

Elektrische Leiter



<https://iuk.one/1010-1010>

Clemens H. Cap

ORCID: 0000-0003-3958-6136

Department of Computer Science
University of **Rostock**
Rostock, Germany
clemens.cap@uni-rostock.de

5. 12. 2020 Vers. 2



1. Symmetrische Leiter
2. Kabel-Kategorien
3. Asymmetrische Leiter
4. Übergänge und Termination

1. Symmetrische Leiter

1.1. Begriffsbildung

1.2. Abschirmung und Verdrillung

1.3. Verbindung

1.4. Interface-Typ

Ziel: Symmetrische Leiter sind, zusammen mit Wifi & WLAN, heute die **wichtigsten Verbindungstechniken** in der Informationstechnologie beim Endverbraucher.

1. Symmetrische Leiter

2. Kabel-Kategorien

3. Asymmetrische Leiter

4. Übergänge und Termination

Definition: Symmetrische Leiter

Symmetrische Leiter bestehen aus **zwei gleichartigen**, verdrillten Leitern, die in verschiedenen Formen von Abschirmungen meist in mehrfachen Adernpaaren in einer äußeren Umhüllung geführt werden.

Begriffsbildung:

- Beide Leiter haben identische (**symmetrische**) Eigenschaften gegen Störungen.
- Störungen wirken sich auf beide Leiter gleich aus: $I_1 \mapsto I_1 + s$ $I_2 \mapsto I_2 + s$.
- Differenzbildung $(I_2 + s) - (I_1 + s) = I_2 - I_1$ hebt die Störungen wieder weg.

Abgrenzungen und Modellvorstellungen

Frage: Welche physikalische Modellvorstellungen sind geeignet?

Bindung an Leiter:

Vergleiche: Elektromagnetische Wellen übertragen sich (auch) ohne Leiter.

Differenzbildung:

Nicht: Ladungsträgermodells ("Elektronen zählen").

Nicht: Modell fließender Ladung ("Elektronen gehen von Sender zu Empfänger").

Aber: Potentialmodell ("Feldänderung wegen Verschiebung von Ladungsträgern")

Zweidrahtleitung:

Messen der Potentialdifferenz zwischen den 2 symmetrischen Leitern.

Eindrahtleitungen gibt es im Potentialmodell nicht.

Grundsätzlich *könnte* die "Erde" als Rückleitung dienen – sie ist aber viel zu hochohmig und viel zu stark gestört.

Abschirmung

Arten der Schirmung:

- Keine.
- Drahtgeflecht. braided
- Folie. foiled Bester elektrischer & mechanischer Schutz.

Orte der Schirmung:

- Einzelnes Adernpaar. shielded Schützt gegen Störungen durch Nachbar-Paare.
- Ganzes Bündel. screened Schützt gegen Störungen von außen.
- An beiden Stellen.

Typische Formen:

- UTP: Unshielded Twisted Pair
- STP: Shielded Twisted Pair
- S/UTP: Screened Unshielded Twisted Pair
- S/STP: Screened Shielded Twisted Pair

Ausführung:

- Jedes einzelne Adernpaar ist verdrillt.
Minimiert Störeinkoppelung von außen.
- Parallel geführte Adernpaare sind in unterschiedlicher Richtung verdrillt.
Reduziert gegenseitige Störungen.

1.2 Abschirmung und Verdrillung Kabel im Querschnitt

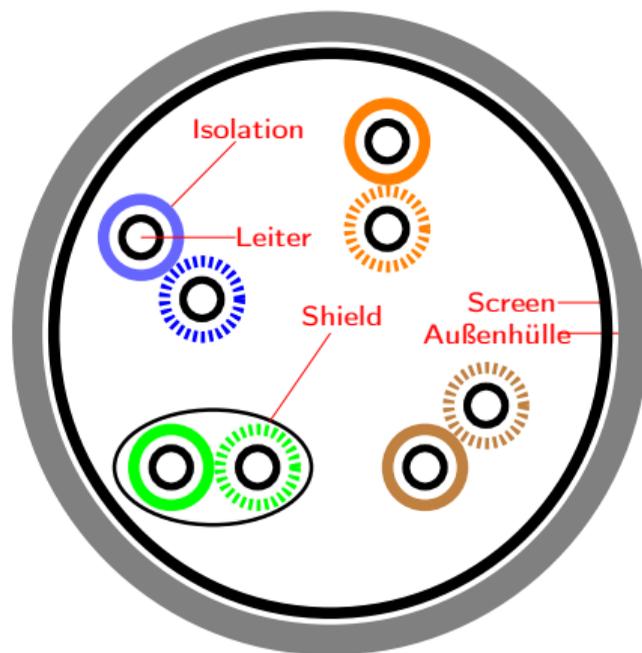


Abb. 1: Querschnittszeichnung zu den typischen Bestandteilen symmetrischer Leiter.

1.2 Abschirmung und Verdrillung

Kabel im Querschnitt: UTP und STP

UTP

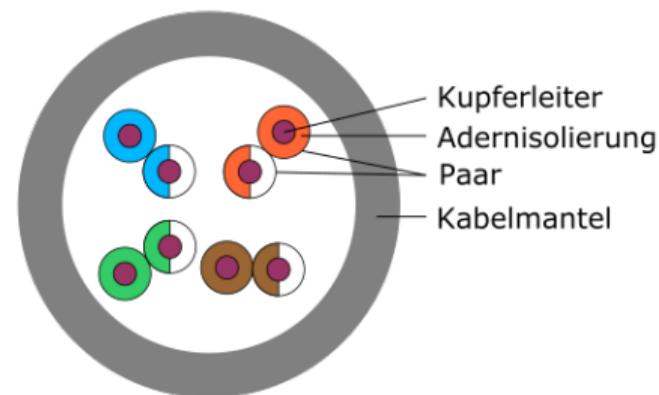


Abb. 2: Unshielded Twisted Pair (UTP) Kabel im Querschnitt © Rechtsnachweis siehe Anhang.

STP

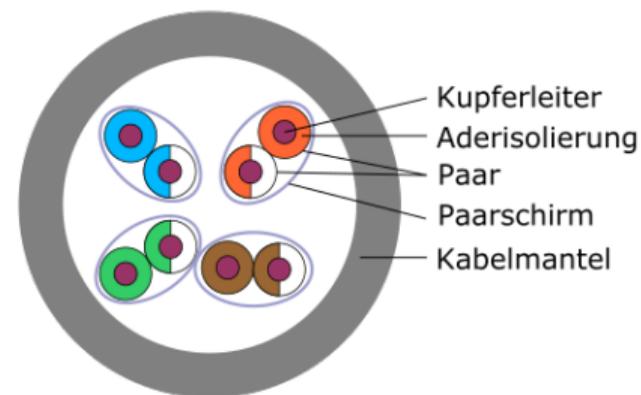


Abb. 3: Shielded Twisted Pair (STP) Kabel im Querschnitt © Rechtsnachweis siehe Anhang.

