westermann

Dr. Michael Dzieia, Heinrich Hübscher, Hans-Joachim Petersen,
Harald Wickert

Elektronik Tabellen

Informations- und Medientechnik

4. Auflage

Bestellnummer 235061

Diesem Buch wurden die bei Manuskriptabschluss vorliegenden neuesten Ausgaben der DIN-Normen, VDI-Richtlinien und sonstigen Bestimmungen zu Grunde gelegt. Verbindlich sind jedoch nur die neuesten Ausgaben der DIN-Normen und VDI-Richtlinien und sonstigen Bestimmungen selbst.

Die DIN-Normen wurden wiedergegeben mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e.V. Maßgebend für das Anwenden der Norm ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der Beuth-Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist.

Die in diesem Werk aufgeführten Internetadressen sind auf dem Stand zum Zeitpunkt der Drucklegung. Die ständige Aktualität der Adressen kann vonseiten des Verlages nicht gewährleistet werden. Darüber hinaus übernimmt der Verlag keine Verantwortung für die Inhalte dieser Seiten.

service@westermann.de
www.westermann.de

Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann Schroedel Diesterweg Schöningh Winklers GmbH, Postfach 33 20, 38023 Braunschweig

ISBN 978-3-14-**235061**-5

westermann GRUPPE

© Copyright 2019: Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann Schroedel Diesterweg Schöningh Winklers GmbH, Braunschweig

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages.

1 Grundlagen 5 … 42

2 Bauelemente und Grundschaltungen 43 … 96

3 Signalverarbeitung und -übertragung 97 … 136

4 Kommunikationstechnik und -netze 137 … 226

5 PC-Technik und Peripheriegeräte 227 … 300

6 Multimedia 301 … 356

7 Messtechnik 357 … 384

8 Elektrische Energieversorgung 385 … 408

9 Betrieb und Umfeld 409 … 450

10 Technische Dokumentation und Formeln 451 … 477

Sachwortverzeichnis 478 … 497

Bildquellenverzeichnis 498

Vorwort
Preface

Im Tabellenbuch werden schwerpunktmäßig Informations- und Medientechniken behandelt.

Die **Informationstechnik** befasst sich im Wesentlichen mit der
- Gewinnung,
- Verarbeitung,
- Speicherung und
- Übertragung von Informationen.

Deshalb werden wesentliche Inhalte dieser Teilbereiche behandelt und in übersichtlicher sowie kompakter Form dargestellt.

Das Gebiet der **Medientechnik** umfasst die aktuelle PC-Technik mit wichtigen Peripheriegeräten sowie das breite Spektrum der Multimediageräte.

Da neben technischen auch betriebliche und kaufmännische Inhalte zur Bewältigung des beruflichen Alltags wichtig sind, werden wesentliche Themen im Kapitel „Betrieb und Umfeld“ behandelt.

Der klare und themenbezogene Aufbau und die Vierfarbigkeit tragen zur Übersichtlichkeit bei und vereinfachen das rasche Auffinden und Verarbeiten der gesuchten Informationen. Die Farbgebung in den Darstellungen wurde nach funktionalen Gesichtspunkten ausgewählt.

Die kompakte Formelsammlung am Ende erschließt wesentliche mathematische Zusammenhänge und das deutsch-englische Sachwortverzeichnis erleichtert den Zugang über englischsprachige Texte.

Das Tabellenbuch ist für Auszubildende mit den folgenden Berufsbezeichnungen des Handwerks und der Industrie geeignet:
- **Informations- und Systemtechnik**
- **Informations- und Telekommunikationstechnik**
- **Systeminformatik**

Darüber hinaus kann es zur fachlichen Vertiefung informationstechnischer Inhalte in
- **IT-Berufen**

verwendet werden.

Da im Tabellenbuch wesentliche elektrische, elektronische, akustische und optische Inhalte dargestellt werden, lässt es sich auch im Berufsfeld
- **Veranstaltungstechnik**

einsetzen.

Aufgrund der ausführlichen Darstellung von digitalen Medien kann es in Teilgebieten des Ausbildungsberufs
- **Mediengestalter/in Digital und Print**

sinnvoll verwendet werden.

Das Tabellenbuch kann in der beruflichen Erstausbildung eingesetzt, aber auch von den in der Praxis stehenden Facharbeitern, Meistern oder Technikern als vielfältige Informationsquelle verwendet werden.

Aufgrund technologischer Entwicklungen ist die vorliegende 4. Auflage um folgende Themen erweitert worden:
- Android
- Arbeitsschutz- und Umweltschutzrecht
- Containerformate
- Datenübertragung im Breitbandnetz
- EMV-gerechte Kommunikationsverkabelung
- EU-Datenschutz-Grundverordnung (EU-DSGVO)
- FTTH – Netzarchitekturen
- Geschäftsmodelle im Cloud Computing
- IaaS, PaaS, SaaS
- Kommunikationskabelanlagen
- Kritische Infrastrukturen – KRITIS
- Kundendokumentation
- Laserschutz in LWLKS
- Lichtwellen-Modulation
- LoRaWAN – Long Range Wireless Area Network
- MQTT – Message Queuing Telemetry Transport
- NB-IoT – Narrow Band-Internet of Things
- Netzwerkmanagement
- Rechenzentrum Hochverfügbarkeit
- Redundante Systeme
- SigFox
- Signalübertragung mit Lichtwellenleitern
- Softwareanforderungsspezifikation
- SSD-Bauformen
- Thunderbolt
- TSN – Time-Sensitive Networking
- UHDTV – Ultra High Definition Television
- Umweltvorschriften
- Unfall und Unfallschutz
- Verfügbarkeit
- VLAN – Virtual LAN
- WLAN-Begriffe
- XAVC

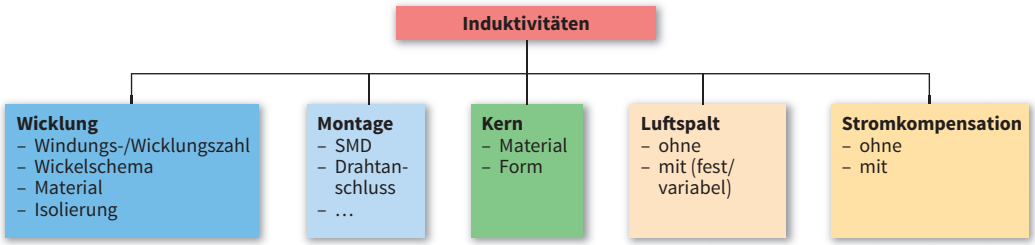
Für Hinweise und Verbesserungsvorschläge sind die Autoren und der Verlag jederzeit aufgeschlossen und dankbar.

Autoren und Verlag

Braunschweig 2019

BiBox
westermann
inkl. E-Book

Dieses Lehrwerk ist auch als BiBox erhältlich. In unserem Webshop unter www.westermann.de finden Sie hierzu unter der Bestellnummer des Ihnen vorliegenden Bandes weiterführende Informationen zum passenden digitalen Schulbuch.



Kernmaterialien

Ferromagnetische Kernmaterialien werden vorzugsweise bei Spulen im niedrigen Frequenzbereich eingesetzt.
- Hohe Permeabilitäten
- Betrieb bis zur Sättigungsmagnetisierung

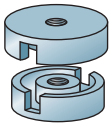
Oxidkeramische Ferrite finden bei Spulen im höheren Frequenzbereich ihren Einsatz.
- Hoher spezifischer Widerstand verhindert spürbare Wirbelstromverluste.
- Mn-Zn-Ferrite bis 1,5 MHz
- Ni-Zn-Ferrite bis 600 MHz

Elektrische Kenndaten

U_R: Bemessungsspannung
I_R: Bemessungsstromstärke
L_R: Bemessungsinduktivität
L_S: Streuinduktivität
R: Gleichstromwiderstand
C_R: Wicklungskapazität
Kapazität zwischen Leitungen; wirksam bei sehr hohen Frequenzen
Q: Güte ($Q \approx L_R/R$)

Kernformen (Auswahl)

P (**P**ot/Schalenkern)



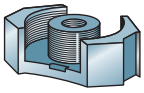
- magnetisch geschlossen und daher streufeldarm
- präzise Abstimmung möglich (durch Abgleichschraube)
- Schwingkreisspulen
- klirrarme, breitbandige Kleinsignalübertrager

E



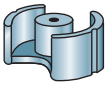
- mehrere E-Kerne zu einem größeren aneinanderreihbar
- für verbesserte Wicklung auch mit rundem Schenkel verfügbar (ER)
- je nach Werkstoff für Frequenzen von 10 kHz bis > 500 kHz

RM (**R**ectangular **M**odular)



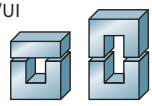
- automatengerechte Fertigung
- verlustarme Filter
- hochstabile Filter
- klirrarme Breitbandübertrager
- Leistungsanwendung (Speicherdrosseln)

PM (**P**ot core and **M**odular)



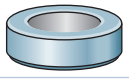
- großer Flussquerschnitt
- hohe Leistung bei wenigen Windungen
- Leistungsübertragung bis 300 kHz

U/UI



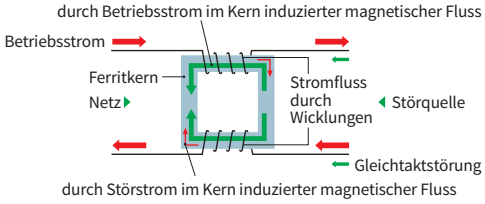
- leicht kombinierbar
- große Sättigungsinduktivität
- geringe Verlustleistung
- Leistungsübertragung >1 kW

Ring



- aufwändige Fertigung der Wicklung
- Anwendung bis MHz-Bereich
- EMV-Drossel

Stromkompensation

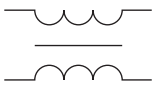


- Elektronische Geräte erzeugen häufig Gleichtaktstörungen
- Magnetischer Fluss des Betriebsstromes kompensiert sich zu Null → keine Kernsättigung
- Auf Betriebsstrom wirkt nur die Streuinduktivität.
- Die Induktivität ist nur für den Störstrom wirksam.

Beispiel:



Schaltzeichen:

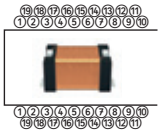


Wicklung

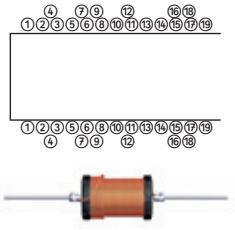
Einlagenwicklung



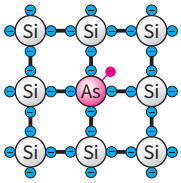
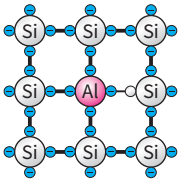
Zweilagenwicklung



Wildwicklung

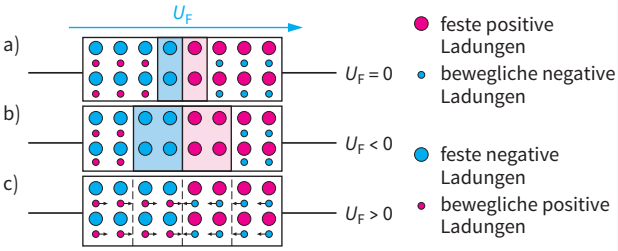


Aufbau

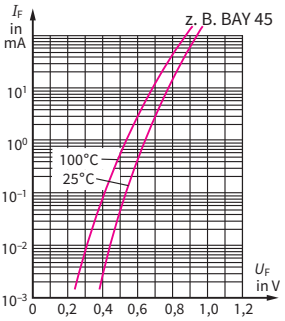
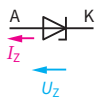
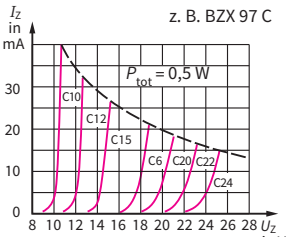
Begriffe	N-Dotierung	P-Dotierung
Dotierung: ■ Sehr reinen Halbleitermaterialien (z. B. Silizium, Germanium) werden Fremdatome zugeführt (Dotierung). N-Dotierung: ■ Fremdatom mit mehr freien Elektronen als der Halbleiter (z. B. Arsen, As) P-Dotierung: ■ Fremdatom mit weniger freien Elektronen als der Halbleiter (z. B. Aluminium, Al)	 Freie Elektronen können wandern und machen den Kristall leitfähig.	 Elektronen wandern zwischen freien Plätzen (Löchern) und machen den Kristall leitfähig.

PN-Übergang

- Ein P-Kristall und ein N-Kristall werden zusammengeführt.
- An der Berührungsfläche wandern freie Elektronen in Fehlstellen (Rekombination).
- In der Übergangsfläche gibt es keine freien Elektronen (Sperrzone); der Kristall wirkt isolierend (a).
- Angelegte Spannungen können die Sperrzone je nach Polarität vergrößern (b) oder verkleinern (c).
- Den Anschluss am N-Kristall nennt man Katode (K).
- Der Anschluss am P-Kristall heißt Anode (A).



