

# Verkabelungsnormen

## Europannormen für Kabel, Verkabelung und Verkabelungszubehör :

### EN-Normen :

Diese Normen werden vom CENELEC-Komitee erarbeitet, das sich aus Experten der einzelnen Nationen zusammensetzt. Das Gremium befaßt sich mit sämtlichen elektrischen und elektronischen, europäischen Normierungen. Die Beachtung der von ihm herausgegebenen Vorschriften ist in der gesamten europäischen Union verbindlich. Die EN-Normen gründen sich auf Teile der bestehenden ISO - ISO/IEC - IS Norm 11801, liefern aber detailliertere Angaben für Bauelemente für Verkabelungen und beinhalten zusätzlich verbindliche Werte für Installationskabel in der vertikalen Gebäudeverkabelung.

EN 50167 : Vorläufige Norm für Installationskabel mit Gesamtschirmung für Etagenverkabelungen in digitalen Kommunikationsnetzen.

EN 50168 : Vorläufige Norm für Installationskabel mit Gesamtschirmung für Geräteanschlußkabel in digitalen Kommunikationsnetzen.

EN 50169 : Vorläufige Norm für Installationskabel mit Gesamtschirmung für vertikale Gebäudeverkabelungen und Gebäudeverbindungen in digitalen Kommunikationsnetzen.

EN 50173 : Diese Norm bestimmt die Leistungsdaten von Gebäude-Vorverkabelungen. Sie entspricht für die europäische Union der ISO/IEC Norm 11801 und enthält zusätzlich die normierten, europäischen Anforderungen zur elektromagnetischen Kompatibilität (EMV), sowie die Eigenschaften von halogenfrei, flammwidrigen Materialien LSOH.

### Weitere Normen :

IEEE : Der amerikanischen Organisation «Institute of Electrical and Electronics Engineers» sind zahlreiche Applikationsstandards für lokale Netze, wie zum Beispiel Ethernet und Token Ring zu verdanken.

ANSI : Das American National Standard Institute ist einer der namhaftesten Gremien für Koordination und Förderung von Normen aller Art. Auf dem Gebiet der Gebäudeverkabelung zeichnet ANSI für die FDDI-Norm verantwortlich.

NF und DIN/VDE : Französisches und deutsche Normeninstitute. Auf dem Sektor der Kabelmaterialien und der Gebäudeverkabelung sind die meisten NF-Normen bereits durch EN-Normen ersetzt worden, die auch die deutschen DIN- und VDE-Normen mit einschließen.

### Normen zur elektromagnetischen Verträglichkeit EMV :

Diese Normen betreffen nicht nur Kabel und Verkabelungen, sondern legen ganz allgemein die von aktiven und passiven, elektrischen und elektronischen Systemen zu erfüllenden Bedingungen fest, damit diese einerseits benachbarte Systeme nicht in ihrer Funktion stören und andererseits auch nicht von externen oder selbstverursachten Störungen beeinflusst werden können.

Insbesondere bei der Gebäudeverkabelung ist die Beachtung der einschlägigen EMV-Bestimmungen sehr wichtig, damit bereits bei der Vorverkabelung sicher gestellt werden kann, daß leitergeführte und eingestrahelte Störgrößen von späteren Geräteinstallationen sicher ferngehalten werden. Was die Kabel anbelangt kann ein Schutz durch Abschirmung mittels leitender Folien oder Geflechte verwendet werden, die wiederum an dem Potentialausgleich angeschlossen sein müssen.

Die EMV-Normen unterscheiden allgemein zwischen Störquellen (d.h. Störsender) und Störsenken (d.h. Systeme die Störungen empfangen).

### Europäische EMV-Normen :

Folgende EMV-Normen gelten verbindlich in allen Staaten der EU :

EN 55022 : Sie legt die Strahlungsmaximalwerte fest, die EDV-Geräte und Anlagen aussenden dürfen.

EN 55024 : Sie legt die elektromagnetischen Störhöchstwerte fest, die von EDV-Geräten und Anlagen aufgenommen werden müssen, ohne in diesen vorübergehende oder dauernde Fehlfunktionen oder Ausfälle zu verursachen.

### Internationale EMV-Normen :

Der IEC verabschiedete die folgenden EMV-Teststandards

IEC 801-2 : Spezifikation zur Feststellung der Verträglichkeit von elektrostatischen Entladungen.

IEC 801-3 : Spezifikation zur Feststellung der Verträglichkeit von eingestrahltten elektromagnetischen Feldern.

IEC 801-4 : Spezifikation zur Feststellung der Verträglichkeit von schnellen Schaltspannungsspitzen.