S/UTP

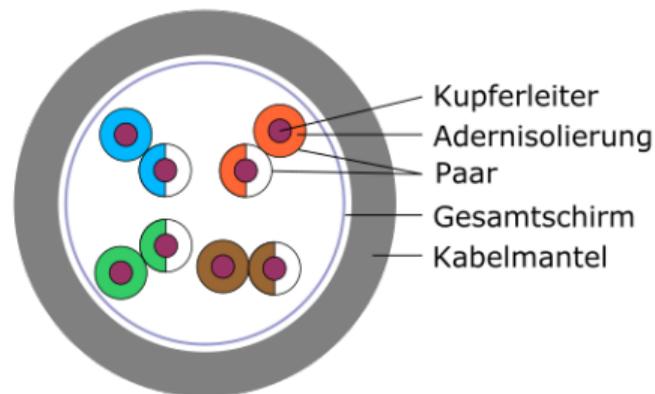


Abb. 4: Screened Unshielded Twisted Pair (S/UTP) Kabel im Querschnitt © Rechtsnachweis siehe Anhang.

S/FTP

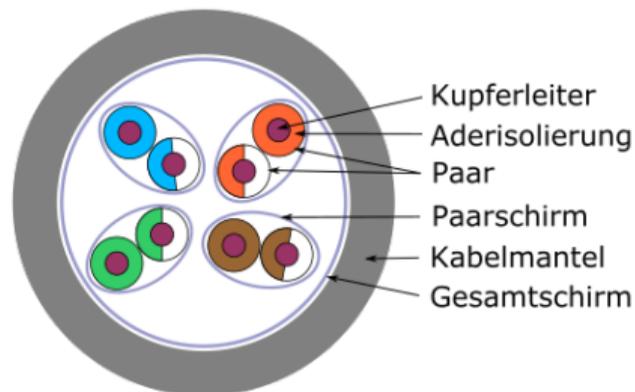


Abb. 5: Screened Foiled Twisted Pair (S/FTP) Kabel oder auch Screened Shielded Twisted Pair (S/STP)-Kabel im Querschnitt © Rechtsnachweis siehe Anhang.

1.2 Abschirmung und Verdrillung

UTP-Kabel

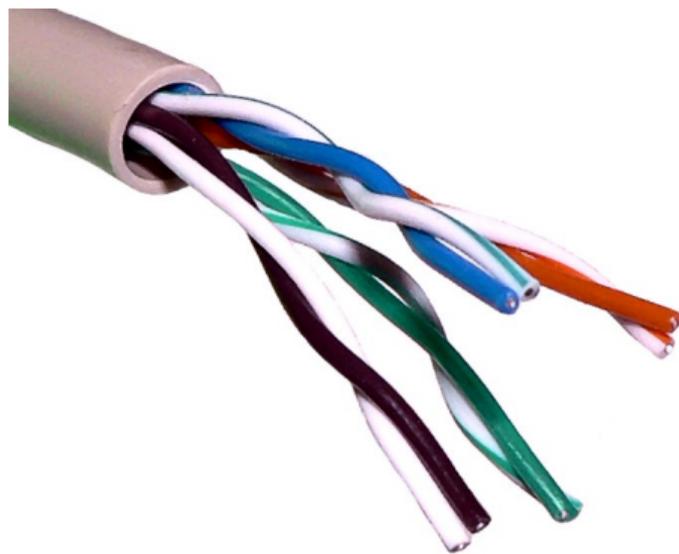


Abb. 6: Unshielded Twisted Pair (UTP) Kabel. Beachte die Verdrillung. Beachte die Kabelfärbung: Jeweils eine Ader ist farblich und eine weitere Ader ist weiß bzw. weiß-farbig im Wechsel. © Rechtsnachweis siehe Anhang.

1.2 Abschirmung und Verdrillung S/FTP-Kabel

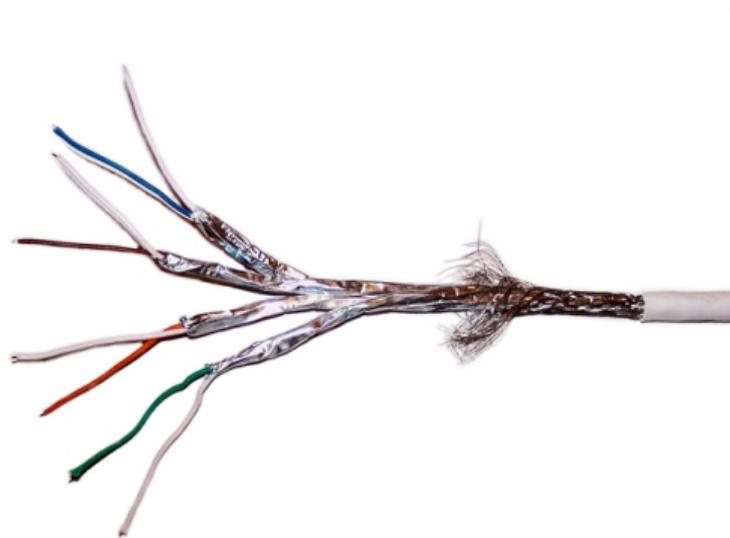


Abb. 7: Shielded Foiled Twisted Pair (S/FTP) Kabel. Beachte die Ausführung des screen (Abschirmung des ganzen Bündels) durch ein Drahtgeflecht (braid) und des shield (Abschirmung der Adernpaare) durch eine Folie (foil). © Rechtsnachweis siehe Anhang.

1.2 Abschirmung und Verdrillung

F/UTP-Kabel

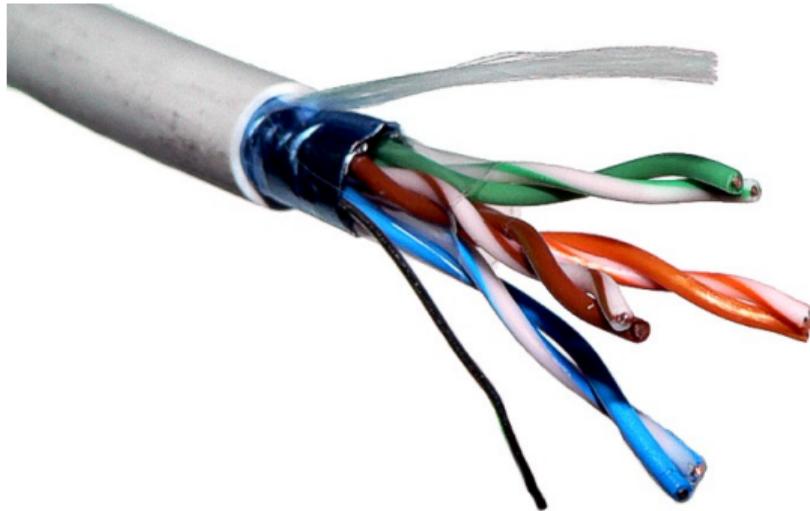


Abb. 8: Foiled Unshielded Twisted Pair (F/UTP) Kabel. Die einzelnen Adernpaare sind ohne Abschirmung, das ganze Bündel liegt in Folie. © Rechtsnachweis siehe Anhang.

