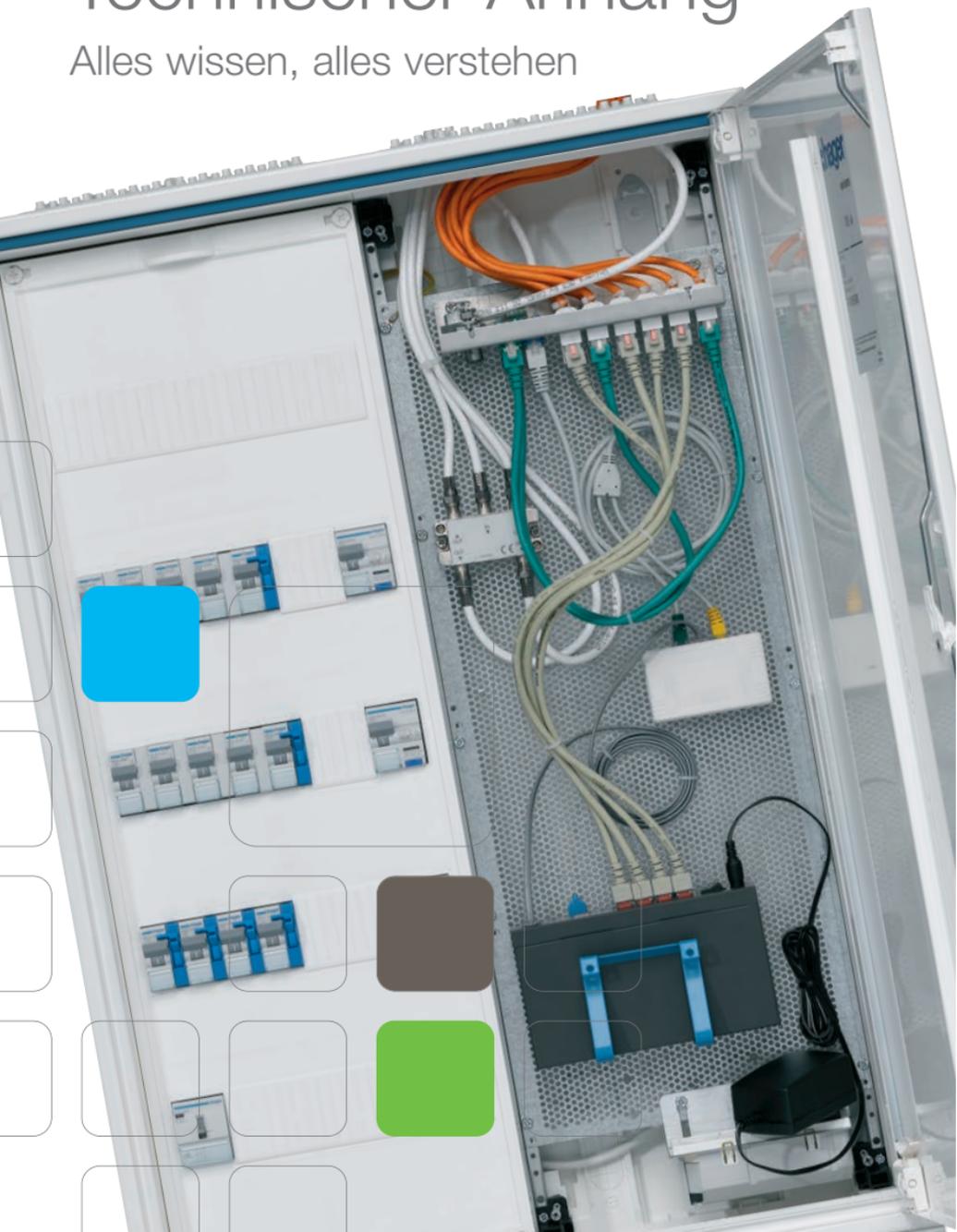


Technischer Anhang

Alles wissen, alles verstehen



Technischer Anhang

Elektrotechnische Formeln und Werte	4.02
Symbole für Elektroschemas	4.03
Bezeichnungen Kennbuchstaben	4.06
Abmessungen Installationsmaterial	4.07
Planung	4.08
IP-Schutzarten	4.09
Gerätekennzeichen von Leuchten	4.10
Material- und Gerätekennzeichen	4.11
Prüf- und Sicherheitszeichen Geräte	4.12
Anzahl Leuchtstofflampen pro Leitungsschutzschalter	4.13
Schütze und Relais - Lampenlast	4.14
Motorbemessungsströme von Drehstrommotoren	4.17
Bemessungsströme und Kurzschlussströme von Normtransformatoren	4.18
Übersicht Normen	4.19
Strombelastbarkeit und Überstromschutz	4.21
Kurzschlusschutz	4.22
Spannungsfall	4.26
Vergleich der Aderkennzeichnung mit Farben - alte und neue Ausführung	4.27
Prüfprotokoll zum Sicherheitsnachweis	4.28
Isolationsmessung	4.29
Schlaufenmessung	4.31
Fehlerstromschutzschaltung	4.32
Schutzerdung, Schutzpotentialausgleich	4.35
Prüfung von Steckdosen	4.36
Prüfung elektrischer Geräte	4.37
NS-Schaltgerätekombinationen (SK)	4.38
Elektrische Maschinen	4.40
Elektrische Installation in Bade- und Duschräumen	4.42
Landwirtschaftliche Betriebsstätte, Leuchtröhren-Anlagen	4.43

Die Unterlagen wurden aufgrund der gültigen Normen geprüft. Für Fehler wird keine Haftung übernommen. Im Zweifelsfall gelten die gültigen Normen.

Inhalte aus "Messen gemäss NIN 2010", mit freundlicher Genehmigung von Werner Berchtold dipl. El. Ing. HTL.

Ohmsches Gesetz		Elektrische Last		Stromstärke (1 x 230 V-)					
$I = \frac{U}{R}$		$U = R \cdot I$		$Q = I \cdot t$		$I = \frac{U}{Z}$		$I = \sqrt{I_1^2 + I_2^2}$	
Motor (3~ Dreieck)		Motor (3~ Stern)		Wirkleistung (1 x 230 V-)					
$I_{st} = \frac{I}{\sqrt{3}}$		$U = \sqrt{3} \cdot U_{st}$		$P = U \cdot I \cos \varphi \cdot \eta$					
Leistung				$I = \frac{P}{\eta \cdot U \cdot \cos \varphi}$					
$P = U \cdot I$		$P = I^2 \cdot R$		Wirkleistung (3 x 230 V-)					
$P = \frac{W}{t}$		$P = \frac{U^2}{R}$		$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \eta$					
P in Abhängigkeit von U				$I = \frac{P}{\eta \cdot \cos \varphi \cdot \sqrt{3} \cdot U}$					
$P_2 = P_1 \cdot \frac{U_2^2}{U_1^2}$		I in Abhängigkeit von P		Scheinleistung					
$P_2 = P_1 \cdot \frac{I_2^2}{I_1^2}$		$I_2 = I_1 \cdot \sqrt{\frac{P_2}{P_1}}$		$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \stackrel{(VA)}{=} = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{Q}{\sin \varphi}$					
Parallelschaltung von Widerständen			bei 2 Widerständen		Reihenschaltung				
$R_{Total} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots}$			$R_{Total} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$		$R = R_1 + R_2 + R$				
$Z = \frac{1}{\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}}$			$Z = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} - \frac{1}{X_C^2}}}$		$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$				
Dreieckschaltung		Sternschaltung		Temperatureinfluss auf Widerstand					
$R_{St} = \frac{3}{2} \cdot R$		$R_{St} = \frac{R}{2}$		$\Delta R = R \cdot \alpha \cdot \Delta \vartheta$					
Blindwiderstand induktiv (-)		Blindwiderstand Kapazitiv (-)		Widerstand eines Leitungsstücks					
$X_L = \omega \cdot L$		$X_C = \frac{10^6}{\omega \cdot C}$		$R = \frac{L}{\chi \cdot A}$					
Spannungsabfall (1 x 230 V-)		Spannungsabfall (3 x 400 V-)		Leiterwiderstand		Leitwert			
$U_V = \frac{2 \cdot L \cdot P}{\chi \cdot A \cdot U}$		$U_V = \frac{L \cdot P}{\chi \cdot A \cdot U}$		$R = \rho \cdot \frac{L}{A}$		$G = \frac{1}{R}$			
Parallelschaltung bei Kondensatoren		Reihenschaltung bei Kondensatoren		Stromdichte					
$C = C_1 + C_2 + C_3$		$C_{Total} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots}$		$S = \frac{I}{A}$					
Spez. Widerstand $\Omega \text{mm}^2/\text{m}$		Silber	0.0165	Spez. Gewicht Kg/dm ³	Kupfer	Cu	8.9	Temperatur	0°C = 273.15K
Kupfer	Au	0.0175	Aluminium		Al	2.70	Leistung		1PS = 0.74KW
Gold	Au	0.023	Temperaturkoeffizient $\Omega/(\Omega^\circ\text{C})$ 1/K	Kupfer	Cu	0.0039	Energie	1 kcal = 4.2 kJ	
Aluminium	Al	0.029		Aluminium	Al	0.0036		Erdbeschleunigung	9.81 m/s ²
Spez. Leitfähigkeit $\text{m}/\Omega\text{mm}^2$	Kupfer	Cu	57	Wärmeleitfähigkeit kJ/(Kg*K)	Wasser	4.19	Erddanziehungskraft	9.81 N/kg	
	Aluminium	Al	34,5		Luft	0.992			
Eisen	Fe	7,7							