# Verkabelungsnormen

Seit mehreren Jahren bemühen sich Institute und Vereinigungen um die Erarbeitung von Normen zur Erzielung der mechanischen, elektrischen und elektromagnetischen Verträglichkeit unter den verschiedenen Gebäudevorverkabelungsbauerelementen und deren Umfeld. Die derzeit vorhandenen Normen sind Ergebnisse der Arbeiten dieser verschiedenen Normungsausschüsse.

## Normung der mechanischen und elektrischen Kennwerte :

### Internationale Normen :

#### ! EIA / TIA (Electronic Industries Association / Telecommunication Industries Association) :

Diese amerikanische Herstellervereinigung hat zahlreiche Standards und die wichtigsten Empfehlungen auf dem Sektor der Vorverkabelung geschaffen :

- EIA / TIA 568: Erste system- und herstellerunabhängige Norm für Telekom-Verkabelungen.
- EIA / TIA TSB 36 : Ergänzungsnorm für Kabel mit symmetrischen, verdrehten Adern in der horizontalen Verkabelung.

#### ! ISO / IEC (International Organisation for Standardisation / International Electrotechnical Commission) :

Die meisten eigenstaatlichen Normenausschüsse sind auch Mitglieder der internationalen ISO-Organisation, die Normen auf allen Fachgebieten herausgibt. Im Bereich der Elektrotechnik arbeitet die ISO eng mit der IEC zusammen, die in über 40 Ländern das Dachorganisation wirkt und sich besonders um die passiven Bauelemente der Vorverkabelungstechnik bemüht hat, d.h. Lichtwellenleiter, Kabel und Steckverbinder.

#### ! ISO / IEC 11801 :

Allgemeine Vorschrift für Verkabelungssysteme, die folgendes vorschreibt:

- Höchstlängen von Verbindungsleitungen zwischen Verteilern und Geräteanschlußpunkten,
- Höchstzahl der Anschlüsse in einer Verbindungskette,
- Art der Terminalanschlußdosen,
- Universelle Applikation zur Belegung der Leiter in den Anschlußdosen,
- Mechanische und elektrische Bauteileigenschaften für Verkabelungen : Anschlußdosen, Anschlußkabel und Etagenverteilerkabel.

Entsprechend den Leistungen unterteilt die ISO/IEC Norm IS 11801 Kabel und Links in folgende Kategorien und Klassen :

Link-Klassen	Applikationen
Klasse A	Niederfrequenz Sprachübertragung bis 100 kHz
Klasse B	Datenübertragung mit niedrigen Flußraten bis 1 MHz
Klasse C	Datenübertragung mit niedrigen Flußraten bis 16 MHz
Klasse D	Datenübertragung mit hohen Flußraten bis 100 MHz
Klasse E (Projekt)	Datenübertragung mit sehr hohen Flußraten bis 200 MHz
Klasse F (Projekt)	Datenübertragung mit sehr hohen Flußraten bis 600MHz
Optik Klasse	Datenübertragung, die Lichtwellenleiterbandbreiten benötigt

Kabelkategorien	Applikationen
Kategorie 3 100 und 120 $\Omega$	Übertragungseigenschaften spezifiziert bis 16 MHz :Sprache
Kategorie 4 100 und 120 $\Omega$	Übertragungseigenschaften spezifiziert bis 20 MHz Sprache und Daten
Kategorie 5 100 und 120 $\Omega$	Übertragungseigenschaften spezifiziert bis 100 MHz : Sprache, Daten und Bilder

Kabelkategorien	Klasse A	Klasse B	Klasse C	Klasse D	LWL-Klasse
Kategorie 3	2 Km	500 m	100 m	-	-
Kategorie 4	3 Km	600 m	150 m	-	-
Kategorie 5	3 Km	700 m	160 m	100 m	-
Multimode-Lichtwellenleiter	-	-	-	-	2 km
Monomode-Lichtwellenleiter	-	-	-	-	3 km

Irrtümer, Druckfehler und technische Änderungen vorbehalten !

# Hinweise zur Kabelinstallation

## Farbcodierung :

Lichtwellenleiterkabel		
Nummer des Lichtwellenleiters	FOTAG Codierung	France Télécom Codierung
1	blau	rot
2	orange	blau
3	grün	grün
4	braun	gelb
5	grau	violett
6	weiß	transparent
7	rot	orange
8	schwarz	grau
9	gelb	braun
10	violett	schwarz
11	rosa	türkis
12	türkis	rosa

Kupferdatenkabel		
Paarnummer	EIA/TIA	
	Draht 1	Draht 2
1	weiß/blauen Ringen	blau
2	weiß/orange Ringen	orange
3	weiß/grünen Ringen	grün
4	weiß/braun Ringen	braun

