

Begriffe aus der Kabelwelt

- ◎ **Adhäsiv** (glatt, anhaftend, klebend)
Adhäsionsarm (gleitend, rau, nicht haftend, nicht klebend)

Als Adhäsion bzw. Adhäsionskraft bezeichnet man die Anziehung und das Aneinanderhaften von Teilchen verschiedener Materialien und Körper. Adhäsionskräfte wirken zum Beispiel zwischen Farbe und Wand oder Kreide und Tafel. Die Kräfte können je nach Material sehr unterschiedlich stark sein. Adhäsive (glatt, glänzende) Oberflächen von Kunststoffen können z.B. Staub aus der Luft anziehen. Im Bereich von Schleppkettenleitungen sind adhäsionsarme, seidenmatte Oberflächen des Außenmantels wichtig, um ein Gleiten der Leitung in Energieketten zu gewährleisten.

- ◎ **Biegeradius und Mindestbiegeradius**

Der **Biegeradius** ist der Radius, mit dem eine Leitung gebogen werden kann, ohne sie zu beschädigen bzw. die Funktion zu beeinträchtigen. Je kleiner der gegebene Radius ist, desto größer ist die erforderliche Flexibilität, bzw. die Anforderung an die Konstruktion der Leitung.

Varianten des Mindestbiegeradius:

Einmalbiegung	Die Leitung oder die Ader wird einmalig fest verlegt. Das Produkt verbleibt dauerhaft in dieser Position (z.B. Verdrahtung eines Schaltschranks).
fest verlegt	Die Leitung oder die Ader wird fest verlegt. Das Produkt kann nach dem Ausbau an einem anderen Ort erneut verlegt werden.
frei bewegt	Die Leitung oder die Ader wird flexibel, ohne Zwangsweise Bewegungsführung, eingesetzt (z.B. Anschlussleitung eines Bedienpanels).
dauerflexibel	Die Leitung oder die Ader wird einer zwangsweisen Bewegungsführung ausgesetzt (z.B. Einsatz in Schleppketten oder umgelenkt über Umlenkrollen).

Hinweise:

- Leitungen und Adern dürfen nicht direkt nach dem Stecker oder dem Crimpbereich abgeknickt werden.
- Leitungen und Adern dürfen nicht kleiner dem gegebenen Radius gebogen werden. Die Einzeldrähte der Leiter können gestaucht oder gedehnt werden und schließlich reißen.
- Leitungen und Adern dürfen nicht um scharfkantige Ecken geführt werden. Neben dem Abreißen der Drähte besteht die Gefahr, dass die Isolation beschädigt wird und das Produkt seine Sicherheit für Mensch und Maschine verliert.

- ◎ **Ex-Bereich**

Ex-Bereich, kurz für „Bereich mit explosionsgefährdeter Atmosphäre“, stellt einen Sonderfall für elektrische Anwendungen dar. Durch das Auftreten von brennbaren Substanzen in Luft (Gase, Flüssigkeiten oder Staub) kann ein zündfähiges Gemisch entstehen. Entsteht dann durch ein elektrisches Betriebsmittel ein Funke, sind die Folgen möglicherweise verheerend. Daher gibt es verschiedene Maßnahmen, dies zu verhindern.

Die meisten dieser Maßnahmen sind Anwendungsbezogen: Übergänge, an denen Funken auftreten können, werden durch Schutzgas, Druck oder zusätzliche Kapselung von der Umgebung getrennt.

Für Kabel und Leitungen sind die Vorgaben deutlich übersichtlicher: Zunächst müssen Kabel und Leitungen so aufgebaut werden, dass sie nicht leicht beschädigt werden können. Dann müssen sie so rund und kompakt sein, dass sie bei einer Abdichtung nicht nachgeben. Verbinden sie explosionsgefährdete und nicht-explosionsgefährdete Bereiche, muss sichergestellt werden, dass keine brennbaren Stoffe durch das Innere der Leitung transportiert werden können (gasdicht).

Eine Sonderform sind die sogenannten „eigensicheren Stromkreise“: hier wird ausgerechnet, wieviel elektrische Energie in den Bauteilen und Leitungen im Einsatz durch Kapazitäten und Induktivitäten gespeichert wird. Die durch einen Kurzschluss oder eine Unterbrechung frei werdende Energie darf nicht für einen Zündfunken ausreichen. Hier kann mit Kapazitätsoptimierung eine Anpassung auf geforderte Einsatzlängen erreicht werden.