Bauelemente

Schaltzeichen	Kennlinien	Kennwerte	Anwendungen
Diode 	 Durchlasskennlinie bei $\vartheta_u = 25$ °C bzw. 100 °C	**Germanium-Dioden:** U_{TO} = 200 mV … 400 mV U_{RM} ≤ 100 V I_F ≤ 150 mA I_R ≤ 300 µA $R_{th\,JU} \leq 400 \frac{K}{W}$ ϑ_u = –55 °C … +75 °C **Silizium-Dioden:** U_{TO} = 0,6 V … 0,8 V U_{RM} = 30 V … 3,5 kV I_F = 150 mA … 750 A I_R = 0,5 mA … 50 mA ϑ_u = –40 °C … +150 °C	**Germanium-Dioden:** ■ Universaldiode im HF-Bereich, bedingt durch die geringe Sperrschichtkapazität ■ Schaltdiode **Silizium-Dioden:** ■ Gleichrichterdioden bis Höchstleistungsbereich ■ Diodenschalter, z. B. Schutz vor Falschpolung ■ Begrenzerdiode für kleine Spannungen
Z-Diode 	 Stabilisierungskennlinien	Stabilisierungseffekt bei Sperrrichtungsbetrieb U_Z = 1,8 V … 200 V P_{tot} ≤ 50 W ϑ_u ≤ 150 °C Bei $U_Z \leq 5{,}1$ V negativer und bei $U_Z \geq 5{,}1$ V positiver Temperaturkoeffizient.	■ Stabilisierung bzw. Begrenzung von Gleichspannungen ■ Gegenreihenschaltung von Z- und normalen Dioden zu Referenzdioden mit besonders kleiner Temperaturabhängigkeit ■ TAZ-Dioden (Transient Absorption Zener) zum Schutz vor zu hohen Spannungsspitzen

U_{TO}: Schleusenspannung
I_F: Durchlassstrom
ϑ_u: Umgebungstemperatur
U_Z: Z-Spannung
U_{RM}: maximale Sperrspannung
U_F: Durchlassspannung
I_R: Sperrstrom
U_{RM}: maximale Sperrspannung
$R_{th\,JU}$: thermischer Widerstand zwischen Sperrschicht und Umgebung

Regeln

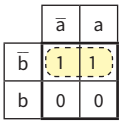
- Karnaugh-Veitch-Diagramme (K-V-Diagramme, K-V-Tafeln) sind grafische Verfahren zur Vereinfachung von Schaltfunktionen.
- Die Anzahl a der Felder in der K-V-Tafel ist abhängig von der Anzahl n der Eingangsvariablen: $a = 2^n$.
- Angeordnet werden die Eingangsvariablen in der Form, dass jeweils von Spalte zu Spalte und von Zeile zu Zeile nur eine Variable geändert wird.
- In die Felder werden die Werte aus der Wertetabelle eingetragen.
- Felder, die nicht belegt sind, können je nach gewählter Methode mit 0 oder 1 ergänzt werden.
- **Minterммethode:** Möglichst viele Felder, die eine 1 enthalten (Vollkonjunktionen), zu 2er-, 4er-, 8er- oder 16er-Blöcken zusammenfassen.
- Es dürfen nur die Vollkonjunktionen zusammengefasst werden, die mit einer Seite aneinanderstoßen (nicht mit Ecken).
- Variable innerhalb eines Blockes, die negiert und nicht negiert auftreten, entfallen.
- Die je Block verbleibenden Variablen werden UND-verknüpft.
- Diese UND-Verknüpfungen werden durch ODER-Verknüpfungen zusammengefasst und ergeben die Schaltfunktion in Disjunktiver Minimalform.
- **Maxtermmethode:** Die Vereinfachung erfolgt durch Zusammenfassen und Reduzieren wie bei der Minterммethode mit den Feldern, die eine 0 enthalten.
- Die Umwandlung in die konjunktive Minimalform erfolgt durch nochmalige Negation und Anwendung des de Morganschen Theorems.
- K-V-Tafeln werden nur für bis zu 5 Eingangsvariable aufgestellt.

Wertetabelle | **Funktionsgleichung** | **K-V-Tafel** (Minimierte Funktionsgleichung)

Beispiel für 2 Variable

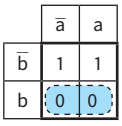
	a	b	x	Vollkonjunktion	Volldisjunktion
1	0	0	1	$x = \bar{a} \wedge \bar{b}$	
2	0	1	0		$\bar{x} = a \vee \bar{b}$
3	1	0	1	$x = a \wedge \bar{b}$	
4	1	1	0		$\bar{x} = \bar{a} \vee \bar{b}$

Minterммethode



$x = \bar{b}$

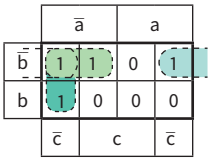
Maxtermmethode



$\bar{x} = b$

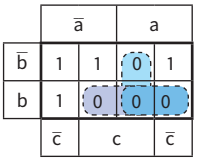
Beispiel für 3 Variable

	a	b	c	x	Vollkonjunktion	Volldisjunktion
1	0	0	0	1	$x = \bar{a} \wedge \bar{b} \wedge \bar{c}$	
2	0	0	1	1	$x = \bar{a} \wedge \bar{b} \wedge c$	
3	0	1	0	1	$x = \bar{a} \wedge b \wedge \bar{c}$	
4	0	1	1	0		$\bar{x} = a \vee \bar{b} \vee \bar{c}$
5	1	0	0	1	$x = a \wedge \bar{b} \wedge \bar{c}$	
6	1	0	1	0		$\bar{x} = \bar{a} \vee b \vee \bar{c}$
7	1	1	0	0		$\bar{x} = \bar{a} \vee \bar{b} \vee c$
8	1	1	1	0		$\bar{x} = \bar{a} \vee \bar{b} \vee \bar{c}$



Disjunktive Minimalform

$x = (\bar{a} \wedge \bar{c}) \vee (\bar{b} \wedge \bar{c}) \vee (\bar{a} \wedge \bar{b})$



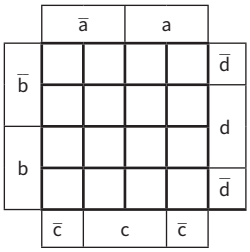
Disjunktive Minimalform

$\bar{x} = (a \wedge c) \vee (b \wedge c) \vee (a \wedge b)$

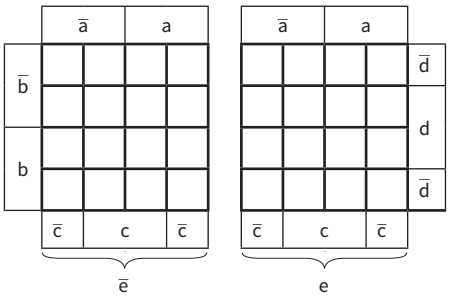
Konjunktive Minimalform

$x = (\bar{a} \vee \bar{c}) \wedge (\bar{b} \vee \bar{c}) \wedge (\bar{a} \vee \bar{b})$

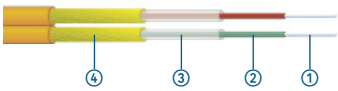
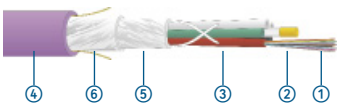
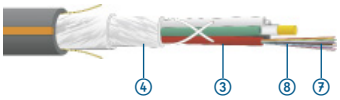
K-V-Tafel für 4 Variable



K-V-Tafel für 5 Variable



Aufbau

Anwendungen	Beispiel	Aufbau
■ Verbindung zwischen Endverteilern und/oder Endgeräten ■ kurze Übertragungswege ■ direkte Steckermontage möglich (häufig vorkonfektioniert)	Duplex-Patchkabel (innen)  	① LWL-Faser mit Primärcoating (Primärbeschichtung) ② Sekundärcoating ③ Zugentlastung (Aramid oder Glasfaser) ④ Außenmantel (ggf. mit Nagetierschutz) ⑤ nummerierter Mantel ⑥ Polyesterfolie ⑦ LWL-Faserbündel mit Primärcoating ⑧ mit Gel gefüllte Zentralbündelader
■ Verbindung zwischen Haupt- und Nebenverteiler ■ direkte Steckermontage je Faser möglich ■ aufspleißbar für Kabelendverteiler	Breakout-Innenkabel mit Kompaktadern  	
■ Telekommunikations-/Kabelfernseh-anwendung ■ Computernetzwerke ■ große Entfernungen/Datenmengen	Zentral-Bündeladerkabel (außen)  	

Kurzbezeichnung

Beispiel: A –□D□F– (ZN)2Y □ 4x6 – G 50/125 – 3,5 B 800 □

- Kabelart
- Zug-/Stützelement
- Faserschutz
- Zentralelement[1)]
- Kabelfüllung[1)]
- Mantel
- Bewehrung[1)]
- Faseranzahl
- Verseilung[1)]
- Dispersion
- Wellenlänge
- Dämpfung
- Fasermantel
- Faserkern
- Faserart

[1)] kann je nach Kabeltyp entfallen □ Platzhalter

Kabelart	
A	Außenkabel
AT	Breakoutkabel
I	Innenkabel
Zug-/Stützelement	
(ZS)	metallisches Zug-/Stützelement in der Kabelseele
Faserschutz	
B	Bündelfaser (trocken)
D	Bündelfaser (Gelfüllung)
F	Faser
H	Hohlader (trocken)
V	Vollader
W	Hohlader (Gelfüllung)
Zentralelement	
S	Seele aus Metall
Kabelfüllung	
F	Hohlräume der Verseilung mit Gelfüllung

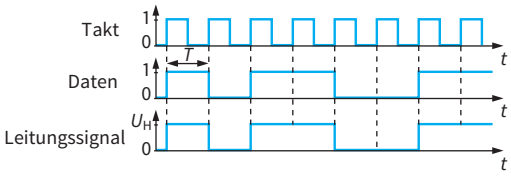
Mantel	
(ZN)	nichtmetallische Zugentlastung
H	halogenfrei
Y	PVC
2Y	PE
11Y	PU
(D)2Y	Foam-Skin-PE
(L) 2Y	Schichtenmantel AL-Band/PE
Bewehrung	
B	allgemein Bewehrung
BY	zusätzliche PVC-Hülle
B2Y	zusätzliche PE-Hülle
V	PVC-Mantel
11Y	PU
H	halogenfrei
Faseranzahl	
a	Anzahl der Volladern
a x b	Anzahl der Bündeladern (a) x Faserzahl (b)

Faserart	
E	Singlemode
G	Gradientenindex
K	Stufenindex (Glas/Plastik)
P	Plastikfaser
S	Stufenindex (Glas/Glas)
Faserkern	
Faserdurchmesser in µm	
Fasermantel	
Manteldurchmesser in µm	
Dämpfungskoeffizient	
in dB/km	
Wellenlänge	
B	850 nm
F	1300 nm (Monomode), 1310 nm (Singlemode)
H	1550 nm (Singlemode)
Dispersion – Sonderarten	
LG	Lagenverseilung
SZ	SZ-Verseilung

Anwendung

- Digitale Signale werden bei der Übertragung im Basisband nicht moduliert.
- Die Signale werden als rechteckförmige Impulse auf den Leitungen übertragen.
- Es wird eine hohe Bandbreite oberhalb 0 Hz auf den Leitungen (Übertragungswegen) benötigt.
- Bei galvanischer Kopplung zwischen Sender und Empfänger dürfen die Signale Gleichstromanteile beinhalten.
- Bei galvanischer Trennung zwischen Sender und Empfänger (Übertragerkopplung), wird Gleichstromfreiheit der Signale durch spezielle Codierung der Signale erreicht.
- Die Taktinformationen können in der Signalcodierung enthalten sein und werden auf der Empfängerseite zurückgewonnen.

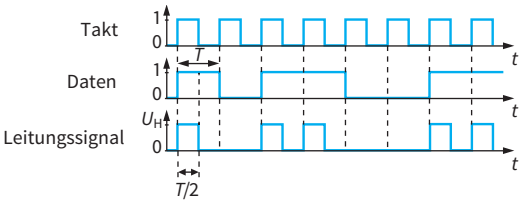
NRZ-Code (Non Return to Zero)



log. 0 ≙ 0-Signal log. 1 ≙ $+U_H$-Signal

- Leitungssignal nicht gleichstromfrei
- Keine Taktrückgewinnung auf der Empfängerseite

RZ-Code (Return to Zero)

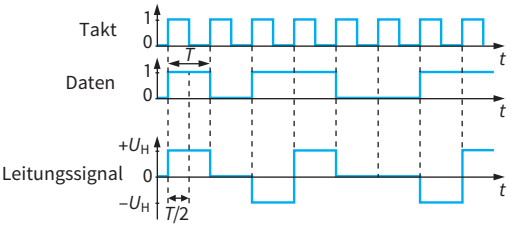


log. 0 ≙ 0-Signal log. 1 ≙ $+U_H$-Signal während $T/2$

- Leitungssignal nicht gleichstromfrei
- Taktinformation nur bei 1-Signalen mitübertragen

AMI (Alternate Mark Inversion), Bipolar-Verfahren

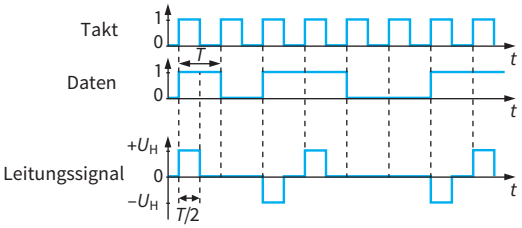
Tastverhältnis 1:1



log. 0 ≙ 0-Signal log. 1 ≙ alternierend $+U_H$-Signal und $-U_H$-Signal

- Signal ist gleichstromfrei
- Taktinformation nur in 1-Signal

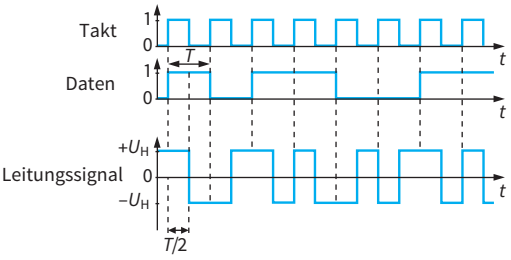
Tastverhältnis 1:2



log. 0 ≙ 0-Signal log. 1 ≙ alternierend $+U_H$-Signal und $-U_H$-Signal bei $T/2$

- Signal ist gleichstromfrei
- Taktinformation nur in 1-Signal

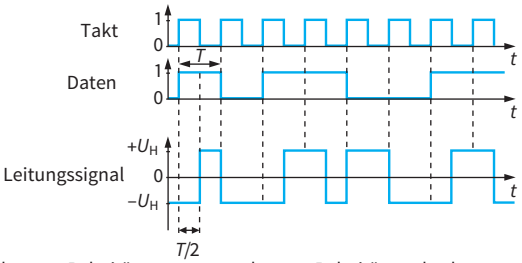
Manchester-Code



log. 0 ≙ Wechsel von $-U_H$-Signal nach $+U_H$-Signal bei $T/2$ log. 1 ≙ Wechsel von $+U_H$-Signal nach $-U_H$-Signal bei $T/2$

