



Elektrotechnik / Elektroinstallation

Mario Blunk

Blunk electronic / Inh. Dipl. Ing. Mario Blunk / Buchfinkenweg 3 / 99097
Erfurt / Deutschland

2018-10-18

Abstract

Die Elektroinstallation ist ein Fachgebiet der Elektrotechnik mit einem sich stetig erweiternden Spektrum. Der Facharbeiter, Techniker oder Ingenieur muß in der Lage sein, dieses weite Feld zu überblicken und sich bei Bedarf in ein spezielles Thema einzuarbeiten. Ziel des Seminars ist, einen Überblick der Elektrotechnik im Allgemeinen und der Elektroinstallation im Speziellen – zu vermitteln. Durch Verweise auf Literaturquellen ist der Teilnehmer abschließend in der Lage, sich vertiefendes Fachwissen anzueignen. Das Seminar wird durch viele Beispiele aus der realen Berufspraxis anschaulich und verständlich gehalten.

Überblick

1. Grundlagen
2. Wechsel- und Drehstromtechnik
3. Gerätetechnik
4. Kabel und Leitungen
5. Schutzmaßnahmen
6. Hochfrequenztechnik
7. Daten-Netzwerke

Grundlagen

Spannung, Strom, Widerstand, Felder, Frequenz

1. Spannung
2. Strom
3. Widerstand und Temperatur
4. Das elektrische Feld
5. Das magnetische Feld (MRT, NMR, Gaußlinien)
6. Frequenz
7. EMV

Grundlagen

Spannung, Strom und ohmscher Widerstand

1. Die Ursache für einen Stromfluß ist immer eine Spannung U .
2. Spannung besteht zwischen Objekten verschiedenen Potentials.
3. Der Strom I fließt vom höheren zum niedrigeren Potential (techn. Stromrichtung).
4. Der Stromfluß wird durch den elektrischen ohmschen Widerstand R behindert.
5. Das Ohmsche Gesetz bringt U , I und R mathematisch in Verbindung.

$$I = \frac{U}{R} \text{ oder } R = \frac{U}{I} \quad (1)$$

Grundlagen

spezifischer ohmscher Widerstand

1. Abhängigkeit von Querschnitt und Länge

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} \quad (1)$$

$$\rho = \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \quad (2)$$

Grundlagen

ohmscher Widerstand und Temperatur

1. Der ohmsche Widerstand R von Metallen ist von der Temperatur abhängig.
2. Unterscheidung: Heißleiter und Kaltleiter
3. Kupfer und Aluminium sind Kaltleiter: Temperatur steigt \rightarrow Widerstand steigt.

$$R_2 = R_1(1 + \alpha \cdot \Delta\vartheta) \quad (1)$$

$$\alpha_{Cu} = \alpha_{Al} = 0.004 \frac{1}{K} \quad (2)$$

Grundlagen

ohmscher Widerstand und Temperatur

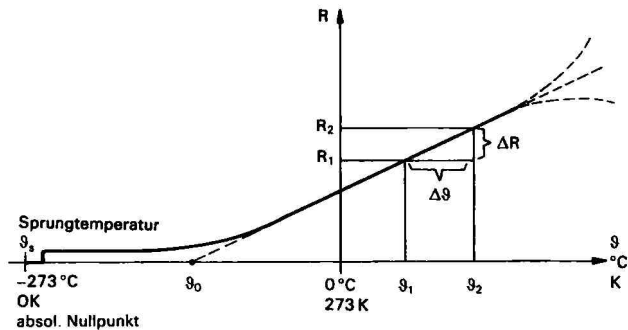


Figure 1: Widerstand und Temperatur [1]