## Isolations- und Mantelmaterialien :

	LSOH	PE	PVC
Zugfestigkeit	+	++	+
Biegsamkeit	m	+	+
Reißfestigkeit	+	++	+
Abriebfestigkeit	+	++	+
Betriebstemperaturbereich	- 20°C + 90°C	- 40°C + 70°C	- 15°C + 105°C
Feuerbeständigkeit	+	-	+
Kaum Rauchgase entwickelnd	++	+	-
Geringe Abgabe ätzender Gase	++	++	-
Geringe Rauchgastoxizität	++	++	-
Wasserfestigkeit	+	++	-
Beständigkeit gegen UV Strahlen	+	++	+
Beständigkeit gegen Öle	m	+	+
Alterungsbeständigkeit	+	++	++

++ hervorragend      + gut      m schwach      - ungenügend

## Umrechnung der AWG-Werte in mm $\varnothing$ :

AWG	34/1	32/1	30/1	28/1	26/1	24/1	23/1	22/1	20/1	18/1	16/1	14/1
Durchmesser (mm)	0,16	0,203	0,254	0,32	0,404	0,511	0,55	0,643	0,813	1,204	1,29	1,628
AWG	32/7	30/7	28/7	26/7	24/7	22/7	20/7	18/7	16/7			
Durchmesser (mm)	0,254	0,305	0,381	0,483	0,610	0,787	0,965	1,22	1,47			
AWG	26/19	24/19	22/19	20/19	18/19	16/19	14/19					
Durchmesser (mm)	0,533	0,635	0,813	1,02	1,27	1,45	1,80					

A/B =

A : Draht- oder Litzenleiterordnungszahl.

B : Anzahl der Einzeldrähte einer Litze.

Irrtümer, Druckfehler und technische Änderungen vorbehalten !

# Normen für das Brandverhalten

## Flammwidrigkeit (Flame retardant) :

Internationale Norm	IEC 332-1
Französische Norm	NF C 32-070 2.1 (Kategorie C2)
Andere Normen	UL 1581 (VW1) ISO 6722

Der Flammwidrigkeitstest wird an einem vertikal hängenden, isolierten Draht oder Kabel ausgeführt. Die Prüfungen nach IEC 332-1 und NFC 32070 2.1 sind mit Ausnahme der Einwirkungsdauer der Flamme ähnlich. Der IEC-Test bezieht die Flammhemmdauer auf den Kabeldurchmesser, der NFC-Test auf das Kabelgewicht.

## Brandhemmung (Fire retardant) :

Internationale Norm	IEC 332-3
Französische Norm	NF C 32-070 2.2 (Kategorie C1)
Andere Normen	IEEE 383

Die Prüfungen nach IEC 332-3 (NFC 32072) beinhalten die Versuchsklassen A - B - C, die nach dem Volumen der brennbaren Materialien abgestuft sind. Diese Tests untersuchen die Brandausbreitungsgeschwindigkeit an mehreren, vertikal aufgehängten Kabeln.

Kategorie	Volumen der brennbaren Materialien (dm <sup>3</sup> /m)	Dauer der Flammeneinwirkung (minuten)
A	7	40
B	3,5	40
C	1,5	20

Die Prüfung gilt als bestanden, wenn die Länge der Verkohlung, vom Brennerfuß aus gemessen, am Kabel nicht höher als 250 cm reicht.

Bei der Prüfung nach NFC 32070-2.2 (oder Kategorie C1) wird ein senkrecht vor einem Wärmestrahlofen aufgehängtes Kabel mittels eines Gebläses 30 Minuten lang mit ca. 830°C erhitzt. Oberhalb des Ofens befinden sich Zündflammen, die die vom Kabel abgegebenen Gase entflammen und verbrennen. Der Test gilt als bestanden, wenn der verkohlte Teil des Kabels, von der Oberkante des Ofens aus gemessen, nicht länger als 80 cm ist.

## Feuerbeständigkeit :

Internationale Norm	IEC 331
Französische Norm	NF C 32-070 (Kategorie CR1)

Obwohl die Tests nach IEC 331 und NFC 32070 CR1 leicht unterschiedlich sind, definieren beide Normen die Feuerbeständigkeit von Kabeln während und nach längerer Feuereinwirkung.

## Normen zur Rauchgasabgabe :

Internationale Norm	IEC 1034
Französische Norm	NF C 20-902

Die Normen, die die zulässige Rauchgasentwicklung im Brandfall festlegen, messen den Rückgang der optischen Transparenz, die durch Gase verursacht wird, die das Kabel während der Verbrennung abgibt. Beide Normen setzen den Prüfling einer Wärmestrahlung aus (mit oder ohne Flamme) und messen die Zeit für den Transparenzabfall auf einen vorgegebenen Wert. Die Prüfung nach IEC 1034 wird an einem Stück Kabel durchgeführt, während NFC 20902 die Rauchgasentwicklung der einzelnen Kabelmaterialien untersucht.

