

2014

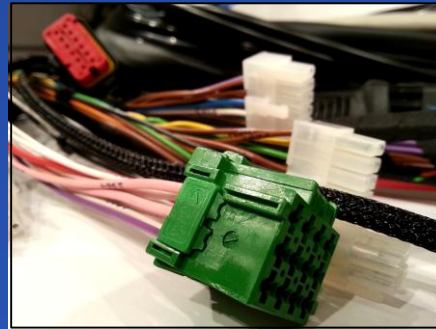
# COOP!

Consulting and Operating GmbH

## Hintergrundwissen zur Kabelkonfektion

### Firmenschrift der COOP! GmbH

Dieses Exposé soll einen groben Überblick der wesentlichen Bereiche bei der Kabelkonfektion vermitteln und Einsteigern eine Hilfestellung bieten. Neben technischem Grundwissen werden Fachbegriffe erläutert und durch Bilder veranschaulicht.



- Kabelkonfektion
- Bordnetze
- Elektrik
- Entwicklung
- Blasformen
- Dichtungstechnik
- Profile
- Gummimetalltechnik
- Schläuche & Formschläuche
- Faltenbälge



Im Farchet 26  
D-83646 Bad Tölz  
Telefon +49 (0) 8041 – 799 479 0  
Telefax +49 (0) 8041 – 799 479 15  
E-Mail [info@c-o-o-p.de](mailto:info@c-o-o-p.de)  
Webseite [www.c-o-o-p.de](http://www.c-o-o-p.de)



## Inhalt

1	Was bedeutet Kabelkonfektion?.....	2
2	Ströme.....	2
2.1	Gleichstrom (Direct Current = DC).....	2
2.2	Wechselstrom (Alternating Current = AC) .....	3
2.3	Kriechstrom .....	4
2.4	Kurzschluss .....	4
3	Kabelkonfektion.....	5
3.1	Anforderungen an Kabelbäume.....	5
3.2	Entwicklung von Kabelbäumen.....	6
3.3	Hybride Kabelkonfektion.....	6
3.4	Kabelbaum .....	6
3.5	Kabel .....	7
3.6	Kabelschäden.....	8
3.7	Schliffbilder .....	8
3.8	Hersteller .....	9
4	Elektrische Leitung.....	9
4.1	Elektrik vs. Elektronik.....	9
4.2	Isolierung .....	9
4.3	Elektrische Schalter .....	10
4.4	Vergleich: Kupferkabel und Aluminiumkabel .....	11
4.5	Kupferkurs .....	11
5	Bordnetz.....	12
5.1	Bussysteme.....	13
5.2	Sensorik.....	14
6	Schutzart IP.....	14

## 1 WAS BEDEUTET KABELKONFEKTION?

Als Kabelkonfektion (auch Kabelkonfektionierung genannt) wird die Produktion von anschlussfertigen Kabeln und Kabelbündeln inklusive Montage der zugehörigen Stecker, Kontakte und Aderendhülsen bezeichnet. Bei der Kabelkonfektion sind vor allem zwei Fügeverfahren von zentraler Bedeutung: Crimpen und Löten. Hiermit können Kabelleiter wirtschaftlich dauerhaft verbunden werden. Die Wahl der Stecker, Kontakte und weiterer Peripherie richtet sich dabei nach dem individuellen Anforderungsprofil.



## 2 STRÖME

### 2.1 GLEICHSTROM (DIRECT CURRENT = DC)

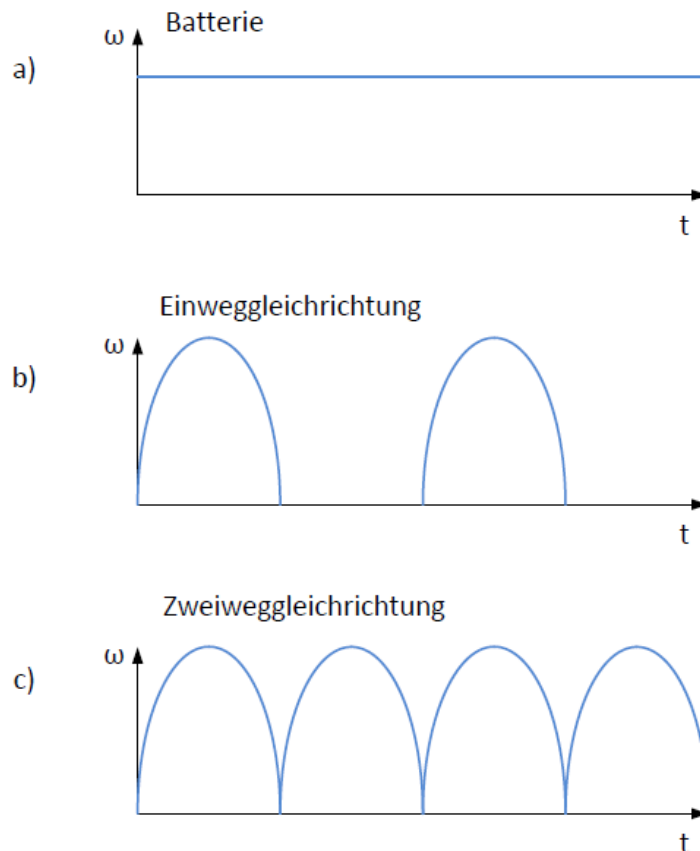
Der Gleichstrom ist ein elektrischer Strom, der eine zeitlich konstante Stärke und Richtung besitzt. In der Elektrotechnik wird häufig auch Mischstrom als Gleichstrom bezeichnet, wenn sich im zeitlichen Verlauf der Wert ändert, die Stromrichtung aber gleich bleibt und die Stärkeschwankungen unwesentlich sind. Umgangssprachlich wird der Gleichstrom oft mit der Gleichspannung gleichgesetzt oder verwechselt.

