

# Aktive Entflammbarkeit von Funkenstör-Kondensatoren : Methoden, Kriterien und Resultate zur Entflammbarkeitsprüfung von Kondensatoren

Autor(en): **Gerth, Dietrich**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **84 (1993)**

Heft 7

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-902679>

## **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.

Funkentstör-Kondensatoren werden in Netzgeräten eingesetzt und dienen zum Schutz von Mensch und Gerät. Bis heute sind die Entstör-Kondensatoren weder auf ihre aktive Entflammbarkeit geprüft worden, noch gibt es eine international anerkannte Testmethode dazu. Der vorliegende Aufsatz beschreibt zwei mögliche Testmethoden und weist anhand von Testresultaten auf Unterschiede hin zwischen Kondensatoren in Metall-Papier- und solchen in Kunststoffolien-Technologie.

# Aktive Entflammbarkeit von Funkentstör-Kondensatoren

## Methoden, Kriterien und Resultate zur Entflammbarkeitsprüfung von Kondensatoren

■ Dietrich Gerth

Funkentstör-Kondensatoren werden in Netzgeräten eingesetzt und dienen zum Schutz von Mensch und Gerät. Gemäss IEC-CECC-, SEV- und DIN-Normen wird bei Zweipol-Funkentstör-Kondensatoren nach den Bau- und Anwendungsarten zwischen X- und Y-Kondensatoren unterschieden. Die Y-Kondensatoren werden entweder zwischen Phase und Erde und/oder zwischen Null und Erde geschaltet. Sie werden als Berührungsschutz-Kondensator dort eingesetzt, wo Gerätefehler zur Gefährdung von Personen führen können. Die X-Kondensatoren werden zwischen Phase und Null im Gerät direkt zwischen Netz und der vor Transienten zu schützenden Elektronik eingebaut. Sie bieten jedoch keinen Berührungsschutz.

Funkentstör-Kondensatoren – heute auch als EMI-Kondensatoren oder Electromagnetic Interference Suppression Capacitors bezeichnet – sind in Metall-Papier-Technologie (MP-Kondensatoren) und in Kunststoffolien-Technologie (MKT-Kondensatoren) auf dem Markt erhältlich. Gerade die X-Kondensatoren in metallisierter Polyester-Technologie sind als X2-Kondensatoren (Kennzeichen: Stossspannung bis 2,5 kV mit einem 1,2/50- $\mu$ s-Impuls) in grosser Zahl eingesetzt, obwohl sie unter bestimmten Betriebsbedingungen aktiv entflammbar sind. Die Anwender von Entstör-Kondensatoren können sich nicht darauf verlassen, dass beim Einsatz von solchen Kondensatoren – auch mit Prüfzei-

chen wie beispielsweise SEV oder VDE – das Risiko der aktiven Entflammbarkeit eliminiert ist; bis dato sind nämlich die Entstör-Kondensatoren weder auf ihre aktive Entflammbarkeit geprüft worden, noch gibt es eine international anerkannte Testmethode zur aktiven Entflammbarkeit.

Die Anwender erwarten aber von den Herstellern solcher Kondensatoren klare und eindeutige Applikationshinweise. Diese Hinweise müssen definieren, unter welchen Bedingungen insbesondere die X2-Kondensatoren (MKT-Kondensatoren) einsetzbar sind und unter welchen Bedingungen nicht, um das Risiko der aktiven Entflammbarkeit von vornherein auszuschliessen. Diverse Brände von Fernsehern – um ein Beispiel zu nennen – zeugen davon, dass das Problem der aktiven Entflammbarkeit immer noch nicht gelöst ist, obwohl es seit mehr als 15 Jahren bekannt ist.

Der vorliegende Aufsatz beschreibt nun zwei mögliche Testmethoden zur aktiven Entflammbarkeit und weist anhand von Testresultaten auf Unterschiede zwischen den beiden Kondensator-Technologien hin. Erwähnt wird auch eine dritte Testmethode, vorgeschlagen von europäischen Herstellern im Juni 1992 in Lissabon; für diese stehen aber noch keine Testresultate zur Verfügung.