Grundlagen

ohmscher Widerstand und Impedanz

1. Im ohmschen Widerstand R ist der Stromfluß I synchron zur anliegenden Spannung U .
2. Impedanz Z bedeutet: Spannung und Strom sind nicht synchron.
3. Vergleich mit Mechanik: Mit Kraft F wird ein Auto angeschoben, die Geschwindigkeit steigt mit der Zeit.
4. Vergleich mit Wärmefluß: Heizung eingeschaltet, Temperatur im Raum steigt mit der Zeit.
5. elektrische Bauteile mit Impedanz: Kondensatoren, Spulen, Motoren, Transformatoren, Elektromagnete

$$i = \frac{u}{Z} \text{ oder } Z = \frac{u}{i} \quad (1)$$

Grundlagen

elektrisches Feld

Ein elektrisches Feld besteht zwischen elektrisch geladenen Objekten.

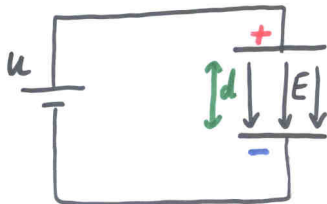


Figure 1: E-Feld

$$E = \frac{U}{d} \quad (1)$$

Grundlagen

magnetisches Feld

Ein magnetisches Feld besteht um einen vom Strom durchflossenen Leiter.

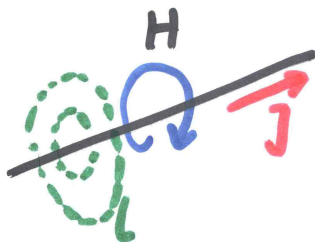


Figure 1: E-Feld

$$H = \frac{\text{Stromstaerke}}{\text{Umfang}} \quad (1)$$

Grundlagen

Frequenz

Die Frequenz gibt an, wie oft sich die Richtung eines Stromes oder einer Spannung pro Sekunde ändert.

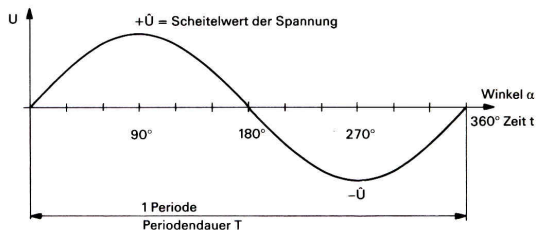


Figure 1: Periode und Frequenz[1]

$$f = \frac{1}{T} \quad (1)$$

Gleichstromtechnik

Kennzeichnung der Leiter nach DIN 40705

1. Positiv P (schwarz)
2. Negativ N (schwarz)
3. Nulleiter Mp (blau)
4. Schutzleiter PE (grün-gelb)

Gleichstromtechnik

Verdrahtung

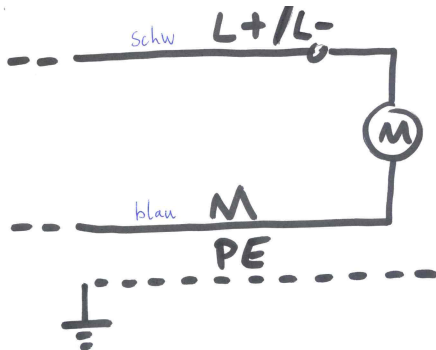


Figure 2: Verdrahtung

Wechselstromtechnik

Kennzeichnung der Leiter nach DIN 40705

1. sogenannte einphasige Netze
2. Phase L (schwarz)
3. Nulleiter N (blau)
4. Schutzleiter PE (grün-gelb)
5. Netzarten (TNC, TNCS, TT, IT, ...)