RJ-45 Stecker aus der Familie der Registered Jack RJ-Stecker.

Numerierung: Von 1 bis 8, von links nach rechts,
bei Ansicht von vorne mit der Rasternase oben.

Adernpaare sind: (1,2), (3,6), (4,5), (7,8).

- **Außenpaare:** Zwei Paare sind am Stecker links bzw. rechts außen: (1,2) & (7,8).
- **Innenpaare:** Zwei Paare überlappen sich: Innen (4,5) überlappt von (3,6).

1.3 Verbindung

Steckverbindung



Abb. 9: RJ-45 Stecker an Kabel. © Rechtsnachweis siehe Anhang.

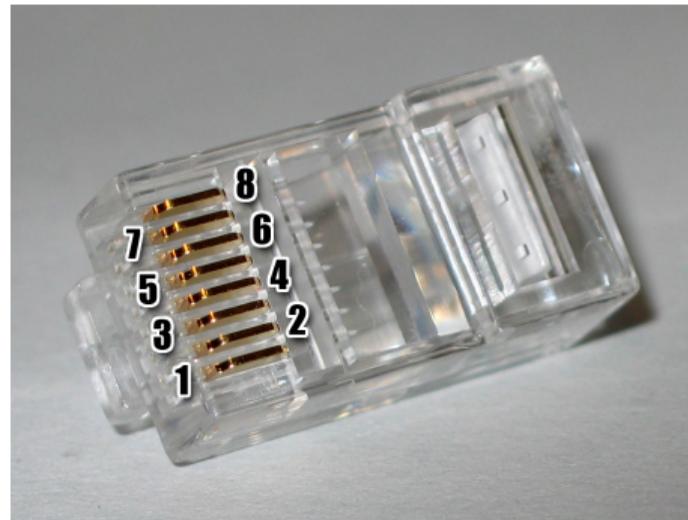


Abb. 10: RJ-45 Stecker mit Numerierung. Beachte die nach unten weisende Rasternase. © Rechtsnachweis siehe Anhang.

Adern-Paare und Farben

Standardisierte Adern-Farben: Blau, orange, grün, braun.

Je Paar: Eine Ader durchgängig gefärbt, eine mit weiß kombiniert.

Zwei Standards: T-568A und T-568B.

Man wählt einen Standard und legt dann auf **beiden Kabel-Enden** nach demselben Standard auf (siehe aber noch: Interface-Typ).

Die Wahl anderer Adern-Paare führt zu schlechterem Stör-Verhalten.



T-568A Standard



T-568B Standard

Abb. 11: Adernpaare: (1,2), (3,6), (4,5), (7,8). Zwei Paare sind am Stecker links bzw. rechts außen: (1,2) und (7,8). Zwei Paare überlappen sich in der Mitte des Steckers: (4,5) innen und (3,6) außen.

1.3 Verbindung

Wanddose

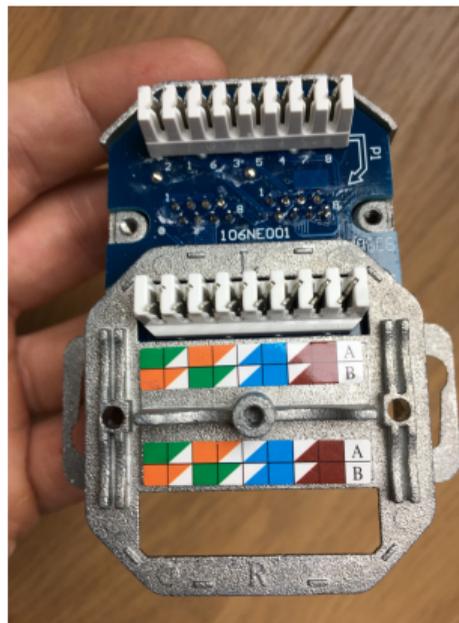


Abb. 12: Anschluß-Schemata für eine Wand-Dose nach dem T568A und T568B Standard angeschrieben. ©
Rechtsnachweis siehe Anhang.

Herstellung einer Verbindung

Einfach: Kabel kaufen. Fertig.

Komplizierter: Verbindung selber herstellen.

- **Wann:** Kabel soll in Gehäuse soll oder Länge ist spezifisch anzupassen.
- **Vorgehensweise:** Quetschen
- **Nicht:** Löten, Schrauben oder Klemmen.
Probleme: Wackler & falscher Übergangswiderstand.

Techniken:

- Crimpen mit spezieller Zange.
- Field mountable ("werkzeuglos").

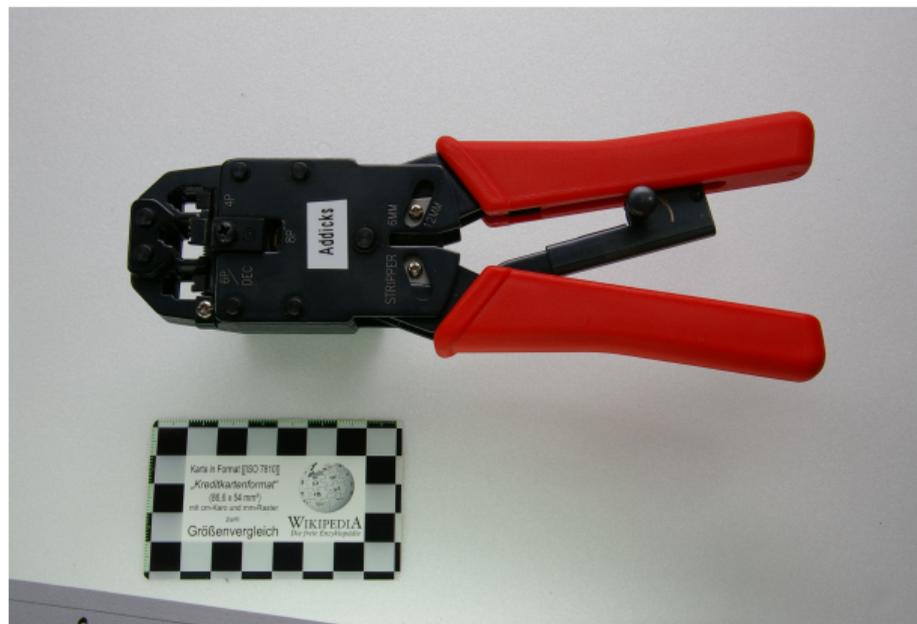


Abb. 13: Crimpzange für RJ Stecker: Die abisolierten und entsprechend gekürzten Kabel werden in einen Stecker-Rohling eingelegt und anschließend mit einer an den Rohling angepaßten, speziellen Crimp-Zange in die Kontakte gequetscht. © Rechtsnachweis siehe Anhang.