Strom- und Spannungsarten

\equiv	Gleichstrom
$2M \equiv$	Gleichstromnetz mit Mittelleiter 220/110 V
\sim	Wechselstrom
\sim	Gleich- oder Wechselstrom
\sim 50Hz	Wechselstrom mit Frequenzangabe
$3N \sim$ 50Hz 400/230V	3-Phasen-Wechselstrom mit Neutralleiter, 50 Hz, 400/230 V
$3N \sim$ 50Hz/ TN-S	3-Phasen-Wechselstrom, 50 Hz, direkt geerdet, mit getrenntem Neutral- und Schutzleiter
+	Positive Polarität
-	Negative Polarität

Veränderlichkeit

\nearrow	Lineare Verstellbarkeit
\nearrow	Nichtlineare Verstellbarkeit
\nearrow °	Temperaturabhängigkeit
\nearrow 5	Verstellbarkeit in 5 Stufen
\nearrow	Automatische Regelung

Wirkung und Abhängigkeit

\square	Thermische Wirkung
$\}$	Elektromechanische Wirkung
X	Magnetische Wirkung
$\text{---} \text{---} \text{---}$	Verzögerung
$\text{---} \text{---} \text{---}$	Strahlung, z.B. Licht

Befehlsgeräte und Methoden

$\text{---} \text{---} \text{---}$	Handantrieb
$\text{---} \text{---} \text{---}$	Handantrieb mit Schutz gegen zufällige Berührung
$\text{---} \text{---} \text{---}$	Betätigung durch Ziehen
E --	Betätigung durch Drücken
F --	Betätigung durch Drehen
\diamond --	Betätigung durch Annähern
\diamond --	Betätigung durch Berühren
\odot --	Betätigung durch Handrad
\surd --	Betätigung durch Füße
$\text{---} \text{---} \text{---}$	Betätigung durch Hebel
\diamond --	Betätigung durch Handgriff wegnehmbar
$\text{---} \text{---} \text{---}$	Betätigung durch Schlüssel
$\text{---} \text{---} \text{---}$	Betätigung durch Kurbel
$\text{---} \text{---} \text{---}$	Betätigung durch Nockensteuerung
$\text{---} \text{---} \text{---}$	Hydraulischer oder pneumatischer Antrieb mit Richtungsangabe
$\text{---} \text{---} \text{---}$	Elektromagnetischer Antrieb
$\text{---} \text{---} \text{---}$	Steuerung durch thermischen Effekt

$\text{---} \text{---} \text{---}$	Antrieb durch Elektromotor
$\text{---} \text{---} \text{---}$	Steuerung durch elektrische Uhr
$\text{---} \text{---} \text{---}$	Steuerung durch Flüssigkeitspegel
$\text{---} \text{---} \text{---}$	Steuerung durch Ereigniszähler

Erde, Masse, Potentialausgleich

$\text{---} \text{---} \text{---}$	Erde, allgemeines Symbol
$\text{---} \text{---} \text{---}$	Schutzerde
$\text{---} \text{---} \text{---}$	Masse
$\text{---} \text{---} \text{---}$	Potentialausgleich

Kontakte

$\text{---} \text{---} \text{---}$	Schliesskontakt (Arbeitskontakt)
$\text{---} \text{---} \text{---}$	Öffnungskontakt (Ruhekontakt)
$\text{---} \text{---} \text{---}$	Umschaltkontakt mit Unterbrechung
$\text{---} \text{---} \text{---}$	Zwei-Weg-Umschaltkontakt
$\text{---} \text{---} \text{---}$	Umschaltkontakt mit Überbrückung
$\text{---} \text{---} \text{---}$	Wischkontakt a während des Anzugs schliessend b während der Ruhestellung schliessend c in beiden Richtungen schliessend
$\text{---} \text{---} \text{---}$	Schliesskontakt mit a vorzeitiger Schliessung b verzögerter Schliessung
$\text{---} \text{---} \text{---}$	Öffnungskontakt mit a vorzeitiger Öffnung b verzögerter Öffnung
$\text{---} \text{---} \text{---}$	Arbeitskontakt mit verzögerter Schliessung
$\text{---} \text{---} \text{---}$	Ruhekontakt mit a verzögerter Schliessung b verzögerter Öffnung
$\text{---} \text{---} \text{---}$	Kontakt mit automatischer Rückstellung a Schliesskontakt b Öffnungskontakt
$\text{---} \text{---} \text{---}$	Schliesskontakt ohne Rückstellung
$\text{---} \text{---} \text{---}$	Handbetätigter Schalter
$\text{---} \text{---} \text{---}$	Druckknopfschalter
$\text{---} \text{---} \text{---}$	Drehknopfschalter
$\text{---} \text{---} \text{---}$	Endschalter a Schliesskontakt b Öffnungskontakt
$\text{---} \text{---} \text{---}$	Temperaturabhängiger Kontakt a Schliesskontakt b Öffnungskontakt
$\text{---} \text{---} \text{---}$	Selbstöffnender Thermokontakt (z.B. Bimetall)
$\text{---} \text{---} \text{---}$	Kontakt bei einem Thermorelais

Leiter und Verbindungselemente

	Stromkreis, allgemeine Darstellung für Leitungen, Kabel
	Schutzleiter, PE-Leiter
	PEN-Leiter
	Neutralleiter
	Einpolige Darstellung für 3 Leiter
	Wechselstromkreis, 230 V, 2 Leiter mit 16 mm ² aus Cu
	Dreiphasenwechselstromleitung 50 Hz, 400 V, 3 Polleiter von 120 mm ² und Neutralleiter von 50 mm ²
	Leiter mit Abschirmung
	Flexibler Leiter
	Verdrillte Leiter
	3 Leiter in einem Kabel
	Koaxialpaar
	Steckdose oder Steckbuchse
	Stecker oder Steckerstift
	Steckdose und Stecker (5-polig)

Geräte

	Schütz a Schliesskontakt b Öffnungskontakt
	Schütz mit automatischer Auslösung
	Leistungsschalter
	Trenner
	Lasttrenner
	Lasttrenner mit automatischer Auslösung
	Überstromunterbrecher (Sicherung) allgemeines Symbol
	Sicherung mit mechanischer Meldeeinrichtung

	Sicherung mit Meldekontakt
	Schalter mit eingebauter Sicherung
	Trennsicherung
	Lasttrennsicherung
	Ableiter
	Relais, allgemeines Symbol
	Relais a abfallverzögert b anzugverzögert
	Widerstand, allgemeines Symbol
	Verstellbarer Widerstand
	Spannungsabhängiger Widerstand (Varistor)
	Verstellbarer Widerstand in Ausschaltstellung
	Spannungsteiler mit beweglichem Abgriff
	Widerstand mit zwei festen Abgriffen
	Shunt
	Heizelement
	Kondensator, allgemeines Symbol
	Transformator mit zwei Wicklungen, Spannungswandler
	Element oder Akkumulator. Der lange Strich stellt den positiven Pol, der kurze den negativen dar.
	Batterie von Elementen oder Akkumulatoren
	Diode, allgemeines Symbol
	Varistor, Diac
	Triac, Zweirichtungs-Thyristortriode
	Fotowiderstand
	Fotodiode