Wechselstromtechnik

Verdrahtung

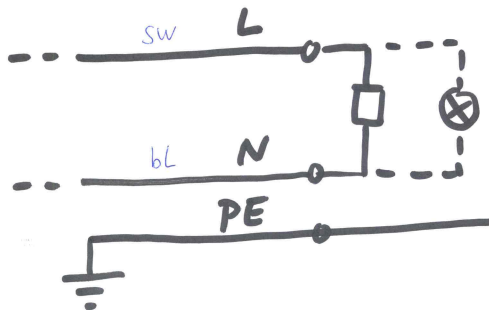


Figure 3: Verdrahtung

Wechselstromtechnik

Frequenz und Impedanz

1. induktive und kapazitive Lasten besitzen eine Impedanz
2. d.h. Spannung und Strom nicht synchron
3. graphische Darstellung: Spannungs- Strom-
Widerstandsdreieck

Drehstromtechnik

Kennzeichnung der Leiter nach DIN 40705

1. dreiphasige Netze
2. Phase L1, L2, L3 oder R, S, T (schwarz, evtl. braun)
3. Nulleiter N oder Mp (blau)
4. Schutzleiter PE (grün-gelb)
5. Netzarten (TNC, TNCS, TT, IT, ...)

Drehstromtechnik

Verdrahtung

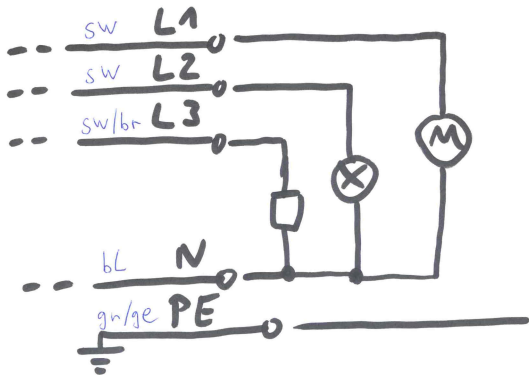


Figure 3: Verdrahtung

Drehstromtechnik

Phasen

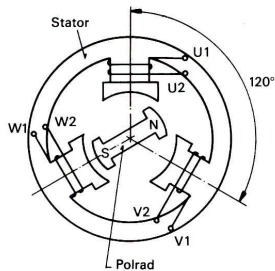


Figure 3: Generator[1]

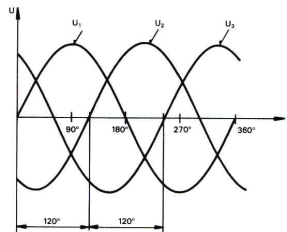


Figure 4: 3-Phasen[1]

Drehstromtechnik

Frequenz und Impedanz

1. wie in Wechselstromtechnik jedoch Phasenversatz von 120 Grad
2. Stern- und Dreieckschaltung

Drehstromtechnik

Sternschaltung

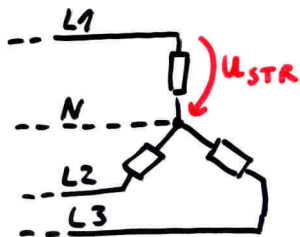


Figure 3: Sternschaltung

Drehstromtechnik

Dreieckschaltung

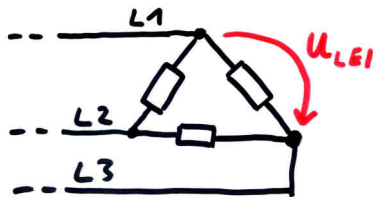


Figure 3: Dreieckschaltung

Kabel und Leitungen

Farben von Leitern

Leiterbezeichnung	alpha-numerisch	Bildzeichen	Farbe
Wechselstrom			
Außenleiter 1 (R)	L 1	-	z. B. schwarz
Außenleiter 2 (S)	L 2		z. B. schwarz
Außenleiter 3 (T)	L 3		z. B. schwarz
Neutralleiter (Mp)	N		blau
Gleichstrom			
Positiv (P)	L +	+	z. B. schwarz
Negativ (N)	L -	-	z. B. schwarz
Neutralleiter (Mp)	M		blau
Schutzleiter (SL)	PE	⊕	grün-gelb
Nulleiter (SL + Mp) = Neutralleiter mit Schutzfunktion	PEN	⊖	grün-gelb
Erde	E	⊕	z. B. schwarz
Masse	MM	⊥	
Lastanschlußklemmen	an L 1	U	
	an L 2	V	
	an L 3	W	
	an N	N	