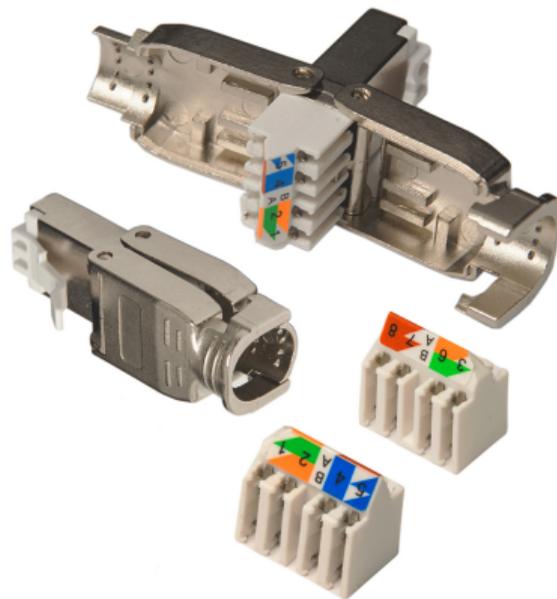


Abb. 14: Field mountable RJ-45 Stecker: Die abisolierten und entsprechend gekürzten Kabel werden in die richtigen Öffnungen geschoben, anschließend wird der Stecker mit einer beliebigen Zange zusammengepreßt, bis die seitlichen Klammern einrasten.

1.4 Interface-Typ

Gleicher Interface-Typ: Straight Through Verbindung



Abb. 15: Ein MDI (medium dependent interface) sendet auf dem Adernpaar (1,2) und empfängt auf dem Adernpaar (3,6). Ein MDI-X (medium dependent interface crossed) sendet auf dem Adernpaar (3,6) und empfängt auf dem Adernpaar (1,2). Damit kann man ein Gerät mit MDI direkt (**straight through**) mit einem Gerät mit MDI-X durchverbinden.

Verschiedener Interface-Typ: Cross Over Verbindung

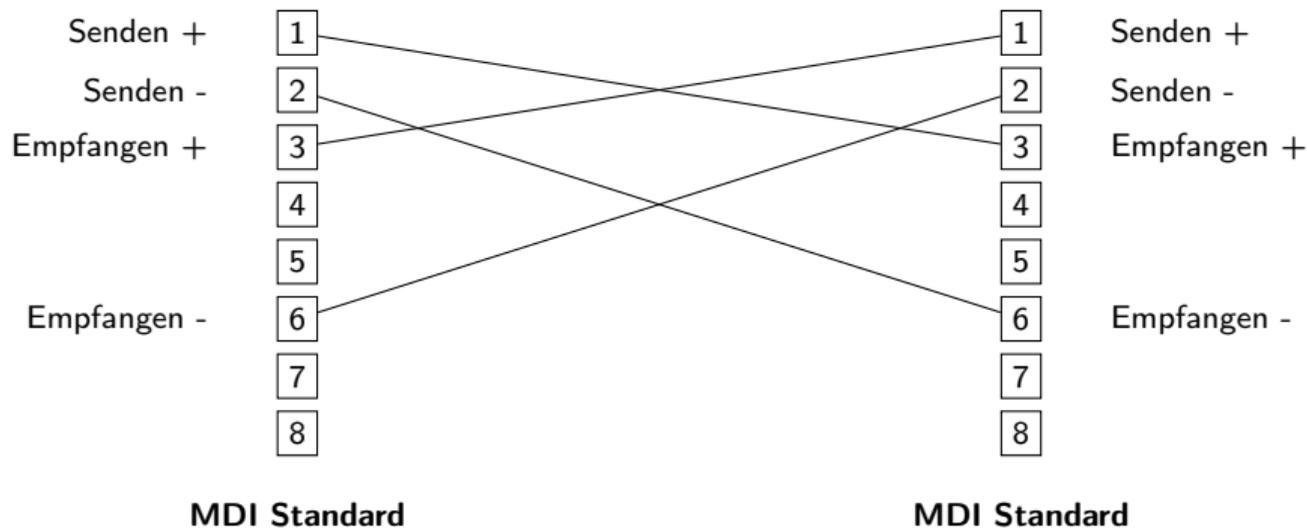


Abb. 16: Will man ein Gerät mit MDI an ein Gerät mit MDI-X anschließen, so wird ein Kabel benötigt, das die entsprechenden Anschlußpunkte vertauscht (**cross over**).

Interface-Typ

Straight through und **cross over**:

Zwischen den Adernpaaren (1,2) und (3,6) ist je nach benutzter Schnittstelle ein **straight through** Kabel oder ein **cross over** Kabel erforderlich.

Fully crossed und **half crossed**: Selbes Problem bei Adernpaaren (4,5) und (7,8)

Fully crossed: (4,5) und (7,8) für Daten-Transfer genutzt, Kreuzung erforderlich.

Half crossed: (4,5) und (7,8) für andere Zwecke genutzt (Bsp: Strom).
Keine Kreuzung erforderlich.

Switch: Schalter am Interface erlaubt Wahl MDI oder MDI-X.

Auto crossing: Physical layer macht es selber automatisch richtig.

Auto negotiation:

Bei neuen Technologien: Physical layer wählt auch weitere Parameter automatisch.

Bsp: 10, 100 oder 1000 Mbps oder 10 Gbps Übertragungsgeschwindigkeit.