### Einsatz von Funkentstör-Kondensatoren

In praktisch allen am Netz betriebenen Geräten werden selbstheilende Kondensatoren zur Funkentstörung eingesetzt. In ver-

Adresse des Autors  
Dietrich Gerth, Dipl. Phys. QA-Manager,  
Landis & Gyr Business Support AG, 6301 Zug.

schiedenen Anwendungen sind diese die Ursache für Brände, hervorgerufen durch transiente Überspannungen (Blitzimpuls 1,2/50 µs). Deshalb ist es von eminenter Bedeu-

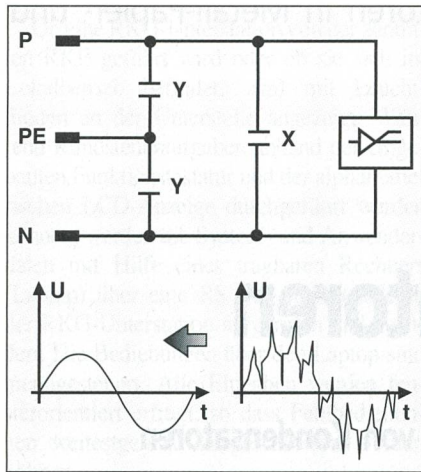


Bild 1 Funkentstör-Kondensatoren

Anwendung von X- und Y-Kondensatoren: Funkentstör-Kondensatoren unterdrücken HF-Störspannungen von elektrischen Betriebsmitteln am Netzpotential

zung, dass die Funkentstör-Kondensatoren der verschiedenen Installationsklassen solche Spannungsimpulse mit Amplituden aushalten, die so hoch sind, wie in der IEC-Publikation 664 beschrieben ist. Das Bild 1 zeigt, wo X- und Y-Kondensatoren eingesetzt werden.

## Aktive Entflammbarkeit

### Der Selbstheilprozess

Aktive Entflammbarkeit ist die Selbstentzündung eines zum Beispiel durch Netztransienten vorgeschädigten Funkentstör-Kondensators. Der Prozess, der zu einem Feuer führt, läuft etwa wie folgt ab:

- In zu vielen Geräten liegen die X- und Y-Kondensatoren während ihrer ganzen Lebensdauer an Netz. In Geräten mit Standby-Funktion, wie beispielsweise Fernsehapparaten, ist der Funkentstör-Kondensator zwischen dem Netz und dem EIN-AUS-Schalter platziert, so dass permanent ein Strom durch den Kondensator fließt.
- Im Falle von Transienten oder Schaltspitzen können Impulsspannungen von einigen kV im Netz auftreten. Normalerweise werden diese Spitzen durch Überspannungsableiter und durch Dämpfung im Netz auf Amplituden von 2 bis 4 kV reduziert.
- Wenn Funkentstör-Kondensatoren, insbesondere X-Typen, ein schwaches Dielektri-

kum haben (z.B. gegen Ende ihrer Lebensdauer), kann ein Durchschlag mit Selbstheilung stattfinden. Bild 2 zeigt schematisch einen solchen Prozess in Metall-Papier-Kondensatoren. In Bild 3 sind Durchschlagskanäle bei Polyester- (a) und bei Metall-Papier-Kondensatoren (b) abgebildet. Die Eigenschaften des Dielektrikums (metallisierte Plastikfolie bei MKT-Kondensatoren) werden in der Schwachstelle durch den elektrisch leitfähigen Kohlenstoff, der während der Selbstheilung entsteht, verändert. Dies führt zu einer höheren Innentemperatur des Kondensators.

– Im Falle von kurzzeitig aufeinanderfolgenden Selbstheilprozessen (z.B. während eines Gewitters) ist es möglich, dass infolge elektrisch leitfähigem Kohlenstoff durch die Schwachstelle ein Strom zu fließen beginnt, der vom Netz gespeist wird. Die Schwachstelle wird grösser, die Temperatur steigt und im Kondensator wird ein hoher Gasdruck erzeugt.

– Der Funkentstör-Kondensator baucht auf, und die Gase treten aus. Die dabei auftretende Flamme ist bis zu 5–15 cm lang – vergleichbar mit der einer gezündeten Rakete – und brennt während ungefähr 20–100 Sekunden (aktive Entflammung). Diese Nadelflamme kann dann Ursache für einen Brand eines Haushalt- oder anderen Gerätes sein.

– Der während dieses Vorgangs fließende Strom ist mit 100–500 mA jedoch für ein Ansprechen der Geräte-Sicherung viel zu klein.

– Es ist deshalb wesentlich, dass X- und Y-Funkentstörkondensatoren ein Dielektrikum aufweisen, welches hohen Impulsspannungen widerstehen kann, so dass während der Lebensdauer nicht extrem viele Selbstheilungen auftreten.