Figure 4: Farben von Leitern[5]

Kabel und Leitungen

Farben von Leitern

Tabelle 1: Farbkennzeichnung der Adern für isolierte Starkstromleitungen		
Aderzahl	Leitungen mit Schutzleiter	Leitungen ohne Schutzleiter
Leitungen für feste Verlegung		
2	—	sw/hbl
3	gnge/sw/hbl	sw/hbl/br
4	gnge/sw/hbl/br	sw/hbl/br/sw
5	gnge/sw/hbl/br/sw	sw/hbl/br/sw/sw
Leitungen für ortsveränderliche Stromverbraucher		
2	—	br/hbl
3	gnge/br/hbl	sw/hbl/br
4	gnge/sw/hbl/br	sw/hbl/br/sw
5	gnge/sw/hbl/br/sw	sw/hbl/br/sw/sw
6 und mehr	gnge/weitere Adern sw mit Zahlenaufdruck	Adern sw mit Zahlenaufdruck
Farbkurzzeichen: br = braun, gnge = grün-gelb, hbl = hellblau, sw = schwarz		

Figure 4: Farben von Leitern[2] Seite 225

Kabel und Leitungen

Farben von Leitern

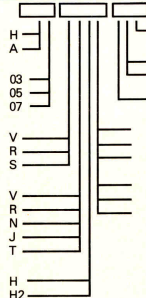
Tabelle 1: Typ-Kurzzeichenschlüssel für harmonisierte Starkstromleitungen für Europa	
Nach VDE 0281/0282	
Kennzeichen der Bestimmung Harmonisierte Bestimmung Anerkannter nationaler Typ*	
Nennspannung U_0/U^{**} 300/300 V 300/500 V 450/750 V	Nennquerschnitt des Leiters ... Schutzleiter X ohne Schutzleiter G mit Schutzleiter (gngue Ader) ... Aderzahl ... Leiterart U eindräftig R mehrdräftig K feindräftig bei Leitungen für feste Verlegung F feindräftig bei flexiblen Leitungen H feinstdräftig bei flexiblen Leitungen Y Lahnlitze (hochflexible Litze)
Isolierwerkstoff PVC Natur- und/oder Styrol-Butadienkautschuk Silikon-Kautschuk	
Mantelwerkstoff PVC Natur- und/oder Styrol-Butadienkautschuk Polychloroprenkautschuk Glasfasergeflecht Textilgeflecht	
Besonderheiten im Aufbau flache, aufteilbare Leitung flache, nicht aufteilbare Leitung	Beispiel: A07RN-F 3 x 2,5 (NMHOU)
Beispiele: H07V-U 1,5 sw Kunststoffaderleitung, 1,5 mm ² , schwarz H05V-K 0,75 br Kunststoffverdrahtungsleitung, feindräftig, 0,75 mm ² , braun H05RR-F 3 G 2,5 Leichte Gummischlauchleitung, feindräftig, 3adrig, mit grün-gelbem Schutzleiter, 2,5 mm ²	
** U_0: Sternspannung (Spannung zwischen Leiter und Metallmantel oder Erde) U: Spannung zwischen den Außenleitern	