## Normen zur Abgabe toxischer Gase :

### Toxizität

Internationale Norm	IEC 754.1
Französische Norm	NF C 20-454

Die Normen zur Abgabe von toxischen Gasen legen den zulässigen, prozentualen Toxingehalt der beim Abbrennen von Kabeln entstehenden Rauchgase fest.

### Korrosivität

Internationale Norm	IEC 754.2
Französische Norm	NF C 32-074 NFC 20-453

Die Normen zur Abgabe von korrosiven Gasen legen den zulässigen Anteil ätzender Gase im Rauchgas beim Abbrennen von Aderisoliations- oder Kabelmantelmaterial fest.

## NF C 32-062 Norm :

Diese Norm legt die Eigenschaften von LSOH Materialien (low smoke, zero halogene) fest, die zur Ader- oder Kabelmantelisolierung in Telekom-Kabeln benutzt werden.

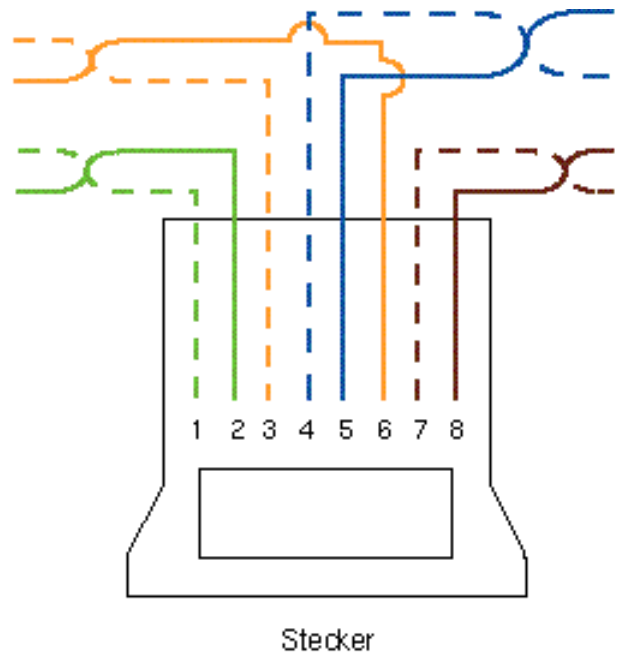
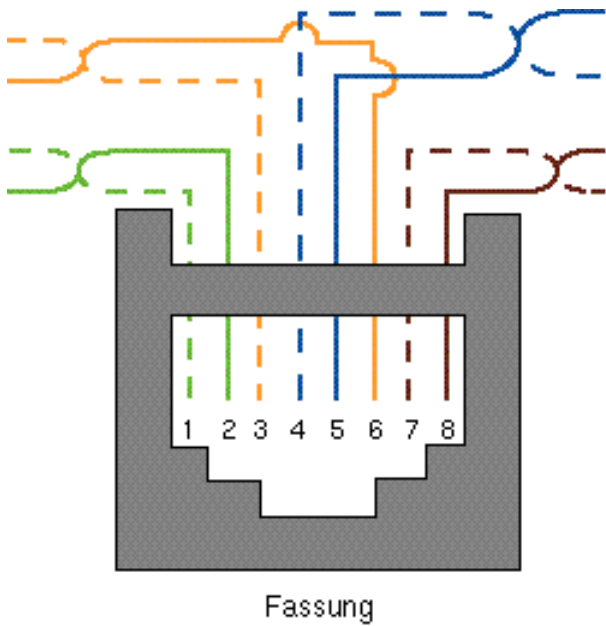
Materialien, die der Norm NFC 32062 entsprechen, besitzen bei der Verbrennung die Eigenschaften, welche in den CE-Empfehlungen für Verkabelungen für Europanormen gefordert werden.

**Merkschrift Nr.1 :** Materialien geringer Korrosivität für Isolierungen und Ummantelungen von Telekom-Kabeln, die sich durch besondere Eigenschaften im Brandfall auszeichnen.