– Auf dem Markt gibt es eine Vielzahl von Funkentstör-Kondensatoren. Fast alle sind von den nationalen Testlaboratorien wie SEV, VDE, SEMU und anderen geprüft. Doch die Sicherheitszeichen dieser Testla-

boratorien beziehen sich nicht auf das latente Risiko der aktiven Entflammbarkeit.

– Die kritische Frage der Anwender heisst deshalb, welches die Kriterien für die Auswahl eines für eine bestimmte Anwendung geeigneten Funkentstör-Kondensators sind, um das Risiko der aktiven Entflammbarkeit zu vermeiden.

### Ziel eines Tests der aktiven Entflammbarkeit

Der Test der aktiven Entflammbarkeit muss garantieren, dass ein Funkentstör-Kondensator während seiner Lebensdauer von beispielsweise 15 Jahren oder mehr nicht aktiv entflammbar ist. Das Risiko der aktiven Entflammbarkeit ist am Ende der Lebensdauer wahrscheinlicher als am Anfang. Ein realistischer Test zur aktiven Entflammbarkeit muss die zu erwartende Lebensdauer simulieren, insbesondere mit transienten Überspannungen (1,2/50 µs).

## Testmethoden

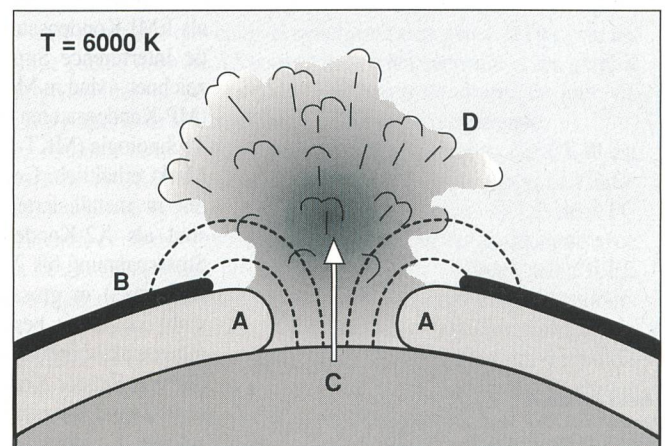
Als Testmethoden zur aktiven Entflammbarkeit stehen drei Methoden zur Diskussion, nämlich ein Netzspannungsbetrieb mit überlagerten 1,2/50-µs-Transienten, ein zweiteiliger DC-AC-Test und ein von IEC 40 (Sec.) 650 vorgeschlagener Test.

### Netzspannungsbetrieb mit überlagerten 1,2/50-µs-Transienten (Step-stress-Test)

Bei dieser Testmethode liegt der Funkentstör-Kondensator dauernd an 250 V (AC). Zur Erzeugung von Selbstheilprozessen werden dem Netz 1,2/50-µs-Blitzimpulse überlagert. Der Test beginnt mit drei solchen Impulsen von 1 kV. Die Impulsspannung wird dann in Schritten von 250 V (AC) bis zur maximalen Impulsspannung von 6 kV erhöht. Der Test der aktiven Entflammbarkeit ist bestanden, wenn der Funkentstör-Kondensator weder brennt noch explodiert.

Bild 2 Selbstheilung von MP-Kondensatoren

An der schwächsten Stelle des Papier-Dielektrikums (A) erfolgt ein Durchschlag (C), der den Metallbelag (B) und das Dielektrikum verdampft und zersetzt (D). Um den Durchschlagskanal entsteht eine metallfreie Zone (Isolierhof)