Die Bereiche werden einmal dadurch klassifiziert, welcher Art der gefährliche Stoff ist (Klasse oder Gruppe: Gas, Flüssigkeit oder Staub) und wie häufig die Gefahr besteht (Division oder Zone: immer, regelmäßig oder im Fall eines Fehlers). Daraus ergeben sich in erster Linie Anforderungen an die Schutzart der Anwendung, auf die zu wählende Leitung hat dies nur indirekt Einfluss.

- ◎ **FRNC, LSHF, LS0H/LSZH**

Häufige Bezeichnungen für Leitungen, mit Isolations- und Mantelmaterialien mit verbesserten Brandeigenschaften in der Kabelindustrie, sind:

LS0H/LSZH	low smoke, „0“ (zero) halogen / geringe Rauch(gas)dichte, halogenfrei
LSHF	low smoke, halogen free / geringe Rauch(gas)dichte, halogenfrei
FRNC	flame retardant, non corrosive / schwer entflammbar, halogenfrei

Wir empfehlen immer das gesamte Datenblatt zu prüfen, da nur hier ersichtlich ist, welche Normen die Leitung im Detail erfüllt.

- ◎ **Halogene**

Elemente wie Fluor, Chlor, Brom, Jod und Astat sind Halogene und stehen in der siebten Hauptgruppe im Periodensystem der Elemente. Sie finden sich in vielen chemischen Verbindungen und Kunststoffen, Chlor zum Beispiel in Polyvinylchlorid (PVC), Fluor in Fluorethylenpropylen (FEP). Halogene werden Kunststoffen als Additive zugesetzt, um z.B. den Flammschutz zu verbessern. Der Nachteil ist, dass Halogene im Brandfall korrosive und toxische Gase freisetzen und es zu einer starken Rauchentwicklung kommt. Halogenhaltige Gase können in Verbindung mit Löschwasser oder Feuchtigkeit stark ätzende Säuren bilden. Diese Eigenschaften können stark gesundheitsgefährdend für Mensch und Tier sein und Anlagen und Maschinenbestandteile durch Korrosion dauerhaft schädigen.

- ◎ **Halogenfreiheit**

Halogenfreie Kabel sind in der Zusammensetzung der Kunststoffe frei von Halogenen. Bei SAB verwendete Werkstoffe wie SABIX®, Besilen®, Polyethylen, Polypropylen und andere thermoplastische Elastomere (TPE) enthalten keine gesundheitsbedenklichen Stabilisatoren aus Schwermetallen oder Weich-

Begriffe aus der Kabelwelt

machern. Die Additive zum Flammenschutz (falls vorhanden) sind ökologisch unbedenklich. Viele der bei SAB verwendeten halogenfreien SABIX® (PO-Basis) Mischungen entwickeln beim Verbrennen keine korrosiven und toxischen Gase und verhindern eine starke Rauchbildung. Sie haben einen sehr guten Flammenschutz und sorgen dafür, dass ein entstandener Brand nicht weitergeleitet wird. Die Halogenfreiheit, für in der Kabelindustrie verwendete Kunststoffe, wird gemäß der Norm IEC 60754-1 (DIN EN 60754-1, VDE 0482-754-1) geprüft. Bei der Prüfung wird der Gehalt an Halogenwasserstoffsäure bestimmt. Um den Werkstoff als halogenfrei gemäß der Norm bezeichnen zu können, muss der Anteil an Halogenwasserstoffsäure kleiner als 0,5% sein.

⊙ Heizwert

Der spezifische Heizwert (Hi) gibt an, wieviel Energie bei der vollständigen Verbrennung eines Stoffes freigesetzt wird. Der Heizwert wird üblicherweise in MJ/kg oder kWh/kg angegeben.

