

Hochgeschwindigkeitsdaten im Automobilbereich

WHITE PAPER

2021



 **ACOME**

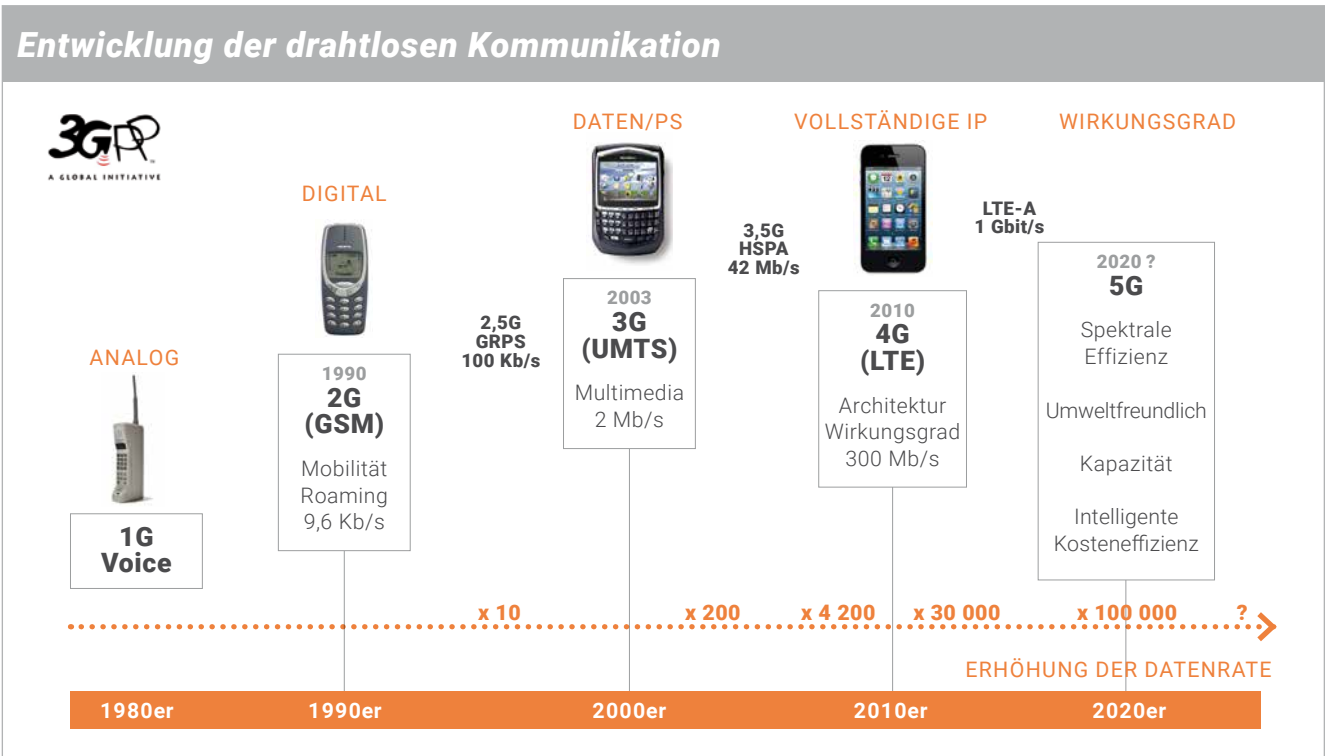
Inhaltsverzeichnis

1. Im Kontext der vernetzten Mobilität	1
1.A. Aktueller Stand der Technik: Was bedeutet eine High-Speed-Datenrate im Automobilbereich?	1
1.B. Fahrzeuginterne Dienste	2
2. ACOME Telecoms – Kompetenz in der Automobilindustrie	4
3. Open Alliance, andere Normen und Empfehlungen	5
3.A. Vereinheitlichte Kommunikation	5
3.B. Speziell für die Hochgeschwindigkeitsdatenübertragung in Kraftfahrzeugen entwickelte Kabel	5
4. Vom Stromkabel zum Kommunikationsbus (Unterschiede und Herausforderungen)	8
4.A. Leiter	8
4.B. Geometrie – wo Automobilbranche und Telekommunikation aufeinandertreffen	9
4.C. Isolierung	9
4.D. Umgebung des Leiterpaares	11
4.E. Verdrillte Verkabelung	12
4.F. Abschirmung	13
4.G. Montage der Abschirmung	14
5. ACOME-Empfehlungen zur Metrologie	16
5.A. Unterschiedliche Messungen für unterschiedliche Anwendungen	16
5.B. Fachkundige Kontrolle der Messverfahren	18
6. Produktempfehlungen von ACOME	19

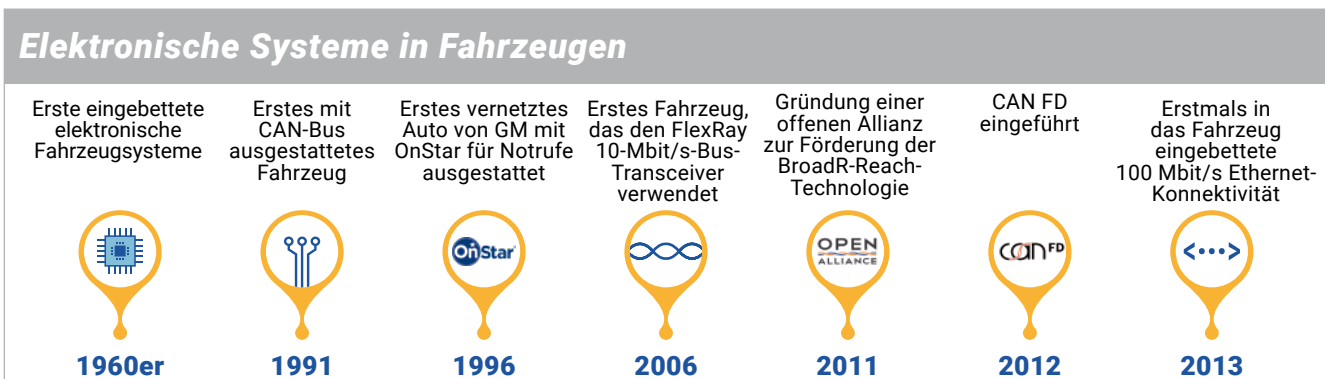
1. Im Kontext der vernetzten Mobilität

1.A. Aktueller Stand der Technik: Was bedeutet eine High-Speed-Datenrate im Automobilbereich?

Da die digitale Revolution an Geschwindigkeit aufnimmt, müssen auch Autos diesem Megatrend folgen, indem sie intelligenter und noch stärker vernetzt werden. Ein Aspekt dieser Revolution ist die Zunahme der Bandbreite der Telekommunikationsnetze seit den 1980er-Jahren, die immer mehr Mobilitätsdienste ermöglicht.



Elektronik und Kommunikationssysteme wurden in den letzten Jahrzehnten zu immer wichtigeren Fahrzeugkomponenten. Heutzutage werden eine Reihe wichtiger Funktionen, wie das Motormanagement und Sicherheitsfunktionen wie ABS und ESP, von einer ECU (Electronic Control Unit) mit speziellen Protokollen gesteuert. Um den korrekten Betrieb und die Leistung des Fahrzeugs zu gewährleisten, kommunizieren alle Komponenten über spezielle Protokolle auf der entsprechenden physikalischen Ebene miteinander.



Die fahrzeuginternen Kommunikationssysteme werden inzwischen in großem Umfang mit externen Telekommunikationsnetzen verbunden, was einen Datenempfang und -versand ermöglicht. Diese Entwicklung verstärkt den Anstieg des ohnehin schon großen Datenvolumens, das innerhalb des Fahrzeugs übertragen wird.

1.B. Fahrzeuginterne Dienste

Die größte Herausforderung im Automobilbereich besteht darin, ein vollständig autonomes Fahrsystem einzuführen, d. h. den Fahrer vollständig zu ersetzen. Die Automobilindustrie hat aktuell die dritte Stufe erreicht, die in der folgenden Tabelle dargestellt ist – Automobilhersteller sehen sich einem harten Wettbewerb gegenüber, wenn sie bei der vollständigen Automatisierung eine Spitzenposition einnehmen möchten.

SAE-Stufe	Bezeichnung	Beschreibung
0	No Automation (Keine Automatisierung)  AUGEN AUF HÄNDE AM LENKER	Vollständige Ausführung aller Aspekte der dynamischen Fahraufgabe durch den menschlichen Fahrer, trotz Unterstützung durch Warn- oder Interventionssysteme.
1	Driver Assistance (Fahrerassistenz)  AUGEN AUF HÄNDE AM LENKER	Die vom Fahrmodus abhängige Ausführung der Lenkung oder des Beschleunigens/des Bremsens durch ein Fahrerassistenzsystem unter Verwendung von Informationen über die Fahrumgebung, wobei erwartet wird, dass der menschliche Fahrer alle übrigen Aspekte der dynamischen Fahraufgabe ausführt.
2	Partial Automation (Teilweise Automatisierung)  AUGEN AUF VORÜBERGEHEND DIE HÄNDE WEG	Die vom Fahrmodus abhängige Ausführung der Lenkung und des Beschleunigens/des Bremsens durch ein oder mehrere Fahrerassistenzsysteme unter Verwendung von Informationen über die Fahrumgebung, wobei erwartet wird, dass der menschliche Fahrer alle übrigen Aspekte der dynamischen Fahraufgabe ausführt.
3	Conditional Automation (Bedingte Automatisierung)  VORÜBERGEHEND AUGEN WEG VORÜBERGEHEND DIE HÄNDE WEG	Die vom Fahrmodus abhängige Ausführung aller Aspekte der dynamischen Fahraufgabe durch ein automatisiertes Fahrsystem, wobei erwartet wird, dass der menschliche Fahrer auf eine Aufforderung zum Eingreifen angemessen reagiert.
4	High Automation (Hohe Automatisierung)  AUGEN WEG HÄNDE WEG	Die vom Fahrmodus abhängige Ausführung aller Aspekte der dynamischen Fahraufgabe durch ein automatisiertes Fahrsystem, auch wenn ein menschlicher Fahrer nicht angemessen auf eine Aufforderung zum Eingreifen reagiert.
5	Vollständige Automatisierung  AUGEN WEG HÄNDE WEG	Die vollständige Erfüllung aller Aspekte der dynamischen Fahraufgabe, die von einem menschlichen Fahrer bewältigt werden können, durch ein automatisiertes Fahrsystem unter allen Fahrbahn- und Umgebungsbedingungen.