#### Unterschied zwischen Gleichstrom und Gleichspannung:

Bei einem Gleichstrom ändert sich Spannung und Stromstärke nicht, beziehungsweise nur äußerst gering. Bei Gleichspannung ändert sich die Stromstärke, die Spannung allerdings nicht.

**Beispiele für Gleichstromquellen:** Solarzelle, Batterie

### Arten des Gleichstroms

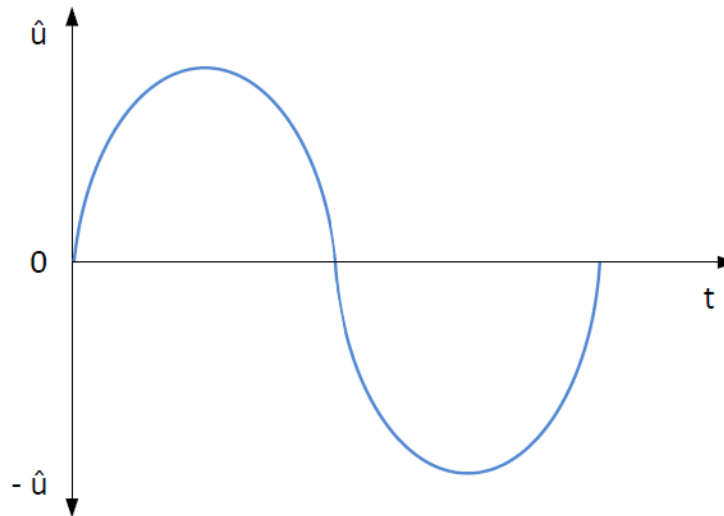


## 2.2 WECHSELSTROM (ALTERNATING CURRENT = AC)

Der Wechselstrom ändert im Gegensatz zum Gleichstrom seine Richtung (Polung) gleichmäßig alternierend, sodass sich positive und negative Augenblickswerte kompensieren. Der größte Anteil der weltweiten elektrischen Energieversorgung wird mit sinusförmigem Wechselstrom abgedeckt. Grund hierfür ist die einfache Erzeugung und Transformation der Wechselspannung. Im europäischen Haushalt kommt gewöhnlich dreiphasiger Wechselstrom (230 V, 50 Hz) an, wobei jede Steckdose nur an einer Phase L1, L2 oder L3 und dem Neutralleiter angeschlossen ist. Die Anschlüsse des gesamten Haushaltes sollten möglichst gleichmäßig auf die drei Phasen verteilt sein. Umgangssprachlich wird Dreiphasenwechselstrom auch als „Drehstrom“ bezeichnet.

Zur Fernleitung wird hochgespannter dreiphasiger Wechselstrom verwendet, da sich dieser verlustarm über große Distanzen verteilen lässt. Erzeugt wird Wechselstrom aus Gleichstrom.

### Sinusförmige Wechselspannung



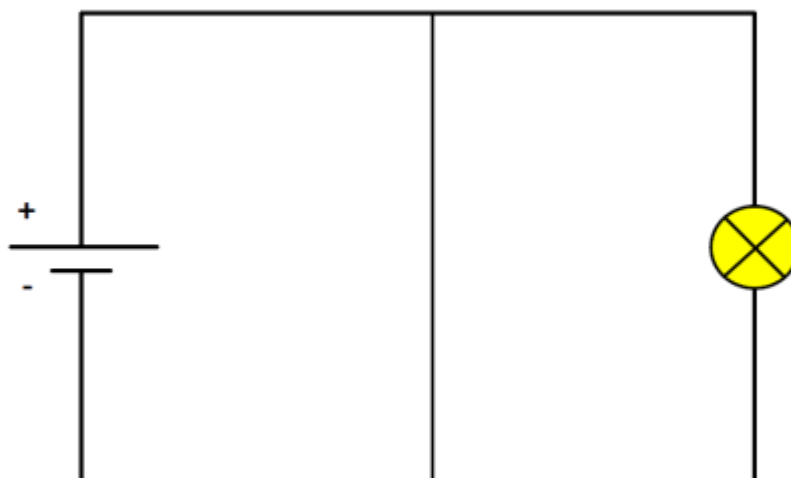
### 2.3 KRIECHSTROM

Unter Kriechstrom versteht man einen Leckstrom, der entlang der Oberfläche eines Isolierstoffes fließt. Die inneren Isolationseigenschaften werden durch den spezifischen elektrischen Widerstand bestimmt, die äußeren Isolationseigenschaften können allerdings deutlich davon abweichen. Die Kriechstromfestigkeit kennzeichnet diese Eigenschaft von Isolierstoffen. Sie kann durch wasserabweisende (hydrophobe) Beschichtungen und Imprägnierungen mit z.B. Wachs und Paraffin erhöht werden.

