und Entwicklung bei Nexans Schweiz AG, Breitenbach.
Kontakt: peter.anliker@nexans.com

Michael Thuering ist Produkt Manager Installationskabel bei Nexans Schweiz AG, Breitenbach.
Kontakt: michael.thuering@nexans.com

[1] DIN 4102: Diese Norm enthält die Vorschriften für Baustoffe und Bauteile hinsichtlich des vorbeugenden baulichen Brandschutzes. Bemerkung zu DIN 4102 T 12: Nach Bestehen der Systemprüfung wird ein so genanntes «Allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis» ausgestellt, in welchem klar festgehalten ist, welche Kabel mit welchem Aufhänge- bzw. Montierungsmaterial geprüft und freigegeben wurden.

[2] Die Feuerwiderstandsklassen E30 bis E90 beschreiben die Zeitdauer in Minuten, während der das Bauteil bei einer definierten Temperatureinwirkung seine Funktion aufrechterhält.

[3] FE180: die Stromübertragungsfunktion des Kabels muss während einer «Standard»-Beflammung von 180 min Dauer ohne Kurzschluss oder Leiterunterbruch gesichert sein (Tabelle III). FE bedeutet «Feuereinwirkung» und ist nicht mit «E» (integrierter Funktionserhalt) zu verwechseln.

La technologie actuelle de câbles et d'installation pour la sécurité incendie dans les tunnels

Ces derniers temps, divers accidents de tunnels suivis d'incendies ont largement sensibilisé le public aux questions de sécurité en cas d'incendie. A la suite des exigences accrues de sécurité qui en ont résulté, des directives adaptées (OFROU pour tunnels routiers) et de nouvelles instructions (CFF pour tunnels ferroviaires) sont apparues ou sont actuellement en cours d'élaboration pour la sécurité incendie de l'installation des câbles dans les projets d'infrastructure. Le présent article traite du comportement en cas d'incendie des matériaux de câbles, de la garantie de résistance au feu des différents câbles de transport d'énergie et de communication avec comparaison des coûts des différents niveaux de garantie, ainsi que des exigences actuelles et des solutions avantageuses de câblage.