Da der Mensch nun von seinen Fahrpflichten befreit ist, kann er sich auf andere Aufgaben konzentrieren, was wiederum die Entwicklung neuer fahrzeuginterner Dienste fördern wird.

Hier bieten sich zwei offensichtliche Bereiche an: Freizeit und Arbeit.

Freizeitdienste :

- Musik und Filme (4K-Filme erfordern etwa eine Bandbreite von 20 Mb/s)
- Gaming usw.

Geschäftliche Dienste:

- Telefonkonferenzen im Fahrzeug
- Zugang zu Cloud-Servern usw.

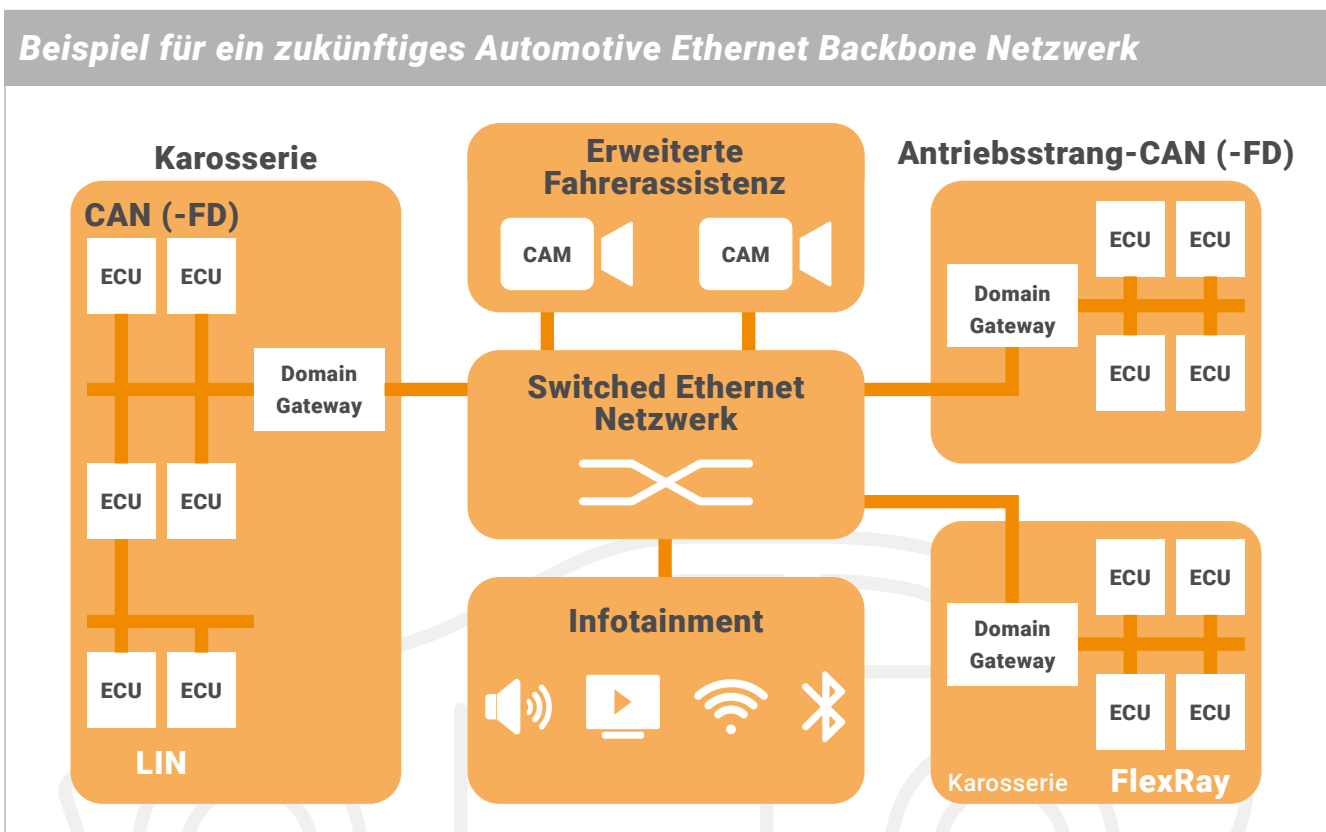
Andererseits wird die zunehmende Automatisierung eine komplexere Kommunikation zwischen autonomen Fahrzeugen und ihrer Umgebung erfordern, um die Verkehrssicherheit zu gewährleisten. So sollte ein Fahrzeug in der Lage sein, anderen Verkehrsteilnehmern seine Position, seine Geschwindigkeit und seine beabsichtigte Fahrtroute mitzuteilen, um Zusammenstöße zu vermeiden. Dies erfolgt durch die Kommunikation von Fahrzeug zu Fahrzeug (Vehicle-to-Vehicle / V2V-Kommunikation). Diese Technologie ermöglicht es Fahrzeugen, über drahtlose Kommunikation omnidirektional Nachrichten zu senden und zu empfangen.

Fahrzeuge sollten sich an die Verkehrsregelungssysteme halten, um den Verkehrsfluss zu erleichtern. Diese drahtlose und bidirektionale Kommunikation zwischen Fahrzeugen und Straßenausrüstungen wird Vehicle-to-Infrastructure (V2I) sicherstellen.

Durch autonomes Fahren wird eine riesige Menge an Daten erzeugt, die verwaltet, übertragen und verarbeitet werden muss. Die Sensoren werden Umweltdaten in digitale Daten umwandeln, die einen ebenso hohen Bandbreitenverbrauch aufweisen (20 Mb/s bei Einkanal-LiDAR (Light Detection and Ranging)).

Das eingebettete Netzwerk muss daher sehr reaktionsschnell sein, um Gefahren im Straßenverkehr sicher zu vermeiden. So legt ein Auto, das mit 130 km/h fährt, mehr als 35 Meter pro Sekunde zurück.

Und schließlich müssen vernetzte Autos ein Höchstmaß an Sicherheit und Zuverlässigkeit bieten. Wenn Menschenleben auf dem Spiel stehen, können selbst geringfügige Netzwerkausfälle schreckliche Folgen haben. Zur Gewährleistung dieser Sicherheit wird eine Hierarchie von Netzwerk-Sicherheitsstufen erforderlich. Die Trennung zwischen den Ebenen kann physisch oder softwaredefiniert sein.



Quelle: <http://automotive.electronicsspecifier.com/klimatisierung/real-time-automotive-ethernet>

2. ACOME Telecoms – Kompetenz in der Automobilindustrie

ACOME verfügt über alle erforderlichen Ressourcen, um den künftigen Herausforderungen der Automobilindustrie wirksam zu begegnen.

ACOME liefert aktuell mehr als 300.000 km Adernpaare und 5 Millionen Kilometer Glasfasern jährlich an seine Telekommunikations-Kunden, während der ACOME Automotive-Zweig jährlich rund 4 Millionen Kilometer Kabel und Drähte herstellt.

Seit der Gründung des Unternehmens vor 85 Jahren ist ACOME eng mit der Entwicklung der Telekommunikationsbranche verbunden. ACOME ist Experte für die fortschrittlichen Technologien, die für die Entwicklung und Herstellung von sicheren und zuverlässigen Kabeln für die Übertragung sensibler Daten erforderlich sind. Heute ist ACOME in der Lage, LAN-Produkte anzubieten, die den neuesten Normen entsprechen, sowie Koaxialkabel, die speziell für Mobilfunkantennen entwickelt wurden.

ISO 11801 Produktkategorien	Frequenzbereich	Bitrate (Reichweite)
Cat 5E	bis zu 100 MHz	1 Gbit/s (100 m)
Cat 6	bis zu 250 MHz	10 Gbit/s (56 m)
Cat 6A	bis zu 500 MHz	10 Gbit/s (100 m)
Cat 7	bis zu 600 MHz	10 Gbit/s (100 m)
Cat 7A	bis zu 1 000 MHz	10 Gbit/s (100 m)
Cat 8	bis zu 2 000 MHz	40 Gbit/s (30 m)

Zusätzlich zu diesem Know-how verfügt ACOME über mehr als 65 Jahre Erfahrung bei der Bereitstellung von Kabeln für Kfz-Kabelbäume.

Insbesondere hat ACOME fundierte Kenntnisse und Fähigkeiten in zwei Schlüsselbereichen und kann so spezielle Lösungen für autonome und vernetzte Fahrzeuge anbieten:

Der erste Bereich ist die Hochgeschwindigkeits-Datenübertragungstechnologie, der zweite ist unsere Erfahrung in der Automobilindustrie. Letzterer verdanken wir das eingehende Verständnis für die rauen Bedingungen, denen Automobilkabel ausgesetzt sind: Vibrationen, extreme Temperaturen, Abrieb, korrosiven Betriebsmittel usw.

3. Open Alliance, andere Normen und Empfehlungen

3.A. Vereinheitlichte Kommunikation

Von allen verfügbaren Protokollen erweist sich das von der OPEN (One Pair Ethernet) Alliance standardisierte Single Pair Ethernet als besonders vielversprechend. Obwohl die Ethernet-Technologie in der Automobilindustrie noch nicht sehr gängig ist, wird die Verfügbarkeit von einpaarigen Kabeln (die billiger und leichter sind) in Längen, die für die PKW- oder LKW-Produktion geeignet sind (15-40 Meter), diesem Protokoll eine größere Verbreitung in der Automobilindustrie ermöglichen.

Im Vergleich zu anderen Datenübertragungstechnologien hat Ethernet einige Vorteile zu bieten – darunter der weit verbreitete Einsatz in der Telekommunikationsindustrie, der die gemeinsame Nutzung des elektronischen Komponentendesigns ermöglicht, was wiederum zu Kostensenkungen führen wird. Außerdem gestatten Ethernet und IP es, Kommunikation aus verschiedenen Quellen zu vereinheitlichen. Dies könnte zukünftig dazu führen, dass Fahrzeuge eine einzige einheitliche Datenübertragungsarchitektur besitzen. Einige Funktionen, darunter auch Sicherheitsfunktionen, erfordern eine niedrige Latenzzeit und/oder dedizierte Bandbreite und können eine Dienstqualität erfordern, die Ethernet nicht standardmäßig bietet. Die großzügige Dimensionierung der Datenübertragungsarchitektur, die durch den Einsatz kostengünstiger Komponenten und Overlays (wie TSN) ermöglicht wird, gewährleistet einen sicheren Betrieb der gesamten Hardware und bietet die für diese Funktionen erforderliche Echtzeitfähigkeit und Zuverlässigkeit.