### 2.4 KURZSCHLUSS

Ein Kurzschluss ist eine nahezu nullohmige Verbindung zweier Pole einer elektrischen Spannungsquelle. Als Kurzschluss wird sowohl die körperliche Verbindung als auch der eigentliche Stromfluss bezeichnet.

### Schaltung mit Kurzschluss



## 3 KABELKONFEKTION

Die Kabelkonfektion umfasst die gesamte Produktion von anschlussfertigen Kabeln. In der Massenproduktion geschieht dies unterstützt von Maschinen und in der Klein- und Mittelserienfertigung überwiegend noch mit einem klassischen Marschlag.

Durch die hohe Komplexität erfordert die Kabelkonfektion ein hohes Maß an Erfahrung und Konzentration, was nur eine Teilautomatisierung zulässt. Aderquerschnitte von teilweise unter 0,04 mm<sup>2</sup> erschweren das Handling zusätzlich.

### Überblick der wesentlichen Fertigungsverfahren von Kabeln:

#### Löten

Beim Löten wird eine stoffschlüssige Verbindung zwischen zwei Kontakten hergestellt. Um den Lötprozess bei der Kabelbaumfertigung zu beschleunigen und zu vereinfachen, sind die freiliegenden Kontakte oft mit Zinn ummantelt, der nur noch aufgeschmolzen werden muss.

#### Crimpen

Neben dem Löten ist Crimpen ein oft angewandtes Verfahren zur Herstellung einer form- und kraftschlüssigen Verbindung zwischen zwei Fügepartnern. Die Verbindung kommt beispielsweise durch Falten, Bördeln, Hinterschneidungen und Quetschen zustande und ist bei korrekter Ausführung gasdicht. Das Verbindungselement mit einem Kabel ist dabei häufig ein Stecker, der am Kabelende fest angebracht werden soll. Mit Hilfe einer Crimpzange werden die Kabeladern und der Stecker form- und kraftschlüssig verbunden. Speziell bei der Großserienfertigung wird dieses Verfahren häufig eingesetzt. Ein typischer Fehler beim Crimpen ist eine zu geringe oder zu starke Kraft beim Verpressen. Um Fehler beim Crimpen zu erkennen, können sogenannte Schliffbilder angefertigt werden.

#### Abisolieren

Unter Abisolieren versteht man das Anbringen einer isolierenden Schicht auf freiliegenden Kabelenden oder Kontakten. Hierfür werden hauptsächlich Isolierbänder (z.B. aus Teflon) oder Schrumpfschläuche verwendet, die sich bei Erhitzung im Durchmesser verringern und Bediener oder die Leiter vor äußeren Einflüssen schützen.

### 3.1 ANFORDERUNGEN AN KABELBÄUME

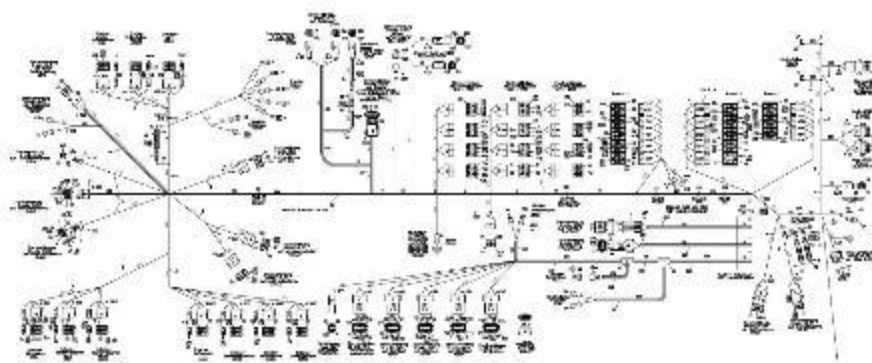
Kabelbäume werden im Regelfall nach geometrischen und elektrischen Anforderungen konfektioniert. Neben der eigentlichen Funktion als Transportsystem von elektrischen Strömen und Signalen, sollen Kabelbäume zusätzlich möglichst einfach und schnell montierbar sein, da die Montage vergleichsweise teuer sein kann. Weiterhin wird im Schadensfall auf eine schnelle Austauschbarkeit Wert gelegt, die Zugänglichkeit muss dementsprechend auch noch nach der Montage gewährleistet sein. Je nach Einsatzgebiet, ergeben sich für den Kabelbaum daraus besondere Anforderungen. Kabelbäume in bewegter und rüttelnder Umgebung müssen beispielsweise gegen Abrieb der Kabelummantelung geschützt werden. Dies kann durch eine zusätzliche Umwicklung des Kabelbaums erfolgen, alternativ können Kabelbäume durch Wellrohre gegen äußere mechanische Beanspruchungen geschützt werden. Auch auf die maximalen Biegeradien muss geachtet werden, um einen Kabelbruch zu vermeiden. Geht es hingegen um die Chemikalienbeständigkeit, müssen die verwendeten Werkstoffe optimiert werden.