- Signal ist gleichstromfrei und selbsttaktend

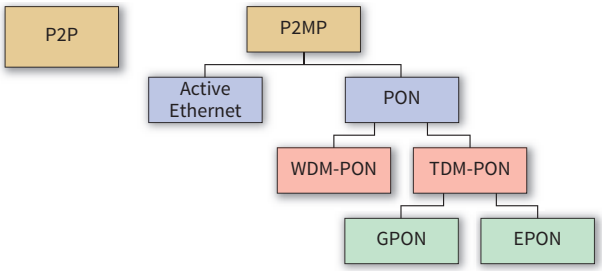
Differenzial-Manchester-Code



log. 0 ≙ Polarität wechselt am Schrittanfang log. 1 ≙ Polarität wechselt nicht am Schrittanfang

- Signal ist gleichstromfrei und selbsttaktend

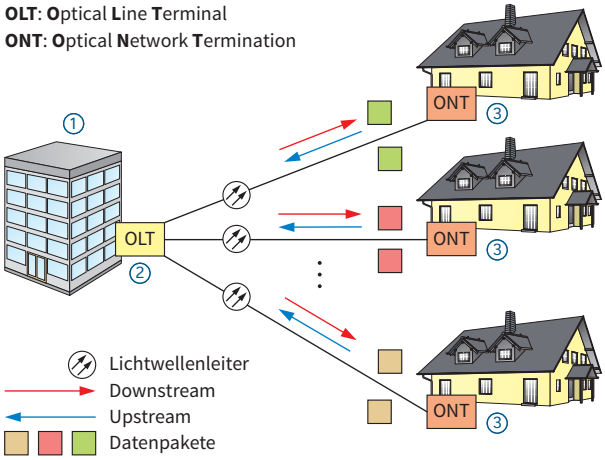
Varianten



P2P: **P**oint-to-**P**oint
P2MP: **P**oint-to-**M**ul**t**i**p**oint
Active Ethernet: Aktives Ethernet
PON: **P**assive **O**ptical **N**etwork (Passives Optisches Netz)
WDM-PON: **W**avelength **D**ivision **M**ultiplex **PON** (Wellenlängenmultiplex PON)
TDM-PON: **T**ime **D**ivision **M**ultiplex **PON** (Zeitmultiplex PON)
GPON: **G**igabit **PON**
EPON: **E**thernet **PON**

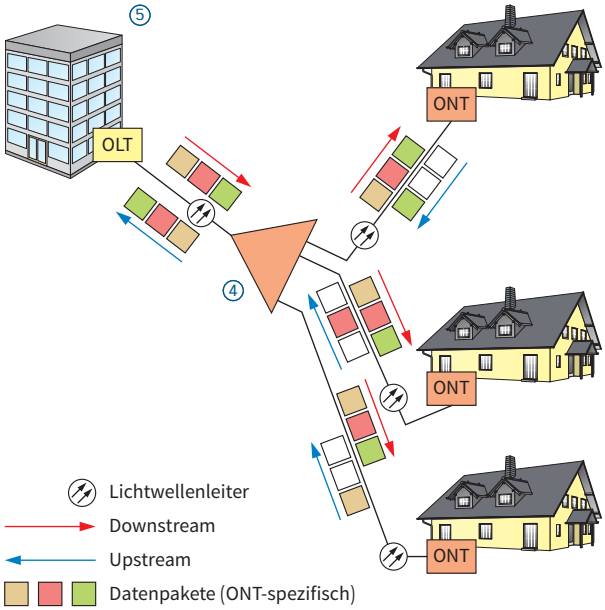
P2P

OLT: **O**ptical **L**ine **T**erminal
ONT: **O**ptical **N**etwork **T**ermination



- Ist vom Konzept die einfachste Form für FTTH.
- Beinhaltet eine **eigene Faser** von der Vermittlungsstelle (**C**entral **O**ffice, **CO**) ① bis zu jedem Teilnhmer.
- Erfordert pro Verbindung eine Schnittstelle (**OLT**) ② im CO und einen netzseitigen Abschluss (**ONT**) ③ beim Teilnehmer.
- Die Übertragung erfolgt getrennt mittels Laser für Downstream und Upstream auf getrennten Wellenlängen (λ_1: 1490 nm u. λ_2: 1310 nm).
- **Vorteile**:
  Jeder Teilnehmer verfügt über die gesamte Bandbreite seiner Verbindung (Datenrate: max. 2,5 Gbit/s up und down). Keine Beeinflussung durch andere Netzwerkteilnehmer.
- **Nachteile**:
  Hohe Investitionskosten für Vielzahl von Lichtwellenleitern, OLT's, Platzbedarf und Energiekosten im CO.

P2MP – GPON

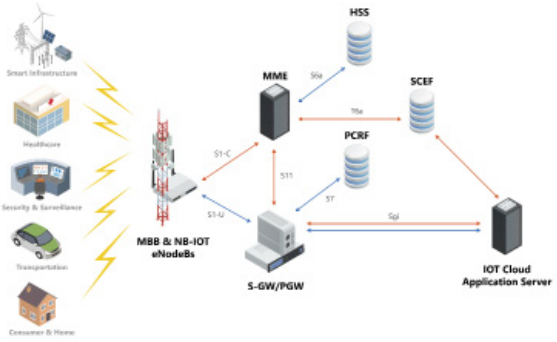


- Beinhaltet passive optische Splitter ④ zwischen CO ⑤ und Teilnehmeranschlüssen (ONT).
- Diese sind in der Regel im Kabelverzweiger (**DB**: **D**istributing **B**ox) eingebaut.
- **Downstream**: Die Splitter verteilen das vom OLT kommende Signal an **alle** ONT's.
- Die Daten pro Teilnehmer werden individuell mit **AES** (**A**dvanced **E**ncryption **S**tandard) verschlüsselt. Der Empfänger kann nur die Daten entschlüsseln, für die er den Schlüssel hat.
- **Upstream**: Splitter führen die Signale aller ONT's auf **eine** Faser-Schnittstelle im OLT zusammen.
- Übertragung der Datenströme erfolgt mittels TDM-Zeitschlitzverfahren.
- **Vorteile**:
  Geringere Anzahl an OLT's und weniger Glasfasern gegenüber P2P. Keine aktiven Komponenten im Übertragungsweg.
- **Nachteile**:
  Bandbreite wird entsprechend der Teilnehmeranzahl aufgeteilt (typisch 16, 32 oder 64 Teilnehmer). Datenraten: typisch 2,48 Gbit/s down und 1,24 Gbit/s up. Reichweite: begrenzt auf ca. 20 km.

Merkmale

- **NB-Io-T** (**N**arrow**B**and **I**nternet **o**f **T**hings; Schmalband-Internet der Dinge) ist eine ERweiterung des LTE-Mobilfunkstandards und wird auch als **LTE Cat-NB1** bezeichnet.
- Ist ein **Low Power Wide Area Network** (**LPWAN**) und Funk-Standard zur Vernetzung von mit Funktechnik ausgerüsteten **UE** (**U**ser **E**quipment) über vorhandene Mobilfunknetze.
- Ist speziell ausgelegt für hohe in-Haus Reichweiten, niedrige Gesamtkosten, lange Batterielebensdauer und hohe Anzahl an verbundenen Geräten.
- Wird von Mobilfunknetz-Betreibern (z. B. Deutsche Telekom. Vodafon) kostenpflichtig angeboten.
- Endgeräte benötigen entweder eine SIM-Karte oder eine **eSIM** (**e**mbedded **S**ubscriber **I**nterface **M**odule).
- Anwendungen u. a. Smart Metering, Energie-Management, Connected Cars, Industrie 4.0
- LTE Cat-NB1-UE's senden und empfangen auf einem 180 kHz breiten Funkkanal (In-Band Betrieb möglich).
- Maximale Downlink- und Uplink-Datenrate zwischen 150 kbit/s und 250 kbit/s.
- Zufgriffsverfahren:
  Downlink: **OFDMA** (**O**rthogonal **F**requency **D**ivision **M**ultiple **A**ccess)
  Uplink: **SC-FDMA** (**S**ingle-**C**arrier **F**requency **D**ivision **M**utiple **A**ccess)
- Senden/Empfangen erfolgt im Halbduplex-Betrieb
- UE's erfordern lediglich eine Antenne.
- Massive Repetition-Kodierung für eine größere Reichweite.
- Empfänger kann mehrere Übertragungsversuche akkumulieren, bis er schließlich ein Signal erfolgreich empfangen kann).
- Reichweite: ca. 18 km bis 20 km

Netzarchitektur



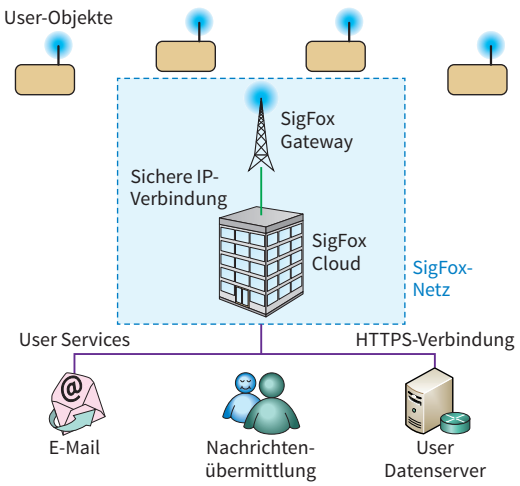
SGW: **S**erving **G**ate**w**ay
SCEF: **S**ervice **C**apability **E**xposure **F**unction
PGW: **P**acket Data Network **G**ate**w**ay
PCRF: **P**olicy and **C**harging **R**ules **F**unction
HSS: **H**ome **S**ubscriber **S**erver
MME: **M**obility **M**anagement **E**ntity
MBB: **M**obile **B**road**b**and
NB-IOT: **N**arrow-**B**and **IOT**
eNodeBs: **e**volved **Node Bs**

SigFox

Merkmale

- SigFox ist eine herstellerspezifische Datenübertragungstechnik mittels Funk (SigFox, Labège Frankreich) für das IoT.
- Ist ein LPWAN mit bis zu 30 km Reichweite.
- Die Funkübetragung erfolgt im lizenzfreien 868 MHz Band (**UNB**: **U**ltra **N**arrow **B**and).
- SigFox ist ein eigener Netzwerkbetreiber, bei dem die Daten der Objekte (Endgeräte) verarbeitet werden.
- Uplink (Objekt an Gateway):
  - Maximal 140 Nachrichten pro Tag
  - Maximal 7 Nachrichten pro Stunde
- Maximal 12 Byte (Nettodaten) pro Nachricht
- Downlink (Gateway an Objekt):
  - Maximal 4 Nachrichten pro Tag
  - Maximal 8 Byte (Nettodaten) pro Nachricht
- Modulationsarten:
  - Uplink: **DBPSK** (**D**ifferential **B**inary **P**hase **S**hift **K**eying)
  - Downlink: **GFSK** (**G**aussian **F**requency-**S**hift **K**eying)
- Kosten: Abhängig von der Anzahl der Endgeräte.

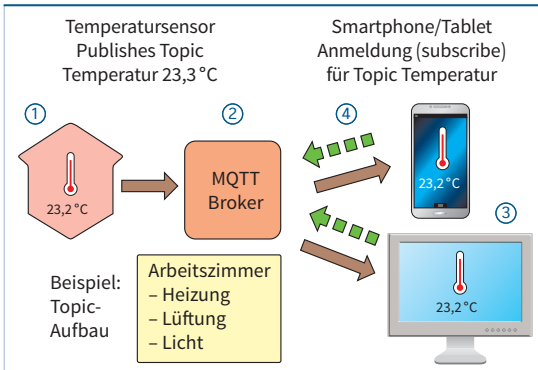
Netzarchitektur



Merkmale

- MQTT ist ein offenes Nachrichtenprotokoll (Transportprotokoll) im Anwendungsberich der Machine-to-Machine-Kommunikation (M2M).
- Ermöglicht die Übertragung von Telemetriedaten in Form von Nachrichten zwischen Geräten (u. a. Sensoren und Aktoren).
- Wird über die **OASIS** (**O**rganzation for the **A**dvencement of **S**tructured **I**nformation **S**tandards) als Protokoll des Internet of Things (IoT) standardisiert.
- Ist besonders geeignet für Verbindungen mit einem geringen Verwaltungsdatenanteil.
- MQTT Netze bestehen aus:
  - **Publisher** (Herausgeber); (Client) ①
  - **Broker** (Verwalter); (Server) ②
  - **Subscriber** (Empfänger); (Client) ③
- Publisher: Sendet Nachrichten an den Broker.
- Broker: Verteilt die Nachrichten an die angemeldeten Subscriber.
- Subscriber: Empfängt die Nachrichten vom Broker.
- Es gibt **keine** direkte Verbindung zwischen Publisher und Subscriber.
- Nachrichten bestehen immer aus einem **Topic** und dem **Nachrichteninhalt**.
- Topics stufen die Nachricht hierarchisch ein (z.B. Arbeitszimmer / Heizung / Temperatur).
- Subscriber könne sich beim Broker auf Topics abonnieren ④.
- Nachrichten werden mit einem definierbaren **Quality of Service** versendet:
  - **at most once (QoS0)**: Nachricht wird einmal gesendet, kommt bei Verbindungsunterbrechung möglicherweise nicht an.
  - **at least once (QoS1)**: Nachricht wird so lange gesendet, bis der Empfang bestätigt wird; kann beim Empfänger mehrfach ankommen.
  - **exactly once (QoS2)**: Die Nachricht kommt bei Verbindungsunterbrechung genau einmal an.
- **last will** (letzter Wille): Wird vom Broker gesendet, sobald ein Client eine Verbindung unsauber abbricht (z. B. „Temperatursensor/Status“ mit der Payload „unreachable“ oder „0“ durch Netzwerkfehler oder ähnliches.