Das von BroadR-Reach initiierte und zunächst von der OPEN Alliance spezifizierte Single Pair Ethernet wird nun von der für alle Ethernet-Standards zuständigen Arbeitsgruppe IEEE802.3 standardisiert. Ursprünglich war diese Technologie auf eine Bitrate von 100 Mbit/s ausgerichtet, sie wird jedoch um weitere Geschwindigkeiten (10 Mbit/s, 1 Gbit/s und sogar mehrere Gbit/s) erweitert werden.

3.B. Speziell für die Hochgeschwindigkeitsdatenübertragung in Kraftfahrzeugen entwickelte Kabel

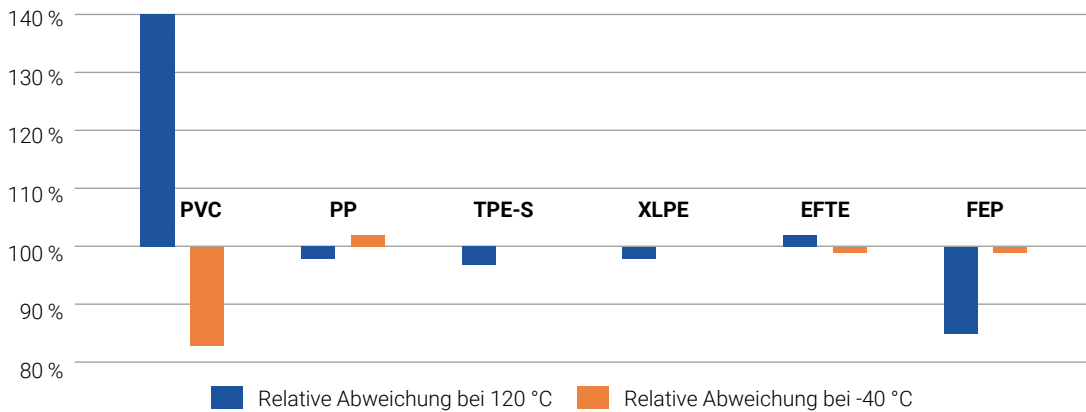
Dieser Anstieg der unterstützten Bitraten geht Hand in Hand mit dem Bedarf an hochwertigen Übertragungsmedien. Um diese Raten übertragen zu können, müssen Kabelkonstruktion und -herstellung sorgfältig kontrolliert werden, damit die Auswirkungen des Kabels auf die übertragenen Signale begrenzt werden. Auf dem Weg durch ein Kabel wird das Signal verändert: Ein Teil des Signals wird vom Kabel absorbiert (Dämpfung), ein anderer Teil zum Sender zurückgeführt (Rückflusssdämpfung). Die Signalsymmetrie spielt auch eine wichtige Rolle bei der Vermeidung elektromagnetischen Rauschens, weil die Übertragung im Differenzialmodus (oder symmetrisch) erfolgt. Um diese Parameter erfolgreich zu meistern, müssen die Kabel- und Drahtabmessungen sowie die Materialien für alle Kabelkomponenten – Leiter, Isolierung, Ummantelung und Abschirmung – strengstens kontrolliert werden.

Eine genaue Kontrolle der Abmessungen aller Kabelkomponenten ist unerlässlich. Ein Beispiel zur Veranschaulichung der Größenordnung, um die es hier geht: Eine Abweichung von 100 µm im Drahtdurchmesser für ein Paar 0,35 mm² große Drähte verändert den Wellenwiderstand um fast 10 %. Die Symmetrietoleranzen sind sogar noch anspruchsvoller.

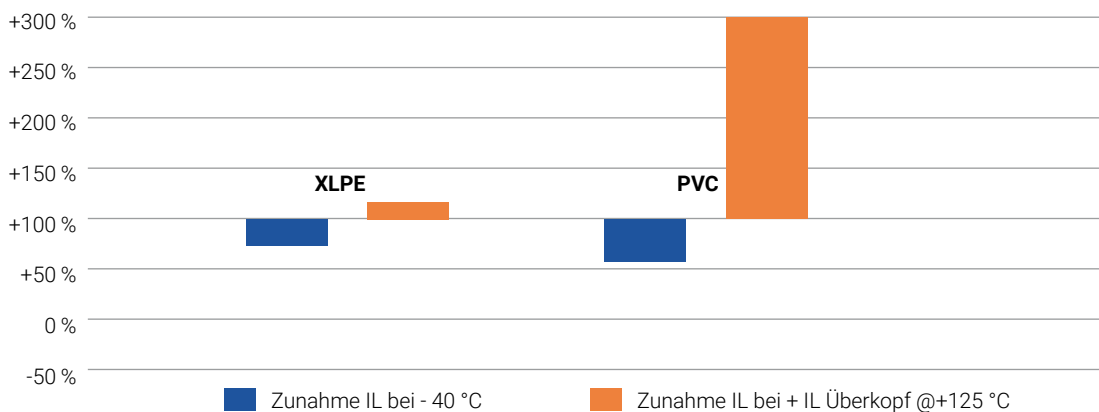
Eine ähnlich strenge Kontrolle der Isolierung und insbesondere ihrer dielektrischen Eigenschaften sind ebenfalls unerlässlich. Doch nicht nur bei der Herstellung, sondern auch unter normalen und widrigen Bedingungen (Temperatur, Alterung usw.) müssen diese Eigenschaften gewährleistet sein.

Insofern sind nicht alle Materialien und Kabelkonstruktionen gleichwertig. Insbesondere PVC bietet keine gute Signalübertragungsleistung: Seine Leistung hängt stark von der Temperatur ab, weshalb es schwierig ist, die Spezifikationen bei extrem niedrigen und hohen Temperaturen einzuhalten.

Veränderung der Kapazität mit der Temperatur (100%@20°C)



Einfluss der Temperatur auf die Dämpfung bei 1 GHz (bezogen auf 23°C)



Ein hohes Maß an Präzision beim Entwurf einer Kabelabschirmung kann auch aufgrund der Aufrechterhaltung der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) erforderlich sein, damit die notwendige Leistung ohne zusätzliche Kosten oder unnötige Gewichtszunahme erzielt werden.

Die Wahl eines Kabelherstellers, der sich mit Umweltfaktoren und Datenübertragung auskennt, stellt die Qualität und Leistung der Kabel in jeder Situation sicher.

Über ACOME

Mit seiner Erfahrung sowohl im Automobil- als auch im Telekommunikationsbereich verfügt ACOME über das nötige Wissen, um sich diesen Herausforderungen zu stellen.

Signal ist die Bezeichnung für die physikalische Form der Daten, die von einem Ende des Kabels zum anderen übertragen werden. Es handelt sich um eine elektromagnetische Welle, die Energie von einem Sender zu einem Empfänger überträgt. Der Sender erzeugt das Signal und der Empfänger muss es interpretieren, um die darin enthaltenen Informationen zu rekonstruieren. Der Kanal, der die beiden miteinander verbindet, muss jede Verschlechterung des Signals auf ein Minimum reduzieren.

Rauschen beschreibt die Menge der Ereignisse, die Energie in der gleichen Form wie das Signal enthalten, unabhängig von ihrer Quelle (nicht notwendigerweise der Sender), und die keine Informationen enthalten. Beim Empfänger wird diese Energie dem Signal hinzugefügt und stört es. Der Rauschpegel muss im Vergleich zum empfangenen Signal vertretbar sein, damit der Empfänger die Nachricht richtig interpretieren kann.

Kommunikationskanal: Die Gesamtheit der Komponenten, welche die Übertragungsverbindung (Kabel, Stecker usw.) zwischen zwei elektronischen Karten bilden. Seine elektrische Leistung muss bestimmte Kriterien erfüllen, um eine effektive Signalübertragung zu ermöglichen. Zu diesen Leistungskriterien gehören:

IL (Insertion Loss): Damit das Signal vom Empfänger richtig interpretiert und nicht durch Rauschen ausgelöscht wird, muss es beim Eintreffen am Empfangsende des Kanals über ausreichend Energie verfügen. Leider geht ein Teil der Energie bei der Übertragung durch den Kanal verloren. Die Energie, die zwischen dem Kanaleingang und dem Ausgang verloren geht, ist die IL. Diese Verluste können mehrere Ursachen haben.

Impedanz (Z_c) kann als die Umgebung interpretiert werden, auf die das Signal bei seiner Ausbreitung durch den Kanal stößt; sie hängt von Variablen wie den Kanalabmessungen, der Signalgeschwindigkeit usw. ab. Diese Umgebung muss so gleichmäßig wie möglich sein, um Reflexionen beim Übergang vom Sender zum Steckverbinder zum Kabel und umgekehrt zu vermeiden. Wir beginnen mit der Festlegung einer Nennimpedanz (z. B. 100 Ohm), der alle Komponenten so weit wie möglich entsprechen müssen.

RL (Return Loss): Wenn sich die Impedanz ändert, wird ein Teil der Energie des Signals durch den Übertragungskanal reflektiert. Dieses reflektierte Signal wird als RL bezeichnet. Diese Signalenergie fließt in umgekehrter Richtung und kann daher den Sender und/oder Empfänger stören, indem sie Rauschen erzeugt.

Nebensprechen: Wenn mehrere Kanäle nahe beieinander liegen, kann ein Teil ihrer Energie von einem Kanal zum anderen übertragen werden, was zu Nebensprechen führt. Da sich dieser Teil des Signals nicht mehr in dem ihm zugewiesenen Kanal befindet, wird er zu unerwünschter Energie und damit zu Rauschen. Wenn dieses Rauschen auf der Senderseite des Kanals ankommt, wird es als NEXT (Near End Crosstalk) bezeichnet. Tritt es auf der Empfängerseite auf, spricht man von FEXT (Far End Crosstalk). Dieses Nebensprechen ist endogen, wenn es im selben (Mehrkanal-)Kabel entsteht, bzw. exogen, wenn es in einem separaten Kabel entsteht – das sogenannte Fremdnebensprechen. Vergleicht man diesen Nebensprechpegel mit dem Dämpfungswert, ergibt sich ein Signal-Rausch-Verhältnis, das einen guten Indikator für die Gesamtqualität des Kanals darstellt. In diesem speziellen Fall wird das sich ergebende Verhältnis als Dämpfungs-Nebensprehdämpfungs-Verhältnis (ACR) bezeichnet, das entweder mit ACR-N (Nahbereich) oder ACR-F (Fernbereich) bezeichnet wird.