Figure 4: Farben von Leitern[2] Seite 226

Kabel und Leitungen

Farben von Leitern

Tabelle 2: Beispiele für isolierte Starkstromleitungen				Nach DIN VDE 0250
Kurzzeichen	Leistungsbezeichnung	Aufbau	Nennspannung U_n/U	Verwendung
H07V-U (NYA)	Kunststoffaderleitung (PVC-Verdrahtungsleitung)	einadrig, Leiter eindrätig, Isolierhülle	450/750 V	Bei geschützter Verlegung in Geräten sowie in und an Leuchten. Verlegung in Kunststoffrohren auf und unter Putz.
NYIF	Stegleitung	2- bis 5adrig, Kunststoff- oder PVC-Isolierhülle über jedem Leiter, Adern mit Abstand flach nebeneinander, gemeinsamer Gummimantel mit Steg	380 V	In trockenen Räumen für feste Verlegung in oder unter Putz. Keine Verlegung auf brennbaren Stoffen, z. B. auf Holz.
H03VV-F (NYLHY)	Leichte Kunststoffschlauchleitung	2- und 3adrig, Isolierhülle über jedem Leiter, Mantel (Thermoplast)	300/300 V	Bei geringer mechanischer Beanspruchung in Haushalten, Küchen und Büroräumen für leichte Handgeräte. Nicht zulässig für Koch- oder Wärmegeräte, im Freien und in gewerbl. und landwirtschaftl. Betrieben.
NYM	Mantelleitung	ein- bis 5adrig, Isolierhülle über jedem Leiter, Adern verseilt, Füllmantel, Kunststoffmantel	300/500 V	In feuchten Räumen für feste Verlegung über und auf Putz sowie in und unter Putz. Verlegung im Freien zulässig jedoch nicht im Erdboden.

Weitere Leitungen siehe Tabellenbuch Elektrotechnik.

Figure 4: Farben von Leitern[2] Seite 226

Kabel und Leitungen

Verlegearten

1. auf Putz, unter Putz, Trasse, ...
2. Spannungsabfall und Eigenerwärmung beachten !

Kabel und Leitungen

Kennzeichnung Typen

Tabelle 2: Buchstaben-Kurzzeichen für isolierte Starkstromleitungen Nach DIN VDE 0250		
Kurzzeichen	Bedeutung	Beispiele
A	Ader	NYFAW
B	Bleimantel	NYBUY
F	feindrätig	NYFAW
FF	feinstdrätig	NSLFFÖU
G	Gummiisolation	NZGAFÖ
I	Stegleitung	NYIF
J	grün-gelber Schutzleiter	NYM-J
L	Leitung	NIFLÖU
	Leuchtröhrenleitung	NYL
M	Mantelleitung	NYM
N	genormte Leitung	N...
O	Leitung ohne Schutzleiter	NYM-O
PL	Pendellitze	NYPLYW
R	Rohrdraht	NYRUZY
Y	Kunststoffisolierung	NYM
ÖU	ölbeständig und flammwidrig	NIFLÖU
W	erhöhte Wärmebeständigkeit	NYFAW

Weitere Leitungsbezeichnungen für isolierte Leitungen siehe Tabellenbuch Elektrotechnik.

Figure 4: kurzzeichen von Leitungen[2] Seite 225

Schutzmaßnahmen für Leitungen und Geräte

Überblick

1. Schmelz-Sicherung (GI)
2. Leitungsschutz-Schalter und Auslösecharakteristika (B,C,K)
3. Lasttrennschalter, Leistungsschalter
4. ESD

Schutzmaßnahmen für Leitungen und Geräte

Schmelz-Sicherungen

Verwendung: zum Schutz von Leitungen und Kabeln gegen Überlast

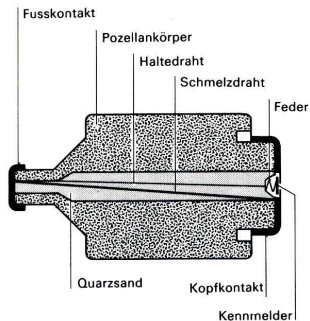


Figure 5: Aufbau einer Schmelzsicherung[1]