1.4 Interface-Typ

Switch Crossing

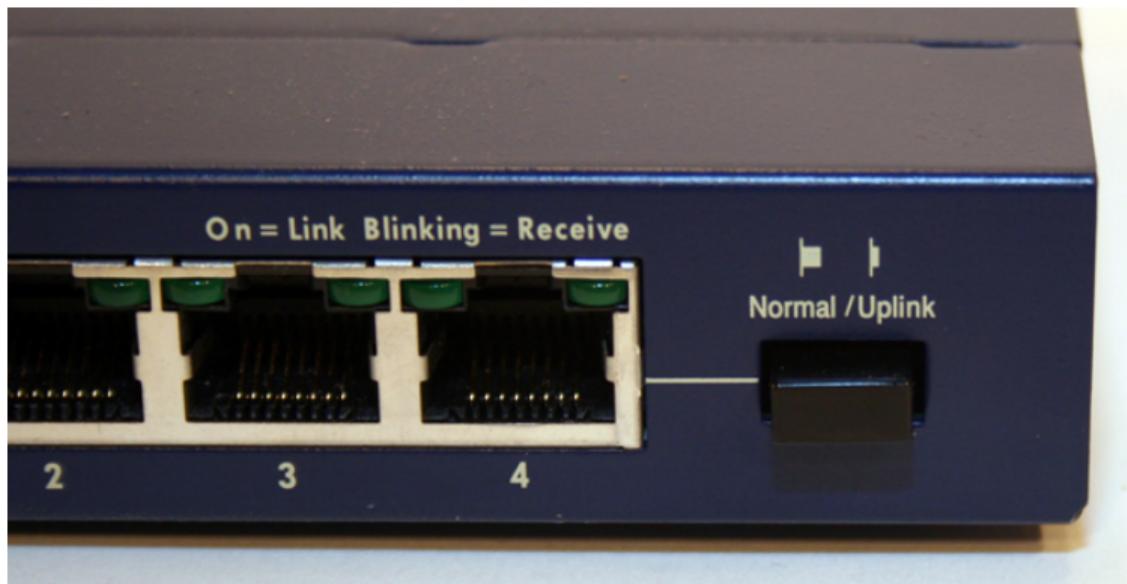


Abb. 17: Dieser Hub ermöglicht eine automatische Auswahl zwischen MDI und MDI-X durch Schalter, der hier als **Uplink Button** bezeichnet wird. Die Nutzung erfolgt ganz pragmatisch. Man braucht nicht zu wissen, welches Gerät welchen Standard hat. Wenn es nicht klappt, wechselt man einfach die Schalter-Stellung.

Interface-Typ: DTE und DCE

Bei der seriellen Schnittstelle (RS-232, V-24) besteht im Grundsatz dasselbe Problem, im Detail sind aber mehr (Daten- und Steuer-)leitungen betroffen.

DTE Data Terminal Equipment Bsp: Computer, Terminal, Drucker
DCE Data Communication Equipment: Bsp Modem

DTE-DCE Verbindung: Normales Kabel

DTE-DTE Verbindung: **Null-Modem** Kabel oder Stecker

Beachte: Dieses Problem stellt sich heute nach wie vor. Kein Automatismus.
Relevant für Labor-Gerät mit serieller Schnittstelle.

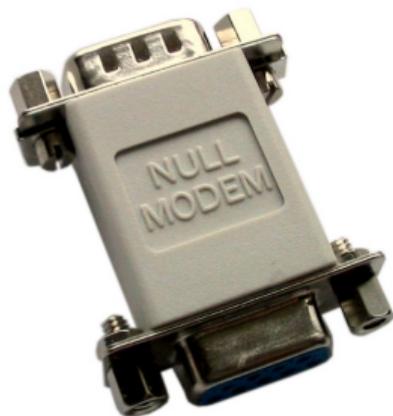


Abb. 18: Nullmodem Stecker zur Verbindung zweier Geräte mit DTE Schnittstelle. © Rechtsnachweis siehe Anhang.



Abb. 19: Bei einem Kabel erkennt man bestenfalls durch eine Aufschrift (X) und schlimmstenfalls durch längeres Durchprobieren welche Art von Kabel man vor sich hat. © Rechtsnachweis siehe Anhang.

Kabel-Type bei RJ-45 Steckern

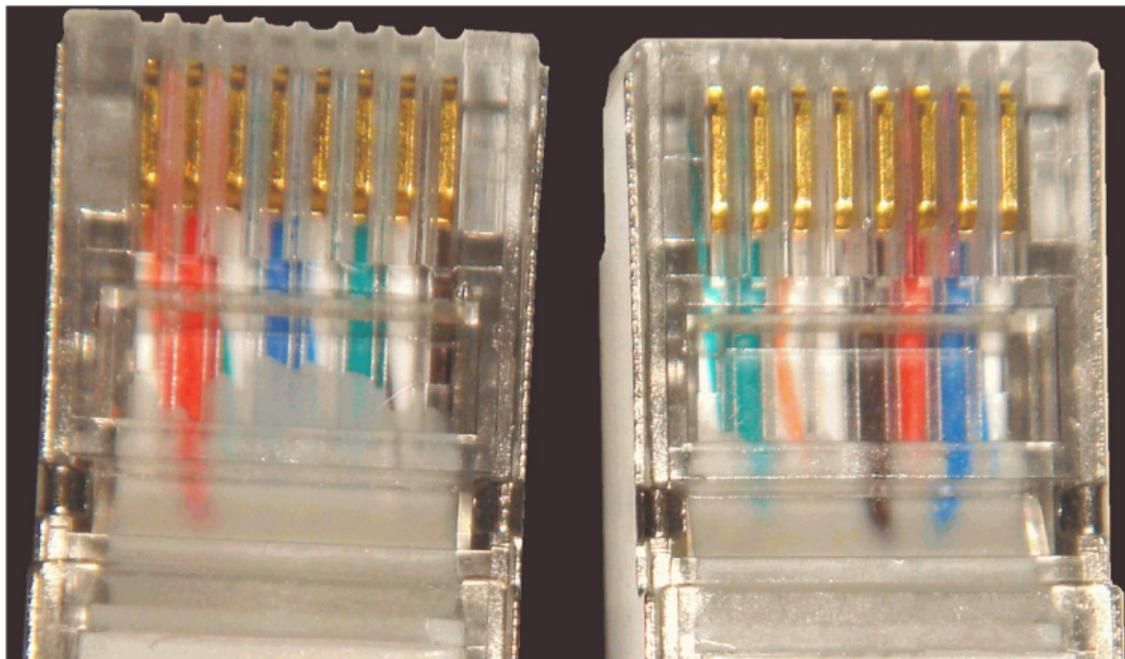


Abb. 20: Bei RJ-45 Steckern kann man durch Betrachtung der Kabelfarben leichter erkennen, ob man ein straight through oder ein cross over Kabel vor sich hat. © Rechtsnachweis siehe Anhang.

2. Kabel-Kategorien

1. Symmetrische Leiter
2. **Kabel-Kategorien**
3. Asymmetrische Leiter
4. Übergänge und Termination

2. Kabel-Kategorien

Cat Klassifikation

| Cat | Bauformen | Grenzfrequenz | Datenrate |
|--------------|---------------------|----------------|----------------|
| Cat 3 | UTP | 16 Mhz | 10 Mb/s |
| Cat 4 | UTP | 20 MHz | 16 Mb/s |
| Cat 5 | UTP | 100 MHz | 100 Mb/s |
| Cat 5e | UTP, F/UTP, U/FTP | 100 MHz | 1 Gb/s |
| Cat 6 | UTP, F/UTP, U/FTP | 250 MHz | 5 Gb/s |
| Cat 7 | S/FTP, F/FTP | 600 MHz | 10 Gb/s |
| Cat 8 | F/UTP, S/FTP | 2 GHz | 40 Gb/s |

3. Asymmetrische Leiter

1. Symmetrische Leiter
2. Kabel-Kategorien
3. **Asymmetrische Leiter**
4. Übergänge und Termination

Definition: Asymmetrische Leiter

Asymmetrische Leiter bestehen aus einem **Innenleiter**, der von einem zylindrischen **Außenleiter** als Abschirmung umhüllt wird.