## 3.2 ENTWICKLUNG VON KABELBÄUMEN

Die Entwicklung von Kabelbäumen und Kabelsätzen zeichnet einen neuen Trend zur Leichtbauweise und erhöhten Bordspannung ab. Dieser ist nicht nur auf die steigenden Energie- und Rohstoffpreise als auch die CO<sup>2</sup> Minimierung zurückzuführen, sondern vor allem auch auf die Ausreizung der bisher bestehenden Bordspannung von 12 V. Durch die konstante Zunahme weiterer Verbraucher im Fahrzeug ist die Bordnetzarchitektur bereits mit der nächsten Fahrzeuggeneration ausgelastet, sodass man in Zukunft auf 48 V umsteigen wird. Nicht zuletzt unterstützt wird dieser Trend durch steigende Prognosen für eine zunehmende Elektrifizierung im Fahrzeug. Kabelsätze dürfen aber nicht nur die notwendige elektrische Funktionalität besitzen, sondern müssen gleichzeitig auch noch Gewichtseinsparungen zulassen. Aluminiumkabel sind auf dem Vormarsch. All diese Faktoren müssen in der Entwicklung von Kabelbäumen berücksichtigt werden und die Kabelkonfektionäre werden sich darauf einstellen müssen.

### Artikel zur Komplexität im Kabelbaum:

<http://www.automobil-industrie.vogel.de/elektronik/articles/342739/>



## 3.3 HYBRIDE KABELKONFEKTION

Unter hybrider Kabelkonfektion versteht man einen Verbund von verschiedenen Leitungstypen. So kann ein ganzheitliches System beispielsweise aus Lichtwellenleitern, Kupferkabeln und Schläuchen bestehen.

## 3.4 KABELBAUM

Ein Kabelbaum ist eine gezielte Vernetzung zwischen einzelnen Kabeln zu einem elektronischen Gesamtsystem. Als Kabelsatz bezeichnet man zumeist einen kleineren, weniger komplexen Kabelbaum, der oftmals aus nur wenigen Kabeln und Steckern besteht.

Ein Kabelbaum hingegen zeigt eine ausgeprägte Verzweigung von Kabeln und Steckern unterschiedlicher Art. Diese verbinden beispielsweise in einem Traktor die Beleuchtung und Sensorik mit der Steuerung in der Kabine. Durch die komplexe Anordnung wird ein Großteil der Kabelkonfektion auch heute noch manuell durchgeführt, ein Grund, warum die Kabelbaumfertigung immer mehr in Billiglohnländer ausgelagert wird.

Je nach Einsatzgebiet können Kabelbäume unterschiedlich komplex ausfallen. Kleinere Kabelbäume bzw. Kabelsätze sind meistens in elektrischen Geräten zu finden, in Automobilen befinden sich oftmals Kabelbäume von bis zu 50 kg, welche dann als Bordnetz bezeichnet werden.



### 3.5 KABEL

Ein Kabel besteht im einfachsten Fall aus einer oder mehreren Metallader(n), die mit einem Isolierstoff ummantelt sind. Diese Metalladern können zum Aderverbund zusammengefasst werden und verlaufen gewöhnlich mittig im Kabel. Mit einem Koaxialkabel können zwei Ströme gleichzeitig mit einem elektrischen Kabel transportiert werden. Einer fließt mittig im Inneren, der andere radial außerhalb, getrennt durch eine isolierende Schicht.

Die Adern bestehen meist aus Kupfer, wobei Aluminium aufgrund des verringerten Gewichts vor allem in der Automobilindustrie eine zunehmende Rolle spielt.

Neben Adern gibt es noch die Litzen in Kabeln. Sie bezeichnen einen aus vielen (bis mehrere hundert) Einzeldrähten bestehenden Verbund und zeichnen sich durch ihre erhöhte Flexibilität aus. Sind die Einzeldrähte der Litze von einem gemeinsamen Isolator ummantelt, nennt man diese elektrische Leitung auch Litzenleitung. Durch die erhöhte Flexibilität finden diese vorzugsweise dort Verwendung, wo häufige Bewegungen und Rüttelbeanspruchungen auftreten (z.B. Maschinen, Flugzeuge, Robotik, Kfz). Durch eine Verseilung der Einzeldrähte können die Eigenschaften von Litzenleitungen zusätzlich erweitert werden.

Bei der Ummantelung kommen im Wesentlichen PVC und PE zum Einsatz. PE besitzt zwar das bessere Isoliervermögen, PVC hingegen besitzt Vorteile in der Flexibilität und Entflammbarkeit. Das Anforderungsprofil bestimmt also die einzusetzenden Werkstoffe, wobei bei erhöhtem Anforderungsprofil auf PVC zurückgegriffen wird.

Zusätzlich zur direkten Ummantelung von Kabeln, können Kabel darüber hinaus mit Kunststoffbändern und Geflechten umwickelt oder umsponnen werden. Auch die Kabelführung in Wellrohren ist gebräuchlich, wobei darin meistens mehrere Kabelleitungen zusammengefasst werden.