Richtwerte für Heizwerte:

FEP, ETFE, PFA:	ca. 1-2 kWh/kg
SABIX® (PO-Basis)	ca. 3-5 kWh/kg
Besilen®:	ca. 4-5 kWh/kg
PVC:	ca. 5-7 kWh/kg
PUR:	ca. 7-9 kWh/kg
PE/PP:	> 12 kWh/kg

⊙ Korrosivität der Brandgase

Halogenhaltige Kunststoffe setzen bei ihrer Verbrennung korrosive Gase frei. PVC z.B. setzt Chlorwasserstoffgas frei, das in Verbindung mit Feuchtigkeit Salzsäure bildet. Salzsäure wirkt stark ätzend auf die Atemwege. Als elektrisch leitfähige Substanz kann sie Kurzschlüsse verursachen, Metalle angreifen und Geräte zerstören. Die Korrosivität der Brandgase, für in der Kabelindustrie verwendete Kunststoffe, wird gemäß der Norm IEC 60754-2 (DIN EN 60754-2, VDE 0482-754-2) geprüft. Bei der Prüfung wird durch Verbrennung des Werkstoffs und auswaschen der entstehenden Gase der pH-Wert und die Leitfähigkeit bestimmt. Die Norm gilt als erfüllt, wenn der pH-Wert $> 4,3$ und die Leitfähigkeit $< 10 \mu\text{S}/\text{mm}$ ist. Halogenhaltige Werkstoffe erfüllen die Vorgaben nicht.

⊙ Rauch(gas)dichte

Beim Brand von Leitungen entsteht Rauch, der beispielsweise Rettungsmaßnahmen von Personen in brennenden Umgebungen erschwert. Die Rauchdichte wird gemäß der Norm IEC 61034 (DIN EN 61034, VDE 0482-1034) geprüft. Die Prüfung wird in einer definierten Raumgröße durchgeführt, bei der Leitungen über einer Wanne, gefüllt mit brennenden Alkohol, befestigt werden. Die Lichtübertragung zwischen einer Lampe und einer Fozelle darf durch den Rauch innerhalb der Testdauer um nicht mehr als einen festgelegten Wert geschwächt werden.

⊙ Schirmung

Schirmung bezeichnet konstruktive Merkmale einer Leitung, die entweder Störungen durch Einstrahlung von außen oder Abstrahlung von Signalen aus der Leitung selbst verringern sollen.

Verschiedene Schirmungsarten haben unterschiedliche Vor- und Nachteile:

Folienschirme sind leicht, aus vergleichsweise günstigem Material und erhöhen den Leitungsdurchmesser nur gering. Sie weisen verglichen mit den enthaltenen Adern eine geringe Leitfähigkeit auf. Somit eignen sie sich primär für schwache Störungen. Dadurch, dass sie bei entsprechender Fertigung die Leitung zu 100% bedecken, sind sie bei sehr hohen Frequenzen (GHz) wirksam. Bei mechanischer Belastung ist die Bauart eher anfällig für Verschleiß.

Geflechtsschirme werden mit speziellen Maschinen aus vielen Drahtbündeln, den sogenannten Fachungen, gegenläufig um die Leitung geflochten. Der sich ergebende Kupferquerschnitt weist von allen Schirmarten im Prinzip die höchste Leitfähigkeit auf und eignet sich somit sehr gut für hohe Störenergien. An den Überschneidungen der Fachungen bleiben unumgängliche Lücken, die bei hohen Frequenzen (> 100 MHz) die Wirksamkeit einschränken. Ebenfalls führt das Geflecht der Fachungen zu Einschränkungen bei starken Torsionsbelastungen.

Umlagungen sind vereinfacht „halbe Geflechte“: Die Kupferschirmdrähte werden alle in eine Richtung um die Leitung gewickelt. So ergibt sich ein meist geringerer Querschnitt als bei einem Geflecht. Dadurch, dass es jedoch keine Überschneidungen gibt, ist die Beweglichkeit bei Torsionsanwendungen verbessert. Bei starken Wechselbiegebeanspruchungen können sich jedoch leichter Lücken zwischen den Drähten öffnen, als es die Überschneidungen eines Geflechtes zulassen.

Als **Beilauf** in Form von Draht oder Litze bezeichnet man einen Leiter, der in elektrischem Kontakt zum Schirm längs zur Leitungsseele liegt. Er dient dazu, den Schirm einfacher zu kontaktieren, zum Einen, weil sich Folienschirme schlecht mit üblichen Verbindungstechniken anschließen lassen, zum Anderen, wenn eine Umlegung oder Geflecht mit einem Stiftkontakt eines Steckers verbunden werden soll.