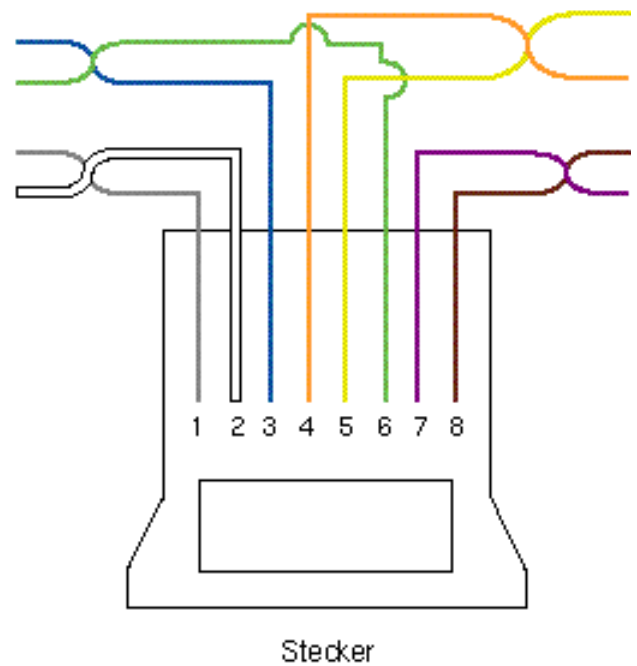
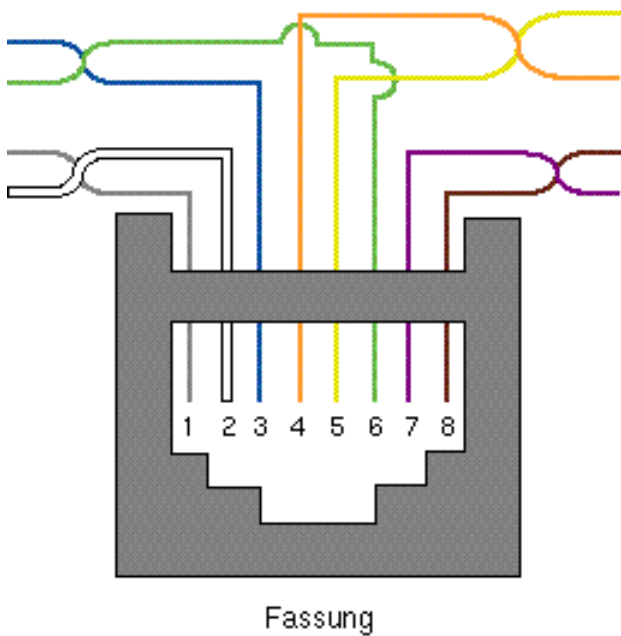
**Merkschrift Nr. 2 :** Halogenfrei, flammwidrige, thermoplastische Kunststoffe für Kabelmäntel.

# Netzanschluß

T 568A :



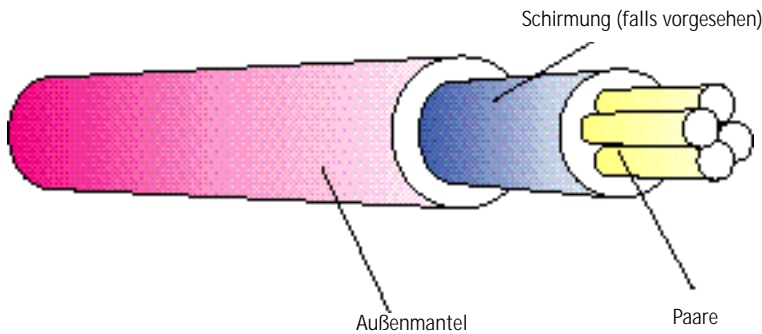
COREL® :



Irrtümer, Druckfehler und technische Änderungen vorbehalten !