#### Auslegung von Energiekabeln

**Folgende Kriterien beeinflussen die maximal zulässige Stromstärke für ein Kabel:**

- Betriebsspannung
- Elektrische Peripherie
- Querschnittsfläche der Leiter
- Anzahl der Leiter
- Umgebungstemperatur / Klima
- Hitzebeständigkeit der Isolierung
- Art der Verlegung
- Anhäufungen von Kabeln mit gleichem Weg



## 3.6 KABELSCHÄDEN

### Kabelbruch

Ein Kabelbruch liegt dann vor, wenn die elektrischen oder optischen Leiter beschädigt oder gar durchtrennt wurden. Ursachen hierfür sind mechanische Beanspruchungen. Bei Maschinen können diese oftmals periodisch auftreten, wenn die Kabel nicht entsprechend gegen zu starken Zug und unzulässiges Knicken gesichert sind. Ein Kabelbruch kann bei erhöhten Strömen schnell zum Kabelbrand führen, da sich der Widerstand im Kabel stark erhöht und die Bruchstelle erhitzt.

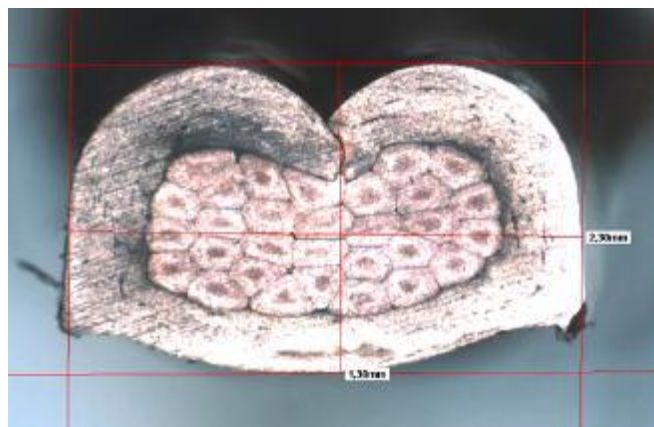
### Freiliegende Leiter

Durch mechanische Beanspruchung kann es im Laufe der Zeit zur Abrasion der Kabelummantelung kommen. Ist dies der Fall, liegen die Kabelleiter frei und sind nicht weiter vor äußeren Einflüssen geschützt. Zusätzlich kann dies auch für Bediener gefährlich werden. Um Kabel vor Abrasion der Kabelummantelung zu schützen, werden häufig Wellrohre oder Kunststoffgeflechte um Kabel, Kabelsätze und Kabelbäume gewickelt.

## 3.7 SCHLIFFBILDER

In der Serienproduktion von Kabelbäumen und Kabelsätzen müssen diese höchsten Qualitätsstandards genügen, insbesondere im Automotivbereich. Durch Verschleiß und Temperaturdifferenzen können in der Kabelkonfektion Abweichungen auftreten, die es zu identifizieren gilt. Um dem Rechnung zu tragen, können sogenannte Schliffbilder angefertigt und Qualitätsmängel aufgedeckt werden. Ausschuss und Kundenreklamationen können durch eine regelmäßige Qualitätssicherung reduziert werden.

Bei der Erstellung eines Schliffbildes wird das Kabel an der Stelle der Crimpung durchtrennt und die Schnittstelle plan geschliffen. Anschließend wird der Schnitt unter einem Mikroskop betrachtet und die Crimphöhe sowie die Litzenkernzahl ermittelt und ausgewertet. Dadurch lassen sich Aussagen über die vorhandene Crimpgüte treffen.



## 3.8 HERSTELLER

Während die Entwicklung von Kabelbäumen und Kabelsätzen noch vorzugsweise in Deutschland stattfindet, wird die Kabelkonfektion (Produktion) vermehrt ins Ausland outgesourct. Da die Fertigung von Kabeln sehr aufwendig und komplex ist, können viele Prozesse nur von speziell geschulten und erfahrenen Facharbeitern manuell durchgeführt werden. Viele Fertigungsstätten sind Richtung Osteuropa oder Südamerika abgewandert, um den Vorteil von Billiglohnländern an die großen Automobilhersteller weiterzugeben und dadurch konkurrenzfähig zu bleiben.

## 4 ELEKTRISCHE LEITUNG

Eine elektrische Leitung beschreibt ein niederohmiges System, welches für den Transport elektrischer Energie und Signale zuständig ist. Die elektrische Leitung ist Grundbestandteil eines Stromkreises oder Stromnetzes und verbindet den Verbraucher mit dem Versorger (Stromquelle). Als Leitstrom bezeichnet man dabei die fließenden Elektronen, wobei die technische Stromrichtung von + nach – verläuft und die physikalische umgekehrt, da Elektronen negativ geladen sind. Um dabei die Transportverluste möglichst gering zu halten, werden hauptsächlich Metalle mit einer hohen elektrischen Leitfähigkeit benutzt.

Bei der Leiterauslegung richtet sich der Leiterquerschnitt nach der maximal zulässigen Stromdichte. Eine elektrische Leitung besteht im Regelfall aus mehreren Drähten oder Litzen, häufig aber auch aus Bändern und Schienen, je nach Anwendungsfall. Als Leiterwerkstoffe kommen hauptsächlich Kupfer und Aluminium zum Einsatz, da sie eine besonders gute elektrische Leitfähigkeit besitzen.