Netzaufbau



Aufbau Header

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Byte 1	Nachrichtentypen [1]				DUP	QoS	QoS	[2]
					Flags			
Byte 2	Länge des restlichen Pakets							

DUP: Duplicate delivery of a PUBLISH Control Packet (Zweifache Auslieferung eines PUBLISH-Pakets)

QoS: PUBLISH Quality of Service (Veröffentlichte QoS)

[1] Siehe Tabelle Nachrichtentypen

[2] **RETAIN**: PUBLISH Retain flag (Nachricht beibehalten)

Merkmale

Benennung	Kennzeichen im Steuerungspaket	Übertragungsrichtung	Funktion
Reserved	0	nicht erlaubt	Reserviert
CONNECT	1	client->server	Verbindungsanfrage an Broker
CONNACK	2	server->client	Verbindungsbestätigung
PUBLISH	3	client->server oder server->client	Neue Nachricht
PUBACK	4	client->server oder server->client	Bestätigung der neuen Nachricht, QoS1
PUBREC	5	client->server oder server->client	Erster Teil einer QoS2-Nachricht
PUBREL	6	client->server oder server->client	Zweiter Teil einer QoS2-Nachricht
PUBCOMP	7	client->server oder server->client	Letzter Teil der QoS2-Nachricht
SUBSCRIBE	8	client->server	Antrag für spezifische Topics
SUBACK	9	server->client	Antragsbestätigung
UNSUBSCRIBE	10	client->server	Abmeldung für spezifische Topics
UNSUBACK	11	server->client	Bestätigung der Abmeldung
PINGREQ	12	client->server	Lebenstaktanfrage
PINGRESP	13	server->client	Lebenstaktantwort
DISCONNECT	14	client->server	Abschaltung

Eigenschaften

- Der Universal Serial Bus ist eine **serielle Schnittstelle**, die als Punkt-zu-Punkt Verbindung ausgeführt ist.
- Die Steuerung der Kommunikation erfolgt über den **Host-controller**, der als Master arbeitet.
- Über den Hub können insgesamt **127 Geräte** in Form einer Baumstruktur an den Bus angeschlosen weren.
- Pro Port kann nur ein einzelnes Gerät betrieben werden.
- Die Geräte werden **automatisch erkannt** und können im Betrieb am Port entfernt bzw. eingesteckt werden.
- Zusätzlich zu den Datenleitungen sind im Verbindungskabel **Stromversorgungsleitungen** enthalten, die eine Energieversorgung der angeschlossenen Geräte ermöglichen.
- Aufgrund der einfachen Anwendung wird die Schnittstelle zur Anschaltung von **fast allen Peripheriegeräten** (USB-Sticks, Festplatten, WLAN-Adapter, usw.) eingesetzt.

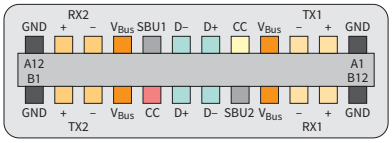
Spezifikationen

Spezifikationen Spannung 5 V	maximale Stromstärke	maximale Leistung
USB 1.0/1.1 (Low-Powered-Port)	0,1 A	0,5 W
USB 2.0 (High-Powered-Port)	0,5 A	2,5 W
USB 3.0/3.1	0,9 A	4,5 W
USB-BC 1.2 (Battery Charging)[1)]	1,5 A	7,5 W
USB-Typ-C	3,0 A	15,0 W

[1)] Ladeanschluss

USB-Typ-C

- Die Steckverbindung besteht aus zwei Kontaktreihen zu je 12 Kontakten. Die Kontakte sind horizontal und vertikal spiegelsymmetrisch angeordnet. Der Stecker kann somit in beiden Positionen eingeführt werden.
- Das Kabel hat an beiden Enden einen identischen Stecker. Kabel können nicht mehr als "falsch" eingesteckt werden.
- Datenübertragungsrate: 10 Gbit/s.
- Die Signale sind fünf Gruppen zugeordnet.



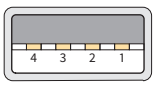
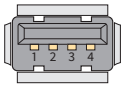
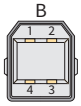
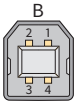
- **SuperSpeed-Link** (TX1+, TX1-, RX1+, RX1- und TX2+, TX2-, RX2+, RX2-) zwei Paar abgeschirmte Twisted-Pair- oder Koaxialleitungen
- **USB 2.0-Link** (D+, D-) einfaches, geschirmtes Twisted-Pair Leitungspaar (Halbduplexübertragung)
- **Konfiguration** (CC1, CC2); CC erkennt das Anstecken eines Kabels und die Orientierung des Steckers.
- **Hilfssignale** (SUB1, SUB2) zur Übertragung analoger Audiosignale
- **Stromversorgung** (4 x V_{BUS}, V_{CONN}, 4 x GND)

USB-PD (Power Delivery)

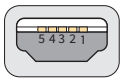
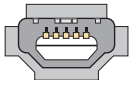
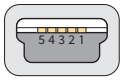
Über eine USB-Typ-C Steckverbindung lassen sich Geräte mit einer Leistung bis 100 W betreiben. Es werden fünf Profile unterschieden mit den Spannungen 5 V, 12 V und 20 V.

Stecker und Buchsen

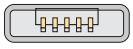
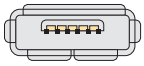
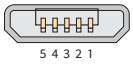
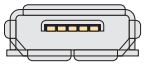
Standard

Stecker	Buchse	PIN-Belegung
A  	A  	1: + 5 V DC (V_{CC}), rot 2: Daten (D-), weiß 3: Daten (D+), grün 4: GND (Masse, Ground, Abschirmung), schwarz
B  	B  	

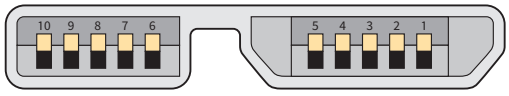
Mini

Stecker	Buchse	PIN-Belegung
A  	A 	1: + 5 V DC (V_{CC}), rot 2: Daten (D-), weiß 3: Daten (D+), grün 4: ID (frei) 5: GND (Masse, Abschirmung), schwarz ID: Identifikation
B  	B 	

Micro

Stecker	Buchse	PIN-Belegung
A  	A 	s. Mini-USB
B  	B 	

Micro-B USB 3.0 (Stecker)



1: + 5 V DC	6: USB 3.0 Senden (-)
2: USB 2.0 (D-)	7: USB 3.0 Senden (+)
3: USB 2.0 (D+)	8: GND
4: USB OTG ID[2)]	9: USB 3.0 Empfangen (-)
5: GND	10: USB 3.0 Empfangen (-)

Datenraten

Spezifikation	max. Nutzdatenrate
USB 1.0 Full Speed	1 MB/s
USB 2.0 Hi Speed	40 MB/s
USB 3.0 Super Speed	300 MB/s
USB 3.1 Super Speed +	900 MB/s

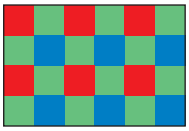
USB On-The-Go (USB OTG, OTG)[2)]

USB-Geräte mit dieser Technik tauschen auch untereinander Daten aus – ohne Verbindung zum PC.
Beispiel: Die Digitalkamera kann Bilder direkt an einen Drucker senden. Der Nutzer muss sie nicht auf einen Computer überspielen, um sie auszudrucken.

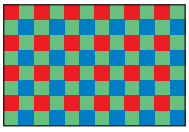
Merkmale

- XAVC (**AVC**: **A**dvanced **V**ideo **C**odec) ist ein Standard zur Kompression von Videodaten der Fa. Sony.
- Der Standard wird von zahlreichen Firmen genutzt (offener Standard) und basiert auf H.264 und MPEG-4 sowie **AVCHD** (**A**dvanced **V**ideo **C**odec **H**igh **D**efinition):
  - 24 Mbit/s (1.080 50i/50i) bzw. 28 Mbit/s (1.080 50p/60p)
  - Abtastrate 4:2:0, 8 Bit (kompatibel zum Blu-ray-Format)
- XAVC wird vorwiegend in HDTV-Systemen wie Blu-ray, Digital Broadcasting (terrestrisch/Kabel/Satellit) und Webbrowsern verwendet.
- Der Standard unterstützt Abtastraten für 4K/HD mit 4:4:4, 4:2:2, 4:2:0 und 8, 10 und 12 Bit. Verwendet wird **MXF** (**M**aterial E**x**change **F**ormat).
- MXF ist ein offenes Dateiformat für Videodateien aus dem Rundfunk-Bereich. Es ist ein Teil von **AAF** (**A**dvanced **A**uthoring **F**ormat) und dient dem vereinfachten Austausch von audio-visuellen Dateien, inklusiv ihrer Metadaten.

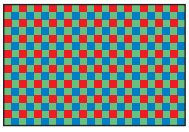
Gegenüberstellung



SD: **S**tandard **D**efinition
640 x 480 Pixel = 307.200 Pixel
PAL (analoges Fernsehen)
Datenrate: 4 … 6 Mbit/s



HD: **H**igh **D**efinition
1.920 x 1.080 Pixel = 32.073.600 Pixel
HDTV (hochauflösendes Fernsehen)
Datenrate: 24 … 30 Mbit/s



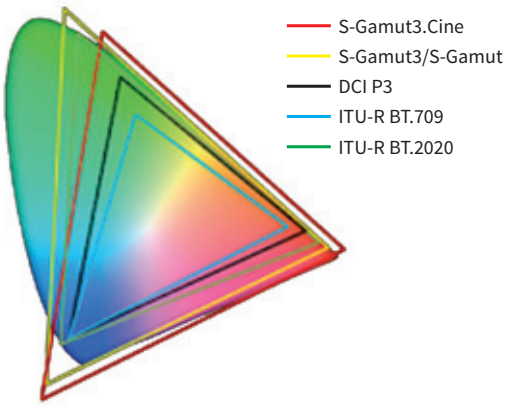
UHD: **U**ltra **H**igh **D**efinition (4K)
3.840 x 42.160 Pixel = 8.294.400 Pixel
Datenrate: ca. 300 Mbit/s

XAVC-Formate

- **XAVCS**
  - ist ein Unterformat von XAVC,
  - unterstützt 3.840 x 2.160 Pixel von 4K bzw. UHD,
  - ist gedacht für Consumer-Produkte und -Workflows,
  - unterstützt HD mit 1.920 x 1.080 und 4K mit 3.840 x 2.160 Pixeln (Quad Full HD, QFHD, UltraHDTV, UHD),
  - ist ein Codec mit Long GOP-Komprimierung (**GOP**: **G**roup **o**f **P**ictures, Interframe) und hat dadurch relativ kleine Dateigrößen und
  - nutzt MP4 für eine hohe Kompatibilität.
- **XAVC-I** (XAVC-**I**ntra)
  Jedes Bild wird einzeln kodiert, ohne Verweis auf vorherige oder nachfolgende Bilder.
- **XAVC-L** (XAVC **L**ong GOP):
  Bei diesem Format findet Bildergruppen-Kodierung statt, bei der die Daten aus anderen Bildern in die Kodierung jedes Einzelbildes aufgenommen werden. Diese Art der Kodierung ist sehr effizient, erfordert aber erheblich mehr Rechenleistung und Speicherplatz während der Kodierung.

Farbraum

- Geräte (Monitore, Drucker, Scanner, …) sind nicht in der Lage, alle Farben wiederzugeben bzw. abzubilden. Es wird deshalb innerhalb eines Farbmodells ein Körper (Farbraum) für die „verfügbaren“ Farben gekennzeichnet (Farbumfang). Dieser wird als **Gamut** bezeichnet.
- S-Gamut ist ein von Sony definierter Farbraum. Die Farben müssen nach der Aufnahme korrigiert werden (Grading), damit ein Film für die Wiedergabe auf Geräten geeignet ist.
- ITU-R BT.709 für HDTV-Geräte und DCI-P3 sind für den Digitalkinobereich Beispiele für andere Farbräume.



S-Gamut

- S-Gamut3 und S-Gamut besitzen einen größeren Farbraum als S-Gamut3.Cine. Dadurch bestehen weitreichende Anpassungsmöglichkeiten. Mit S-Gamut3 erzielt man eine verbesserte Farbwiedergabe.
- S-Gamut3.Cine:
  Dieser Farbraum ist breiter als der von DCI-P3. Durch Kombination von S-Gamut3.Cine mit S-Log3, lässt sich der Farbraum eines Films leichter für die Wiedergabe auf Geräten, z. B. einem digitalen Kinoprojektor anpassen.

Speicherkarten

- Aufgrund der großen Datenübertragungsraten bei 4K-Videoaufnahmen sind nur bestimmte Speicherkarten geeignet

Beispiel:
Geeignete Speicherkarte für Filmaufnahmen im XAVCS HD-Format

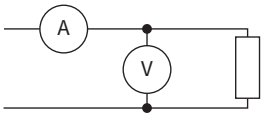
Speicherkarte	Kapazität
SDXC microSDXC	64 GB oder mehr
Geschwindigkeitsklasse	
CLASS 10 U3	



Definitionen

Begriff	Bedeutung
Wahrer Wert x_W	Es handelt sich um den Wert der physikalisch vorliegt. Dieser kann aufgrund von Messfehlern in der Praxis nicht exakt ermittelt werden.
Angezeigter Messwert x_a	Wert der Messgröße und die Ausgabe eines Messgerätes
absoluter Fehler F	$F = x_a - x_W$
relativer Fehler f	$f = \frac{F}{x_W}$
Echteffektivwert/True RMS	Einfache Messgeräte sind auf vorgegebene Strom-/Spannungsformen (DC oder Sinusform) geeicht. Abweichende Kurvenformen wie bei Oberschwingungsbelastung führen zu Messfehlern. Geräte mit True RMS berücksichtigen unterschiedliche Kurvenformen.