# Kupferdatenkabel

## Struktur der Kupferdatenkabel



### Allgemeine Struktur der Kabel :

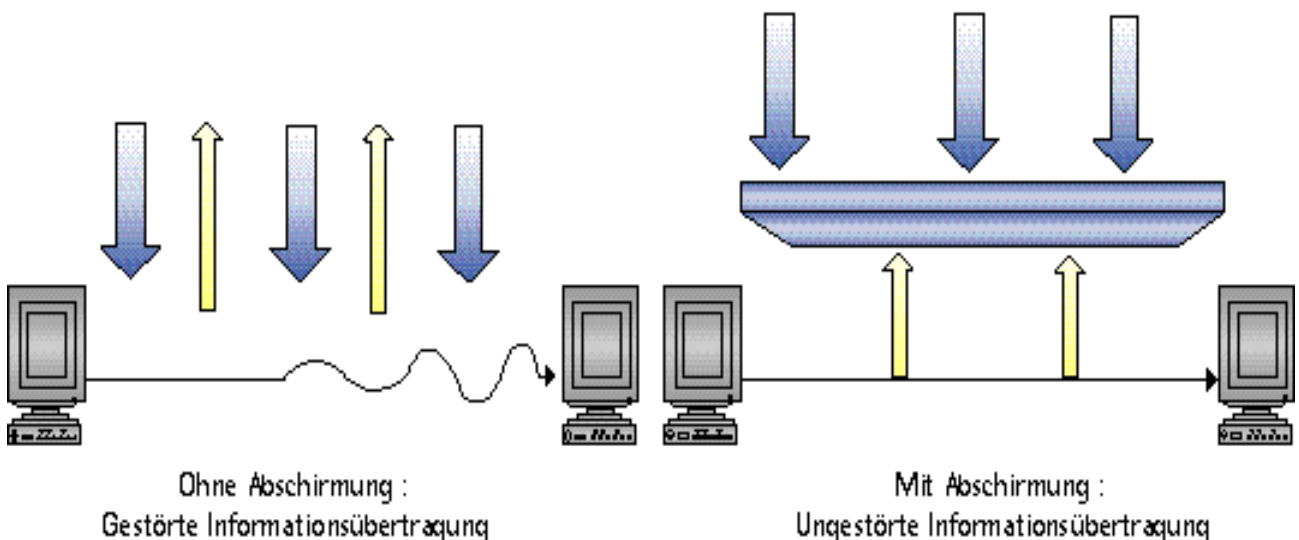
- **Außenmantel** : PVC- oder LSOH-Materialien.
- **Schirmung (falls vorgesehen)** : Aluminium Folie und oder Kupfergeflecht, verzinkt.
- **Verseilung** : Paare, bei Bedarf mit individueller Schirmung (PiMf).
- **Isolierung** : PE, massiv oder geschäumt.
- **Leiter** : Kupfer massiv bzw. Litze, verzinkt.

### Die Schirmung : Ein Schutz gegen Störeinflüsse (EMV)

Man unterscheidet zwischen energiereichen und energiearmen Störern.

▫ **Energieriche Störer** : Diese Störungen können elektrische Installationen physisch beschädigen (z.B. Blitzschlag und elektrostatische Entladungen).

▫ **Energiearme Störer** : Derartige Störquellen können in einem Datennetz die folgenden Auswirkungen haben. Bei kleinen Störampplituden : Zufällige, sporadisch auftretende Fehlfunktionen. Bei großen Störampplituden (z.B. hochfrequente Transienten wie Schaltimpulse im öffentlichen Stromnetz (30 bis 300 MHz), Kollektorfunkeln in elektrischen Motoren, Zündfunken in Leuchtstoffröhren, Störfelder von Transformator Umformanlagen, Schaltimpulse in analogen Telefonnetzen und externe Störquelle wie Radarwellen, Radiosender, tragbare elektronische Geräte oder in der Nähe verlaufende Hochspannungsleitungen) : Bleibende Beschädigungen an Steuer- und Schaltplatinen.



Die Abschirmung hat die Aufgabe, äußere elektromagnetische Felder vom Leiter im Kabel fernzuhalten und, falls sich Störgrößen im Leiter fortpflanzen, deren Abstrahlung auf benachbarte Kabel zu verhindern.

Irrtümer, Druckfehler und technische Änderungen vorbehalten !

# Kupferdatenkabel

## Struktur der Kupferdatenkabel

Eine wirksame Abschirmung garantiert die Dauerhaftigkeit Ihrer Installationen :

### Ein Investitionsvorteil :

Die Abschirmung vervielfacht die Kabelimmunität um den Faktor 100. In einem LAN kann die Abschirmung gravierende Fehlfunktionen verhindern, wie beispielsweise den Ausfall einer Computeranlage und den damit verbundenen Ausfall des gesamten Betriebs.

Die Verlegung von geschirmten Kabeln vereinfacht die beim Betrieb anderer Geräte oder Kabel zu beachtenden Vorsichtsmaßnahmen wesentlich. Geschirmte und richtig installierte Datenkabel können auch in der Nähe von Starkstromkabeln verlaufen ohne daß eine Beeinträchtigung der Übertragungsqualität zu befürchten ist.

### Entwicklung der Übertragungsarten :

Die Übertragung kodierter Informationen auf Datenkabeln benötigt ständig steigende Trägerfrequenzen. Gestern noch 20 MHz, heute schon 100 bis 200 MHz. Übertragungen mit 300, 600 und sogar 1000 MHz sind bereits verwirklicht worden und könnten morgen zum Standard werden.

Parallel dazu werden die Kodierverfahren ständig verbessert und die ATM-Übertragung ermöglicht die Erhöhung der Datenflußraten.

Die klassische Datenkodierung bedient sich zweier Spannungen : z.B. +5 und -5 V. Neuere Kodiermethoden benutzen drei Spannungen : +5, 0 und -5 V. Gleichzeitig mit der Erhöhung der Datenflußraten wird also auch ein weiteres Kodierniveau eingeführt.