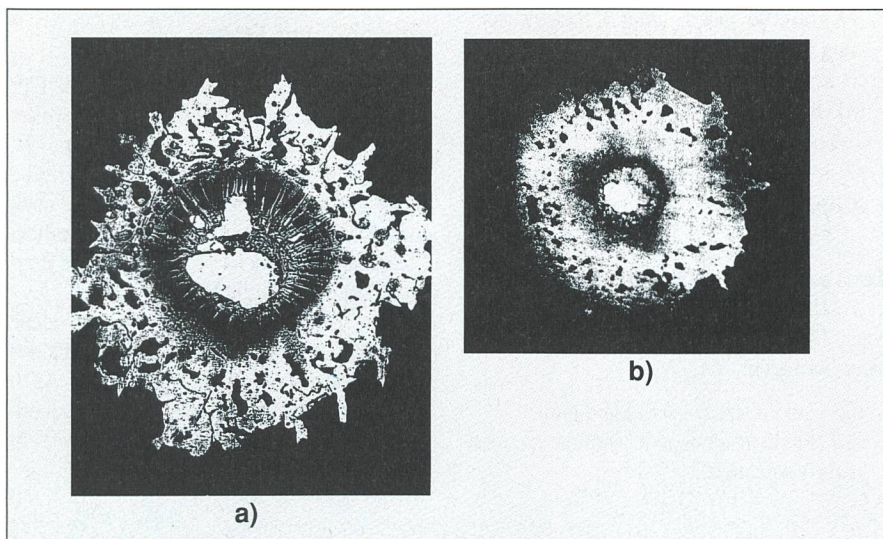


Bild 3 Ausheilprozess von Kondensatoren

- a Polyester-Kondensatoren: Der leitfähige Graphitniederschlag bildet «Kohlenstoffbrücken»
- b Metall-Papier-Kondensatoren: Nur geringer Graphitniederschlag (etwa 2%); der Kondensator regeneriert sich vollständig

Für diese Prüfungen an einer Auswahl von Funkentstör-Kondensatoren mit Kapazitätswerten von 100 nF wurden beim Autor ein Impulstester PC6 und ein Netzkopplfilter FP20/3-3, beide von Häfely, benutzt. Die Tankkapazität des Impulstesters betrug 1,5 µF.

**DC-AC-TEST**

Diese Testmethode basiert auf dem Vorschlag eines belgischen Herstellers von Funkentstör-Kondensatoren. Der DC-AC-Test ist in zwei Teile unterteilt, nämlich den DC-Test und den AC-Test.

*DC-Test:* Die Testschaltung ist in Bild 4 dargestellt. Der Strom ist dabei auf 10 mA

begrenzt. Die DC-Spannung an zu prüfenden Funkentstör-Kondensatoren wird in Schritten mit ungefähr 100 V/s solange erhöht, bis der Kondensator entweder elektrisch durchbricht oder die zweifache Impulsspannung, die gemäss IEC-Publikation 384-14 (revidierte Version 1992 ) gefordert wird, erreicht ist. Für einen X2-Kondensator sind das 5 kV, da dort 2,5 kV Impulsspannung gefordert werden. Diese Spannung liegt dann für eine Minute am Kondensator an. Wenn jedoch die Spannung auf unter 100 V sinkt, ist der Kondensator durchgebrochen.

*AC-Test:* Der zu prüfende Kondensator ist in einer Testkammer montiert, um das Laborpersonal gegen eventuell explodierende Kondensatoren zu schützen. Die Testschaltung ist

in Bild 5 dargestellt. Der Strom ist mit einer 4-A-Sicherung begrenzt. Die Wechselspannung wird in Schritten mit ungefähr 100 V/s von Null auf 250 V<sub>eff</sub> gesteigert. Die Spannung soll dann während 5 Minuten am Kondensator anliegen. Anforderung: Zum Bestehen des Tests der aktiven Entflammbarkeit darf während des Anliegens der Gleich- und anschliessend der Wechselspannung der Funkentstör-Kondensator nicht brennen.

**IEC 40 (Sec.) 650-Vorschlag**

Während der Sitzung des TC 40 in Lissabon im Juni 1992 wurde ein weiterer Test zur aktiven Entflammbarkeit vorgeschlagen. Dieser Test basiert auf dem UL1414-Test. Der Vorschlag war von einigen europäischen Kondensator-Herstellern ausgearbeitet worden. Weitere Angaben zum Test sind im Papier IEC 40 (Sec.) 650 zu finden.

**Testresultate**

Die vorgeschlagenen Testmethoden zur aktiven Entflammbarkeit wurden an einer Auswahl von kommerziellen Funkentstör-Kondensatoren durchgeführt. Die Resultate sind in Tabelle I zusammengestellt.

**Resultate aufgrund des Step-stress-Tests**

Folgende Funkentstörkondensatoren wurden untersucht: 168 MKT-Kondensatoren (metallisiertes Polyester) und 56 MP-Kondensatoren (metallisiertes Papier). Der Kapazitätswert der X2-Kondensatoren betrug 100 nF.

Resultate:

- MKT-Kondensatoren: 53 von 168 Kondensatoren (rund 32%) waren aktiv entflammbar.