	* wird durch eines der folgenden Buchstabensymbole ersetzt: C = Einanker-Umformer G = Generator GS = Synchrongenerator M = Motor MG = Motor- oder Generatorbetrieb MS = Synchronmotor — = Gleichstrom ~ = Wechselstrom
	Gleichstromwandler
	Gleichrichter
	Doppelweggleichrichter
	Wechselrichter
	Gleich-/Wechselrichter
	Messgerät, allgemeines Symbol a Anzeigender Apparat b Registrierender Apparat c Zähler * wird die zu messende Grösse eingetragen
	Lampe, Signallampe <i>Lampenfarbe Lampentyp</i> RD = rot Ne = Neon YE = gelb Xe = Xenon GN = grün Na = Natriumdampf BU = blau Hg = Quecksilber WH = weiss I = Jod IN = Glühlampe FL = Leuchtstoff. IR = Infrarot UV = Ultraviolett LED = Leuchtdiode
	Leuchtmelder, blinkend
	Anzeigeorgan, elektromagnetisch
	Stellungsanzeiger, elektromagnetisch
	Hupe
	Klingel
	Einschlagwecker
	Sirene
	Summer, Schnarrer

KNX-Symbole

	BA Busankoppler
	DR Drossel
	SV Spannungsversorgung
	NG Netzgerät, Spannungsversorgung mit integrierter Drossel
	LK Linienkoppler
	BK Bereichskoppler LV Linienverstärker
	RS232 (V24) Datenschnittstelle RS232
	GAT Externe Schnittstelle * JSDN * SPS * FB (Feldbus) * DCF77
	Sensor a Kennzeichnung der Anwendersoftware b Physikalische Eingangsgrösse
	Binärsensor Binäreingang Eingabeterminal Taster-Schnittstelle b Physikalische Eingangsgrösse und Kennzeichnung der Eingangskanäle
	Tastensensor Taster
	Temperatursensor
	Temperaturmelder Temperaturwertschalter Raumthermostat
	Bewegungssensor PIR = Passiv Infrarot US = Ultraschall
	Bewegungsmelder
	Uhr Zeitgeber Zeitsensor
	Schaltuhr Zeitschaltuhr Zeitschalter
	Schaltaktor Schaltgerät Binärausgang Ausgabeterminal
	Jalousieaktor Jalousieschalter
	Dimmaktor Schalt-/Dimmaktor

Kennbuchstaben für die Art eines Betriebsmittels

Kennbuchstaben	Betriebsmittel	Beispiele
A	Baugruppen	Verstärker, Gerätekombinationen
B	Umsetzer von nichtelektr. auf elektr. Grössen und umgekehrt	Messumformer, Drehfeldgeber, Winkelgeber
C	Kondensatoren	Kompensations-, Entstör-, Anlauf- Kondensatoren
D	Verzögerungs- und Speichereinrichtungen, binäre Elemente	Verzögerungsleitungen, bi- und monostabile Elemente, Kernspeicher, Register
E	Verschiedenes	Beleuchtung, Heizung sowie Einrichtungen, die nicht in der Tabelle erfasst sind
F	Schutzeinrichtungen	Sicherungen, Auslöser, Sperren
G	Generatoren, Stromversorgung	Batterie, Netzgerät, Oszillatoren
H	Meldeeinrichtungen	Leuchtmelder, akustische Melder
K	Relais, Schütze	Zeitrelais, Haupt- und Hilfsschütze
L	Induktivitäten	Drosselspulen, Zündspulen
M	Motoren	Wechsel-, Drehstrom-, Gleichstrommotoren
P	Messgeräte, Prüfeinrichtungen	Anzeigende, schreibende, zählende Messeinrichtungen
Q	Starkstromschaltgeräte	Trenner, Leistungsschalter, Hauptschalter
R	Widerstände	Einstellbare und feste Widerstände, Shunts, Heissleiter, usw.
S	Hilfsschalter, Wähler	Drucktaster, Steuerschalter, Drehwähler
T	Transformatoren	Strom- und Spannungswandler, Steuer-, Netz- und Schutztransformatoren
U	Modulatoren, Umsetzer elektr. Grössen	Frequenzwandler, Umformer, Demodulator, Codierungseinrichtungen
V	Röhren, Halbleiter	Elektronenröhren, Dioden, Gasentladungsröhren
W	Übertragungswege	Wellenleiter, Sammelschiene, Kabel
X	Klemmen, Steckvorrichtungen	Klemm- und Lötleisten, Stecker, Steckdosen
Y	Elektrisch betätigte mechanische Einrichtungen	Bremsen, Kupplungen, pneumatische Ventile
Z	Abschluss, Filter, Begrenzer	Kabelnachbildungen, Dynamikregler

Installationscodes**Installationscodes für sichtbare Installation (AP)**

IC 11	Auf Holz, Gipsplatten, rohe Böden, rohe Decken, nicht zu bearbeitenden Montagegrund und dgl.
IC 12	Auf Backstein, Kalksandstein, Beton, Kunststoffe, glasfaserverstärkten Polyester, Feinblech, Anker- und Profilschienen und dgl.
IC 13	Auf Metallkonstruktion.

Installationscodes für verdeckte, nicht sichtbare Installation (UP)

IC 20	In bereits vorhandene Gräben, Schlitze, Öffnungen, Bohrungen, Einlasskästen und dgl.
IC 21	In Gipsplatten, Kunststoffe, Dämmstoffe, Deckenschalungen und dgl.; in Schlitze, Öffnungen und Bohrungen, welche nach Angaben des Elektrountermehmers bauseits erstellt werden.
IC 22	In Wände mit Hohlraum, Backstein, Wandschalungen und dgl., in Deckenschalungen mit eingelegtem Dämmstoff; mit Erstellen der Ausschnitte.
IC 23	In Kalksandstein, Holzbalken, Sichtmauerwerk, Decken mit Hohlraum und dgl.; allfällige Zuputzarbeiten bauseits.

Installationscodes für das Einbauen von Apparaten (EB)

IC 31	In nicht zu bearbeitenden Montagegrund, modulare Kombinationen und dgl.; Bohrungen und Ausschnitte werden bauseits erstellt.
IC 32	In Kunststoffe, weiche Baustoffe und dgl.; mit Erstellen der Bohrungen und Ausschnitte.
IC 33	In Feinblech und dgl.; mit Erstellen der Bohrungen und Ausschnitte.

Installationscodes für das Einziehen oder Einlegen von Drähten und Kabeln (EZ)

IC 52	In Rohre, Kanäle mit Ordnungstrennung und dgl.
IC 53	In bereits vorhandene Rohre, weiche Drähte oder Kabel enthalten; auf Kabelleitern und Gitter-Kabelkanälen und dgl. Kabel einzeln oder in kleinen Bündeln befestigen, mit Ordnungstrennung.

Installationscodes für das Anschliessen von bauseits vorhandenen Anlagen, Maschinen oder Apparaten (AS)

IC 71	An Steck-, Press- und Schneidklemmen und dgl.
IC 72	An Schraubklemmen, mit Lötverbindung und dgl.
IC 73	Mit Schweissverbindung, Kabelschuhen und dgl.

Für jede der 5 Gruppen von Installationsarten (AP, UP, EB, EZ, AS) sind gemäss NPK Kapitel 511, je nach Schwierigkeitsgrad abgestuft, zwei bis vier Installationscodes definiert.