Schutzmaßnahmen für Leitungen und Geräte

Schmelz-Sicherungen

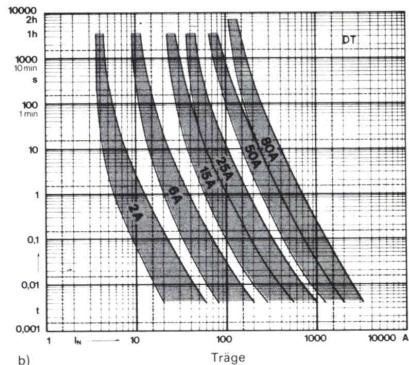
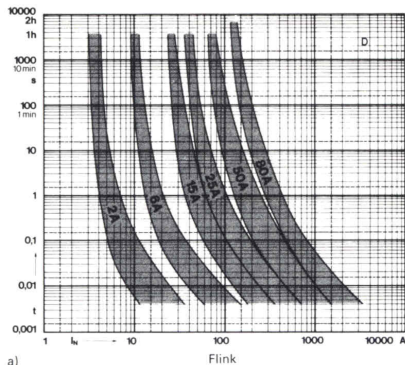


Figure 5: Abschmelzkennlinien[1]

Schutzmaßnahmen für Leitungen und Geräte

Leitungsschutz-Schalter

zum Schutz von Leitungen und Kabeln gegen Überlast



Figure 5: LS-Schalter
einphasig[6]



Figure 6: LS-Schalter
dreiphasig[6]

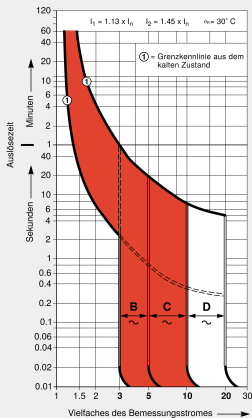
Schutzmaßnahmen für Leitungen und Geräte

Leitungsschutz-Schalter

Auslöse-Charakteristik: B, C, D

nach VDE 0641 Teil 11

DIN EN 60898 und IEC 898



Auslöse-Charakteristik: Z, K

nach VDE 0660 Teil 101

DIN EN 60947-2 und IEC 947-2

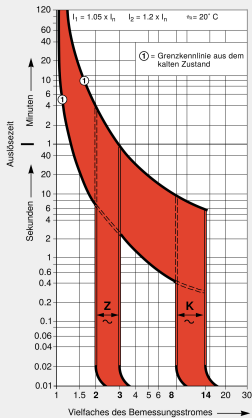


Figure 5: Auslösecharakteristika [7]

Schutzmaßnahmen für Leitungen und Geräte

Motorschutz-Schalter

zum Schutz von Motoren gegen Überlast



Figure 5: Motorschutz-Schalter[8]

Schutzmaßnahmen für Leitungen und Geräte

Lasttrennschalter

zum Schutz von Leitungen, Kabeln und Anlagen gegen Überlast



Figure 5: Lasttrennschalter[?]

Schutzmaßnahmen für Personen

Überblick

1. Fehlerstrom-Schalter (FI / RCD)
2. Brandschutz-Schalter (AFDD)
3. IP-Schutzarten und Schutzklassen
4. Schutzerdung und Potentialausgleich
5. Kleinspannung (unter 60V)
6. Trennung (z.B. Trenntrafo)
7. Not-Aus Schaltungstechnik

Schutzmaßnahmen für Personen

Fehlerstrom-Schalter (FI / RCD)

zum Schutz von Gebäuden und Personen



Figure 6: einphasig[7]



Figure 7: dreiphasig[7]