Nach Anlegen einer Impulsspannung von ... kV																	
	2,25	2,5	2,75	3,0	3,25	3,5	3,75	4,0	4,25	4,5	4,75	5,0	5,25	5,5	5,75	≥6,0	Total
MKT																	
C.F.			2	2	1	5	5	10	7	11	4	2	4				53
E		3	3	4	5	14	5	11	15	18	20	12	3	2			115
																	168 total
MP																	
E				1	1		3	7	1		2	10	2	7	8	14	56
																	56 total

Tabelle I Testresultate

- C.F. aktiv entflammbar
- E Gehäuse explodiert

## Prüfverfahren

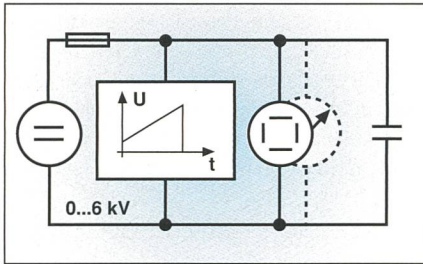
- MP-Kondensatoren: Kein einziger Kondensator war aktiv entflammbar.

### Resultate aufgrund des DC-AC-Tests

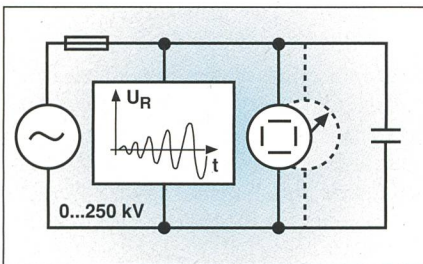
Untersucht wurden 106 MKT-Kondensatoren und 90 MP-Kondensatoren. Auch hier war der Kapazitätswert der X2-Kondensatoren 100 nF.

Resultate:

- MKT-Kondensatoren:  
54 von 106 (rund 51%) waren aktiv entflammbar,



**Bild 4** Prüfkreis für Gleichspannungstest  
Simulation von Transienten durch Vorschädigung des Kondensators bis zum ersten Durchbruch mit einer Gleichspannung von 0 bis 6 kV



**Bild 5** Prüfkreis für AC-Test  
Simulierter Betrieb am Netz durch Anlegen einer Wechselspannung von 250 V (50/60 Hz) für die Dauer von mindestens 5 min

14 von 106 haben unter Rauchentwicklung lokal geglüht,  
38 von 106 sind explodiert.

- MP-Kondensatoren:  
7 von 90 sind explodiert,  
83 Kondensatoren haben den Test ohne Ausfall bestanden.

### Tests nach IEC 60 (Sec.) 650

Testresultate sind bis dato nicht erhältlich. Nach Meinung des Autors hat dieser Test zwei Nachteile:

- die Tankkapazität ist zu klein und
- die Funkentstör-Kondensatoren werden nicht vorgealtert!

## Hinweise und Fragen

Über die Tests im Hause Landis & Gyr wurde ein Video angefertigt. Ein zweites Video wurde zusammen mit der Firma W. Westermann in Mannheim, von der auch die verwendeten Bilder stammen – was hier auch ausdrücklich verdankt wird – aufgenommen. Die genannten Videos (in Deutsch oder Englisch) können ausgeliehen werden.

Den Autor würde interessieren, welche Erfahrungen andere Anwender mit Funkentstör-Kondensatoren gemacht haben. Auch würde ihn interessieren, welche Konsequenzen sich in bezug auf die Produkthaftung ergeben.

## Inflammabilité active des condensateurs antiparasites

### Méthodes, critères et résultats de test d'inflammabilité des condensateurs

Les condensateurs antiparasites sont utilisés dans les alimentations (fig. 1) et servent à la protection des hommes et des appareils. Jusqu'à ce jour, les condensateurs antiparasites n'ont pas été testés quant à leur inflammabilité active, et il n'existe pas davantage de méthode de test à cet effet, reconnue au niveau international. Après une description des processus autorégénérateurs importants pour les condensateurs (fig. 2 et 3) et de la notion de l'inflammabilité active, l'article présente trois méthodes de test possibles pour l'inflammabilité active, à savoir un test utilisant la tension d'alimentation et des transitoires superposées 1,2/50  $\mu$ s, un test DC-AC en deux parties (fig. 4 et 5), et un test proposé par CEI 40 (Sec.) 650. Les méthodes de test proposées ont été appliquées sur un choix de condensateurs antiparasites du commerce. S'appuyant sur les résultats (tabl. I), l'auteur attire l'attention sur des différences remarquables entre condensateurs en technique métal-papier et ceux en technique film plastique.