Aussendurchmesser in mm

TT-Kabel, CH-N1VV-U (Draht) CH-N1VV-R (Seil)

mm ²	1x	2x	3x	4x	5x	6x	7x	8x	10x	12x	16x	21x	27x
1.5	4.4	6.7	7.2	7.8	8.6	9.6	9.6	11.2	12	12.5	16.2	18.2	21
2.5	5	8.1	8.6	9.5	10.5	12.9	12.8	14.2	16.7	17.3	19.4	22	25
4	5.6	9.3	10	11	12.2		13.6						
6	5.7	10.4	11.2	13.2	13.9		15.3						
10	7.8	14	14.2	17.5	18.9		22						
16	8.9	17.2	18.5	20.4	22.4				U72	x0.5	Abg.	x0.8	Abg.
25	10.8	21	25	24.7	27.5				1x4	4.1	5.7	4.5	5.5
35	12.1	23	26	27.8	30.6				2x4	6.3	8.9	6.5	7.5
50	13.9			32.4	35.9				3x4	6.3	9.6	6.5	9
70	15.9			39.9	40.9				5x4	8	11.7	8.5	12
95	18.5				47.7				7x4	8.6	12.6	-	-
150	22.7								10x4	11.2	16.3	11.5	16
185	25.4								20x4	13.5	20.1	13.2	21
240	28.7								30x4	16.2	25.1		

TD-Kabel, N05VV-F

0.75		6.4	6.8	7.4	8.3								
1		6.6	7	8.1	8.8	9.9	10.8	11.3	12.7	13.2	14.8	17	
1.5		7.6	7.6	9.3	10.3	11.3	11.8	12.8	14.5	15.5	17.3	20	
2.5		9.4	10.2	11.2	12.4	14.2							

Innendurchmesser Installationsrohre

Rohr	Maximale Anzahl isolierter Leiter																
	M	KIR	ER	AI	KRH	KRF	KRFG	1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50
M Grösse (Ø mm)																	
16	13.3	13.2	14			11.1	10.4	4	3								
20	17.2	16.8	18	15.8	14.5	14.1	7	6	4	2	1	1					
25	21.5	21.8	22.6	20.6	18.6	18.4	14	12	7	4	3	-	1	1	1		
32	28.2	28.8	29.4	27	24.4	23.6				7	5	3	2	-	-	-	1
40	35.8	36.8	37.4	34	31.4	-					7	5	5	2	2	2	2
50	45.5	46.8	47.2	43.5	39.9	-						7	7	5	5	3	3
63	57.8	59.4	60	56	51.3	-								7	6	5	5

Kabelverschraubungen

Metrische Gewinde	Bohrungs- durchmesser
M6	6.5
M8	8.5
M10	10.5
M12	12.5
M16	16.5
M20	20.5
M25	25.5
M32	32.5
M40	40.5
M50	50.5
M63	64.5
M75	75.5

Installationskanäle

Grösse	Maximale Anzahl isolierte Kabel			
	Ø 6.9 mm	Ø 8.2 mm	Ø 10 mm	Ø 12.2 mm
LF15015	2	1	1	0
LF20020	3	2	1	1
LF20035	6	4	3	2
LF30045	13	9	6	4
LF40040	16	11	7	5
LF40060	23	16	11	7
LF40090	38	26	18	12
LF60060	35	25	16	11
LF60150	91	64	42	29
LF60190	117	82	55	37
LF60230	143	100	68	45

Aufstellung der Elektroinstallation gemäss BPK
23 Elektroanlagen

230 Übergangsposition

231 Zentrale Starkstromanlagen

- .0 Hochspannungsanlagen
- .1 Hauptverteilungen, Messungen
- .2 Blindstromkompensationsanlagen
- .3 Notstromversorgungen
- .4 Zuleitungen bis Hauptverteiler
- .5 Erdungen

232 Starkstrominstallationen

- .0 Haupt- und Steigleitungen
- .1 Lichtinstallationen, Leuchtenmontage
- .2 Kraft- und Wärmeinstallationen
- .3 Unterverteilungen
- .4 Steuer- und Regulierteilen

233 Leuchten- und Lampenlieferung

234 Elektrogeräte

Plansymbole

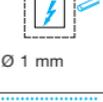
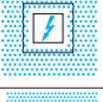
Schalter und Steckdosen		Leitungen		Leuchten	
	Ausschalter 1-3 polig		allgemein		Anschluss-Stelle für Leuchte
	Stufenschalter Sch 1		in Hohldecke		Deckenleuchte mit Glühlampe
	Umschalter Sch 2		in oder auf Wand		Wandlampe mit Glühlampe
	Wechselschalter Sch 3		in oder auf Beton		Notleuchte
	Polwenderschalter Sch 6		in Überbeton		Fluoreszenzlampe einflamig
	Taster		Deckenkanal		Fluoreszenzlampe zweiflamig
	Steckdose allgemein*		Bodenkanal		Fehlerstromschutzschalter
	Steckdose mit Schutzkontakt		Brüstungskanal		Ableiter
	Steckdose Typ 12, 3-fach		Leitungskreuzung ohne Verbindung		Hausanschlusskasten
	Steckdose T15		Abzweigung mit Verbindung (Dose)		Endverschluss für Kabel
	Stecker mit Schnur		3x1,5 mm ² Leitung mit 3 x 15 mm ² AP verlegt	Verbraucher	
* in der Praxis wird häufig für die Steckdose T12 das allgemeine Symbol und für T13 das Symbol mit Schutzkontakt verwendet. Man verwendet aber auch nur das allgemeine Symbol und bezeichnet jede Steckdose einzeln.			4x4 mm ² Leitung mit 4 x 4 mm ² AP verlegt		Haushaltsapparat allgemein
			flexible Leitung		Heizapparat evtl. mit Leistungsangabe
			Koaxial-Aderpaar		Heisswasserspeicher
			Lichtinstallation		Kochherd
			Kraftinstallation		Ventilator
	Wärmeinstallation		Kühlergerät	Schutz- und Verteilgeräte	
	Schwachstrominstallation		Sicherung allgemein		
	Telefoninstallation		Antenne oder Elektroakustik		
	Leitung nach oben oder von oben		10 A	1P Sicherung einpolig 10 A Gr. I	
	Leitung nach unten oder von unten		25 A	3P+N Sicherung dreipolig 25 A Gr. II	
	Leitung durchgehend oder Steigleitung		NHS 400 A	3P+N Sicherung NHS 400 A	
				Neutralleitertrenner sep. montiert	
				Sicherungsautomat	

Schutzarten für Niederspannungsschaltanlagen sind von der Norm EN 60-529 bestimmt; die IP-Schutzart ist durch 3 Kennziffern, bezüglich der Ausseneinflüsse charakterisiert.

zum Beispiel:

IP415 die Tabelle unten, erklärt die 3 Kennziffern.

1. Kennziffer: Schutzgrade gegen Berühren und Eindringen von Fremdkörpern

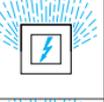
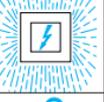
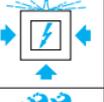
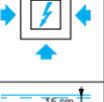
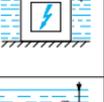
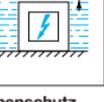
IP	Tests	
0		kein Schutz
1	 Schutz gegen grosse Fremdkörper > 50 mm (z.B.: zufällige Kontakte mit der Hand)	
2	 Schutz gegen mittelgrosse Fremdkörper > 12 mm (z.B.: Finger)	
3	 Schutz gegen kleine Fremdkörper > 2,5 mm (z.B.: Werkzeuge, Litze)	
4	 Schutz gegen feste Fremdkörper > 1 mm (z.B.: dünne Werkzeuge, kleine Drähte)	
5	 Schutz gegen Staubablagerung (staubgeschützt)	
6	 Schutz gegen Staubeintritt (staubdicht)	

Zusätzliche Kennziffern

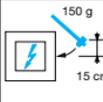
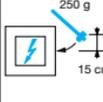
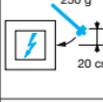
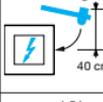
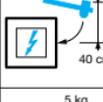
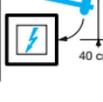
IK Code: mechanischer Schlagschutz (EN 50-102)

IK Code	Schlagschutz
00	kein Schutz
01	0,15 Joule
02	0,2 Joule
03	0,35 Joule
04	0,5 Joule
05	0,7 Joule
06	1 Joule
07	2 Joule
08	5 Joule
09	10 Joule
10	20 Joule

2. Kennziffer: Schutzgrade gegen Eindringen von Wasser

IP	Tests	
0		kein Schutz
1	 Schutz gegen senkrecht fallendes Tropfwasser (Kondenswasser)	
2	 Schutz gegen Tropfwasser (bis 15°)	
3	 Schutz gegen Sprühwasser (bis 60°)	
4	 Schutz gegen Spritzwasser	
5	 Schutz gegen Strahlwasser	
6	 Schutz gegen Überflutung (Schwallwassergeschützt)	
7	 Schutz gegen Eintauchen (Wasserdicht)	
8	 Schutz gegen Untertauchen (Druckwasserdicht)	