Fehlerursachen

Systematische Fehler	Zufällige Fehler	Grobe Fehler
■ Sie ergeben bei Wiederholung der Messung gleiche Abweichungen (Größe und Vorzeichen). ■ Sie entstehen z. B. durch unvollkommene Messgeräte oder Messverfahren. ■ Beispiel:  Spannungsrichtige Messung führt zu systematischem Messfehler bei Strommessung	■ Bei wiederholenden Messungen ergeben sich auch bei konstanten Bedingungen unterschiedliche Abweichungen. ■ Ursachen sind nicht erfassbare Änderungen bei Messgeräten, Messobjekt oder Beobachter. ■ Die Messwerte streuen und die Fehler unterscheiden sich in Betrag und Vorzeichen. ■ Beispiel: – letztes Bit bei Digitalanzeigen – Ableseungenauigkeit bei Zeigerinstrumenten	■ Sind im allgmeinen vermeidbare Fehler ■ Sie sind von Vorzeichen und Betrag nicht zu bestimmen. ■ Beispiele: – Irrtümer – Fehlüberlegungen – Missverständnisse – Schreibfehler bei der Dokumentation – Programmierfehler bei der Auswertungen

Messgenauigkeit (Beispiele)

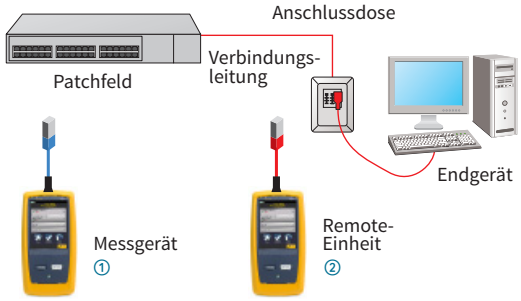
Digitales Multimeter	Anzeige	Fehlerrechnung
	■ 4stellige Anzeige ■ Messbereich: 2000 V (größtmögliche Anzeige = 1 999,9 V) ■ Anzeigenumfang: 19 999 Digits (20 000 Messschritte á 0,1 V)	■ Fehler: +/– 0,5 %, +/– 4 Digits[1)] ■ Anzeige: 600,0 V ■ minimaler Messwert: $600\,V - 600\,V\,\frac{0{,}5}{100} - 0{,}4\,V = 596{,}6\,V$ ■ maximaler Messwert: $600\,V + 600\,V\,\frac{0{,}5}{100} + 0{,}4\,V = 603{,}4\,V$

[1)] Digit: kleinster anzuzeigender Messschritt (im Beispiel 0,1 V)

Analoges Multimeter	Anzeige	Fehlerrechnung
	■ Maximalwert je nach Messbereichseinstellung ■ Ablesefehler minimieren, durch senkrechten Blick auf den Zeiger (Zeiger und Zeigerspiegelbild in Deckung) ■ Je nach Messaufgabe lineare/logarithmische Skala benutzen. ■ Absoluter Fehler ist im ganzen Messbereich gleich. ■ Relativer Fehler wird umso kleiner, je weiter die Skala ausgenutzt wird.	■ Güteklasse gibt den absoluten Fehler an. ■ $F = \frac{\text{Güteklasse}}{100} \cdot MBEW$ *MBEW*: Messbereichsendwert Beispiel: ■ Güteklasse 2,5 ■ Messbereichsendwert = 1,5 A $F = \frac{2{,}5}{100} \cdot 1{,}5\,A$ $F = 0{,}0375\,A$ ■ Anzeige: 0,9 A Minimaler Messwert 0,9 A – 0,0375 A = 0,8625 A Maximaler Messwert 0,9 A + 0,0375 A = 0,9375 A

Messprinzip

- Die Messanordnung besteht aus dem Messgerät ① (Senden, Empfangen, Auswerten) und der Remote-Einheit ②.
- Die Messergebnisse werden mit Normwerten verglichen und als erfüllt (pass) oder nicht erfüllt (fail) gekennzeichnet.
- **Channel Link:** Messung der Übertragungsstrecke ohne Steckverbinder
- **Permanent Link:** Messung der Übertragungsstrecke mit Steckverbinder auf beiden Seiten

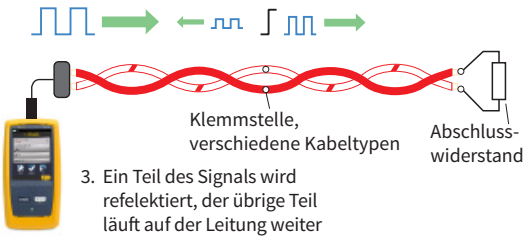


Dämpfung

- **Leitungsdämpfung**
  - Logarithmisches Maß in dB
  - Abhängig von Länge, Frequenz, Wirkwiderstand, induktivem und kapazitivem Belag der Leitung
- **Rückflussdämpfung** (return loss)
  - Leitung wird mit einem Widerstand abgeschlossen

Die Dämpfung der Übertragungsstrecke ändert sich z. B. durch Klemmen oder Anschlüsse in Dosen; Signale werden teilweise reflektiert.

1. Das Messgerät sendet ein Signal
2. Das Signal trifft auf die Übergangsstelle

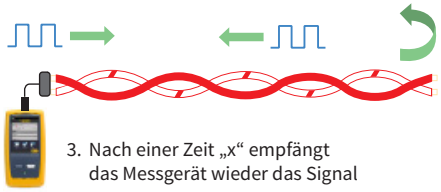


3. Ein Teil des Signals wird refelektiert, der übrige Teil läuft auf der Leitung weiter

Laufzeit und Länge

- Offener Ausgang
- Über die Signallaufzeit wird die Länge der einzelnen Adernpaare ermittelt und angezeigt.

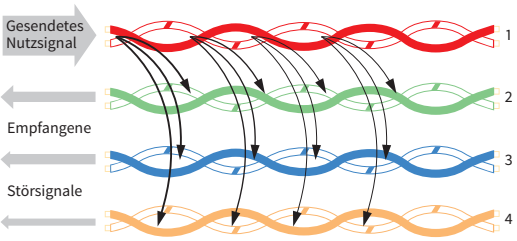
1. Das Messgerät sendet ein Signal auf die Leitung.
2. Das Signal wird am Kabelende reflektiert.



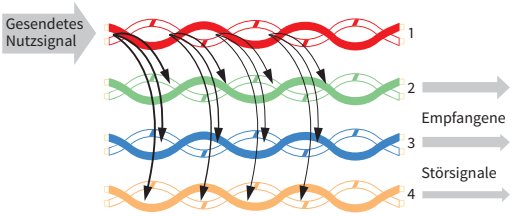
3. Nach einer Zeit „x“ empfängt das Messgerät wieder das Signal

Nebensprechen

- **Nebensprechen** (crosstalk)
  - Das sendende Signal (Leitung 1) induziert eine Spannung in die Leitungspaare 2, 3 und 4.
  - Durch die Kabeldämpfung wird das Nebensprechen mit zunehmender Leitungslänge geringer.



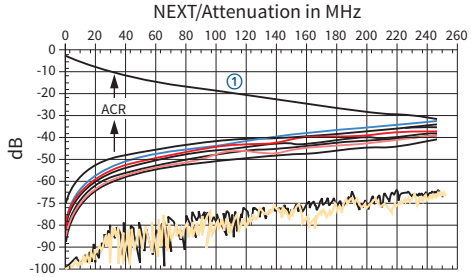
- **Nahes Nebensprechen** (**NEXT**, near end crosstalk)
  - NEXT entsteht zwischen anliegenden Leitungspaaren, z. B. Leitungspaar 1 und 2,
  - ist frequenzunabhängig und verursacht die häufigsten Fehler in Datennetzen.
- **Fernes Nebensprechen** (**FEXT**, far end crosstalk)
  - wird am fernen Ende gemessen und entspricht dem Nahen Nebensprechen (NEXT).



- **Längenabhängiges Nebensprechen am fernen Ende** (**ELFEXT**, equal level far end crosstalk)
  - Den ELFEXT-Wert erhält man, wenn man die Differenz zwischen FEXT und Dämpfung bildet.
  - Der ELFEXT-Wert ist längenunabhängig und kann mit verschieden langen Leitungen verglichen werden.

Rausch-Signal-Abstand

- **ACR: A**ttenuation to **C**rosstalk **R**atio
- Differenz aus dem NEXT-Wert ① und der Dämpfung (ACR = NEXT – Dämpfung)
- Abstand zwischen Nutzsignal und Störsignal
- Je größer der ACR-Wert, desto besser kann das Nutzsignal erkannt werden.
- Der ACR-Wert ist ein Maßstab für die Qualität der gesamten Verbindung.



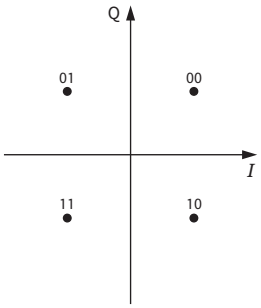
Konstellationsdiagramm
Constellation Diagram

Aufbau und Funktion

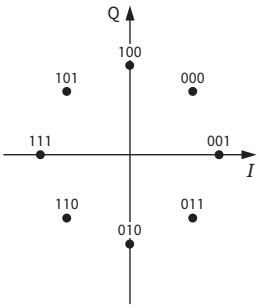
- Anwendung:
  Grafische Darstellung digital modulierter Signale in einem zweidimensionalen Koordinatensystem für
  - **QAM**: **Q**uadrature **A**mplitude **M**odulation, Quadraturamplitudenmodulation z. B. für DVB-C,
  - **QPSK**: **Q**uadrature **P**hase **S**hift **K**eying, Quadraturphasenumtastung z. B. für DVB-S und
  - **COFDM**: **C**oded **O**rthogonal **F**requency **D**ivision **M**ultiplex z. B. für DVB-T.
- Die einzelnen Signale können als Vektoren mit den horizontalen Komponenten **I** (**I**n Phase) und vertikalen Komponenten **Q** (**Q**uadrature) betrachtet werden (s. rechte Spalte).
- Im Diagramm werden jedoch nur die Spitzen der Vektoren dargestellt.
- Je nach Modulationsverfahren gibt es eine verschiedene Anzahl von Entscheidungsfeldern. Diese Entscheidungsfelder entsprechen einer bestimmten Bitkombination (s. rechte Spalte).
- Wenn Störungen auftreten, weichen die Spitzen der Vektoren in einem gewissen Abstand (abhängig von der Signalqualität) von den Idealzuständen ab. Es entsteht eine „Signalwolke“ (s. Abbildungen unten). Je kleiner die Signalwolke, desto weniger ist das empfangene Signal gestört.
- Die Signalzustände lassen sich je nach Häufigkeit farblich hinterlegen. Abstufungen in blau, grün, gelb und rot sind üblich, mit aufsteigender Häufigkeit (s. Abbildungen unten). Dadurch erhält das Konstellationsdiagramm zusätzlich einen dreidimensionalen Eindruck.

Beispiele für ideale Signale im Gray-Code

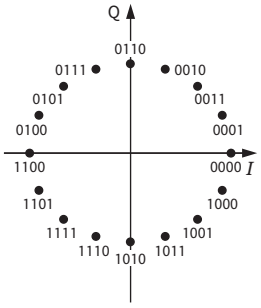
QPSK (4-PSK)



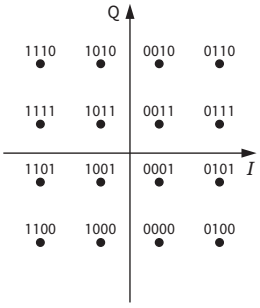
8-PSK



16-PSK

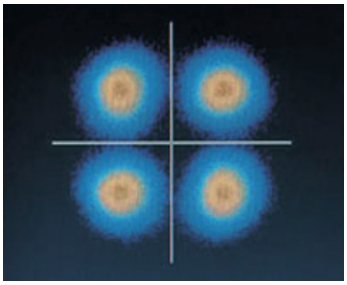


16-QAM

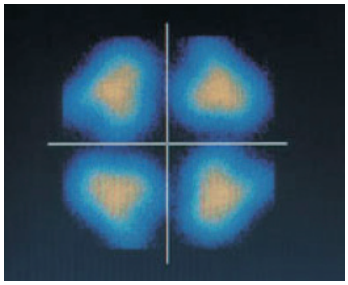


Messtechnisch ermittelte Beispiele für ungestörte und fehlerhafte Signale

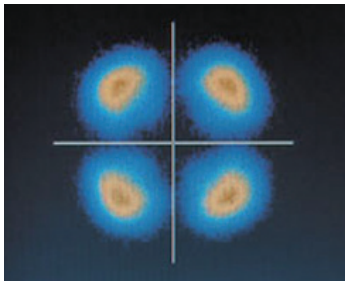
QPSK (DVB-S)



Signal ungestört

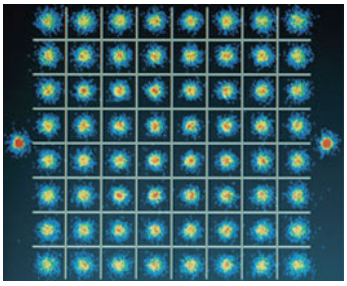


Möglicher Fehler:
Überlagerter Störträger

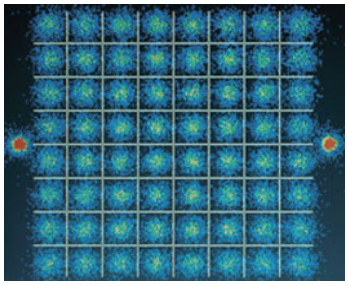


Möglicher Fehler:
Störung durch Phasenrauschen

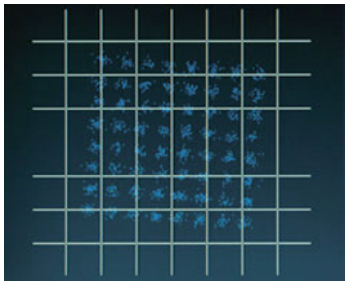
COFDM (DVB-T)



Signal ungestört,
mit Pilotträgern



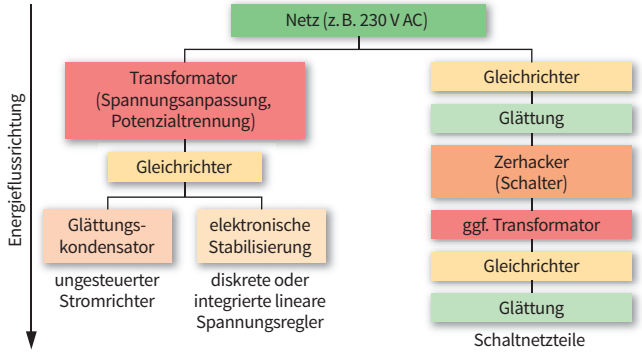
Fehlermöglichkeit:
Rauschanteil zu groß



Fehler:
I/Q-Fehler

Übersicht

- Netzteile erzeugen aus Wechselspannung eine konstante Gleichspannung.
- Sie versorgen elektronische Komponenten (z. B. in PC, Fernseher, Telefonanlage, …).