## Elektro-Zeichnungs-Service

Haben Sie einen Engpass – oder suchen Sie eine langfristige Entlastung?  
Wir erstellen Fabrikations-, Installations- und Service-Unterlagen nach Ihren Entwürfen und Angaben. Auch Ändern und Nachführen von bestehenden Zeichnungen.

Technisches Büro Ulrich Bircher  
5000 Aarau, Tel. 064 24 60 06

## Fribos

für den Explosionsschutz  
mit Ex-Geräten der Firma R. Stahl

Der Explosionsschutz  
ist unser täglich Brot

Fribos AG 4133 Pratteln © 061/821 41 41

# Endurance exemplaire

CAVI  
ELETTRICI

CAVI  
ELETTRICI



# Polyester renforcé fibres de verre: pour toutes les situations

Nos chemins de câbles et caniveaux en polyester renforcé fibres de verre sont gages de sécurité dans les bâtiments commerciaux et industriels, dans les tunnels ferroviaires et routiers, ainsi que dans les installations extérieures. Ce matériau a fait ses preuves en aéronautique et dans d'autres secteurs de pointe. Les chemins de câbles Ebo fabriqués dans cette matière jouissent d'une réputation internationale.

Aucun environnement n'est trop rude pour les chemins de câbles Ebo en matériau renforcé fibres de verre, quel que soit le domaine: locaux humides, aéroports, installations routières et ferroviaires, stations d'épuration, industries chimiques et alimentaires, mais aussi banques, cabinets d'assurances, stades, bâtiments publics, parcs de stationnement, etc.

Les chemins de câbles et caniveaux résistent à des sollicitations mécaniques importantes. Des nervures de renforcement assurent une stabilité élevée et un faible frottement lors du tirage des câbles.

## **Des chemins de câbles aux caractéristiques particulières.**

Les chemins de câbles Ebo résistent à la corrosion, à l'attaque des acides, des bases et à la plupart des substances chimiques. Ils ne présentent aucune nocivité pour les produits alimentaires. Ils sont également électriquement isolants, difficilement inflammables, thermorésistants, autoextinguibles et sans halogènes. En cas d'incendie, ils protègent les câbles plus longtemps.

Le polyester renforcé fibres de verre ne subit aucune déformation entre  $-80$  et  $+130^{\circ}\text{C}$ . Un intervalle de dilatation de 8 mm sur les manchons de liaison compense les variations de longueurs. Nos chemins de câbles résistent durablement aux rayonnements ultraviolets (UV) intenses, aux intempéries, aux gaz d'échappement et à l'oxydation. Les chemins de câbles Ebo ne s'altèrent pas dans le temps, car ils conservent leurs qualités d'origine.

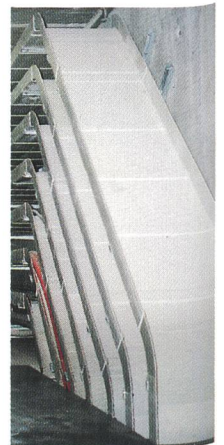
Il existe en option des chemins de câbles à fond perforé. Le rôle de ces perforations est d'assurer une bonne aération, ainsi que



l'écoulement éventuel d'eau et le positionnement des chevilles de séparation. Des pièces de forme pour les changements de direction, des couvercles, un nombre important d'accessoires ainsi qu'un système breveté de fixation garantissent un montage rapide, parfait et économique.

Selon le type d'application envisagé et la charge, les caniveaux sont recouverts d'un couvercle en polyester ou d'une tôle striée. Tous les souhaits en matière et de possibilités de montage sont comblés grâce à un choix de 12 dimensions et un vaste assortiment d'accessoires.

Le rapport qualité-prix est très attrayant. En effet, le faible poids des chemins de câbles,



leur système de liaison sans vis par manchon, ainsi que la simplicité de façonnage à l'aide d'outils courants tels que scies sauteuses et perceuses, raccourcissent considérablement les temps de montage. L'absence de formation de bavures élimine tout risque de blessure pour le monteur et d'endommagement des câbles. Des avantages qui garantissent une endurance élevée.

Un dense réseau commercial de distributeurs spécialisés en électrotechnique est la garantie de toujours trouver à proximité, dans sa région, des produits Ebo.



**Ebo AG**  
Zürichstrasse 103  
**CH-8134 Adliswil**  
Tél. 01/482 86 86  
Fax 01/482 86 25