3. Kennziffer: mechanische Schutzgrade

IP	Tests	
0		kein Schutz
1	 Schlagkraft: 0,225 Joule	
2	 Schlagkraft: 0,375 Joule	
3	 Schlagkraft: 0,500 Joule	
5	 Schlagkraft: 2,00 Joule	
7	 Schlagkraft: 6,00 Joule	
9	 Schlagkraft: 20,00 Joule	

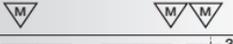
Personenschutz

zusätzlicher Buchstabe (fakultativ)	A	Hinsichtlich gefährlichen Teilen mittels	Handrücken
	B	Zugang zu	Finger
	C	gefährlichen Werkzeug	
	D	Teilen mittels	Draht

Gerätekennzeichen von Leuchten

Kein Zeichen	Anbauleuchten geeignet zur Montage auf normal entflammaren Oberflächen.
	Anbauleuchten nicht geeignet zur Montage auf normal entflammaren Flächen.
Kein Zeichen	Einbauleuchte geeignet zur Montage auf normal entflammaren Baustoffen. Leuchte darf mit Wärmedämmung belegt werden.
	Einbauleuchte geeignet zur Montage auf normal entflammaren Baustoffen. Leuchte darf nicht mit Wärmedämmung belegt werden.
	Einbauleuchte nicht geeignet zur Montage auf normal entflammaren Baustoffen.
	Einbauleuchte nicht geeignet zur Montage auf normal entflammaren Baustoffen. Leuchte darf nicht mit Wärmedämmung belegt werden.
	Einbauleuchte nicht geeignet zur Montage auf normal entflammaren Baustoffen. Leuchte darf nicht mit Wärmedämmung belegt werden.
	Leuchte mit begrenzter Oberflächentemperatur für feuergefährdete Betriebsstätte. Mindestens Schutzart der Leuchte IP5X.
	Möbelleuchte für Entladungslampen mit eingebauten Vorschaltgeräten, für Flächen mit Entzündungstemperatur min. 200°C.
	Möbelleuchte für Entladungslampen mit eingebauten Vorschaltgeräten, für Flächen mit Entzündungstemperatur ≤ 200°C.
	Leuchte nur für "self Shielded" Halogen-Glühlampen (Halogen-Glühlampen mit Glasschutz vor Lampe)
	Mindestabstand zur angestrahlten Fläche in Meter
	Vorschaltgerät zur Montage ausserhalb der Leuchte
	Ballwurfsichere Leuchte

Welche Leuchte darf wo montiert werden?

Unterlage/Umgebung	Leuchten	Unabhängiges Zubehör
Nicht brennbar	Alle Leuchtentypen	
Schwer- oder normal entflammbar	 Neu kein Zeichen	
Einbau in Isolation	 Neu kein Zeichen	
Möbeleinbau		
Feuergefährliche Räume		
Mit brennbarem Staub Mühlen, Schreinerei		

Legende:

1 Nicht genommene Kombination, Bestätigung vom Hersteller erforderlich

2 Nur zulässig, wenn Unterlage normal entflammbar

3 Nur zulässig wenn Leuchten inkl. Lampen IP5X

Trafokennzeichen Neue Symbole gemäss EN 61558-2

A	B	
		Trafo mit getrennten Wicklungen, A) kurzschlussfest B) nicht kurzschlussfest
		Trafo mit getrennten Wicklungen, fail safe. Bei Überlast oder Kurzschluss fällt Trafo dauerhaft aus.
		Spartrafo A) kurzschlussfest B) nicht kurzschlussfest
		Sicherheitstrafo mit sek. Kleinspannung A) kurzschlussfest B) nicht kurzschlussfest
		Steuertrafo mit getrennten Wicklungen, kurzzeitig überlastbar

Installations-Rohrkennzeichnung gemäss NIN und EN 61 386-1

1 X X 1 4XXX XX2X XX

	1 nicht flammausbreitend, 2 flammausbreitend
	Biegung: 1 starr, 2 flexibel
	Max. Temperatur: 1 +60°C, 2 +90°C, 3 +105°C, 4 +120°C, 5 +150°C, 6 +250°C
	Min. Temperatur 1 +5°C, 2 -5°C, 3 -15°C, 4 -15°C, 5 -45°C
	Druckbelastbar: 1 sehr leicht, 2 leicht, 3 mittel, 4 schwer, 5 sehr schwer

Installationsmaterialkennzeichnung

Kennzeichen	Eigenschaften
	Orange
	Hohlwanddose für Schalter und Steckdosen in Hohlwänden
	Die Dosen und Kästen sind geeignet für die Beton-Installation

Kontrollperioden ortsveränderlicher Geräte, Kabel usw. (VBG 4)

Geräte auf Baustellen, Werkstätten und Fabriken

alle Jahre

Geräte für Büros und Verwaltungen

alle 2 Jahre

Spannungsprüfer (Werksprüfung)

alle 6 Jahre

Alle übrigen Schutzmittel, Funktionsprüfung bei jedem Einsatz. Geprüfte Geräte sind mit einem Prüfkleber zu markieren.

Schutzklassen elektr. Betriebsmittel

Schutzklasse I mit Schutzleiter



Schutzklasse II Schutzisolierung



Schutzklasse III Schutzkleinspannung bis 50 V AC

**Prüf- und Sicherheitskennzeichen**

Sicherheit und Qualität durch den SEV geprüft und überwacht, garantiert branchenspezifische Qualitäts- und Sicherheits-Merkmale.



Sicherheit überprüft und überwacht den SEV. Garantiert Übereinstimmung mit intern. Sicherheitsstandard.



Sicherheitszeichen, Sicherheit durch den SEV überprüft. Garantiert die sichere Anwendung der Elektrizität.



Europäisches Konformitätszeichen für Produkte der Elektrotechnik. Das Zeichen bedeutet Konformität mit den europäischen Sicherheitsnormen und wird durch eine Zertifizierungsstelle erteilt. Die Nummer bedeutet z.B. 13 Schweiz / 10 Deutschland / 03 Italien usw.



Zertifizierung nach HAR Verfahren z.B. für Kabel.



Das CE Kennzeichen signalisiert die Übereinstimmung mit den Anforderungen der anwendbaren Richtlinien. Es steht für die staatlichen Überwachungsstellen (Zoll).



Zertifizierung nach KEYMARK - Verfahren Bestätigung Normenkonformität z.B. Haushaltgeräte.

Anzahl Leuchtstofflampen pro Leitungsschutzschalter

Ausführung		Induktiv						Parallel kompensiert						Duo				
Leistung in W		9/11	18	18	24/26	36	58	9/11	13/18	18	18/24	26	36	58	24/26	18	36	58
LS-Charakteristik		Nennstrom Baureihe (Tridonic)																
		TC	TC-D	TDL	TC-L	TL	TL	TC	TC-D	TC	TC-L	TC-D	TL	TL	TC-L	TC-D	TC	TC
				TC-L	T	TC-L						T	TC-L		T	TC-L	T	TC-L
B	10	62	47	27	30	23	14	71	71	32			32	20	60	54	46	28
	13	81	61	35	39	30	19	93	93	41			41	26	78	70	60	37
	16	100	75	43	48	37	23	114	114	51			51	32	96	86	74	46
	20	125	94	53	60	46	28	144	144	64			64	41	120	106	92	56
	25	156	115	66	75	57	36	179	179	79			79	51	150	132	114	72
C	10	62	47	27	30	23	14	99	99	44			44	27	60	54	46	28
	13	81	61	35	39	30	19	129	129	81			58	36	78	70	60	37
	16	100	75	43	48	37	23	159	159	71			71	44	96	86	74	46
	20	125	94	53	60	46	28	201	201	89			89	56	120	106	92	56
	25	156	115	66	75	57	36	250	250	110			110	71	150	132	114	72

Ausführung		EVG T16						EVG T26					
Leistung in W		28W		35W		54W		18W		36W		58W	
Flammig		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Baureihe		PC T5 PRO (Tridonic)						PC T8 PRO (Tridonic)					
B	10	22	9	23	10	15	7	23	22	23	10	16	7
	13	39	14	40	15	23	10	40	40	40	15	23	10
	16	40	15	40	15	25	12	70	70	70	21	33	13
	20	45	18	70	22	40	15	70	70	70	22	40	15
	25	44	18	46	20	30	14	46	44	46	20	32	14
C	10	78	28	80	30	46	20	80	80	80	30	46	20
	16	80	30	80	30	50	24	104	140	140	42	66	26
	20	90	36	140	44	80	30	110	140	140	44	80	30