Asymmetrische Dämpfung: Bei der Verwendung eines verdrehten Kabels ist die Symmetrie entscheidend. Die beiden Drähte übertragen genau entgegengesetzte Signale (differentieller Übertragungsmodus), und das Paar muss perfekt symmetrisch sein, damit diese Signale über den gesamten Kanal bis zum Empfänger entgegengesetzt bleiben. Sollte dies nicht erfüllt sein, wird ein Teil der Signalenergie zu einer Gleichtakt-Störung, die abgestrahlt wird und in anderen Kanälen Rauschen erzeugt, während sie für die Übertragung verloren geht. Durch diese Asymmetrie können sich Störungen im Differenzialmodus ansammeln und den Empfänger als Rauschen erreichen, welches das Signal stört. Diese Asymmetrien können entweder eine Rückkehr des Signals zum Sender bewirken (Longitudinal Conversion Loss oder LCL) oder das Signal auf seinem Weg zum Empfänger umwandeln (Longitudinal Conversion Transfer Loss oder LCTL).

4. Vom Stromkabel zum Kommunikationsbus (Unterschiede und Herausforderungen)

Kommunikationsnetze wurden erstmals in Kraftfahrzeuganwendungen eingeführt, um elektronische Steuergeräte (ECUs) zu verbinden. Seitdem hat die Notwendigkeit, die Anforderungen der einzelnen Fahrzeugsysteme zu erfüllen, zur Entwicklung mehrerer Protokolle geführt (LIN, CAN, LVDS, CAN FD, FlexRay, MOST usw.).

Heute liegt der Schwerpunkt auf dem Ethernet-Protokoll und der Verwendung eines einzelnen Paares: So bietet dieses Protokoll eine hohe Bandbreitenkapazität und, als weitere Vorteile, niedrigere Kosten und technologische Reife. Die Angaben in diesem Abschnitt beziehen sich auf den einpaarigen Kommunikationsbus und untersuchen, inwiefern er sich von herkömmlichen elektrischen Kabeln unterscheidet und welche Herausforderungen damit verbunden sind.

4.A. Leiter

Es besteht ein erheblicher Unterschied zwischen der Konstruktion von Leitern in der Automobilindustrie und in der Telekommunikation. In der Telekommunikationsindustrie werden hauptsächlich massive (Kupfer-)Leiter verwendet, während in der Automobilindustrie mehrdrätige Leiter zum Einsatz kommen.

Aus Sicht der Telekommunikation gilt: Je kreisförmiger und regelmäßiger der Leiter ist, desto präziser ist die Drahtkonstruktion und desto höher ist die Übertragungsqualität (Abb. 1).

Aus der Sicht der Automobilindustrie gilt: Je mehr Litzen in der Leiterkonstruktion vorhanden sind, desto besser sind die mechanischen Eigenschaften des resultierenden Produkts (Abb.2).

Abb. 1
Solider Leiter

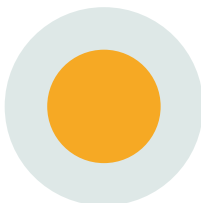
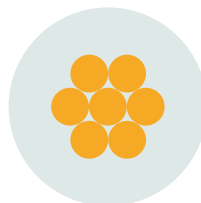
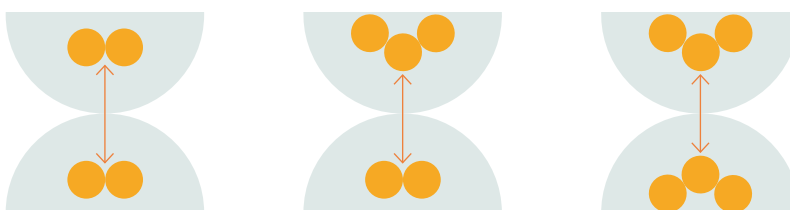


Abb. 2
Litzenleiter



Das für die Datenübertragung in Fahrzeugen verwendete Mehrstrangkonzzept ist aufgrund der Unregelmäßigkeit der äußeren Form komplexer als das kreisförmige Telekommunikationskonzept. Der Abstand zwischen den beiden Leitern variiert über die Länge des Kabels (Abb. 3), was sich auf die Leistung des Kabels und die Übertragung auswirken kann (die Stabilität der Konstruktion hängt hauptsächlich von der Impedanz – Z_c – ab).

Abb. 3
Abstand zwischen den Leitern



Für eine detailliertere Erklärung des Verhaltens von zusammengesetzten Leitern ist es zunächst erforderlich, den Skin- und den Proximity-Effekt zu verstehen.

Als Leiter kann jedes leitfähige Material verwendet werden, doch nutzt man in der Telekommunikationsbranche und in der Automobilindustrie heutzutage vor allem Kupfer. Es gibt jedoch Alternativen. Kupferlitzen (oder kupferbasierte

Materialien wie Kupferlegierungen, verzinnertes Kupfer usw.) werden von der Automobilindustrie aufgrund ihrer Flexibilität, ihrer mechanischen Eigenschaften und ihrer elektrischen Lebensdauer bevorzugt (Abb. 4).

Bei einigen Anwendungen können sich Feuchtigkeit/Wasser oder die Temperatur auf blanke Kupferlösungen auswirken; in diesem Fall kann verzinnertes Kupfer eine Lösung sein. Verzinnertes Kupfer hat eine viel längere Lebensdauer als blankes Kupfer und bietet eine ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit, insbesondere unter nassen Bedingungen (Korrosion, fortschreitende Ermüdung und Bruch).

Abb. 4

Typ des Leiters



Über ACOME

ACOME zieht und verseilt die Litzen im eigenen Haus und hat die volle Kontrolle über den Qualitätsprozess der Leiter.

4.B. Geometrie – wo Automobilbranche und Telekommunikation aufeinandertreffen

In der Telekommunikation ist eine hochpräzise Konstruktion von Twisted-Pair-Kabeln unabdingbar, um einen gleichmäßigen Abstand zwischen den beiden Leitern und so die Stabilität der Kapazität und damit des Wellenwiderstands sicherzustellen.

Das Konsortium der Automobilindustrie für den Ethernet-Kommunikationsbus hat 100 Ohm als Standard für den Kabelwellenwiderstand und für andere kabelbezogene Komponenten festgelegt. Fachwissen im Bereich variabler Geometrie ist unabdinglich, um die Einhaltung der richtigen Parameter zu gewährleisten. In der Automobilindustrie ist eine Konzentrität von über 80 %, bei Telekommunikationsanwendungen eine Konzentrität von mehr als 95 % gefordert. Die Automobilindustrie nähert sich aktuell jedoch den Werten der Telekommunikation an, damit auch sie die besten Übertragungsparameter erzielt.



Leiterkonzentrität ($D1 \neq D2$) als Ergebnis der in beiden Branchen gewonnenen Erfahrungen mit der Zentrierungsstabilität

Wie bereits erwähnt, hängt der Wellenwiderstand (Z_c) mit der Kapazität (C) und somit mit Variablen wie Dielektrikum (ϵ_r), Leiter (d), Design und Abmessungsspezifikationen zusammen. Daher ist es wichtig, dass die Leiter im Querschnitt möglichst kreisförmig sind (D), um Abstandsunterschiede zu vermeiden.

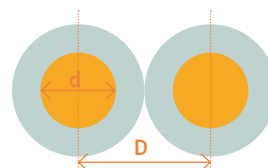
Ausgedrückt wird dies durch die folgende Formel:

Abb. 5

Formel für Wellenwiderstand

In HF: $Z_c = \sqrt{\frac{L}{C}}$

$$C = \frac{\pi \cdot \epsilon_o \cdot \epsilon_r}{L_n \left(\frac{D}{d} + \sqrt{\left(\frac{D}{d} \right)^2 - 1} \right)}$$

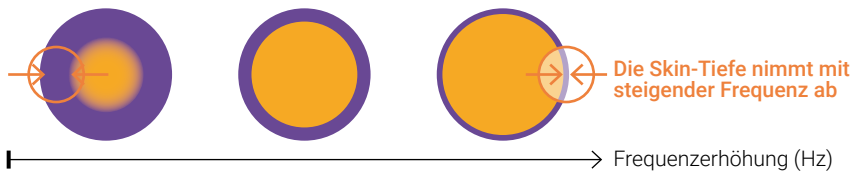


Wobei gilt: $\epsilon_o = 8,84 \times 10^{-12} \text{F/m}$

Um zu verstehen, was hier im Einzelnen geschieht, müssen wir den Skin- und den Proximity-Effekt näher betrachten. In einem massiven isolierten Leiter ist der Skin-Effekt die Tendenz des Stroms, sich mit zunehmender Frequenz außerhalb der Mitte des Leiters zu bewegen. Bei hohen Frequenzen verteilt sich der Strom somit auf einen geringeren Querschnitt, was den Widerstand erhöht (Abb. 6).

Verteilung des Stroms
in lila

Abb. 6
Skin-Effekt



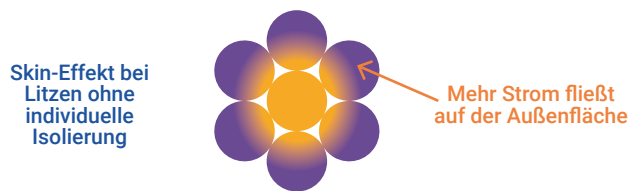
Wenn zwei isolierte Leiter nahe beieinander liegen, ändert sich die Stromverteilung und konzentriert sich auf die Oberfläche der benachbarten Leiter: der so genannte Proximity-Effekt. Wie beim Skin-Effekt gilt auch hier: Je höher die Frequenz, desto stärker verändert sich die Oberflächenkonzentration (Abb. 7).