Funktionsweise:

- Typisch: Nutzung bei hohen Frequenzen als Wellenleiter.
- Raum zwischen Innenleiter und Außenleiter *führt* die (transversale) elektromagnetische Welle.
- Vorstellung der Differenzbildung ist nicht zielführend.
- Vorstellung eines Eindrahtleiters ist nicht zielführend.

Asymmetrischer Leiter im Querschnitt: Koaxialkabel

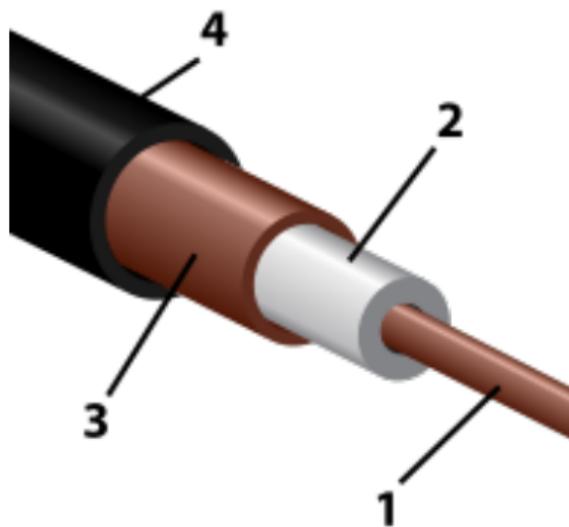


Abb. 21: Querschnitt durch ein Koaxialkabel: (1) Innenleiter. (3) Außenleiter. (4) Schutzmantel. (2) Isolation zwischen Innenleiter und Außenleiter, sogenanntes Dielektrikum, das auch zur Verbesserung der elektrischen Eigenschaften genutzt wird. © Rechtsnachweis siehe Anhang.

3. Asymmetrische Leiter

Koaxialkabel als typischer asymmetrischer Leiter

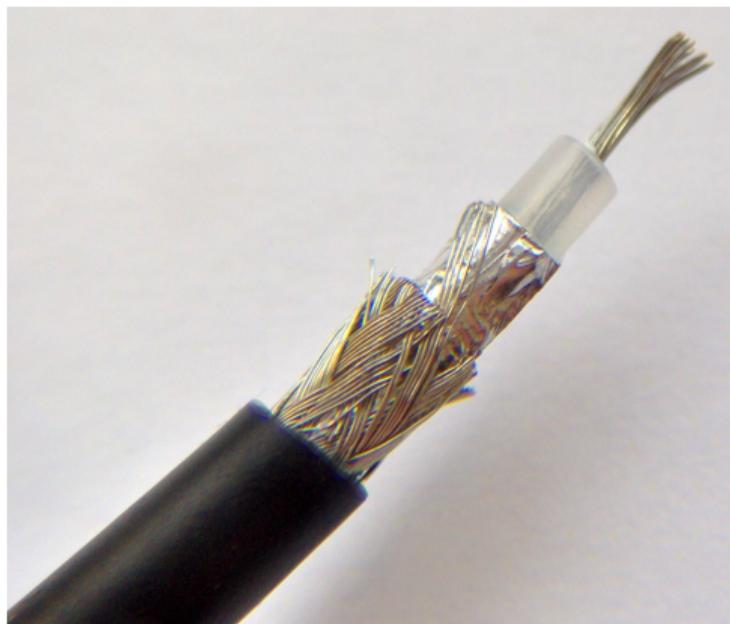


Abb. 22: Koaxialkabel mit zusätzlichem äußeren Schutzgeflecht © Rechtsnachweis siehe Anhang.

Verbindungen

Sehr hohe Anzahl an Verbindungen, jeweils an spezifische Anforderungen angepaßt:

- | | | |
|---------|---------|----------|
| 1 BNC | 9 U.FL | 17 V |
| 2 TNC | 10 UHF | 18 W |
| 3 IEC | 11 AMX | 19 SMB |
| 4 C | 12 MMCX | 20 Q |
| 5 F | 13 IPAX | 21 N |
| 6 SMBA | 14 MC | 22 TS-9 |
| 7 MCX | 15 SMA | 23 CRC-9 |
| 8 SSMCX | 16 K | |

Bei etlichen Bauformen gibt es noch eine sogenannte **reverse Variante**, bei welcher ein Innenstift gegen eine Innenbuchse getauscht ist.

Ebenso lang ist die Liste möglicher Nutzungsformen:

GSM, GPS, DVB, Wifi, Bluetooth, Sat-TV, Radar, Transponder, uvam.

3. Asymmetrische Leiter

BNC-Konnektor



Abb. 23: Bayonet Neill Concelman (BNC) Konnektor, hier als T-Stück ausgeführt. Der Konnektor hatte aufgrund seiner Nutzung in der 1980 als Thinwire bekannt gewordenen Variante des Ethernet hohe Bedeutung. © Rechtsnachweis siehe Anhang.

4. Übergänge und Termination

1. Symmetrische Leiter
2. Kabel-Kategorien
3. Asymmetrische Leiter
4. **Übergänge und Termination**

Wellenwiderstand

An **Übergängen** zwischen Materialien mit Änderung elektrischer Eigenschaften passiert:

- ➊ **Absorption:** Ein Teil der Leistung wird in Wärme umgewandelt.
- ➋ **Transmission:** Ein Teil der Leistung geht durch den Übergang.
- ➌ **Reflexion:** Ein Teil der Leistung wird zurückgeworfen zum Sender.

Wellenwiderstand: Zentrale Kenngröße zur Beschreibung des Phänomens.

Daher:

- Kabel mit richtigem Wellenwiderstand benutzen.
- Kabel am Ende terminieren, da offenes Ende meist falschen Wellenwiderstand hat.

4. Übergänge und Termination

Termination

Termination ist der wohldefinierte Abschluß eines offenen Leitungsendes, an dem man einen festen Wellenwiderstand herstellt, zur Vermeidung von Reflexionen.