Ausführung		EVG T16, dimmbar						EVG T26, dimmbar					
Leistung in W		28W		35W		54W		18W		36W		58W	
Flammig		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Baureihe		PCA T5 ECO/EXCEL (Tridonic)						PCA T8 ECO/EXCEL (Tridonic)					
B	10	16	8	16	8	11	7	15	10	15	5	10	5
	13	25	11	25	11	16	11	25	15	25	10	15	10
	16	36	15	36	15	22	14	40	20	35	15	20	15
	20	40	17	40	17	25	17	40	23	38	15	23	15
	25	32	16	32	16	22	14	30	20	30	10	20	10
C	10	50	22	50	22	32	22	50	30	50	20	30	20
	16	72	30	70	30	44	28	80	40	70	30	40	30
	20	80	34	80	34	50	34	80	46	76	30	46	30

Die Auswahl des Schützentyps ist abhängig von der Lasteigenschaft (Heizung, Beleuchtung, etc.) und den Betriebsanforderungen (Temperatur, gewünschte Lebensdauer, etc.). Folgende Auswahltablelle gibt einen Überblick über die Anzahl Lampen, die über einen Schützenpol in einem 230V- 50Hz-Schaltkreis verbunden werden können. Zusätzlich steht auf hager.ch ein Berechnungstool zur Verfügung. Das Tool ermöglicht die Ermittlung der Kontaktbelastbarkeit auf zwei Arten: Durch Eingabe der Stromspitze und deren Dauer oder durch Eingabe des Leuchtentyps und der Leuchtmittellast: www.hager.ch/tool-schuetze

Lampenart	Lampenleistung	Standard / eco / Brummfrei					
		16A	16 (±)*	25A	25A (±)*	40A	63A
Kompaktleuchtstofflampen							
Kompaktleuchtstofflampe							
Elektronisches Vorschaltgerät (EVG) extern	5W	11	22	15	27	49	76
	7W	11	22	15	27	49	76
	9W	9	18	13	26	40	63
	11W	9	18	13	26	40	63
	15W	7	14	11	22	36	57
	18W	-	-	11	22	36	57
	20W	7	14	11	22	36	57
	23W	7	14	11	22	36	57
	26W	7	14	11	22	36	57
Kompaktleuchtstofflampe							
Elektronisches Vorschaltgerät (EVG) integriert	5W	17	34	27	54	86	135
	7W	17	34	27	54	86	135
	9W	17	34	27	54	86	135
	11W	17	34	27	54	86	135
	15W	17	34	27	54	86	135
	18W	13	26	20	40	63	100
	20W	13	26	20	40	63	100
	23W	13	26	20	40	63	100
	26W	13	26	20	40	63	100
Glüh- oder Halogenlampe							
230V	40W	32	36	50	57	76	120
	60W	21	40	33	45	67	105
	75W	17	34	27	38	63	100
	100W	13	26	20	28	41	65
	150W	8	16	13	18	29	45
	200W	6	12	9	15	22	35
	300W	4	8	7	10	15	23
	500W	2	4	3	6	9	14
	1000W	-	-	-	1	4	7
Halogenlampe							
Niedervolt, elektronischer Transformator	20W	13	26	20	40	139	218
	35W	8	16	13	26	82	129
	50W	6	12	9	18	60	94
	75W	4	8	6	12	52	82
	100W	2	4	3	6	35	55
	150W	1	2	2	4	20	31
LED							
LED-Lampe							
230V, E27	4W	17	34	27	54	86	135
nicht dimmbar	4.5W	17	34	27	54	86	135
	6W	17	34	27	54	86	135
	7W	17	34	27	54	86	135
	8W	17	34	27	54	86	135
	12W	17	34	27	54	86	135
	17W	13	26	20	40	63	100
	18W	13	26	20	40	63	100
	22W	13	26	20	40	63	100
	30W	9	18	14	28	44	70
	34W	9	18	14	28	44	70
	40W	9	18	14	28	44	70
	50W	7	14	11	22	35	55
LED-Lampe							
230V, GU10	4W	38	76	60	120	159	250
dimmbar	5.5W	38	76	60	120	159	250
	6W	38	76	60	120	159	250
	7W	38	76	60	120	159	250
	8W	38	76	60	120	159	250
	12W	38	76	60	250	159	250
	17W	28	56	44	88	118	185
	18W	28	56	44	88	118	185
	22W	28	56	44	88	118	185
	30W	20	40	31	62	82	130
	34W	20	40	31	62	82	130
	40W	20	40	31	62	82	130
	50W	16	32	24	48	65	102

(*) Die 1 und 2 Modulbreiten Schütze wurden optimiert und weisen, bezogen auf die Lampenlast, ein verstärktes Schaltvermögen auf. Diese Geräte sind mit folgenden Symbol (±) gekennzeichnet.

Lampenart	Lampenleistung	Standard / eco / Brummfrei						
		16A	16A \square *	25A	25A \square *	40A	63A	
LED-Scheinwerfer	100W	-	3	-	5	6	7	
	150W	-	2	-	3	4	5	
	200W	-	1	-	2	4	5	
LED-Lampe 12V, GU10 dimmbar	1W	38	76	60	120	108	170	
	2.5W	38	76	60	120	108	170	
	4W	38	76	60	120	108	170	
	5W	38	76	60	120	108	170	
	7W	38	76	60	120	108	170	
	10W	38	76	60	120	108	170	
15W	28	56	44	88	75	118		
Leuchtstofflampen								
Leuchtstofflampe								
Einzel	15W	13	26	20	30	70	100	
Konventionelles Vorschaltgerät (KVG)	18W	13	26	20	30	70	100	
	20W	12	24	19	30	70	100	
	36W	12	24	15	28	60	90	
	40W	10	20	13	26	60	90	
	42W	9	18	12	24	55	83	
	58W	7	14	9	17	35	56	
	65W	6	12	8	17	35	56	
	80W	5	10	7	15	30	48	
	115W	4	8	5	10	20	32	
	140W	3	6	5	10	16	26	
Leuchtstofflampe								
Einzel, parallel kompensiert	15W	7	14	11	20	36	57	
Konventionelles Vorschaltgerät (KVG)	18W	7	14	11	20	36	57	
	20W	7	14	11	20	36	57	
	36W	7	14	11	20	34	53	
	40W	7	14	11	20	29	45	
	42W	7	14	11	20	29	45	
	58W	6	12	10	15	27	42	
	65W	6	12	10	15	27	42	
	80W	6	12	10	15	27	42	
	115W	6	5	10	7	25	39	
	Leuchtstofflampe							
Doppelt (Duo-Schaltung), unkompensiert	2 x 18W	13	26	20	40	50	78	
Konventionelles Vorschaltgerät (KVG)	2 x 20W	12	24	19	38	50	78	
	2 x 36W	12	24	15	30	44	69	
	2 x 40W	10	20	13	26	40	63	
	2 x 42W	9	18	12	24	40	63	
	2 x 58W	7	14	9	18	27	42	
	2 x 65W	6	12	8	16	27	42	
	2 x 80W	5	10	7	14	22	35	
	2 x 115W	4	8	5	10	16	25	
	Leuchtstofflampe							
	Doppelt (Duo-Schaltung), seriell kompensiert	2 x 18W	7	14	11	22	34	53
Konventionelles Vorschaltgerät (KVG)	2 x 20W	7	14	11	22	29	45	
	2 x 36W	6	12	10	20	27	42	
	2 x 40W	6	12	10	20	27	42	
	2 x 42W	6	12	10	20	27	42	
	2 x 58W	6	12	10	20	25	39	
	2 x 65W	5	10	7	14	23	36	
	2 x 80W	5	10	7	14	20	31	
	2 x 115W	4	8	5	10	17	25	
	Leuchtstofflampe							
	Einzel	15W	7	14	11	22	36	57
Elektronisches Vorschaltgerät (EVG)	18W	7	14	11	22	36	57	
	20W	7	14	11	22	36	57	
	36W	7	14	11	22	34	53	
	40W	7	14	11	22	29	45	
	42W	7	14	11	22	29	45	
	58W	6	12	10	20	27	42	
	65W	6	12	10	20	27	42	
	80W	6	12	10	20	27	42	
	115W	6	12	10	20	25	39	
	Leuchtstofflampe							
Doppelt	2 x 18W	7	14	11	22	34	53	
Elektronisches Vorschaltgerät (EVG)	2 x 20W	7	14	11	22	29	45	
	2 x 36W	6	12	10	20	27	42	
	2 x 40W	6	12	10	20	27	42	
	2 x 42W	6	12	10	20	27	42	
	2 x 58W	6	12	10	20	25	39	
	2 x 65W	5	10	7	14	23	36	
	2 x 80W	5	10	7	14	20	31	
	2 x 115W	4	8	5	10	17	25	

(* Die 1 und 2 Modulbreiten Schütze wurden optimiert und weisen, bezogen auf die Lampenlast, ein verstärktes Schaltvermögen auf. Diese Geräte sind mit folgendem Symbol \square gekennzeichnet.