Abb. 7
Proximity-Effekt



Mehrdrähtige Leiter sind in dieser Hinsicht im Nachteil, da der Strom weniger gleichmäßig konzentriert wird als in einem massiven Leiter und die Lücken zwischen den Litzen den Skin-Effekt infolge der Magnetfelder an der Oberfläche der einzelnen Litzen verstärken.

Abb. 8



Über ACOME

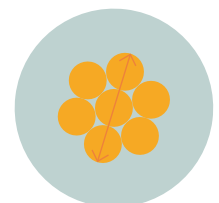
ACOME ist ein anerkannter Experte und Lieferant für die Telekommunikationsbranche und kann auf über 85 Jahre an Erfahrung in der Entwicklung von Datenübertragungslösungen zurückblicken, die auf einer minutiösen Kontrolle der Kabelgeometrie und dem Einsatz hochpräziser Verfahren basieren.

4.C. Isolierung

Für eine gute Signalübertragung durch das Kabel kommt es bei der Isolierung vor allem auf die dielektrischen Eigenschaften an. Dies ist einer der wichtigsten Punkte bei Telekommunikations- als auch für Automobilanwendungen. Dielektrische Eigenschaften und ihre Stabilität unter rauen Umgebungsbedingungen sind entscheidende Faktoren, welche die langfristige Leistungsfähigkeit von Kabeln beeinflussen.

Abb. 9

Isolierter
Draht
Isolierung:
dielektrische
Eigenschaft

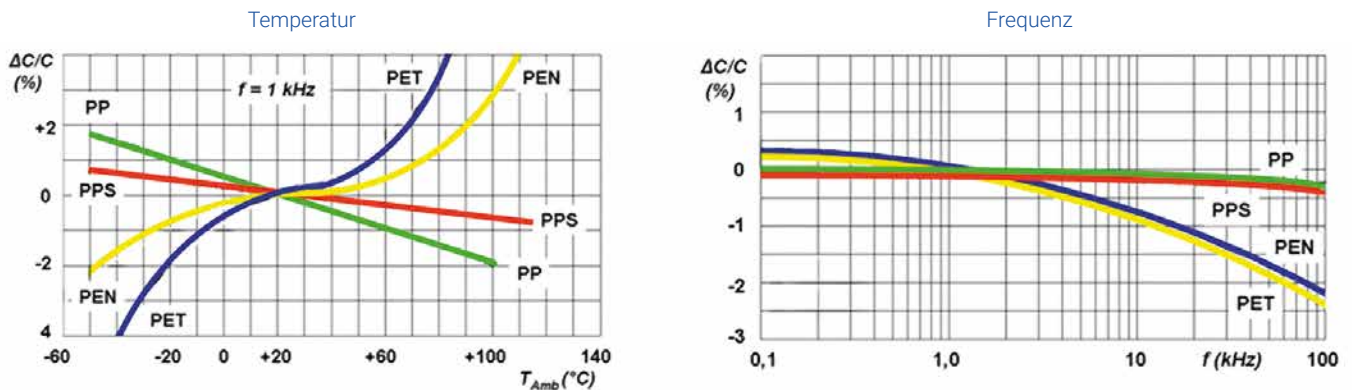


Über das Material

Die in Thermoplasten verwendeten Füllstoffe wirken sich auf die dielektrische Leistung aus und müssen sorgfältig spezifiziert werden, um die erforderliche Feuer-/Hitzebeständigkeit zu erreichen. Der Zusatz von Füllstoffen zu einem natürlichen Polymer wirkt sich auf die Dielektrizitätskonstante des Materials aus. Beim Einsatz bei einem Paar beeinflusst dieser Faktor dessen Wellenwiderstand und Kapazität.

Im Einsatz

Temperatur und Frequenz sind zwei Faktoren, die sich auf die Dielektrizitätskonstante des Materials auswirken können, wobei die Art dieses Einflusses je nach Material verschieden ist.



Quelle: https://en.wikipedia.org/wiki/Film_capacitor

PVC ist eines der Materialien, die in der Automobilindustrie verwendet werden. Es ist jedoch eindeutig instabil bei Temperatur- und Frequenzänderungen und sollte bei Übertragungsanwendungen vermieden werden.

Umgekehrt bieten PP- und PE-basierte Materialien eine recht gute Stabilität in Bezug auf Transmission und thermomechanische Leistung und sind dabei kostengünstig.

Für Hochtemperaturanwendungen müssen andere Materialien in Betracht gezogen werden, welche die Anforderungen besser erfüllen können.

Ein weiterer entscheidender Faktor ist die Form des Materials. So wird beispielsweise in der Telekommunikationsindustrie häufig geschäumtes Material verwendet. Das Einblasen von Gas in die Isolierung verringert die Dielektrizitätskonstante und erhöht die Leistung. Aber die Verwendung von Schaumstoff für Anwendungen in rauen Umgebungen ist nicht selbstverständlich, da er die mechanischen Eigenschaften der Isolierung beeinträchtigt.



Über ACOME

ACOME entwickelt seine eigenen Compounds und verfügt über die notwendigen Kapazitäten, um genau die Materialspezifikation zu entwickeln, die zur Erfüllung der Kundenwünsche erforderlich ist und den Extrusionsparametern entspricht.

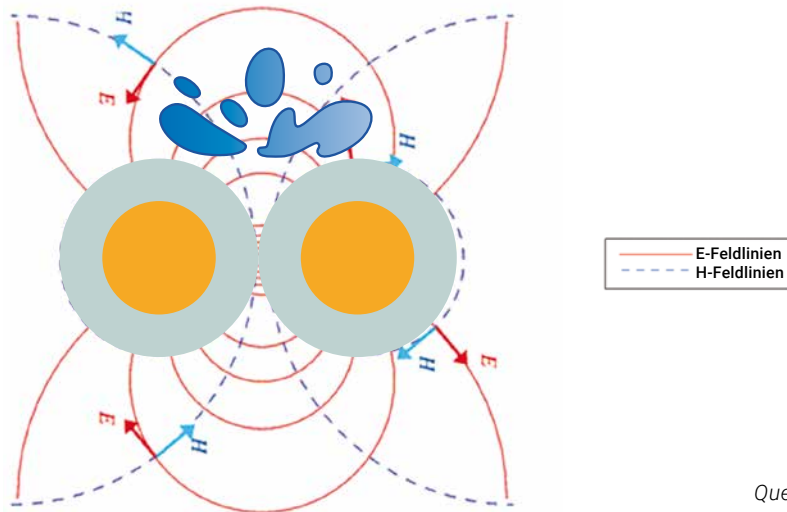
4.D. Umgebung des Leiterpaares

Höhere Frequenzen erhöhen die Empfindlichkeit der Lösung, indem sie die Skin-Tiefe verringern und die Konzentration der elektromagnetischen Wellen erhöhen. Die Lösungen müssen daher möglichst stabil in ihrer Konstruktion sein.

Wie die Frequenz beeinflusst auch die Temperatur die dielektrischen Eigenschaften der für die Isolierung verwendeten Materialien. Die Kapazitätsformel für das Paar (Abb. 6) enthält die dielektrische Variable. Diese Formel beeinflusst auch den Wellenwiderstand.

Auch die Feuchtigkeit zwischen den beiden verdrehten Drähten kann den Wellenwiderstand und die Übertragung beeinflussen. Wenn sich ein anderes Material zwischen zwei Drähten befindet, die mit einem dielektrischen Material verbunden sind, beeinträchtigt dies im Allgemeinen sowohl den elektrischen Fluss als auch die Kapazität. Zur Vermeidung solcher Probleme sollte bei der Konstruktion des Kabels eine Ummantelung erwogen werden.

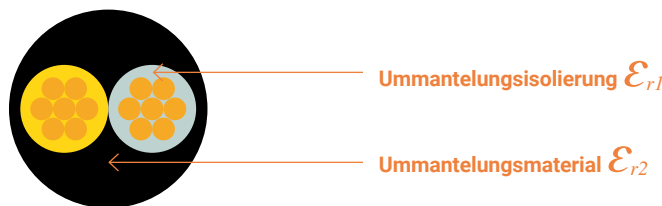
Abb. 10
EH-Muster
zwischen einem
parallelen Paar
gleichartiger Drähte



Quelle: <https://www.st-andrews.ac.uk>

Wenn ein Material absichtlich zwischen Drähte eingefügt wird, wie es bei einer Vollummantelung der Fall ist, ändert sich die Dielektrizitätskonstante. Selbst wenn die Merkmale des Materials und seine dielektrischen Eigenschaften bekannt sind, bietet die Kapazitätsformel kein ausreichendes Maß an Zuverlässigkeit, was die Vorhersage von Ergebnissen erschwert, so dass eine neue Dielektrizitätskonstante ermittelt werden muss.

Abb. 11
Ummanteltes Paar



Über ACOME

Das ACOME-Ingenieurteam verwendet intern entwickelte Berechnungsprogramme sowie spezielle CAD-Systeme zur Simulation von Definitionen für komplexere Lösungen.

4.E. Verdrehte Verkabelung

Die Art und Weise, wie das verdrehte Kabelpaar zusammengesetzt ist, stellt eine weitere Variable dar, da die Länge der Verdrehung die Stabilität der Abmessungen und damit die Signalübertragung beeinflussen kann. Wenn Drähte eng miteinander verdreht werden, üben die Isolierungen der einzelnen Drähte Druck aufeinander aus. Dies kann zu Verformungen führen.

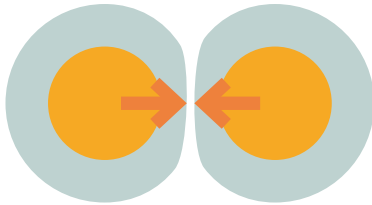
Die Drähte müssen so fest zusammengefügt werden, dass kein Spiel zwischen ihnen entsteht, dürfen aber nicht so stark verdreht werden, dass sie mechanisch stark belastet werden oder gar brechen.

Seilung der Drähte



Andererseits kann ein zu geringer Druck während des Verdrellens zu einer Instabilität der Signalübertragung führen, wenn die Drähte zu locker verbunden sind.

Abb. 12
 Druck durch Drähte



Geometrische Änderungen können sich auf die Kapazität auswirken, indem sie die Leiter näher zusammenbringen und den Bereich der elektrischen Flussübertragung verändern.