Eine sofort bemerkbare Konsequenz ist die erhöhte Empfindlichkeit für Störungen, die eine Signalverformung bewirkt. Werden geschirmte Kabel verwendet, können diese Störungen mit Sicherheit von den Kabeln ferngehalten werden und gestatten es, das Netz Schritt für Schritt auf höhere Frequenzen und Datenflußraten umzustellen ohne, daß die statischen Komponenten der Infrastruktur ausgewechselt werden müssen.

### Beachtung der EMV-Normen :

Die Verwendung von geschirmten Kabeln garantiert auch die Konformität mit den Europeanormen EN 55022 und EN 55024, die Grenzen für die Aussendung von elektromagnetischen Störfeldern und die Immunität elektronischer Geräte und Anlagen gegen Störfelder festlegen.

## Die verschiedenen Schirmvarianten :

Ein elektrisch leitendes Rohr bildet hervorragenden Schutz gegen Störfelder. Da Datenübertragungskabel jedoch biegsam bleiben müssen, ist die Schirmung in Rohren praktisch nicht realisierbar. Die Abschirmung muß mit einer Aluminiumbandbewicklung oder einem Kupferdrahtgeflecht erfolgen. Die besten Ergebnisse im Bezug auf die Tranferimpedanz ist erreichbar, wenn die beiden Schirmungen gleichzeitig eingesetzt werden

Der folgende Buchstabenkode legt die Abschirmarten für paarig verseilte Kabel fest.

Buchstabenkode	Bedeutung	Gesamtschirmung	Einzelpaarschirmung
UTP	ungeschirmt	ungeschirmt	-
FTP	Alufolie	Alufolie	-
STP	Cu-Drahtgeflecht	Cu-Drahtgeflecht	-
SFTP	Cu-Drahtgeflecht + Alufolie	Cu-Drahtgeflecht + Alufolie	-
SSTP	Cu-Drahtgeflecht + Alufolie pro Paar	Cu-Drahtgeflecht	Alufolie

Irrtümer, Druckfehler und technische Änderungen vorbehalten !

# Kupferdatenkabel

## Übertragungsparameter

### Primärparameter :

Die Parameter einer Übertragungsstrecke bestehen aus einer Anzahl elektrischer Größen, die die Übertragungseigenschaften der Leitung komplett bestimmen. Die einfachsten Parameter sind diejenigen, deren Werte direkt aus dem mechanischen Aufbau der Übertragungsleitung bestimmt werden können (Materialart und geometrische Anordnung der Leiter und Isolierungen). Man nennt diese auch Primärparameter.

Man teilt sie in zwei Gruppen ein :

- ▮ Longitudinalparameter : Widerstand und Induktanz.
- ▮ Transversalparameter : Kapazität und Ableitungsverluste.

Diese Parameter sind frequenzabhängig und werden immer auf die Längeneinheit bezogen angegeben.

**Widerstand** : Der Widerstand hängt vom Durchmesser, vom Leitermaterial, von der Frequenz und der Temperatur ab. Er steigt bei höheren Frequenzen (Skin- oder Hauteffekt).

**Kapazität** : Die Kapazität hängt vom Abstand der Leiter und vom verwendeten Isoliermaterial ab.

**Induktivität oder Induktanz** : Alle Leiter besitzen wie Spulen eine bestimmte Induktivität (Sie erzeugt die Nahwirkung und den Skin-, Haut- oder Schirmeffekt).

**Ableitungsverluste** : Die Ableitungs- oder Isolationsverluste umfassen die dielektrischen Leistungsverluste, die in der Isolation zwischen den Leitern und um die Leiter herum entstehen. Die Ableitungsverluste entstehen aus den Leitungskapazitäten und verhalten sich genauso wie diese.

### Sekundärparameter :

Die Primärparameter können direkt nur auf sehr kurzen Leitungsabschnitten gemessen und bei der Berechnung einer Übertragung nur in Form von ziemlich komplizierten Formeln verwendet werden. Aus diesem Grunde hat man es bevorzugt, sie durch ein anderes Parametersystem (Vierpoltheorie), d.h. durch die Sekundärparameter zu ersetzen.

Die Sekundärparameter liefern einfachere Formeln, können aber nur an langen Leitungsabschnitten genau gemessen werden.

Der Wellenwiderstand und das Übertragungsmaß sind die am häufigsten verwendeten Sekundärparameter. Das Übertragungsmaß ist direkt mit der linearen Dämpfung verknüpft.

Ferner sind bei den Sekundärparametern in Betracht zu ziehen : Nebensprechdämpfung, Signal / Rauschabstand (ACR) und Transferimpedanz.