Lampenart	Lampenleistung	Standard / eco / Brumfrei					
		16A	16A (⊕)*	25A	25A (⊕)*	40A	63A
Entladungslampen							
Hochdruck-Quecksilberdampfampe							
Unkompensiert	50W	9	18	14	28	32	50
	80W	6	12	9	18	24	37
	125W	3	6	5	10	18	28
	250W	2	4	3	6	10	15
	400W	1	2	1	2	6	9
	700W	-	-	-	0	4	5
Hochdruck-Quecksilberdampfampe							
Parallel kompensiert	50W	7	14	11	22	26	40
	80W	5	10	8	16	22	34
	125W	3	6	5	10	15	23
	250W	2	4	3	6	9	14
	400W	1	2	1	2	5	8
	700W	-	-	-	0	3	5
	1000W	-	-	-	0	2	3
Niederdruck-Natriumdampfampe							
Unkompensiert	18W	8	16	10	20	18	21
	35W	4	8	6	12	10	13
	55W	3	6	6	12	9	12
	90W	2	4	4	8	6	9
	135W	1	2	3	6	4	6
	180W	1	2	2	4	4	5
Niederdruck-Natriumdampfampe							
Parallel kompensiert	18W	5	10	7	14	15	24
	35W	4	8	6	12	13	23
	55W	3	6	5	10	13	19
	90W	2	4	3	6	13	16
	135W	1	2	2	4	5	7
	180W	1	2	2	4	5	6
Hochdruck-Natriumdampfampe							
Unkompensiert	35W	11	22	14	28	30	35
	50W	9	18	12	24	22	25
	70W	8	16	9	18	18	19
	110W	6	12	8	16	14	16
	150W	4	8	7	14	10	12
	250W	2	4	4	8	6	7
	400W	-	-	1	2	4	5
	1000W	-	-	1	2	2	3
Hochdruck-Natriumdampfampe							
Parallel kompensiert	35W	6	12	9	18	13	25
	50W	6	12	9	18	13	24
	70W	4	8	6	12	13	18
	110W	3	6	5	10	13	16
	150W	3	6	5	10	13	14
	250W	2	4	3	6	7	10
	400W	1	2	1	2	5	7
	1000W	-	-	-	0	3	5
Halogen-Metaldampfampe							
Unkompensiert	35W	12	24	24	42	42	55
	70W	10	20	15	20	26	34
	150W	6	12	7	13	14	17
	250W	3	6	5	8	9	12
	400W	1	2	2	4	6	7
	1000W	-	-	-	0	3	4
Halogen-Metaldampfampe							
Parallel kompensiert	35W	6	12	10	20	22	39
	70W	5	10	8	16	22	39
	150W	3	6	5	10	12	22
	250W	3	6	5	10	9	18
	400W	1	2	1	2	5	7
	1000W	-	-	-	0	2	3

(*) Die 1 und 2 Modulbreiten Schütze wurden optimiert und weisen, bezogen auf die Lampenlast, ein verstärktes Schaltvermögen auf. Diese Geräte sind mit folgenden Symbol ⊕ gekennzeichnet.

Richtwerte für Käfigläufer

Motorleistung			230 V			400 V			500 V			690 V		
			Motorbemessungsstrom	Sicherung Anlauf direkt	Y/Δ									
kW	cos	η %	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0.06	0.7	58	0.37	2		0.21	2		0.17	2		0.12	2	
0.09	0.7	60	0.54	2		0.31	2		0.25	2		0.18	2	
0.12	0.7	60	0.72	2	2	0.41	2		0.33	2		0.24	2	
0.18	0.7	62	1.04	4	2	0.6	2		0.48	2		0.35	2	
0.25	0.7	62	1.4	4	2	0.8	4	2	0.7	2		0.5	2	
0.37	0.7	66	2	6	4	1.1	4	2	0.9	2	2	0.7	2	
0.55	2	69	2.7	10	4	1.5	4	4	1.2	4	2	0.9	4	2
0.75	0.7	74	3.2	10	4	1.9	6	4	1.5	4	2	1.1	4	2
1.1	0.8	74	4.6	10	6	2.6	6	4	2.1	6	4	1.5	4	2
1.5	1	74	6.3	16	10	3.6	6	4	2.9	6	4	2.1	6	4
2.2	0.8	78	8.7	20	10	5	10	6	4	10	4	2.9	10	4
3	1	80	11.5	25	6	6.5	16	10	5.3	16	6	3.8	10	4
4	0.8	83	14.8	32	16	8.5	20	10	6.8	16	10	4.9	16	6
5.5	2	86	19.6	32	25	11.3	25	16	9	20	16	6.5	16	10
7.5	0.8	87	26.4	50	32	15.2	32	16	12.1	25	16	8.8	29	10
11	2	87	38	80	40	21.7	40	25	17.4	32	20	12.6	25	16
15	0.8	88	51	100	63	29.3	63	32	23.4	50	25	17	32	20
18.5	4	88	63	125	80	36	63	40	28.9	50	32	20.9	32	25
22	0.8	92	71	125	80	41	80	50	33	63	32	23.8	50	25
30	4	92	96	200	100	55	100	63	44	80	50	32	63	32
37	0.8	92	117	200	125	68	125	80	54	100	63	39	80	50
45	6	93	141	250	160	81	160	100	65	125	80	47	80	63
55	0.8	93	173	250	200	99	200	125	79	160	80	58	100	63
75	6	94	233	315	250	134	200	160	107	200	125	78	160	100
90	0.8	94	279	400	315	161	250	200	129	200	160	93	160	100
110	6	94	342	500	400	196	315	200	157	250	160	114	200	125
132	0.8	95	401	630	500	231	400	250	184	250	200	134	250	160
160	0.8	95	486	630	630	279	400	315	224	315	250	162	250	200
200	7	95	607	800	630	349	500	400	279	400	315	202	315	250
250	0.8	95				437	630	500	349	500	400	253	400	315
315	0.8	96				544	800	630	436	630	500	316	500	400
400	7	96				683	1000	800	547	800	630	396	630	400
450	0.8	96				769	1000	800	615	800	630	446	630	630
500	8	97										491	630	630
560	0.8	97										550	800	630
630	8	97										618	800	630

Kleinststrommögliche Kurzschlussicherung für Drehstrommotoren

Der max. Wert richtet sich nach dem Schaltgerät bzw. Motorschutzrelais

Die Motorbemessungsströme gelten für normale innen- und oberflächengekühlte Drehstrommotoren mit 1500 min⁻¹

Direkter Anlauf: Anlaufstrom max. 6 x Motorbemessungsstrom, Anlaufzeit max. 5 s.

Y/Δ - Anlauf: Anlaufstrom max. 2 x Motorbemessungsstrom, Anlaufzeit 15 s.

Motorschutzrelais im Strang auf 0.58 x Motorbemessungsstrom einstellen.

Sicherungsbemessungsströme bei Y/Δ-Anlauf gelten auch für Drehstrommotoren mit Schleifringläufer.

Bei höherem Bemessungs-, Anlaufstrom und/oder längerer Anlaufzeit grössere Sicherung verwenden.

Tabelle gilt für "träge" bzw. "gL"-Sicherungen (DIN VDE 0636)

Bei NH-Sicherungen mit aM-Charakteristik wird Sicherung = Bemessungsstrom gewählt.