Diese Veränderungen ergeben sich nicht nur aus der Paarverseilung und der Schlaglänge, sondern auch aus der Weichheit des Materials. Die Auswahl des Materials ist also sehr wichtig. Eine kurze Schlaglänge erhöht, wie bereits erwähnt, die Durchdringung der beiden Materialien und verändert den Abstand zwischen den Leitern. Auch Temperaturschwankungen können die Materialeigenschaften verändern, so dass die Wahl des passenden thermoplastischen Materials wichtig ist.

Über ACOME

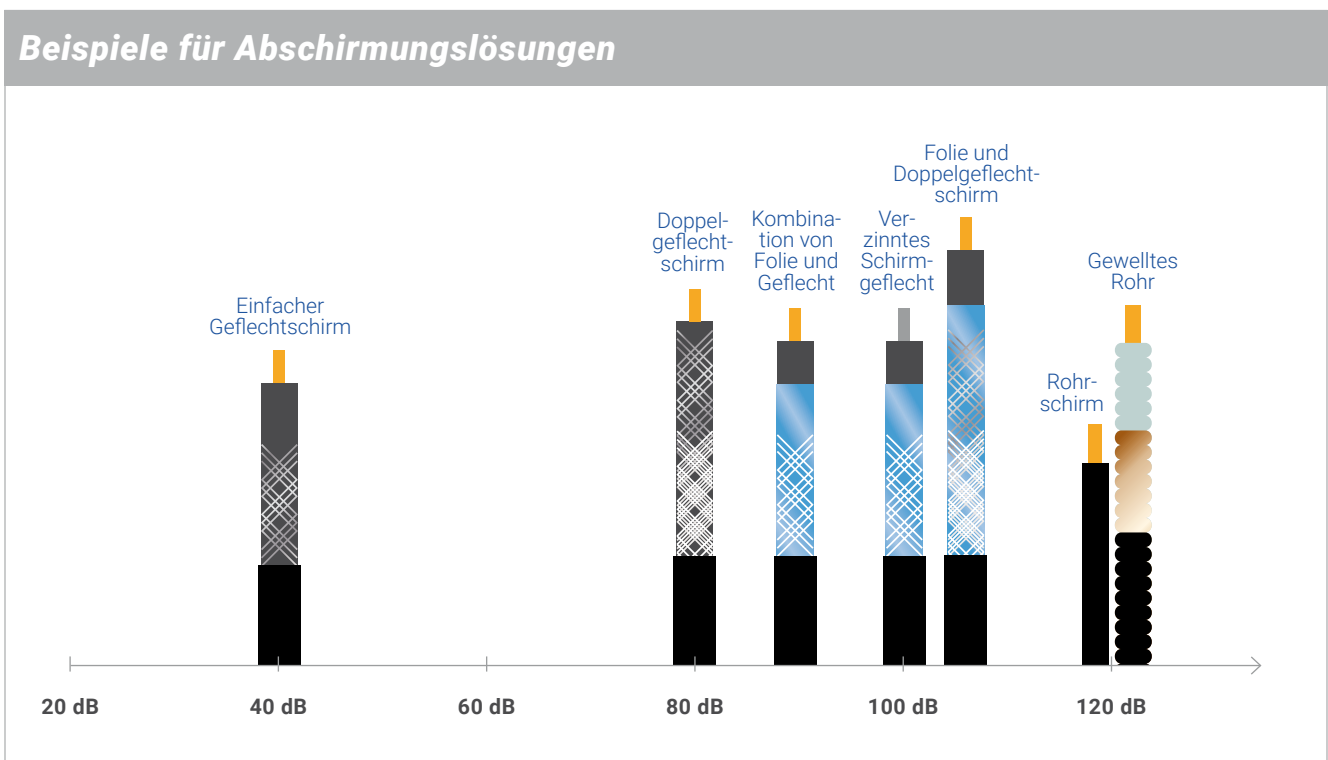
Die ACOME-Labore analysieren Baugruppen und entwickeln und produzieren neue Materialien, um Probleme bei der Kabelkonfektionierung zu vermeiden.

4.F. Abschirmung

Während die schiere Anzahl der elektrischen und elektronischen Geräte im Auto zunimmt, werden die Geräte selbst immer kleiner. Diese Miniaturisierung der Geräte ist eine Antwort auf die Herausforderung der Gewichtsreduzierung. Eine Verringerung der Systemgröße verringert nicht die Fähigkeit der Systeme, elektromagnetische Wellen auszusenden – das wirkt sich direkt auf die Komplexität der Kabel und die Herstellungskosten aus. Da immer mehr Elektronik in die verschiedenen Bereiche des Autos Einzug hält, wird es entsprechend immer schwieriger, elektromagnetische Störungen zwischen Geräten und Systemen einzudämmen.

Die Abschirmung beeinflusst Effizienz, Dämpfung, Flexibilität und Kosten.

Das folgende Diagramm zeigt einige Beispiele für Abschirmungslösungen.



Im Allgemeinen werden für Datenübertragungskabel Metallfolien (z. B. Aluminium) und Metallgeflechte (z. B. verzinnertes Kupfer) verwendet. Die Wirksamkeit der Abschirmung wird durch die Übertragungsimpedanz (mOhm) oder die Schirmdämpfung (dB) definiert.

Die Abschirmwirkung von Metallfolien hängt in erster Linie von der Foliendicke und dem verwendeten Montageverfahren ab.

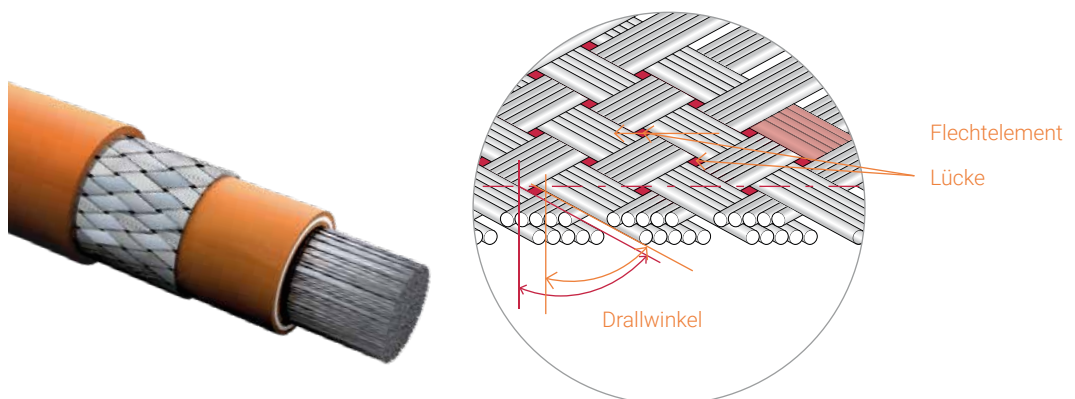
Abb. 13
Geschirmte
verdrillte Leitung



Die Abschirmwirkung von Metallgeflechten hängt nicht nur von der optischen Rückgewinnung ab, sondern auch von vielen anderen Faktoren: Anzahl der Litzen, Größe der Litzen, Winkel, Spaltgröße und Schlaglänge.

Um den besonderen Anforderungen der Automobilindustrie gerecht zu werden, gilt es, die Flexibilität sicherzustellen: durch die Verwendung der kleinstmöglichen Litzen und des kleinstmöglichen Drallwinkels bei gleichzeitiger Gewährleistung der Abschirmwirkung.

Abb. 14
HV-Kabel
(Geflechtabschirmung)



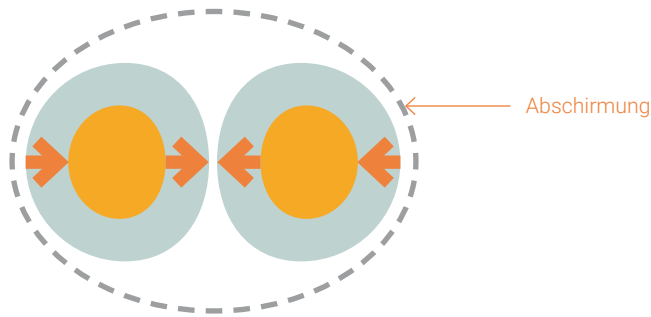
Über ACOME

ACOME verfügt über ein langjährige Expertise bei Abschirmungstechniken für Telekommunikationsanwendungen und hat eigene Verfahren und Lösungen entwickelt. Dieses Know-how wird auch von ACOME Automotive genutzt, dessen Abschirmungslösungen nun von 0,13 mm² bis 100 mm² und mehr reichen.

4.G. Montage der Abschirmung

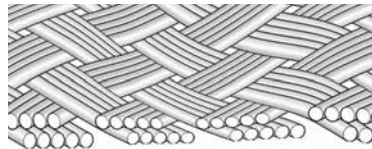
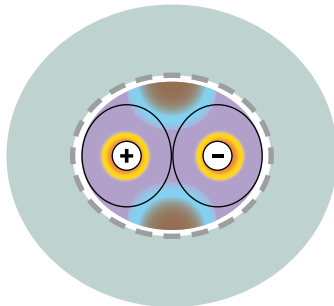
In Anbetracht der Komplexität der Verkabelungsarchitekturen, der externen Umgebungsstörungen und der kabelinternen Störungen ist es sehr wichtig, zusätzliche Funktionsprobleme durch Abschirmung zu vermeiden. Die Art und Weise, wie die Abschirmungselemente zusammengesetzt werden, hängt in erster Linie vom erforderlichen Schutzniveau ab und kann sich letztlich auf das Verhalten des Kabels sowie auf seine elektrische Leistung auswirken. Bei Datenkabeln ist das Hauptproblem das Nebensprechen. Da elektromagnetische Störungen die Kabel- und Messparameter beeinflussen können, müssen Abschirmungen so effizient sein, dass externe elektromagnetische Störungen das durch das Kabel laufende Signal nicht beeinträchtigen. Der Aufbau der Abschirmung kann zusätzlichen Druck auf verdrillte Drähte ausüben, was sich wiederum auf deren

Abb. 15
Geschirmte
Version



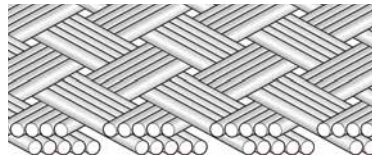
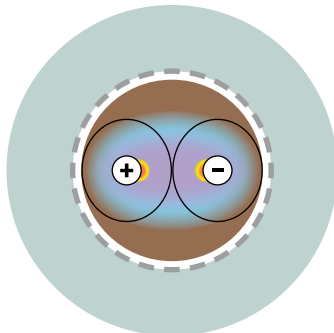
Die Nähe der Abschirmung beeinflusst die elektrische Übertragung. Hier kommt wieder der Proximity-Effekt zum Tragen, der sich aus der Nähe der metallischen Abschirmelemente zum isolierten Leiter ergibt. Asymmetrische Folien- und Geflechtaufbauten können ebenfalls die Stromverteilung stören.