Ungesteuerte Gleichrichter:
- einfacher Aufbau
- Spannung ist stark vom Laststrom abhängig

Diskrete/integrierte, lineare Spannungsregler:
- gute Spannungskonstanz
- hohe Verlustleistung bei Differenzspannung zwischen Eingang und Ausgang

Schaltnetzteile:
- wegen hoher Schaltfrequenz nur kleine Transformatoren erforderlich

Auswahlkriterien

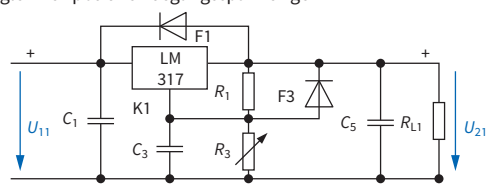
Montage	Funktionsprinzip	Funktionseigenschaften		Anschluss
■ Einbau ■ Aufbau ■ 19"-Einsatz ■ Hutschiene ■ Reiheneinbaugerät	■ Ungeregelt ■ Geregelt – linear – getaktet	■ Festwert ■ I/U-Vorgabe ■ Innenwiderstand ■ Regelgenauigkeit ■ Regelgeschwindigkeit ■ Restwelligkeit ■ Verlustleistung	■ Ein-/Ausgangsspannungsbereich ■ Leistung ■ Überlast-/Kurzschlussverhalten ■ Lüftung (natürlich, erzwungen) ■ Ausgang erd-/massefrei	■ Steckkontakt ■ Klemmen (Schraub-, Steck-, Klemmtechnik) ■ Buchsen

Stabilisierte Gleichspannungs-Versorgungsgeräte

- Stabilisierte Gleichspannungs-Versorgungsgeräte enthalten stetige Gleichstromsteller.
- Allen gemeinsam sind Netztransformator, Gleichrichter und Glättung (hier nicht dargestellt) zur Bildung der Eingangsgleichspannung U_1.

Schaltungsbeispiel

Versorgungsgerät mit integrierten einstellbaren Spannungsreglern für positive Ausgangsspannungen



- Integrierte einstellbare Spannungsregler
- (z. B. K1, LM317) sind weit verbreitet.
- $U_{21} = 1{,}25\,\text{V}\left(1 + \frac{R_3}{R_1}\right)$
- $U_{11max} = 40\,\text{V}$
- Rückstromschutz durch F1
- Entladeschutz durch F3

Bauformen

Labornetzgerät



Hutschienenmontage



Einbaugerät



Isolierte und blanke Leiter

Leiterbezeichnung		Zeichen	Farbe
Wechselstrom	Außenleiter	L1, L2, L3	[1]
	Neutralleiter	N	bl
Gleichstrom	positiv	L+	[1]
	negativ	L–	[1]
	Mittelleiter	M	bl

Leiterbezeichnung	Zeichen	Bildzeichen	Farbe
Schutzleiter	PE	⏚	gnge
PEN-Leiter (Neutrall. mit Schutzfunktion)	PEN	⏚	gnge
Erde	E	⏚	[1]

[1] Farbe nicht festgelegt

Adern bei isolierten Leitungen und Kabeln

für feste Verlegung											für ortsveränderliche Verbraucher									
Aderzahl	Leitungen mit Schutzleiter					Leitungen ohne Schutzleiter					Leitungen mit Schutzleiter					Leitungen ohne Schutzleiter				
2	–	–				bl	br				–	–				bl	br			
3	gnge	bl	br			–	br	sw	gr		gnge	bl	br			–	br	sw	gr	
4	gnge	–	br	sw	gr	bl	br	sw	gr		gnge	–	br	sw	gr	bl	br	sw	gr	
5	gnge	bl	br	sw	gr	bl	br	sw	gr	sw	gnge	bl	br	sw	gr	bl	br	sw	gr	sw

Farbkurzzeichen:
schwarz (sw) black (BK), braun (br) brown (BN), blau (bl) blue (BU), grau (gr) grey (GR), gelb (ge) yellow (YE), grün (gn) green (GN)

Anwendungen
Aderkennzeichnung bei Leitungen und Kabeln für feste Verlegung und flexible Leitungen in

- Installationen elektrischer Anlagen,
- Verteilungssystemen,
- Energieversorgung von fest installierten und ortsveränderlichen Betriebsmitteln und
- Anschlussleitungen bei transportierbaren Betriebsmitteln.

Keine Gültigkeit der DIN VDE 0293-308 für

- Leitungen, Kabel und isolierte Leiter zur inneren Verdrahtung elektrischer Betriebsmittel und fabrikfertiger Schaltkombinationen,
- Leitungen und Kabel in Gleichstromanlagen,
- Leitungen und Kabel, die mehr Adern besitzen als in der Tabelle aufgeführt und
- umhüllte Freileitungen und isolierte Freileitungsseile.

Leitungen
Insulated Wires

Typenkurzzeichen
Beispiel: **H** **03** **VV** **–** **F** **3** **G** **0,5**

H Kennzeichnung der Bestimmung
H: Harmonisierter Typ
A: Anerkannter nationaler Typ

03 Bemessungsspannung in V
03: 300/300 V;
05: 300/500 V;
07: 450/750 V

VV Isolier- und Mantelwerkstoff
B: Etylen-Propylen-Kautschuk
V: PVC
R: Natur- oder synthetischer Kautschuk
N: Chloropren-Kautschuk
S: Silikon-Kautschuk
J: Glasfasergeflecht
T: Textilgewebe
Q: Polyurethan
V2: PVC, wärmebeständig

Aufbauart
H: flache, aufteilbare Leitung
H2: flache, nicht aufteilbare Leitung

F Leiterart
U: eindrähtig
R: mehrdrähtig
K: feindrähtig Leitungen fest verlegt
F: feindrähtig Leitungen flexibel
H: feinstdrähtig
Y: Lahnlitzenleiter

3 Aderzahl

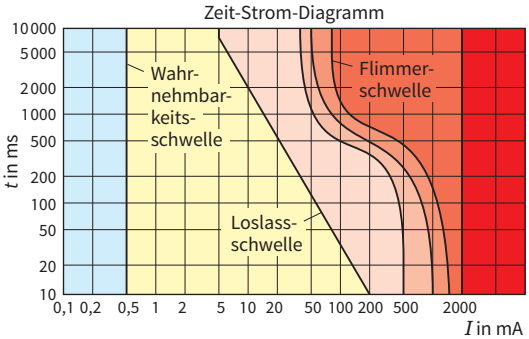
G Schutzleiter
X: ohne gnge Schutzleiter
G: mit gnge Schutzleiter

0,5 Leiterquerschnitt in mm²

Wirkung des elektrischen Stromes auf den menschlichen Körper (DIN VDE V 0140-479-1)

Wechselstrom (50/60 Hz)

Zeit-Strom-Diagramm

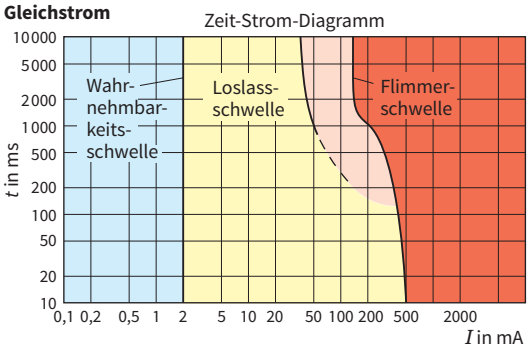


Gefährdungsbereiche für erwachsene Personen und Stromweg „Hand zu Hand“ und „linke Hand zum Fuß“

- Keine Auswirkungen
- Keine schädigenden Auswirkungen
- Keine Beschädigung der Organe, Muskelverkrampfungen, der Spannung führende Leiter kann unter Umständen nicht mehr losgelassen werden.
- Mögliches Herzkammerflimmern
- Wahrscheinliches Herzkammerflimmern
- Herzkammerflimmern
- Herzstillstand und Atemstillstand, schwere Verbrennungen

Gleichstrom

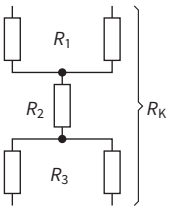
Zeit-Strom-Diagramm



Gefährdungsbereiche für erwachsene Personen und Stromweg „linke Hand zu beiden Füßen“

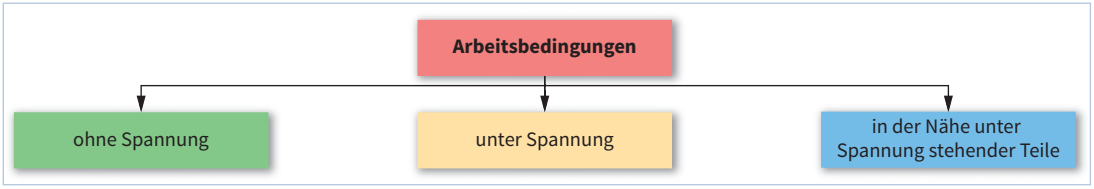
- Keine Wahrnehmung
- Keine physiologisch gefährliche Wirkung
- Mögliche Störungen durch Impulse im Herzen
- Herzkammerflimmern, Verbrennungen

Elektrischer Widerstand des menschlichen Körpers

Ersatzschaltbild	Erklärung
	Teilwiderstände R_1: Hände/Arme R_2: Körperrumpf R_3: Beine/Füße R_K: innerer Körperwiderstand mit Durchschnittswerten ■ bei 25 V mit 3250 Ω ■ bei 50 V mit 2625 Ω ■ bei 230 V mit 1350 Ω

Begriffe

L1 L2 L3	**Außenleiter:** Leiter, die Spannungsquellen mit Betriebsmitteln verbinden.
N	**Neutralleiter:** Leiter, der mit dem Mittel- oder Sternpunkt verbunden ist.
PE	**Schutzleiter:** Leiter, der Körper von Betriebsmitteln, leitfähige Teile, Haupterdungsklemme und Erde verbindet.
PEN	**PEN-Leiter:** Leiter, der die Funktionen von Neutral- und Schutzleiter vereinigt.
U_o	**Wechselspannung** (Effektivwert) z. B. zwischen Außenleiter und N-Leiter bzw. Erde
U_B	**Berührungsspannung**
U_L	**Höchstzulässige Berührungsspannungen:** 50 V AC, 120 V DC
U_F	**Fehlerspannung:** Spannung, die im Fehlerfall zwischen Körpern oder zwischen Körpern und der Bezugserde auftritt.
I_F	**Fehlerstromstärke:** Stromstärke, die aufgrund eines Isolationsfehlers entsteht.
I_K	**Kurzschlussstromstärke:** Stromstärke, die bei direkter Verbindung von zwei Außenleitern oder zwischen Außenleiter und Neutralleiter entsteht. **Erdschluss:** Leitende Verbindung eines Außenleiters mit der Erde (auch einpoliger Kurzschluss).
I_b	**Betriebsstromstärke** eines Stromkreises
I_N	**Bemessungsstromstärke** (Nennstromstärke) eines Verbrauchsmittels oder Überstrom-Schutzorgans
$I_{\Delta N}$	**Bemessungsfehlerstromstärke** der RCD
t_a	Abschaltzeiten der Überstrom-Schutzorgane in **Endstromkreisen** bei **Betriebsstromstärke** $I_b \leq 32$ A **TN-Systeme:** ■ $t_a \leq 0{,}4$ s für 120 V < $U_0 \leq$ 230 V ■ $t_a \leq 0{,}2$ s für 230 V < $U_0 \leq$ 400 V ■ $t_a \leq 0{,}1$ s für $U_0 >$ 400 V **TT-Systeme:** ■ $t_a \leq 0{,}2$ s für 120 V < $U_0 \leq$ 230 V ■ $t_a \leq 0{,}07$ s für 230 V < $U_0 \leq$ 400 V ■ $t_a \leq 0{,}04$ s für $U_0 >$ 400 V **IT-Systeme:** ■ Körper mit PE-Leiter verbunden und gemeinsame Erdungsanlage → Abschaltzeiten wie im TN-System ■ Körper in Gruppen oder einzeln geerdet → Abschaltzeiten wie im TT-System



Arbeit ohne Spannung

Der Arbeitsverantwortliche veranlasst das
- Aufstellen des Sicherheitsschildes und
- Befolgen der Sicherheitsregeln.

5 Sicherheitsregeln

1. **Freischalten**
   Das Anlagenteil muss allpolig und allseitig abgeschaltet werden.
2. **Gegen Wiedereinschalten sichern**
   Nur die an der Anlage tätigen Personen dürfen das betreffende Anlagenteil wieder in Betrieb nehmen.
3. **Spannungsfreiheit feststellen**
   Durch Messung mit Messgerät oder zweipoligem Spannungsprüfer vergewissern, dass keine Spannung gegen Erde am betreffenden Anlagenteil vorhanden ist.
4. **Erden und Kurzschließen**[1)]
   Von der Erdungsklemme ausgehend alle Leiter untereinander verbinden.
5. **Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken und abschranken**
   Abdecken oder Abschranken verhindern, dass Anlagenteile nicht berührt werden können.