Elektrische Leitungen sind das Nervensystem des 21. Jhd. und verbinden unter anderem Häuser, Städte und Länder miteinander. Die Leitungen können hierbei entweder im Boden verlegt sein (Erdkabel) und auf Strommasten (Freiluftkabel) oder am Meeresgrund (Seekabel) verlaufen.

Die Eigenschaften einer elektrischen Leitung werden durch die Leitungsbeläge, die Wellenimpedanz sowie die Durchschlagfestigkeit beschrieben. Der Leitungswiderstand wird durch die Querschnittsfläche und die Wärme in der Leitung beeinflusst. Weitere ausschlaggebende Eigenschaften einer elektrischen Leitung sind der maximale Biegeradius, die Zugfestigkeit und die Temperaturbeständigkeit der Isolierstoffe.

### 4.1 ELEKTRIK VS. ELEKTRONIK

Der Begriff Elektrik umfasst im Wesentlichen einfache ungesteuerte Schaltungen mit mechanischen Schaltern, Lampen und ähnlichen elektrischen Bauteilen. Umgangssprachlich wird damit die Lehre der Elektrizität bezeichnet, die sich hauptsächlich mit der Installation elektrischer Geräte im Haus oder Fahrzeug beschäftigt. Im Gegensatz dazu werden in der Elektronik unterschiedliche, meist sehr kleine elektronische Bauteile verwendet. Hierzu zählen unter anderem Widerstände, Kondensatoren, Transistoren Mikrochips, Mikrocontroller sowie LEDs.

### 4.2 ISOLIERUNG

Die Aderummantelung schützt das Kabel vor äußeren mechanischen, elektrischen und chemischen Beanspruchungen, wobei die Isolierung ein Bestandteil der Aderummantelung ist. Durch spezielle Drahtumflechtungen können Kabel zusätzlich gegen äußere elektromagnetische Störeinflüsse abgeschirmt werden.

Bei der Aderisolation kommt es auf einen besonders hohen spezifischen elektrischen Widerstand an, denn sie muss auch Überspannungen standhalten. Die drei gängigsten Werkstoffe zur Kabelisolation für Energie- und Signalkabel sind PE (Polyethylen) und PVC (Polyvinylchlorid) und PU (Polyurethan). Zwar besitzt PE die besseren Isolationsfähigkeiten, PVC zeigt hingegen deutliche Vorteile bei der Entflammbarkeit und Flexibilität. In thermisch, mechanisch und chemisch beanspruchten Bereichen kommt vorzugsweise Gummi als Kabelisolation zum Einsatz. Dieser besitzt eine sehr gute Chemikalienbeständigkeit, ist verschleißfest und ermöglicht dennoch eine hohe Flexibilität der Kabelleitungen.

Für Kabel und Kabelbäume mit einem besonderen hohen Anforderungsprofil kommt häufig PTFE (Teflon) zum Einsatz. Vor allem im erhöhten Temperaturbereich (z.B. Triebwerke von Flugzeugen) finden diese Kabelisolierungen Anwendung.

### Elektrische Leitfähigkeit

Leiter		Isolatoren	
Material	$\kappa$ [S m/mm <sup>2</sup> ]	Material	$\kappa$ [S/m]
Silber	62,00	PE	$10^{-18}$
Kupfer	56,00	PVC	$10^{-15}$
Gold	43,50	PTFE	$10^{-14}$
Aluminium	33,00	PU	$9^{-11}$
Platin	9,90	Luft	$10^{-8}$

## 4.3 ELEKTRISCHE SCHALTER

Unter einem elektrischen Schalter versteht man eine Baugruppe, die durch zwei elektrisch leitende Bauteile oder Halbleiterbauteile eine elektrisch leitende Verbindung herstellen können. Dies geschieht im Idealfall nach dem Alles-oder-nichts-Prinzip. Sofern kein Kontakt der leitenden Bauteile hergestellt wurde, sollte also auch kein Strom fließen. Folglich besitzt ein Schalter zwei Zustände: Offen und geschlossen.

Grundsätzlich lassen sich Schalter durch viele Merkmale unterscheiden. Die Wesentlichen sind die Art der Betätigung, die Art der Kontaktherstellung, konstruktive Merkmale oder Nutzungsmerkmale. Die wichtigsten Informationen für den Anwender sind neben den Umgebungsbedingungen (IP-Schutzklassen) die Kenngrößen, die die maximal zulässigen Spannungen und Ströme des elektrischen Schalters beschreiben. Die Bauteileignung muss in allen Betriebszuständen gewährleistet sein. Im offenen Zustand darf kein Strom fließen und der Schalter muss sicher isolieren, im geschlossenen Zustand muss entsprechend hoher Strom fließen.

Untergliedert man Schalter nach dem Verhalten im Anschluss an eine Betätigung, kann man grundsätzlich zwei Schalterarten unterscheiden: Schalter die aktiviert bleiben und Schalter (Taster) die nach der Aktivierung die Kontakte wieder selbstständig trennen.