Abb. 16
Asymmetrische
Abschirmung



Eine Lösung zur Vermeidung des Proximity-Effekts besteht darin, die Abschirmung von den Leitern zu trennen.

Abb. 17
Symmetrische
Abschirmung



Die Frequenz wird die beste Lösung bestimmen. Je höher die Frequenz, desto geometrisch genauer und symmetrischer muss das Kabel sein. Dies kann sich auch auf die Abschirmung und das Gewicht auswirken.

Über ACOME

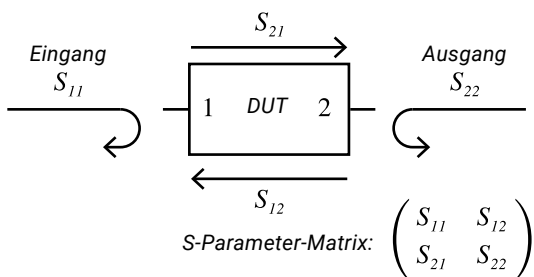
Die fachübergreifende Expertise von ACOME in der Anwendung verschiedener Abschirmungsmethoden, von Hochspannungs- bis zu Datenkabeln, ist in den Branchen unserer Kunden bekannt und genießt hohes Ansehen. Sie ist das Ergebnis unserer Möglichkeiten, eigene Produkte im hauseigenen Testlabor und den dazugehörigen Einrichtungen zu entwickeln.

5. ACOME-Empfehlungen zur Metrologie

5.A. Unterschiedliche Messungen für unterschiedliche Anwendungen

Kabel und Komponenten erfordern eine Reihe verschiedener Messungen, von denen jede wichtig ist, weil sie eine bestimmte Art von Leistung charakterisiert: Übertragungsmessungen (in Bezug auf Frequenz oder Zeit), Symmetriemessungen und EMV-Messungen.

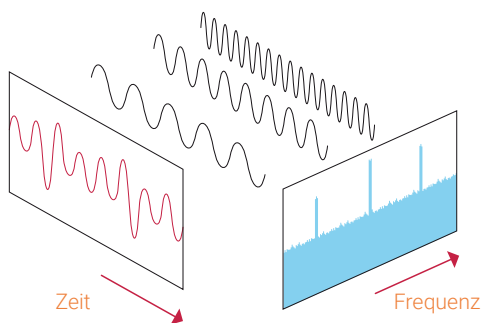
1. S-Parameter



Bei der Messung von Übertragungsparametern werden IL, Impedanz und RL (das die gleiche Anzeige wie die Impedanz liefert) an einem einzigen Paar gemessen. Bei mehreren Paaren müssen auch die Nebensprechparameter NEXT und FEXT gemessen werden. Bei dieser Messung wird Energie in Form einer HF-Welle durch das zu prüfende Element übertragen und gemessen, wo und wie diese Energie abgestrahlt wird. Anschließend wird eine Matrix erstellt, welche die Verteilung der Energieabgabe (Streuparameter oder S-Parameter) darstellt.

2. Wellenwiderstand

Die Messung des Wellenwiderstands wird verwendet, um die Kompatibilität zwischen einem Element eines Übertragungskanal und dem Rest des Kanals zu überprüfen. Jede Veränderung der Impedanz im Übertragungskanal führt nämlich zu Reflexionen, bei denen ein Teil des Signals zum Sender zurückgeworfen wird. Es geht dabei nicht nur ein Teil der Energie für die Übertragung verloren, die reflektierte Energie kann auch den Sender stören. Diese Störung ist umso kritischer, wenn wie bei Twisted-Pair-Ethernet-Kabeln die Verbindungen auf demselben Kanal bidirektional erfolgen (wenn Informationen auf demselben Paar gleichzeitig in beide Richtungen übertragen werden, spricht man von einer Vollduplex-Verbindung).



3. Frequenzmessung

Frequenzmessungen werden durchgeführt, um die Kabel- oder Kanalbandbreite zu charakterisieren. Für Signale vom Typ Ethernet, die im Basisband übertragen werden, muss die Bandbreite vom Dauersignal (0 MHz) bis zur maximal verwendeten Frequenz (66 MHz bis 200 MHz gemäß den Parametern 100 MHz und 600 MHz für 1 Gbps) offen sein. Für modulierte Übertragungen, die vor allem für Funkverbindungen verwendet werden, muss nur ein schmales Band aktiv sein (obwohl die Leitungssysteme über breite Bänder laufen). In der Praxis führen die Längen, über die Kabel gemessen werden, dazu, dass die niedrigeren Frequenzen nicht mehr

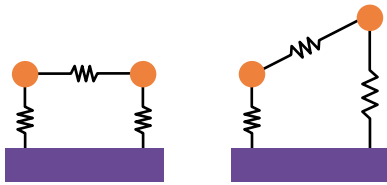
die Qualität des Kabels widerspiegeln, sondern die der Messung und der Systemeignung. Wenn also garantierte Bandbreite und IL-Messung über das gesamte Band erforderlich sind, ist die RL-Messung nur ab 4 MHz über 100 m und 40 MHz über 10 m relevant.

4. Zeitbereichsmessung (TDR)

Einige Zeitparameter, insbesondere die Impedanz, können auch mit TDR (Time Domain Reflectometry) gemessen werden. Diese Art der Messung zeigt, wie sich die Impedanz im gesamten Kanal ändert, und ist daher vor allem

bei wahrscheinlicher Impedanz von großer Bedeutung. Ein einzelnes Kabel, das auf eine Trommel gewickelt ist oder auf einer Bank liegt, weist nur geringe Abweichungen auf. Aber diese Messung kommt zum Tragen, wenn es darum geht, die Auswirkungen eines Steckverbinders oder einer bestimmten Kabelführung bei der Installation in einem Fahrzeug (enge Kurven, Durchgang durch Schotte oder andere Strukturen usw.) zu beurteilen. Es kann auch für die Messung kürzerer Komponenten (typischerweise Steckverbinder oder kurze Kanäle) nützlich sein.

5. Messung der Symmetrie



Symmetrische und asymmetrische gekoppelte Leitungen

Die Symmetrieparameter LCL und LCTL (bzw. TCL und TCTL) werden in Bezug auf die Frequenz gemessen und erfordern einen speziellen Aufbau. Bei der Messung von Übertragungsparametern im symmetrischen (oder Differential-)Modus handelt es sich um eine hybride Messung der Symmetrieparameter: ein asymmetrisches Signal wird in das System eingespeist, das auf Symmetrie gemessen werden soll. Diese Messung ist relevant, weil die Transceiver nur für den symmetrischen Modus empfindlich sind und daher der

Teil des Signals, der in asymmetrischer Form ankommt, für sie nicht nutzbar ist. Am wichtigsten ist, dass elektromagnetische Störungen in der Regel in Form von asymmetrischer Energie auftreten, so dass eine Umwandlung in der Verkabelung symmetrisches Rauschen erzeugt, auf das der Empfänger sehr empfindlich reagiert. Durch die Symmetrie wird also die elektromagnetische Störfestigkeit des Systems weiter verbessert.

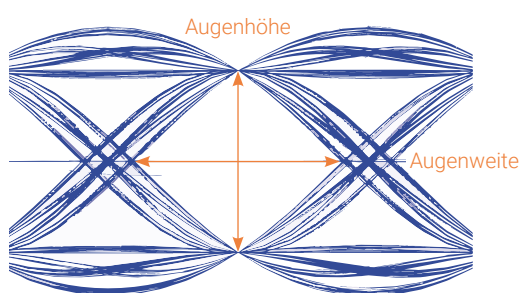
6. EMV-Messung



Eine weitere Messung dient der Charakterisierung der EMV-Leistung von Kabeln, um die elektromagnetischen Störungen zu quantifizieren, die das Kabel in seiner Umgebung erzeugt, und umgekehrt

die Anfälligkeit des Kabels für externe Störungen. Bei niedrigen Frequenzen wird das Kabel durch seine Übertragungsimpedanz (Z_t) charakterisiert, bei hohen Frequenzen durch die Kopplungsdämpfung (A_c , für Paare) und die Schirmdämpfung (A_s , für einadrige Koaxial-, Strom- und andere Kabel). Diese Messungen sind für geschirmte Kabel geeignet.

7. Augendiagramm



Die letzte Möglichkeit ist die Erstellung eines Augendiagramms mithilfe einer Oszilloskopanzeige. Diese Messung eignet sich nicht für passive Komponenten wie Kabel, Steckverbinder oder sogar Kanäle, sondern stattdessen für komplette Systeme, welche die elektronischen Zielkomponenten umfassen. Dieser visuelle Test misst die Qualität des Signals an einem bestimmten Punkt des Kanals, indem er abschätzt, wie leicht ein Empfänger in der Lage wäre, zwischen den verschiedenen Signalpegeln zu unterscheiden. Er ist daher ein nützlicher Test für Elektronik- und Gerätehersteller.

Durch den Vergleich mehrerer Augendiagramm-Messungen, die an verschiedenen Punkten des Kanals vorgenommen wurden, und die Analyse der Ergebnisse können die Einflüsse von Verkabelungseigenschaften wie IL, RL oder mangelnder Bandbreite im Kanal hervorgehoben werden. Die neuesten Messgeräte sind sogar in der Lage, aus den Messungen dieser Kanaleigenschaften Augendiagramme zu erstellen. Diese Art der Messung erfordert jedoch besondere Vorkehrungen, da die Erstellung von Augendiagrammen auf Simplexverbindungen beschränkt ist. Da es sich bei Twisted-Pair-Ethernet-Verbindungen um Vollduplex-Verbindungen handelt, sind spezielle Übertragungsmodi zur Vermeidung von Rücklaufsignalen notwendig sowie ein Testmodus, der die richtigen Signale der verwendeten Sender erzeugen kann. Darüber hinaus erschwert die Verwendung fortschrittlicher Kodierung, Vorkodierung und Echounterdrückung bei modernen Ethernet-Protokollen die direkte Interpretation von Augendiagrammen erheblich. Dieser Test ist daher am nützlichsten bei bestimmten Protokollen, die für seine Methode am besten geeignet sind, er kann aber auch bei der Diagnose oder Validierung bestimmter Verbindungen hilfreich sein.