Schutzmaßnahmen für Personen

Fehlerstrom-Schalter

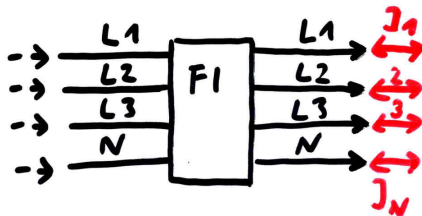


Figure 6: FI-Blockschaltung

Schutzmaßnahmen für Personen

Fehlerstrom-Schalter

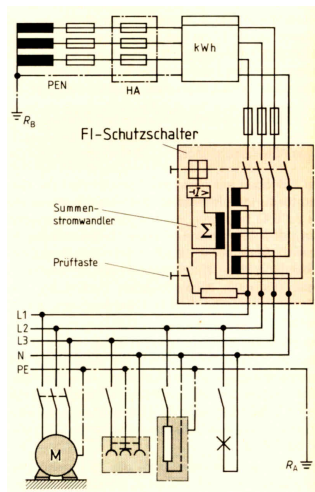


Figure 6: FI-Beispiel[3] Seite 126

Schutzmaßnahmen für Personen

Brandschutz-Schalter (AFDD)

” Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtung” nach DIN VDE 0100-420
zum Schutz gegen Brände in einphasigen
Wechselspannungssystemen unter 16A



Figure 6: AFDD[5]

Schutzmaßnahmen für Personen

IP-Schutzarten

Tabelle 1: Bildzeichen für IP-Schutzarten Nach DIN 40050		
Schutzart	Bildzeichen	Schutzumfang: entspricht: IP
Tropfwasser- geschützt		Schutz gegen hohe Luftfeuchte, Dämpfe und senkrecht fallende Wassertropfen IP 31
Sprühwasser- geschützt		Schutz gegen Wassertropfen von oben bis zu 30° über der Waagerechten IP 33
Spritzwasser- geschützt		Schutz gegen Wassertropfen aus allen Richtungen IP 54
Strahlwasser- geschützt		Schutz gegen Wasserstrahlen aus allen Richtungen IP 55
Wasserdicht		Schutz gegen Ein- dringen von Wasser ohne Druck IP 67
Druckwasser- dicht		Schutz gegen Ein- dringen von Wasser unter Druck IP 68
Staub- geschützt		Schutz gegen Eindringen von Staub ohne Druck IP 5X
Staubdicht		Schutz gegen Eindringen von Staub unter Druck IP 6X

Figure 6: Bildzeichen[2] Seite 176

Schutzmaßnahmen für Personen

Schutzklassen



Tabelle 2: Kennzeichnung der Schutzklassen Nach DIN VDE 0720			
Schutzklasse	I	II	III
Kennzeichen			
Verwendung bei Schutzmaßnahme	Schutzleiter	Schutzisolierung	Schutzkleinspannung
Beispiele	Elektromotor	Haushaltsgeräte, Leuchten	Faßleuchten, Kleingeräte bis AC 50 V bzw. DC 120 V

Figure 6: Bildzeichen[2] Seite 176

Lichttechnik

Wirkungsgrad

1. test a
2. test b

Lichttechnik

Farbspektrum

1. test c
2. test d

1. Netzersatz-Anlagen (NEA)
2. USV
3. Motor-Generator-Satz

1. EM-Spektrum
2. Datenleitungen, Kabel (Coax, Cat, ...)
3. Schirmung und Übersprechen

1. Topologien
2. Router, Switch, Modem, Server, ...

Literaturquellen I

- [1] H.R.Ris *Elektrotechnik für Praktiker*. Buchverlag Elektrotechnik Aarau (Schweiz)
- [2] Elektrotechnik Grundbildung *Elektrotechnik Grundbildung*. Verlag EUROPA-Lehrmittel
- [3] Elektrotechnik Fachbildung *Elektrotechnik Fachbildung*. Verlag EUROPA-Lehrmittel
- [4] Tabellenbuch Elektrotechnik *Tabellenbuch Elektrotechnik*. Verlag EUROPA-Lehrmittel
- [5] Alfred Hösl und Roland Ayx *Elektro-Installation*. Hüthig Buch Verlag Heidelberg
- [6] RS-Components *RS-Components*. <http://www.rs-online.com>
- [7] ABB <https://new.abb.com/>
- [8] ABL <http://www.abl.de>
- [9] Hager <http://www.hager.de>