[1)] In Anlagen mit Bemessungsspannungen bis 1 kV darf unter bestimmten Umständen hiervon abgewichen werden (vgl. DIN VDE 0105-100)

Maßnahmen vor Wiedereinschalten nach beendeter Arbeit

1. Werkzeug und Hilfsmittel entfernen.
2. Gefahrenbereich verlassen.
3. Kurzschließen und Erdung zuerst an der Arbeitsstelle, dann an den übrigen Stellen entfernen ①.
4. Anlagenteile und Leitungen ohne Erdungsseil dürfen nicht berührt werden.
5. Entfernte Schutzverkleidungen und Sicherheitsschilder wieder anbringen.
6. Schutzmaßnahmen an den Schaltstellen erst nach Freimeldung von den Arbeitsstellen aufheben.



①

Arbeiten unter Spannung

Ausführung nur unter folgenden Bedingungen:
- Keine Brand- oder Explosionsgefahr
- Keine ungünstigen Witterungsverhältnisse (z. B. hohe Luftfeuchtigkeit)

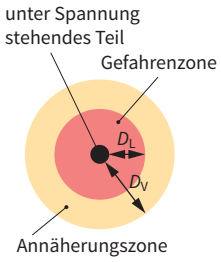
Voraussetzungen für Elektrofachkraft und Werkzeug:
- Spezielle Ausbildung
- Vorgeschriebene persönliche Schutzausrüstung
- Geeignetes Werkzeug für die Betriebsspannung
- Regelmäßige Überprüfung von Werkzeug und Schutzausrüstung
- Spezielle Anweisung an die ausführende Person durch den Verantwortlichen

Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender Teile

Arbeiten in elektrischen Anlagen, bei denen Personen mit Körperteilen, Werkzeug oder anderen Gegenständen in die Annäherungszone gelangen können, die Gefahrenzone aber nicht erreichen.

- **Annäherungszone**
  - hängt ab von der Bemessungsspannung U_N und
  - wird begrenzt durch den Abstand D_V von unter Spannung stehenden Teilen.

  Dabei müssen alle unter Spannung stehenden Anlagenteile sicher abgedeckt werden (vgl. Sicherheitsregel 5).



Arbeiten von Nicht-Elektrofachkräften innerhalb der Annäherungszone dürfen nur unter Aufsicht von Elektrofachkräften durchgeführt werden.

- **Gefahrenzone**
  - ist der Bereich, der durch Abstand D_L begrenzt wird und
  - in dem **keine Arbeiten** vorgenommen werden dürfen.
- **Richtwerte für die Abstände D_V und D_L** (Auswahl)

Bemessungsspannung U_N in kV	Mindestabstände in Luft	
	D_V in mm	D_L in mm
≤ 1	300	–
6	1120	90
10	1150	120
20	1220	220
110	2000	1000

- **Besondere Anforderungen**
  - Elektrofachkraft muss Zusatzqualifikation besitzen.
  - Arbeitsverantwortliche muss vor Ort die Arbeitenden einweisen und beaufsichtigen.
  - Arbeitsstelle muss nach außen durch Abschrankungen und Schilder kenntlich gemacht werden.

GHS

- **GHS**: **G**lobally **H**armonised **S**ystem of Classification and Labelling of Chemicals
- GHS ist ein weltweit einheitliches System zur Einstufung von Chemikalien sowie deren Kennzeichnung auf Verpackungen und in Sicherheitsdatenblättern der Vereinten Nationen („weltweit" bedeutet gegenwärtig: Die wichtigsten Industrieländer).
- Die bisher in der EU geltenden Kennzeichnungsmethoden für Gefahrstoffe werden ersetzt:
  - Gefahrensymbole ⇒ **Gefahrenpiktogramme**
  - R-Sätze ⇒ **H-Sätze** (**H**azard Statements)
  - S-Sätze ⇒ **P-Sätze** (**P**recautionary Statements)
- Die GHS-Verordnung wird auch als **CLP-Verordnung** (**C**lassification, **L**abelling and **P**acking) bezeichnet.
  Genaue Bezeichnung: Verordnung (EG) Nr. 1272/2008, Anwendung auf Stoffe ab 1. Dezember 2010, auf Gemische ab 1. Juni 2015.

H- und P-Sätze

- Es handelt sich bei den Sätzen um Gefahren- und Sicherheitshinweise (**H**azard und **P**recautionary).
- Sätze sind knappe Kennzeichnungen. Sie haben die Aufgabe wie die R- und S-Sätze in den bisherigen EU-Kennzeichnungen.
- H-Sätze (Beschreibung von Gefahren):
  - H200-Reihe: Physikalische Gefahren
    Beispiel: H220: Extrem entzündbares Gas
  - H300-Reihe: Gesundheitsgefahren
  - H400-Reihe: Umweltgefahren
- P-Sätze (Sicherheitshinweise):
  - P100-Reihe: Allgemeines
  - P200-Reihe: Prävention
    Beispiel: P232: Vor Feuchtigkeit schützen
  - P300-Reihe: Reaktion
  - P400-Reihe: Aufbewahrung
  - P500-Reihe: Entsorgung

Gefahrstoffpiktogramme

Bezeichnung, Piktogramm, Codierung		Erläuterungen Warnung vor …
Explodierende Bombe GHS01		– explosionsfähigen Chemikalien.
Flamme GHS02		– leicht oder extrem entzündbaren Chemikalien, – explosionsfähigen Gasen.
Flamme über einem Kreis GHS03		– Oxidationsmitteln, die Brände verstärken oder auslösen können.
Gasflasche GHS04		– Druckgasen in Flaschen oder anderen Behältern.
Ätzwirkung GHS05		– Verätzungen organischen Gewebes, Korrosion bzw. Auflösung von Metallen.
Totenkopf mit gekreuzten Knochen GHS06		– akuter Toxizität (Vergiftung).
Ausrufezeichen GHS07		– Minderschweren Gefahren, z. B. Hautreizung, Hautallergie, schwächerer Vergiftung.
Gesundheitsgefahr GHS08		– Erkrankungen, die mit schweren Leiden verbunden sind (Schädigung innerer Organe)
Umwelt GHS09		– Umweltgefahren, z. B. Gewässer, Boden, Atmosphäre.

Kennzeichnungsbeispiel für Wasserstoff

Wasserstoff

Gefahr



Gefahrenhinweise

H220: Extrem entzündbares Gas.
H280: Enthält Gas unter Druck, kann bei Erwärmung explodieren.
H210: Von Hitze, Funken, offener Flamme und heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.

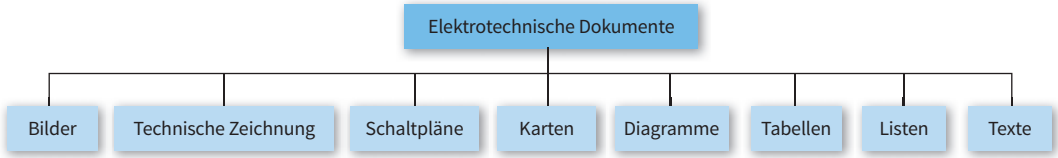


Sicherheitshinweise

P377: Brand von ausströmendem Gas: Nicht löschen, bis Undichtigkeit gefahrlos beseitigt werden kann.
P381: Alle Zündquellen entfernen, wenn gefahrlos möglich.
P410 und P403: Vor Sonnenbestrahlung geschützt an einem gut belüfteten Ort aufbewahren.

Gefahrenklassen

- Die GHS-Verordnung beschreibt 28 Gefahrenklassen. Sie geben die Art der Gefahr an, z. B. bei entzündbaren Flüssigkeiten.
- Jede Gefahrenklasse ist in Gefahrenkategorien unterteilt, die nach der „Schwere" der Gefahr abgestuft sind. Je höher die Zahl der Kategorie, desto schwächer ist die Gefahr.
  Beispiel: Die Gefahrenklasse 2.6 „entzündbare Flüssigkeiten" ist in drei Kategorieen unterteilt:
  1: Flammpunkt < 23 °C und Siedebeginn ≤ 35 °C
  2: Flammpunkt < 23 °C und Siedebeginn > 35 °C
  3: Flammpunkt < 23 °C und ≤ 60 °C



Funktionsbezogene Dokumente

Übersichtsschaltplan:
Vereinfachte Darstellung einer Schaltung, die die Arbeitsweise und die Gliederung einer elektrischen Einheit zeigt

Blockschaltplan: ①
Übersichtsschaltplan mit Blocksymbolen

Netzwerkkarte:
In Landkarte eingezeichneter Übersichtsschaltplan

Funktionsschaltplan:
Prozessorientierte Darstellung z. B. einer Steueraufgabe

Logik-Funktionsschaltplan:
Funktionsschaltplan mit binären Schaltzeichen

Ersatzschaltplan:
Funktionsschaltplan als äquivalente Schaltung

Funktionsplan: ②
Steuerungs- oder Regelungssystem durch ein Diagramm beschrieben

Stromlaufplan: ③
Ausführliche Darstellung einer Schaltung, aus der ihre Funktion zu erkennen ist

Ortsbezogene Dokumente

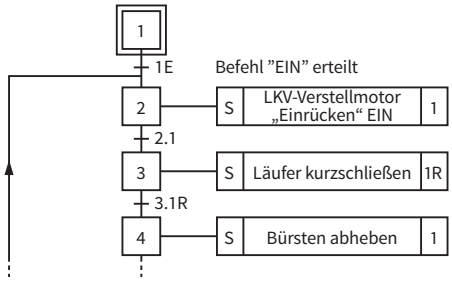
- Lageplan
- Installationsplan ④
- Installationsschaltplan
- Gruppenzeichnung
- Anordnungsplan

Verbindungsbezogene Dokumente

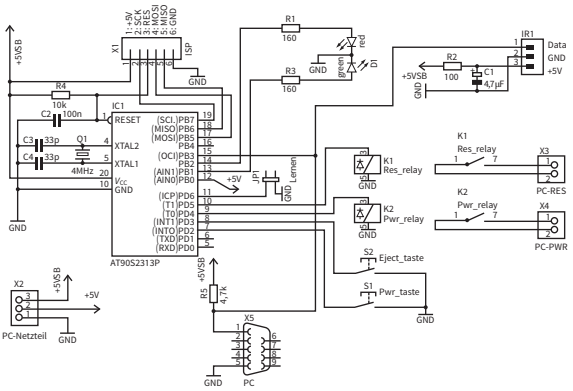
- Verdrahtungsplan, -tabelle
- Geräteverdrahtungsplan, -tabelle
- Verbindungsplan, -tabelle
- Anschlussplan, -tabelle, Klemmenplan
- Kabelplan, -tabelle, -liste

Außerdem verwendet man
- Ablaufdiagramme, Zeitablaufdiagramme
- Anschlussfunktionspläne
- Programmpläne, -tabellen, -listen

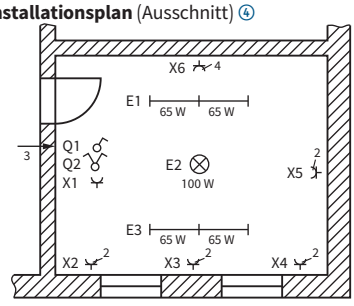
Funktionsplan (Ausschnitt) ②



Stromlaufplan ③



Installationsplan (Ausschnitt) ④



Verlegeart:
NYM auf Abstandsschellen mit Abzweigdosen

Montagehöhe über OKFB
Steckdosen 1,05 m

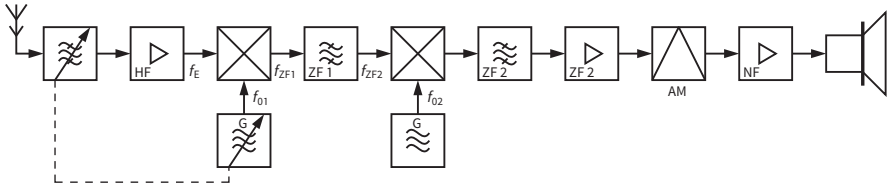
Schutz bei ind. Berühren:
Abschaltung durch LS-Schalter

Zusätzlicher Schutz im Bad:
RCD-Schutzeinrichtung
$I_{\Delta n}$ = 30 mA

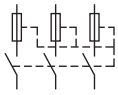
Leistung:
Steckdosen 4 kW

M 1:100

Blockschaltplan ①



Schutzeinrichtungen

	Sicherung, allgemein
	Sicherung; breite Seite kennzeichnet den netzseitigen Anschluss
	Sicherung mit mechanischer Auslösemeldung (Schlagbolzen-sicherung)
	Sicherung mit Meldekontakt und drei Anschlüssen
	Sicherungsschalter
	Dreipoliger Schalter mit selbsttätiger Auslösung durch den Schlagbolzen jeder einzelnen Sicherung
	Sicherungstrenn-schalter
	Sicherungs-Last-trennschalter
	Schraubsicherung, dargestellt 10 A, Typ D II, dreipolig
	Niederspannungs-Hochleistungs-Sicherung (NH), dargestellt 25 A, Größe 00
	Selektiver Hauptlei-tungsschutz-Schalter
	Blitzstromableiter
	Funkenstrecke
	Überspannungs-ableiter
	Überspannungs-ableiter in einer Gasentladungsröhre