**Beispiele dauerhafter Schalter:**

- Kippschalter
- Wippschalter
- Stufenschalter
- Rasterschalter
- Wahlschalter
- Mehrfachschalter

### **Unterscheidung der Schalter nach Art der Anwendung:**

- Signalschalter
- Schutzschalter
- Geräteschalter
- Elektrowerkzeugschalter

### **Unterscheidung nach Einsatzzweck:**

- Hauptschalter
- Not-Aus-Schalter
- Totmannschalter
- Schutzschalter
- Reparaturschalter
- Lichtschalter
- Lastschalter
- Leistungsschalter usw.

## **4.4 VERGLEICH: KUPFERKABEL UND ALUMINIUMKABEL**

Als Leiterwerkstoffe kommen hauptsächlich Kupfer und Aluminium zum Einsatz, da sie eine besonders gute elektrische Leitfähigkeit besitzen. Aluminium besitzt ca. 70 % der Leitfähigkeit von Kupfer. Der Querschnitt bei der Substitution von Kupferkabel durch Aluminiumkabel ist um etwa 60 % vergrößert, das Gewicht wird im Gegensatz um 35 % reduziert. Eine Preissenkung von bis zu 80 % kann durch die Verwendung von Aluminiumkabel erreicht werden. Eine Substitution ist allerdings nicht immer vorteilhaft, denn die Aluminiumkabel stellen beispielsweise besondere Anforderungen an die Klemmen (z.B. Prismenklemme statt Rahmenklemme) und erfordern eine aufwendigere Verarbeitung.

## **4.5 KUPFERKURS**

Kupfer ist ein wesentlicher Bestandteil von elektrischen Kabeln und Leitungen. Alternativ kommen noch Aluminium sowie Silber- und Goldüberzüge in Frage, wobei diese nur für Spezialanwendungen (z.B. Tontechnik) verwendet werden.

Der schwankende Rohstoffpreis für Kupfer zwingt Kabelkonfektionäre zur flexiblen Preisgestaltung. Um dennoch einen gewissen Standard zu wahren, wird bei der Kostenkalkulation meist ein Kupferpreis von 150 EUR / 100 kg angenommen. Am Tage der Abrechnung wird die Differenz zwischen dem kalkulierten Kupferpreis und dem aktuellen Tageskurs als Kupferzuschlag berücksichtigt.

## Formel zur Berechnung des Kupferzuschlages

$$\text{Kupferzuschlag [€/km]} = \text{Kupferzahl [kg/km]} \times \frac{\text{DEL Notiz [€/100 kg]} - \text{Kupferbasis [€/100 kg]}}{100}$$

Kupferzahl:	Kalkulatorisches Kupfergewicht einer el. Leitung pro Kilometer
DEL Notiz:	DEL (Deutsches Elektrolytkupfer für Leitzwecke): Börsennotierung für 99,5 % reines Kupfer in EUR/100 kg
Kupferbasis:	150 €/100 kg Cu

## 5 BORDNETZ

Der Begriff Bordnetz wird allgemein bei fast allen Verkehrsmitteln genutzt und bezeichnet das Gesamtsystem aller elektrischen und elektronischen Komponenten in Fahrzeugen. Es besteht aus einem oder mehreren Kabelbäumen, Kabelsträngen und Kabeln, die alle in der Steuerung zusammenlaufen und durch eine systeminterne Logik miteinander kommunizieren können. Der Informations- und elektrische Energietransport im Fahrzeug wird vom internen Bordnetz übernommen.

### **Komponenten im Bordnetz oder damit verbunden sind:**

- Steuergeräte (Platinen)
- Verkabelung (Kabelbäume, Kabelsysteme, Kabelstränge, Kabel)
- Bussysteme (MOST, CAN, FlexRay, LIN)
- Energiespeicher (Batterie)
- Generatoren (Lichtmaschine)
- Sensorik (Abstandssensor, Beschleunigungssensor)
- Aktorik (Elektromotoren, Linearmotoren, Schrittmotoren)
- Anzeigeelemente und Beleuchtung
- Elektrische Heizelemente

Typischerweise wird das Bordnetz von einer 12 V Spannungsquelle versorgt, wobei die großen Automobilhersteller planen, zukünftig auf 48 V umzustellen, um das Bordnetz noch leistungsfähiger zu machen. Bedingt durch die zunehmende Verbraucheranzahl im Fahrzeug, wird auf Dauer eine erhöhte Bordnetzspannung unverzichtbar sein.

Das Bordnetz als komplexes Verdrahtungssystem ist eine der schwersten Einzelkomponenten im Fahrzeug und wegen dem hohen manuellen Fertigungsanteil auch eine der teuersten.

Aber auch das Bordnetz muss sich an die veränderten Anforderungen und Bedürfnisse der Kunden anpassen. Der stete Innovationsdruck in der Automobilindustrie fordert Fahrzeuggenerationen, die leichter sind, mit reduzierter Energie auskommen und gleichzeitig den Fahrer mit zusätzlichem Komfort und Sicherheit überzeugen. Im Klartext bedeutet dies für das Bordnetz: Neue Materialien, neue Fertigungsprozesse und neue Technologien. Grenzen müssen überschritten werden.

Dies sind auch die diesjährigen Themenschwerpunkte des Bordnetz Kongresses 2014.