Abb. 24: SCSI-Terminator Stecker, der beim SCSI Peripherie-Bus an den offenen Kabelenden angesteckt werden mußte. Bei heutigen Peripherie-Bussen ist die Termination in die Elektronik integriert. Sie ist also vorhanden, für den Nutzer aber weder ersichtlich noch zugänglich und kann daher keine Fehlerquelle sein. © Rechtsnachweis siehe Anhang.

Anhang

Übersicht

Verzeichnis aller Abbildungen

Abb

Rechtsnachweise

©

Rechtliche Hinweise

§

Zitierweise dieses Dokuments

→

Index

Index

Verzeichnis aller Folien



| | | |
|---|--|----|
| 1 | Querschnittzeichnung zu den typischen Bestandteilen symmetrischer Leiter. | 8 |
| 2 | Unshielded Twisted Pair (UTP) Kabel im Querschnitt | 9 |
| 3 | width=3cm | 9 |
| 4 | Screened Unshielded Twisted Pair (S/UTP) Kabel im Querschnitt | 10 |
| 5 | Screened Foiled Twisted Pair (S/FTP) Kabel oder auch Screened Shielded Twisted Pair (S/STP)-Kabel im Querschnitt | 10 |
| 6 | Unshielded Twisted Pair (UTP) Kabel. Beachte die Verdrillung. Beachte die Kabelfärbung: Jeweils eine Ader ist farbig und eine weitere Ader ist weiß bzw. weiß-farbig im Wechsel. | 11 |

| | | |
|----|--|----|
| 7 | Shielded Foiled Twisted Pair (S/FTP) Kabel. Beachte die Ausführung des screen (Abschirmung des ganzen Bündels) durch ein Drahtgeflecht (braid) und des shield (Abschirmung der Adernpaare) durch eine Folie (foil)..... | 12 |
| 8 | Foiled Unshielded Twisted Pair (F/UTP) Kabel. Die einzelnen Adernpaare sind ohne Abschirmung, das ganze Bündel liegt in Folie. | 13 |
| 9 | RJ-45 Stecker an Kabel..... | 15 |
| 10 | RJ-45 Stecker mit Numerierung. Beachte die nach unten weisende Rasternase. | 15 |
| 11 | Adernpaare: (1,2), (3,6), (4,5), (7,8). Zwei Paare sind am Stecker links bzw. rechts außen: (1,2) und (7,8). Zwei Paare überlappen sich in der Mitte des Steckers: (4,5) innen und (3,6) außen. | 16 |
| 12 | Anschluß-Schemata für eine Wand-Dose nach dem T568A und T568B Standard angeschrieben. | 17 |

- 13 **Crimpzange für RJ Stecker:** Die abisolierten und entsprechend gekürzten Kabel werden in einen Stecker-Rohling eingelegt und anschließend mit einer an den Rohling angepaßten, speziellen Crimp-Zange in die Kontakte gequetscht.....19
- 14 **Field mountable RJ-45 Stecker:** Die abisolierten und entsprechend gekürzten Kabel werden in die richtigen Öffnungen geschoben, anschließend wird der Stecker mit einer beliebigen Zange zusammengepreßt, bis die seitlichen Klammern einrasten.20
- 15 Ein MDI (medium dependent interface) sendet auf dem Adernpaar (1,2) und empfängt auf dem Adernpaar (3,6). Ein MDI-X (medium dependent interface crossed) sendet auf dem Adernpaar (3,6) und empfängt auf dem Adernpaar (1,2). Damit kann man ein Gerät mit MDI direkt (**straight through**) mit einem Gerät mit MDI-X durchverbinden.....21
- 16 Will man ein Gerät mit MDI an ein Gerät mit MDI-X anschließen, so wird ein Kabel benötigt, das die entsprechenden Anschlußpunkte vertauscht (**cross over**)......22

- 17 Dieser Hub ermöglicht eine automatische Auswahl zwischen MDI und MDI-X durch Schalter, der hier als **Uplink Button** bezeichnet wird. Die Nutzung erfolgt ganz pragmatisch. Man braucht nicht zu wissen, welches Gerät welchen Standard hat. Wenn es nicht klappt, wechselt man einfach die Schalter-Stellung. 24
- 18 Nullmodem Stecker zur Verbindung zweier Geräte mit DTE Schnittstelle. 26
- 19 Bei einem Kabel erkennt man bestenfalls durch eine Aufschrift (X) und schlimmstenfalls durch längeres Durchprobieren welche Art von Kabel man vor sich hat. 26
- 20 Bei RJ-45 Steckern kann man durch Betrachtung der Kabelfarben leichter erkennen, ob man ein straight through oder ein corss over Kabel vor sich hat. 27
- 21 Querschnitt durch ein Koaxialkabel: (1) Innenleiter. (3) Außenleiter. (4) Schutzmantel. (2) Isolation zwischen Innenleiter und Außenleiter, sogenanntes Dielektrikum, das auch zur Verbesserung der elektrischen Eigenschaften genutzt wird.
- 32

- 22 Koaxialkabel mit zusätzlichem äußeren Schutzgeflecht.....33
- 23 **Bayonet Neill Concelman (BNC) Konnektor**, hier als T-Stück ausgeführt. Der Konnektor hatte aufgrund seiner Nutzung in der 1980 als Thinwire bekannt gewordenen Variante des Ethernet hohe Bedeutung.....35
- 24 **SCSI-Terminator Stecker**, der beim SCSI Peripherie-Bus an den offenen Kabelenden angesteckt werden mußte. Bei heutigen Peripherie-Bussen ist die Termination in die Elektronik integriert. Sie ist also vorhanden, für den Nutzer aber weder ersichtlich noch zugänglich und kann daher keine Fehlerquelle sein.38

Abb. 2 Quelle: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:UTP-cable.svg>, Original: Uwe Schwöbel (de:Datei:UTP-Kabel.png) Vector conversion: Sveralbertian (File:UTP-cable.svg), Nutzung unter GFDL <http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>.

Abb. 3 Quelle: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:STP-Kabel.svg>, Original: Uwe Schwöbel (de:Datei:STP-Kabel.png) Vector conversion: Sveralbertian (File:STP-cable.svg), Nutzung unter GFDL <http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>.

Abb. 4 Quelle: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SUTP-Kabel.svg>, Original: Uwe Schwöbel (de:Datei:SUTP-Kabel.png) Vector conversion: Sveralbertian (File:S-UTP-cable.svg), Nutzung unter GFDL <http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>.

Abb. 5 Quelle: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:S-FTP-Kabel.svg>, Original: Uwe Schwöbel (de:Datei:STP-Kabel.png) Vector conversion: Sveralbertian (File:STP-cable.svg) derivative work: Ottilu, Nutzung unter GFDL <http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>.

Abb. 6 Baran Ivo, Public Domain, Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:UTP_cable.jpg.

Abb. 7 Ru Wiki, Public Domain, Quelle: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:S-FTP_CAT_7.jpg.