5.B. Fachkundige Kontrolle der Messverfahren

Da eine wirksame Qualitätskontrolle von der Fähigkeit abhängt, Produkte zu vergleichen und ihre Kompatibilität mit den zu übertragenden Protokollen zu gewährleisten, sind eindeutig festgelegte Messverfahren unerlässlich. Einzelne Messverfahren für Übertragungsparameter oder Parameter der elektromagnetischen Verträglichkeit werden von den verschiedenen Normungsgremien (IEEE, Open Alliance, IEC usw.) festgelegt. Die Einhaltung dieser Empfehlungen ist sehr wichtig, aber Fachwissen und die Durchführung von Messproben sind ebenso unerlässlich, insbesondere bei Einzelteilen. Es muss möglich sein, alle anderen Komponenten auszuschließen, und vor allem beim Anschluss an das Messgerät sollte besonders sorgfältig vorgegangen werden. Besonders wichtig ist auch die Implementierung von Messungen zur elektromagnetischen Verträglichkeit. Eine mangelhafte Interpretation oder die Interpretation durch eine unerfahrene Person kann zu Leistungsergebnissen führen, die eher für die Implementierung als für das Produkt selbst repräsentativ sind.

Über ACOME

Dank seiner umfassenden Erfahrung in der Qualitätskontrolle und Inspektion von Telekommunikationskabeln beherrscht ACOME alle diese Arten von Messungen. Wir führen auch vergleichende Testkampagnen mit Forschungs- und Akkreditierungslaboren durch, um sicherzustellen, dass die Ergebnisse in jeder Laborprüfungs Umgebung konsistent wiederholbar sind. So gewährleisten wir zuverlässige und direkt vergleichbare Messungen, die wiederum die Grundlage für die Zuverlässigkeit des Endprodukts bilden. ACOME ist auch Mitglied in den Normungsgruppen für diese Messmethoden. So sind wir über die Best Practices stets informiert und können unsere Erfahrung mit der Community teilen.

Um die Eigenschaften jedes Bauteils genau widerzuspiegeln, werden die Messmethoden an die jeweilige Art von Bauteil angepasst und sind daher von Typ zu Typ unterschiedlich. Es müssen Einzelmessungen an kompletten Kanälen und an der Implementierung der einzelnen Kanalelemente vorgenommen werden. Alle Kanalelemente müssen nach dem neuesten Stand der Technik implementiert werden, um die bestmögliche Leistung zu gewährleisten. So gilt es beispielsweise bei der Verwendung von Differenzialübertragungselementen zu beachten, dass die Symmetrie im gesamten Kanal gewährleistet ist und eine Trennung der beiden Leiter vermieden wird – ist dies nicht der Fall, wird die Gesamtleistung beeinträchtigt. In ähnlicher Weise ist eine Abschirmung nur dann wirksam, wenn sie an beiden Enden des Kanals angeschlossen ist und die Grenze eines geschlossenen Raums bildet, in dem sich elektromagnetische Störungen nicht ausbreiten können. Bei falschem Anschluss kann die Leistung der Abschirmung vollständig zunichte gemacht werden oder in manchen Fällen sogar kontraproduktiv sein, da die Abschirmung wie eine Antenne wirkt, die alle Umgebungsstörungen auffängt. Jede Komponente muss dem neuesten Stand der Technik entsprechen, um die bestmögliche Leistung des Gesamtsystems zu gewährleisten.

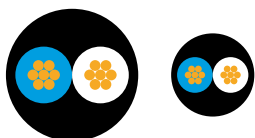
Über ACOME

ACOME verfügt über umfassendes Know-how in all diesen Bereichen und liefert zuverlässige Messungen, welche die intrinsische Leistung seiner Kabel genau wiedergeben.

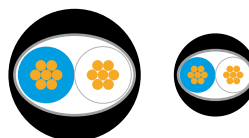
6. Produktempfehlungen von ACOME

Auf der Grundlage der zuvor in diesem White Paper gegebenen Empfehlungen und mit dem ständigen Bestreben, hochzuverlässige und qualitativ hochwertige Lösungen zu liefern, ist ACOME der Ansicht, dass die unten gezeigte Twisted-Pair-Lösung mit den aktuellen 100-Mbps- und 1-Gbps-Ethernet-Protokollanwendungen konform ist:

J-UTP
Ummanteltes,
ungeschirmtes
verdrilltes Kabelpaar
(0,35 mm²/0,13 mm²)



STP
Geschirmte
verdrillte Leitung
(0,35 mm²/0,13 mm²)



Eine optimale Definition ist unabdingbar, um eine zu hohe Lösungsqualität zu vermeiden; das Ziel ist es, das richtige Produkt für die richtige Anforderung zu definieren, wobei es natürlich sehr wichtig ist, die Vorteile jeder Lösung zu verstehen.

	Bauart	Visuelles Modell	Vorteile	Nachteile
UTP	Standard verdrillte Zweidrahtleitung			Keine Stabilität
	ACOME SIP (Paar mit statischer Impedanz)		Stabile Geometrie auch ohne Ummantelung Leichteste Lösung	Problem mit der Verbindung
J-UTP	Mantelrohr + Standard verdrillte Zweidrahtleitung		Leichtere Lösung im Vergleich zum Druckmantel	Potenzielle Signalstörungen durch lose Drähte, auch wenn diese ummantelt sind Passt nicht auf versiegelte Anwendung
	Druckmantel + Standard verdrillte Zweidrahtleitung		Alternative zum Druckmantel	Zusätzliches Teil
	Druckmantel + Standard verdrillte Zweidrahtleitung + Band		Stabile Geometrie/Signal	Schwerste J-UTP-Lösung
STP	Druckmantel + Geflecht + Folie + Standard verdrillte Zweidrahtleitung		Lösung für hohe Anwendungshäufigkeit Geringste Abmessungen	Hoher Umwandlungsmodus
	Druckmantel + Geflecht + Folie + Druckmaterial + Standard verdrillte Zweidrahtleitung		Stabile Definition Niedrigerer Umwandlungsmodus	Schwerste J-UTP-Lösung

Das Konzept der Produktdefinition hängt von zahlreichen Parametern ab, und ACOME hat eine Reihe von Empfehlungen formuliert, die auf den Erfahrungen aus der Telekommunikations- und Automobilindustrie und den neuen Herausforderungen der Datenübertragung basieren.

Bei den Leitern empfiehlt sich die Verwendung von blankem Kupfer oder einer Kupferlegierung, wo immer dies möglich und für die jeweilige Anwendung machbar ist.

Wie bereits erwähnt, sollte verzinnertes Kupfer für Konstruktionen in Betracht gezogen werden, bei denen besondere technische Probleme auftreten. Im Hinblick auf die Abmessungen, die größere Regelmäßigkeit der Form und die Notwendigkeit, eine höhere Anwendungshäufigkeit zu bewältigen, hat ACOME die folgenden Stufen definiert:

- Komprimierte Litzenleiter
- Halbkompaktierte Litzenleiter (geformte und konfektionierte Litzen)
- Massivleiter (wie sie heute in der Telekommunikation eingesetzt werden)

Bei Isolierung, zusätzlichen Materialien oder Ummantelungen sind die dielektrischen Eigenschaften der wichtigste Parameter. Die dielektrischen Eigenschaften eines Materials und sein Verhalten unter verschiedenen Bedingungen sind entscheidend für die richtige Auswahl.

So wird für die derzeitigen Automobilanwendungen ein Material mit guten Stabilitätseigenschaften, wie PE oder PP, zu verwenden, wo immer dies möglich ist, empfohlen. Diese Materialien sind natürlich auf den Standardtemperaturbereich von bis zu 105 °C/125 °C beschränkt.

Unter anderen Bedingungen sollte die Verwendung spezieller Materialien in Betracht gezogen werden, die mit den Anforderungen für den Betrieb bei höheren Temperaturen kompatibel sind.

Sobald der Leiter und das Material feststehen, sollte man sich Gedanken über deren Konfektionierung machen. Die erste Überlegung betrifft die Art des herzustellenden Kabels – denn wie wir gesehen haben, können andere Elemente, die sich zwischen und/oder um die Leiter herum befinden, die Signalqualität beeinträchtigen. Diese Kombination kann zu einer zusätzlichen Komplexität führen, die den Einsatz spezieller Ressourcen erfordert, wie z. B. CAD-Tools zur Simulation der korrekten Kabeldimensionen und Proximity-Effekte.

Wie wir bereits in diesem White Paper gesehen haben, ist es wichtig, die Konsequenzen zu berücksichtigen, die sich aus der Konfektionierung der Drähte in Abhängigkeit ihrer Konzentrität, Dicke und Weichheit ergeben. Denn sie alle können die Paarstabilität und das übertragene elektrische Signal beeinflussen.

Schließlich muss die Abschirmung so ausgelegt sein, dass das Kabel eine ausreichende Leistung erbringt und gleichzeitig die Übertragung von Störsignalen vermieden wird.

Über ACOME

ACOME ist sich all dieser Herausforderungen bewusst und mit ihnen vertraut, da das Unternehmen seit mehr als 85 Jahren Twisted-Pair-Lösungen für die Telekommunikationsindustrie liefert und sich in diesem Bereich sehr stark engagiert. Dank seines hochmodernen technischen Know-hows und seiner branchenübergreifenden Positionierung ist ACOME in der Lage, genau die maßgeschneiderten Lösungen zu liefern, die die Erwartungen der Kunden erfüllen und übertreffen.

Bitte zögern Sie nicht, uns bei Fragen zu kontaktieren.



52 rue du Montparnasse
75014 Paris – Frankreich
Tel. +33 1 42 79 14 00

www.acome.com