Aufzeichnende Messgeräte

	Messgerät, anzeigend, allgemein
	Spannungsmess-gerät
	Amperemeter, Stromstärkemess-gerät
	Wattmeter, Leistungsmessgerät
	Blindleistungsmess-gerät
	Leistungsfaktor-messgerät
	Frequenzmessgerät
	Drehzahlmessgerät
	Galvanometer
	Synchronoskop
	Phasenwinkel-messgerät
	Oszilloskop
	Differenzialspan-nungs-, Gleichspan-nungsmessgerät
	Blindstrommess-gerät
	Widerstandsmess-gerät
	Thermometer, Pyrometer
	Messwerk mit Spannungspfad
	Messwerk mit einem Strompfad

	Messwerk zur Summen- oder Differenzbildung
	Messwerk zur Produktbildung
	Messwerk zur Quotientenbildung
	Kreuzzeiger-instrument

Zähler

	Betriebsstunden-zähler
	Amperestunden-zähler
	Wattstundenzähler, Elektrizitätszähler
	Mehrtarif-Wattstun-denzähler, Zweitarif-zähler dargestellt
	Wattstundenzähler, der nur zählt, wenn ein vorgegebener Wert überschritten wird
	Wattstundenzähler mit Übertragungs-einrichtung
	Blindverbrauchs-zähler
	Impulszähler mit elektrischer Rück-stellung auf Null

Messrelais

	Phasenausfallrelais in einem Dreipha-sensystem
	Nullspannungsrelais
	Überstromrelais, verzögert
	Näherungsempfind-liche Einrichtung, kapazitiv, reagiert auf Näherung eines Festkörpers

Die fettgedruckten Begriffe entsprechen den Seitenüberschriften

Symbole

„single point of failure“ / „single point of failure“ 248
1 aus 10-Code / 1 out of 10-code 104
10 Gigabit Ethernet / 10 Gigabit Ethernet 151
100 V-Technik / 100 V technology 310
1000 BASE-CX / 1000 BASE-CX 150
1000 BASE-LX / 1000 BASE-LX 150
1000 BASE-SX / 1000 BASE-SX 150
1000 BASE-T / 1000 BASE-T 150
16-PSK / 16-PSK 109, 110
2 aus 5-Code / 2 out of 5-code 104
2B1Q / 2 Binary 1 Quaternary 194
2D-Codes / 2D-Codes 107
3-D Projektion / 3-D projection 321
4K / 4K 328
5.1 System / 5.1 system 313
80 PLUS / 80 PLUS 434
8-PSK / 8-PSK 109, 110

A

AAF / Advanced Authoring Format 328
AAL-Schicht (ATM Anpassung) / ATM Adaptation Layer 173
Abnahmemessungen / acceptance measurements 158
Absoluter Pegel / absolute level 122
Abtastung / sampling 102, 108
A-CELP / Algebraic Code-Excited Linear Predictive 181
AC-Koeffizient / AC-coefficient 115
ACL / Asynchronous Connectionless 256
ACR (Attenuation Cross Ratio) / ACR (Attenuation Cross Ratio) 374
ActiveX / ActiveX 280
ActiveX-Steuerelement / ActiveX-control element 280
ad hoc-Mode / ad hoc-mode 164
Addition / addition 7
Addition phasenverschobener Spannungen / addition of phase shifted voltages 472
Aderisolierung / wire insulation 399
ADPCM / Adaptive Pulse Code Modulation 172
Adressbus / address bus 228
ADSL / Asymmetric DSL 194, 195
ADSL – Asymmetric Digital Subscriber Line / ADSL – Asymmetric Digital Subscriber Line 195
ADSL 2+ / ADSL 2+ 195
AES / Advanced Encryption Standard 167
AGB – Allgemeine Geschäftsbedingungen / General Standard Terms and Conditions 411
AH / Authentication Header: Authentifikationskopf 221
Aiken-Code / Aiken-Code 104
AIT / Advanced Intelligent Tape 240
Akkumulatoren / rechargeable batteries 405
Aktiva / assets 415
Aktive Filter / active filters 62
Aktive Projektion / active projection 320
Aktive Sensoren / active sensors 135
Aktive Transponder / active transponders 187
Aktivitätsplanung / activity planning 421
Aktivmatrix / active matrix 315
Aktoren / actuators 136
Akustik / acoustics 20, 21
Akustikanalysator / acoustics analyser 381
Akustische Welle / acoustic wave 67
Alarmschleife / alarm loop 212
Alkali-Mangan-Rundzellen / alkaline-manganese round cells 404
ALU / ALU 228, 229
Aluminium-Elektrolytkondensator / aluminium electrolytic capacitor 52, 53
AM – Amplitudenmodulation / AM – Amplitude Modulation 100
American Wire Gauge / American Wire Gauge 126
AM-FM-Empfänger / AM-FM receiver 322
Ampere / ampere 27
Amplitude / amplitude 36
Amplitudenbegrenzer / amplitude limiter 387
Amplitudenmodulation / amplitude modulation 128
Anaglyphenbild / anaglyph image 321
Analog-Digital-Umsetzer / analog to digital converter 85, 102
Analoge Fernsehnormen / analogue television standards 324
Analoge Schallaufzeichnung / analog sound recording 314
Analoge Videoaufzeichnungssysteme / analog video recording systems 325
Analoger Rundfunkempfang / analog radio reception 322
Android / Android 276
Ankathete / adjacent side 6
Anlagenanschluss / system connection 192
Anlagenverantwortlicher / nominated person in control of an electrical installation 423
Annäherungszone / vicinity zone 424
Anpassung / matching 29
Anpassungsdämpfung / matching loss 380
Anschluss analoger Telekommunikationsgeräte / connection of analog telecommunication devices 191
Anschluss von ISDN-Geräten / connection of ISDN equipment 193
Anschlussbezeichnungen von Schützen / terminal markings of contactors 95
Antenne / aerial (antenna) 165
Antennenanlage / aerial installation 198, 199
Antennensysteme / aerial systems 170
Antennenweiche / aerial diplexer 198
Antischall / anti-sound 308
Antriebe / drives 468
Anwendungsbereiche von Kondensatoren / application fields of capacitors 53
Anwendungsklassen für Bauelemente / utilization classes for components 45
Anwendungsneutrale Verkabelung / generic cabling system 155
Anwendungsregeln / codes of practice 417
Anwendungsschicht / application layer 139, 143
Anwendungsspezifische IC (ASIC) / Application Specific Integrated Circuits 243
Anwendungsvorschriften / instructions for use 417
AP / Access Point 164
Arbeit / work 17, 468
Arbeit ohne Spannung / de-energized work 424
Arbeiten an elektrischen Anlagen / working on electrical installations 424
Arbeiten unter Spannung / live working 424
Arbeitsbedingungen / work conditions 424
Arbeitsorganisation / work organization 421
Arbeitsschutz / health and safety at work 423
Arbeitsschutz- und Umweltschutzrecht / occupational safety and environmental legislation 422
Arbeitsschutzgesetz / Occupational Health and Safety Act 423
Arbeitsschutzrecht / Occupational Health and Safety Legislation 422
Arbeitsstromprinzip / open circuit principle 211
Arbeitsverantwortlicher / nominated person in control of a work activity 423
Arbitrated Loop / arbitrated loop 154
Arithmetische Codierung / arithmetic encoding 117
ARQ / Automatic Retransmission Query 256
ART / Android Runtime 276
ASCII-Code / ASCII-Code 105
ASIC - anwendungsorientierte integrierte Schaltung / ASIC - Application Specific Integrated Circuit 88
ASIC – Anwendungsspezifische ICs / ASIC – Application Specific Integrated Circuits 243
ASK / Amplitude Shift Keying 109, 128
Assoziativgesetz / associative law 7
Astabile Elemente / astable elements 464
Astabile Kippstufe / astable element 464
Asynchrone Taktung / asynchronous clocking 367
Asynchroner Datentransfer / asynchronous data transfer 254

|Aaronia AG, Strickscheid: 382. |Adobe Systems Software Ireland Limited, Dublin: 223. |Apple Inc. Deutschland, Haar: 223. |BC GmbH Verlags- und Medien-, Forschungs- und Beratungsgesellschaft, Ingelheim: 2 - 3, 436. |Bundesministerium der Finanzen, Berlin: 238. |Carl Zeiss Archiv, Jena: 320. |conbee GmbH: 184. |Datacolor, Dietlikon: 262. |Dätwyler Cables GmbH, Hattersheim: 131. |deckermedia GbR, Vechelde: 49, 273, 386, 439. |DEHN + SÖHNE GmbH + Co. KG., Neumarkt i.d.OPf.: 403, 424. |Der Grüne Punkt - Duales System Deutschland GmbH, Köln-Porz-Eil: 438. |DOCUTECHNICA - Technische Dokumentation & Fotografie, Dipl.-Ing. Hans-Christian Starke, Kiel: 241. |dreamstime.com, Brentwood: Modestil 242. |Druwe & Polastri, Cremlingen/Weddel: 68. |Dzieia, Michael Dr., Darmstadt-Arheilgen: 396. |EKF Elektronik GmbH, Hamm: 245. |Europäische Kommission, Berlin: Quelle: Umweltbundesamt 271. |Europäische Union, Berlin: 432. |Fireball Labs GmbH, München: 445. |Fluke Deutschland GmbH, Glottertal: 359, 374. |fotolia.com, New York: Gudellaphoto 238. |GMC-I Messtechnik GmbH, Nürnberg: 359. |Google LLC, Mountain View: 445. |GOSSEN Foto- und Lichtmesstechnik GmbH, Nürnberg: 379. |Häßler, Ulrike, Moers: 260. |HID Global GmbH, Granges-Veveyse: 187. |Hübscher, Heinrich, Lüneburg: 68, 125, 191, 215, 224, 226, 258, 259, 264, 270, 277, 279, 287 - 288, 303 - 304, 312, 329. |IBM Deutschland, Ehningen: 241. |icotek GmbH, Eschach: 207. |IDEAL INDUSTRIES GmbH, Ismaning: 373. |Industrieverband Büro und Arbeitswelt (IBA), Wiesbaden: 432. |InfoTip Service GmbH, Bochum: 260, 342. |Intel GmbH, Feldkirchen: © Intel Corporation 239. |iStockphoto.com, Calgary: 251; Asian 159; lumenetumbra 51. |JENOPTIK Laser GmbH, Jena: 128. |Kerlink, THORIGNE-FOUILLARD: 184. |Ketchum Pleon GmbH, Duesseldorf: Samsung 239. |KWS Electronic Test Equipment GmbH Tattenhausen, Großkarolinenfeld: 205, 377 - 378. |Lithos, Wolfenbüttel: 6 - 14, 17 - 25, 27 - 42, 44, 46 - 48, 50 - 82, 84 - 96, 98 - 103, 106 - 124, 126 - 136, 138 - 142, 144 - 145, 148, 150 - 166, 168 - 216, 219 - 226, 228 - 237, 239 - 256, 258 - 263, 265 - 271, 274 - 275, 277 - 278, 280, 282, 285, 287 - 288, 290 - 291, 293 - 295, 297 - 300, 302 - 323, 325 - 354, 356, 358 - 363, 365 - 378, 380, 383 - 384, 387 - 395, 397 - 408, 412 - 415, 417, 419 - 421, 423 - 432, 434 - 435, 438, 440, 442 - 450, 452 - 453, 455 - 470, 472 - 477. |Michael Siefert CD-Produktion, Sindelfingen: 351. |MicroNova AG, Vierkirchen: 185. |Microsoft Deutschland GmbH, München: 216, 223, 280, 445. |Mindfactory AG, Wilhelmshaven: 239. |Mozilla, Berlin: 216. |NEUTRIK Vertriebs GmbH, Dachau: 312. |NTi Audio GmbH, Essen: 381. |OLYMPUS EUROPA SE & CO. KG, Hamburg: 354. |PantherMedia GmbH (panthermedia.net), München: Brauer, Heike 309. |PeakTech Prüf- und Messtechnik GmbH, Ahrensburg: 386. |Petersen, Hans-Joachim: 168, 239. |Petersen, Sebastian, Helmstedt: 126, 141, 237, 245, 269, 355. |PHOENIX CONTACT GmbH & Co. KG, Blomberg: 93 - 94, 403. |PULS GmbH, München: 386. |RAL gemeinnützige GmbH, Bonn: 432. |RCS AUDIO-SYSTEMS GmbH, Bad Aibling: 309. |Reichle & De-Massari Schweiz AG, Wetzikon: 157. |Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG, München: 364. |Schneider-Albert, Gabriela, Troisdorf: 244, 251. |Securiton Deutschland, Achern: www.securiton.de 213. |Shutterstock.com, New York: Andrey_Popov 190; anmbph 291; asadykov 257; dashadima 333; Gerber, Gregory 291; Jenkins, Oliver 183; Kardashev, Sergei 392; KasperczakBohdan 344, 344; kastianz 257; Martynyuk, Ivan 196; matej_z 51; Nagy, Melinda 343; New Africa 190; oksana2010 333; Oleksandr, Marynchenko 392; Santa Maria, Carlos E. 356; Viappy 320; Yurchyks 326. |Siemens AG, München: 95 - 96, 130, 396. |SilverFast, Kiel: 262. |Sony Deutschland, Berlin: 318. |Sony Europe B.V, Zweigniederlasssung Deutschland, Berlin: 328. |stock.adobe.com, Dublin: Ariyaporn 49; chokmoso 158; Kaltenbach, Tobias 392; seen0001 262, 262; song, jean 49; Wandruschka, Olaf 423. |Tandberg Data GmbH, Dortmund: 240. |TCO Development, Stockholm: 432. |TDK-Lambda Germany GmbH, Achern: 386. |Telekom Deutschland GmbH, Bonn: 192. |Valentinelli, Mario, Rostock: Titel. |Vision & Gestalt - Petra Dreßler, Berlin: 342. |Xilinx, Inc., San Jose: 89.

Wir arbeiten sehr sorgfältig daran, für alle verwendeten Abbildungen die Rechteinhaberinnen und Rechteinhaber zu ermitteln. Sollte uns dies im Einzelfall nicht vollständig gelungen sein, werden berechtigte Ansprüche selbstverständlich im Rahmen der üblichen Vereinbarungen abgegolten.