Abb. 8 Baran Ivo, Public domain, Quelle: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:FTP_cable3.jpg.

Abb. 9 David.Monniaux, CC BY-SA 3.0, Quelle:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d7/Ethernet_RJ45_connector_p1160054.jpg

Abb. 10 Gutza, Mike1024, public domain, Quelle:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/78/Uncrimped_rj-45_connector_close-up.jpg

Abb. 12 2pem, CC BY-SA 4.0 <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>, Quelle:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Commercial_RJ45_wall_socket_internals.jpg

Abb. 13 Quelle: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3b/Crimpzange_RJ45_-_RJ11_-_RJ12_-_IMGP1079.JPG,

Johann H. Addicks, Nutzung nach GFDL 1.2 <http://www.gnu.org/licenses/old-licenses/fdl-1.2.html>.

Abb. 18 Quelle: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Null_modem.jpg, Dori, Public Domain.

Abb. 19 Quelle: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Null_modem_cable_1.jpg, Ivan Pozdeev, Public Domain.

Abb. 20 Quelle: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vergleich_2von2_Crossoverkabel.gif, Ocrho, Public Domain.

Abb. 21 Quelle: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6946902>, Tkgd2007 derivative work: Fleshgrinder, Nutzung nach CC BY 3.0.

Abb. 22 Quelle: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1799992>, von FDominec, Nutzung nach CC BY-SA 3.0.

Abb. 23 Quelle: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:BNC_T-piece.jpg, Simon A. Eugster, Nutzung nach CC BY-SA 3.0, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>.

Abb. 24 Quelle: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SCSI_Terminator_50pol_Centronics.jpg, Afrank99, Nutzung nach CC BY-SA 2.0, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0>.

Die hier angebotenen Inhalte unterliegen deutschem Urheberrecht. Inhalte Dritter werden unter Nennung der Rechtsgrundlage ihrer Nutzung und der geltenden Lizenzbestimmungen hier angeführt. Auf das Literaturverzeichnis wird verwiesen. Das **Zitatrecht** in dem für wissenschaftliche Werke üblichen Ausmaß wird beansprucht. Wenn Sie eine Urheberrechtsverletzung erkennen, so bitten wir um Hinweis an den auf der Titelseite genannten Autor und werden entsprechende Inhalte sofort entfernen oder fehlende Rechtsnennungen nachholen. Bei Produkt- und Firmennamen können Markenrechte Dritter bestehen. Verweise und Verlinkungen wurden zum Zeitpunkt des Setzens der Verweise überprüft; sie dienen der Information des Lesers. Der Autor macht sich die Inhalte, auch in der Form, wie sie zum Zeitpunkt des Setzens des Verweises vorlagen, nicht zu eigen und kann diese nicht laufend auf Veränderungen überprüfen.

Alle sonstigen, hier nicht angeführten Inhalte unterliegen dem Copyright des Autors, Prof. Dr. Clemens Cap, ©2020. Wenn Sie diese Inhalte nützlich finden, können Sie darauf verlinken oder sie zitieren. Jede weitere Verbreitung, Speicherung, Vervielfältigung oder sonstige Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts bedarf der schriftlichen Zustimmung des Rechteinhabers. Dieses dient der Sicherung der Aktualität der Inhalte und soll dem Autor auch die Einhaltung urheberrechtlicher Einschränkungen wie beispielsweise **Par 60a UrhG** ermöglichen.

Die Bereitstellung der Inhalte erfolgt hier zur persönlichen Information des Lesers. Eine Haftung für mittelbare oder unmittelbare Schäden wird im maximal rechtlich zulässigen Ausmaß ausgeschlossen, mit Ausnahme von Vorsatz und grober Fahrlässigkeit. Eine Garantie für den Fortbestand dieses Informationsangebots wird nicht gegeben.

Die Anfertigung einer persönlichen Sicherungskopie für die private, nicht gewerbliche und nicht öffentliche Nutzung ist zulässig, sofern sie nicht von einer offensichtlich rechtswidrig hergestellten oder zugänglich gemachten Vorlage stammt.

Wenn Sie Inhalte aus diesem Werk nutzen oder darauf verweisen wollen, zitieren Sie es bitte wie folgt:

Clemens H. Cap: Elektrische Leiter. Electronic document. <https://iuk.one/1010-1010> 5. 12. 2020.

Bibtex Information: <https://iuk.one/1010-1010.bib>

```
@misc{doc:1010-1010,  
  author      = {Clemens H. Cap},  
  title       = {Elektrische Leiter},  
  year        = {2020},  
  month       = {12},  
  howpublished = {Electronic document},  
  url         = {https://iuk.one/1010-1010}  
}
```

Typographic Information:

Typeset on December 5, 2020

This is pdfTeX, Version 3.14159265-2.6-1.40.21 (TeX Live 2020) kpathsea version 6.3.2

This is pgf in version 3.1.5b

This is preamble-slides.tex myFormat©C.H.Cap

- 1 Titelseite
- 2 Inhaltsverzeichnis
- 1. Symmetrische Leiter**
- 1.1. Begriffsbildung**
- 4 Begriffsbildung
- 5 Abgrenzungen und Modellvorstellungen
- 1.2. Abschirmung und Verdrillung**
- 6 Abschirmung
- 7 Verdrillung
- 8 Kabel im Querschnitt
- 9 Kabel im Querschnitt: UTP und STP
- 10 Kabel im Querschnitt: Kabel mit Screen
- 11 UTP-Kabel
- 12 S/FTP-Kabel
- 13 F/UTP-Kabel
- 1.3. Verbindung**
- 14 Steckverbindung: RJ-45
- 15 Steckverbindung
- 16 Adern-Paare und Farben
- 17 Wanddose
- 18 Herstellung einer Verbindung
- 19 Crimpzange für Stecker der RJ Serie
- 20 Field Mountable RJ-45

- 1.4. Interface-Typ**
- 21 Gleicher Interface-Typ: Straight Through Verbindung
- 22 Verschiedener Interface-Typ: Cross Over Verbindung
- 23 Interface-Typ
- 24 Switch Crossing
- 25 Interface-Typ: DTE und DCE
- 26 Interface-Type: Null-Modem
- 27 Kabel-Type bei RJ-45 Steckern
- 2. Kabel-Kategorien**
- 29 Cat Klassifikation
- 3. Asymmetrische Leiter**
- 31 Begriffsbildung
- 32 Asymmetrischer Leiter im Querschnitt: Koaxialkabel
- 33 Koaxialkabel als typischer asymmetrischer Leiter
- 34 Verbindungen
- 35 BNC-Konnektor
- 4. Übergänge und Termination**
- 37 Wellenwiderstand
- 38 Termination

Legende:

-  Fortsetzungsseite
-  Seite ohne Überschrift
-  Bildseite