Darüber hinaus gibt es noch weitere Schirmarten die jedoch seltener angewandt werden: Folien aus magnetischen Materialien (μ -Metall) sind bei starken Magnetfeldern besonders wirksam, metallisierte Vliese verringern den Verschleiß von Folien, sind selbst jedoch weniger leitfähig. Die meisten der genannten Maßnahmen lassen sich kombinieren. Zudem bieten alle über Aufbaudetails und Fertigungsverfahren Anpassungsmöglichkeiten an die jeweiligen Anforderungen an Schirmwirkung und mechanischer Belastung.

⊙ Spannung

Eine wichtige Größe für die Einsetzbarkeit einer Leitung ist die Angabe der „Spannung“. Abhängig vom Einsatz der Leitung kommen jedoch immer wieder unterschiedliche Spannungsangaben zur Anwendung, die nicht immer miteinander austauschbar sind.

Zunächst wird bei klassischen Anwendungen am Wechselspannungsnetz meist der **Effektivwert** (U_{eff}) angegeben. Aufgrund des sinusförmigen Spannungsverlaufes entspricht dieser Wert der Belastung, den eine konstante Gleichspannung ausüben würde. Die maximal auftretende „**Spitzenspannung**“ ist fast 50% höher. Die englische Bezeichnung für den Effektivwert ist „RMS“ für „Root-Mean-Square“, was die Berechnung des Mittelwertes angibt.

Begriffe aus der Kabelwelt

Betriebsspitzenspannungen werden meist bei nicht-periodischen Anwendungen wie Datenleitungen - analog oder digital - angegeben. Bei Leitungen, die nur kurzzeitig hoch belastet werden, so dass die Angabe von Effektiv- oder regelmäßig auftretenden Spitzenspannungen nicht sinnvoll ist, werden entweder anwendungsbezogene Angaben gemacht (z.B. „**Zündspannung**“ bei Leitungen für Gasentladungslampen) oder die bei der Produktion verwendete „**Prüfspannung**“ angegeben, um eine Einordnung der Leistungsfähigkeit der Leitung zu geben. Beide Angaben spiegeln nur sehr kurzzeitige Belastungen in der Lebensdauer der Leitungen wider und sind somit bei gleicher Isolation meist deutlich höher als die Angaben zu dauerhafter Belastung wie Spitzenspannung oder Effektivwert.

Ein weiterer wichtiger Punkt sind die Spannungen gegen die Umgebung („Erde“, „Masse“) oder gegen andere Leiter. Zur Umgebung ist meist nur eine Isolationsschicht wirksam, gegen eine zweite Ader zwei. Daher sind die Angaben Ader/Ader (U) ebenfalls meist höher als Ader/Masse (U_0). Das klassische Beispiel sind hier dreiphasige Drehstromsysteme, bei denen die Phasenverschiebung der Spannungen auf den Leitern von 120° dazu führt, dass sich zwischen den Leitern eine Wechselspannung einstellt, die genau um den Faktor $\sqrt{3}$ größer ist als die Spannung des Leiters gegen Masse.

Aus der Norm VDE 0298-3 ergeben sich unter Berücksichtigung von Lastreserven folgende Zusammenhänge für die „Höchste dauerhaft zulässige **Betriebsspannung** $U_{b,max}$ “:

Nennspannung	Höchste dauerhaft zulässige Betriebsspannung $U_{b,max}$			
	AC Leiter/Erde	AC Leiter/Leiter	DC Leiter/Erde	DC Leiter/Leiter
U_0/U [V]	AC Leiter/Erde [V]	AC Leiter/Leiter [V]	DC Leiter/Erde [V]	DC Leiter/Leiter [V]
230/400	254	440	330	660
300/500	318	550	413	825
450/750	476	825	619	1238
[kV]	[kV]	[kV]	[kV]	[kV]
0,6/1	0,7	1,2	0,9	1,8
1,8/3	2,1	3,6	2,7	5,4

UL-Spannungen beziehen sich immer auf die höchste effektive Systemspannung. In Gleich- oder Wechselspannungssystemen ist dies U_0 , in Drehstromsystemen U.

Die folgenden Diagramme sollen einen Eindruck für die verschiedenen Angaben geben:

3-Phasen- und Wechselspannungssysteme