<http://www.bordnetz-kongress.de/home.html>

## 5.1 BUSSYSTEME

Ein Bus (Binary Unit System) ist ein Kabelsystem und dient zur Datenübertragung über einen einheitlichen Übertragungsweg zwischen verschiedenen Teilnehmern. Dabei sind die Teilnehmer nicht an der Datenübertragung zwischen anderen Teilnehmern beteiligt. An den Bus angeschlossene Teilnehmer werden häufig auch Knoten genannt. Grundsätzlich ist ein Bussystem so organisiert, dass zu jedem Zeitpunkt nur ein einzelner Knoten Daten in den Bus einspeist und diese von einem anderen Knoten verarbeitet werden. Nur in Einzelfällen werden die Daten von mehreren Knoten verarbeitet, beispielsweise beim CAN-Bus im Automobil. Um die Information an den richtigen Knoten zu senden, erfolgt die Identifizierung durch Adressierung (meist ein eigener Adressbus).

Informationen können auch prioritätsgesteuert vom Bus übermittelt werden. Die Information mit der höchsten Adresse bekommt die höchste Priorität zugewiesen. Hierdurch wird trotz enormer Datenübertragung im Fahrzeug eine höher eingestufte Information im Ernstfall unmittelbar übertragen und verarbeitet.

### Abhängig von der Verwendung unterscheidet man folgende Busse:

- Systembusse
- Peripheriebusse
- Speicherbusse
- Ein-/Ausgabebusse

### Zusätzlich kann zwischen parallelen und seriellen Bussen unterschieden werden:

Serieller Bus: Datenübertragung hintereinander

Paralleler Bus: Datenübertragung paketweise (bei gleicher Taktung schneller als seriell)

### Vorteile von Bussystemen:

- Reduzierung der Kabel
- Sicherheit durch Redundanz
- Modularisierung und Standardisierung
- Erweiterte Kommunikationsfähigkeit
- Kontrolle durch Diagnosekomponenten

### Vergleich von Bussystemen im Automotivbereich

#### CAN: Controller Area Network

- Echtzeitfähig
- Multi-Master-Bus
- Nachrichtenorientiert
- Ereignisgesteuert
- Bitrate bis 1Mbit/s, effektiv 500 kBit/s
- Buslänge bis 1 km mit bis zu 32 Knoten

## MOST: Media Oriented Systems Transport Bus

- Echtzeitfähig
- Optischer Bus mit Lichtwellenleitern
- Bis zu 24 Mbit/s
- Synchrone und asynchrone Übertragung
- Nicht EMV-anfällig, keine Störsignale
- Fehlererkennung
- Ring-, Stern-, Kettentopologie

## FlexRay:

- Echtzeitfähig
- Redundanz und Fehlererkennung
- Globale Zeit
- Arbitrierungsfrei
- Zielbandbreite von 10 Mbit/s
- Synchrone und asynchrone Übertragung
- Flexibel erweiterbar

## 5.2 SENSORIK

Wesentliche Aufgabe der Sensorik im Allgemeinen ist die Umwandlung nicht elektrischer Messgrößen in elektrische Signale. Damit sollen Veränderungen von umweltlichen, biologischen und technischen Systemen erfasst und ausgewertet werden, wobei die Auswertung zumeist von einer mit der Sensorik verbundene Logik übernommen wird. Die stetig zunehmende Sensorik in der Technik führt zu einem gleichzeitig steigenden Automatisierungsgrad. Beispielsweise sind Fahrzeuge mit immer mehr Sensorik ausgestattet, die mit dem Bordnetz verbunden Fahrerassistenzsysteme bilden. Die besten Beispiele dafür sind Drehzahlmesser, Beschleunigungssensoren und Abstandssensoren.

## 6 SCHUTZART IP

Die Schutzart IP (International Protection) gibt einerseits Aufschluss über die Eignung elektrischer Bauteile für verschiedene Umgebungsbedingungen, andererseits über den Schutz vor Menschen gegen potenzielle Gefährdung bei Benutzung.

Schutzarten dienen zur Festlegung potenzieller Umwelteinflüsse, denen ein Gehäuse eines elektrischen Geräts oder Bauteils standhalten können muss, um die weitere Funktionstüchtigkeit zu gewährleisten.

2014

Die Firmenschrift wurde von der COOP! Consulting and Operating GmbH erstellt und unterliegt dem Copyright. Die Verwendung von Bildern und Texten ist nur nach vorheriger Absprache mit der COOP! GmbH zulässig, eine kommerzielle Vervielfältigung ist ausgeschlossen. COOP! GmbH übernimmt keine Garantie für die Richtigkeit der zur Verfügung gestellten Informationen.

#### Bankverbindung

Sparkasse  
Bad Tölz - Wolfratshausen  
Kto.-Nr.: 11 144 144  
BLZ: 700 543 06

Postgiroamt München  
Kto.-Nr.: 3113 89-804  
BLZ: 700 100 80

Geschäftsführer  
Dipl. Ing Thomas L. Goldhofer (FH)

Amtsgericht München  
HRB 121479

USt – IdNr  
DE 197 087 827

[www.c-o-o-p.de](http://www.c-o-o-p.de)