### 1. Lineare Dämpfung :

Sie stellt die Verluste dar, die das elektrische Signal während seiner Fortpflanzung auf dem Leiterpaar erleidet. Die lineare Dämpfung hängt vom ohmschen Widerstand und von der Kapazität (Kondensatorwirkung) der Leitung ab.

Die Messung der linearen Dämpfung erfolgt klassisch durch Einspeisung des Signals an einem Leitungsende und Messung der am anderen Leitungsende ankommenden Leistung. Aus dem Verhältnis dieser beiden Spannungen bzw. Leistungen wird die Dämpfung bestimmt und im logarithmischen Maßstab pro Längeneinheit angegeben (dB/km). Die Dämpfung steigt mit der Quadratwurzel der Frequenz.

# Kupferdatenkabel

## Übertragungsparameter

### 2. Nahnebensprechdämpfung (NEXT\*) :

Es handelt sich um eine vom Umfeld des Kabels abhängige Eigenschaft. Ein Kabel befindet sich normalerweise meist in der Nähe anderer, benachbarter Kabel und die Signale auf den Kabeln können sich also gegenseitig beeinflussen.

Teile des Signals, die sich in einem Kabelpaar fortpflanzen erzeugen Einstrahlungen in die umliegenden Kabelpaare und verunreinigen die dort transportierten Signale. Die Stärke dieser Signalkopplung hängt vom Schlag der Verdrillung, dem Abstand der Kabelpaare untereinander und vom Aufbau des Gesamtkabels ab. Man bezeichnet diese Kopplung auch als Nebensprechen und mißt sie als Signalspannung an der Seite auf dem gestörten Kabel, wo das Signal in das die Störung erzeugende Paar eingespeist wird. Die Differenz in Dezibel zwischen dem Originalsignal und dem Störsignal entspricht der Nebensprechdämpfung.

Für eine Kabellänge von 100 m und für jede Kabelart zeigen die grafischen Darstellungen der Nebensprechdämpfung und der Dämpfung den Anteil der Nebensprechdämpfung am übertragenen Signal (Abstand zwischen zwei Kurven).

\* near-end-cross-talk

### 3. Signal/Rauschabstand (ACR\*) :

Jedes sich in einem Kabelpaar fortpflanzende Nutzsinal induziert auf benachbart verlaufenden Kabelpaaren eine Rauschspannung.

Ein Nutzsinal kann nur dann sinnvoll weiterverarbeitet werden, wenn seine Leistung wesentlich größer als die des mitgeführten Rauschsignals ist. Die Übertragung ist um so besser, je größer der Signal / Rauschabstand ist.

\* attenuation-to-cross-talk-ratio

### 4. Wellenwiderstand :

Im Hochfrequenzbereich hängt der Wellenwiderstand von den Induktivitäten und Kapazitäten des Kabels pro Längeneinheit ab. Der Wellenwiderstand wird aus Messungen der Scheinwiderstände (Absolutbetrag und Phasenlage der Impedanzen) des am Ende offenen und kurzgeschlossenen Kabels bestimmt. Mit den Formeln der Leitungstheorie können aus diesen Meßwerten der Wellenwiderstand und das Übertragungsmaß berechnet werden.

Der Wellenwiderstand und die lineare Dämpfung sind über die Kabelkapazität eng miteinander verbunden. Je geringer die Kapazität (großer Abstand der beiden Leiter), desto kleiner ist die Dämpfung und um so größer der Scheinwiderstand (Impedanz).

### 5. Transferimpedanz :

Die Transferimpedanz gibt die Wirksamkeit der Abschirmung gegen die Signalbeeinflussung durch externe, elektromagnetische Störfelder an.

Äußere elektromagnetische Felder erzeugen auf der Kabelschirmung Kreisströme, die sich in die darunter liegenden Leiter einkoppeln und in ihnen Rauschspannungen erzeugen können. Die Transfer- oder Übertragungsimpedanz  $Z_t$  ist ein gleichmäßig auf dem Kabel verteilter Parameter mit linearer Impedanz, der den Quotienten aus der in den Leitern induzierten Rauschspannung und dem in der Schirmung zirkulierenden Störstrom darstellt.

Die Übertragungsimpedanz wird in  $m\Omega / m$  angegeben und ist frequenzabhängig.

Der sogenannte Widerstandsbelag der Schirmung (d.h. die Eindringtiefe der durch äußere Störfelder in der Abschirmung induzierten Ströme) spielt eine entscheidende Rolle in der Verhaltensweise der Transferimpedanz (abhängig vom Skineffekt, der Leitfähigkeit und der magnetischen Materialpermeabilität).

Irrtümer, Druckfehler und technische Änderungen vorbehalten !