Bemessungsspannung

400/231 V

400/231 V				525 V			690/400 V		
U _n									
Kurzschlussspannung									
U _K	4%		6%		4%		6%		
Bemessungsleistung	Bemessungsstrom I _n	Kurzschlussstrom I _{K"}		Bemessungsstrom I _n	Kurzschlussstrom I _{K"}		Bemessungsstrom I _n	Kurzschlussstrom I _{K"}	
kVA	A	A	A	A	A	A	A	A	A
50	72	1805		55	1375		42	1042	
100	144	3610	2406	110	2750	1833	84	2084	1392
160	230	5776	3850	176	4400	2933	133	3325	2230
200	288	7220	4812	220	5500	3667	168	4168	2784
250	360	9025	6015	275	6875	4580	210	5220	3560
315	455	11375	7583	346	8660	5775	263	6650	4380
400	578	14450	9630	440	11000	7333	363	8336	5568
500	722	18050	12030	550	13750	9166	420	10440	7120
630	910	22750	15166	693	17320	11550	526	13300	8760
800	1156		19260	880		14666	672		11136
1000	1444		24060	1100		18333	840		13920
1250	1805		30080	1375		22916	1050		17480
1600	2312		38530	1760		29333	1330		22300
2000	2888		48120	2200		36666	1680		27840

Norm	Bezeichnung
DIN VDE 0643	Selektiver Haupt-Leitungsschutzschalter, netzspannungsabhängig (SLS-Schalter)
DIN 43870-1	Zählerplätze; Masse auf Basis eines Rastersystems
DIN 43870-2	Zählerplätze; Funktionsflächen
DIN 43870-3	Zählerplätze; Verdrahtungen
DIN 43870-4	Zählerplätze; Abdeckung für Verdrahtung
DIN 43870 Beiblatt 1	Zählerplätze; Anwendungsbeispiele zu den Funktionsflächen
EN 62262	Schutzarten durch Gehäuse für elektrische Betriebsmittel (Ausrüstung) gegen äussere mechanische Beanspruchungen (IK-Code)
EN 60099-1 IEC 60099-1	Überspannungsableiter - Teil 1: Überspannungsableiter mit nichtlinearen Widerständen und Funkenstrecken für Wechselspannungsnetze
EN 60269-1 IEC 60269-1	Niederspannungssicherungen
EN 60269-2 IEC 60269-2	Teil 1: Allgemeine Anforderungen
EN 60269-2-1 IEC 60269-2-1	Teil 2: Zusätzliche Anforderungen an Sicherungen zum Gebrauch durch Elektrofachkräfte bzw. elektrotechnisch unterwiesene Personen (Sicherungen hauptsächlich für den industriellen Gebrauch)
	Teil 2-1: Zusätzliche Anforderungen an Sicherungen zum Gebrauch durch Elektrofachkräfte bzw. elektronisch unterwiesene Personen (Sicherungen überwiegend für den industriellen Gebrauch); Hauptabschnitte I bis VI: Beispiele von genormten Sicherungstypen
EN 60439-1 IEC 60439-1	Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen
EN 60439-3 IEC 60439-3	Teil 1: Typgeprüfte und partiell typgeprüfte Kombinationen Teil 3: Besondere Anforderungen an Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen, zu deren Bedienung Laien Zutritt haben; Installationsverteiler
EN 60529 IEC 60529	Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)
EN 60664-1 IEC 60664-1	Isolationskoordination für elektrische Betriebsmittel in Niederspannungsanlagen
EN 60669-1 IEC 60669-1	Schalter für Haushalt und ähnliche ortsfeste elektrische Installationen
EN 60669-2-1 IEC 60669-2-1	Teil 1: Allgemeine Anforderungen
EN 60669-2-2 IEC 60669-2-2	Teil 2-1: Besondere Anforderungen; Elektronische Schalter
EN 60669-2-3 IEC 60669-2-3	Teil 2-2: Besondere Anforderungen; Fernschalter Teil 2-3: Besondere Anforderungen; Zeitschalter
EN 60695-2-10 IEC 60695-2-10	Prüfungen zur Beurteilung der Brandgefahr - Teil 2-10: Prüfungen mit dem Glühdraht; Glühdrahtprüfeinrichtungen und allgemeines Prüfverfahren
EN 60695-10-2 IEC 60695-10-2	Prüfungen zur Beurteilung der Brandgefahr - Teil 10-2: Unübliche Wärme; Kugeldruckprüfung
EN 60715 IEC 60715	Abmessungen von Niederspannungsschaltgeräten - Genormte Tragschienen für mechanische Befestigung von elektrischen Geräten in Schaltanlagen
EN 60730-1 IEC 60730-1	Automatische elektrische Regel- und Steuergeräte für den Hausgebrauch und ähnliche Anwendungen
EN 60730-2-3 IEC 60730-2-3	Teil 1: Allgemeine Anforderungen
EN 60730-2-7 IEC 60730-2-7	Teil 2-3: Besondere Anforderungen für thermische Schutzeinrichtungen für Vorschaltgeräte für röhrenförmige Leuchtstofflampen
EN 60730-2-9 IEC 60730-2-9	Teil 2-7: Besondere Anforderungen für Zeitsteuergeräte Teil 2-9: Besondere Anforderungen an temperaturabhängige Regel- und Steuergeräte
IEC 60884-1	Stecker und Steckdosen für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke Teil 1: Allgemeine Anforderungen
EN 60898-1 IEC 60898-1	Elektrisches Installationsmaterial - Leitungsschutzschalter für Hausinstallationen und ähnliche Zwecke Teil 1: Leitungsschutzschalter für Wechselstrom (AC)
EN 60947-1 IEC 60947-1	Niederspannungs-Schaltgeräte
EN 60947-2 IEC 60947-2	Teil 1: Allgemeine Festlegungen
EN 60947-3 IEC 60947-3	Teil 2: Leistungsschalter
EN 60947-4-1 IEC 60947-4-1	Teil 3: Lastschalter, Trennschalter, Lasttrennschalter und Schalter-Sicherungs-Einheiten
EN 60947-4-2 IEC 60947-4-2	Teil 4-1: Schütze und Motorstarter; elektromechanische Schütze und Motorstarter
EN 60947-5-1 IEC 60947-5-1	Teil 4-2: Schütze und Motorstarter - Halbleiter-Motor-Steuergeräte und -Starter für Wechselspannung
EN 60947-7-1 IEC 60947-7-1	Teil 5-1: Steuergeräte und Schaltelemente - Elektromechanische Steuergeräte
EN 60947-7-2 IEC 60947-7-2	Teil 7-1: Hilfseinrichtungen; Reihenklemmen für Kupferleiter Teil 7-2: Hilfseinrichtungen; Schutzleiter-Reihenklemmen für Kupferleiter

Norm	Bezeichnung
EN 60998-1 IEC 60998-1	Verbindungsmaterial für Niederspannungs-Stromkreise für Haushalt und ähnliche Zwecke
EN 60998-2-1 IEC 60998-2-1	Teil 1: Allgemeine Anforderungen
EN 60998-2-2 IEC 60998-2-2	Teil 2-1: Besondere Anforderungen für Verbindungsmaterial als <u>selbstständiges</u> Betriebsmittel <u>mit</u> Schraubklemmstellen Teil 2-2: Besondere Anforderungen für Verbindungsmaterial als <u>selbstständiges</u> Betriebsmittel <u>mit</u> schraubenlosen Klemmstellen
EN 60999-1 IEC 60999-1	Verbindungsmaterial - Elektrischer Kupferleiter - Sicherheitsanforderungen für schraub- und schraubenlose Klemmstellen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen und besondere Anforderungen für Klemmstellen für Leiter von 0,2 mm ² bis einschliesslich 35 mm ²
EN 61008-1 IEC 61008-1	Fehlerstrom-/Differenzstrom-Schutzschalter <u>ohne</u> eingebauten Überstromschutz (RCCBs) für Hausinstallationen und für ähnliche Anwendungen
EN 61008-2-1 IEC 61008-2-1	Teil 1: Allgemeine Anforderungen
IEC 61008-2-2	Teil 2-1: Anwendung der allgemeinen Anforderungen auf netzspannungs-unabhängige RCCB Teil 2-2: Anwendbarkeit der allgemeinen Regeln auf reststrombetätigte Leistungsschalter, deren Funktion von der Leitungsspannung abhängt (nur IEC)
EN 61009-1 IEC 61009-1	Fehlerstrom-Schutzschalter <u>mit</u> Überstromauslöser (RCBOs) für Hausinstallationen und für ähnliche Anwendungen
EN 61009-2-1 IEC 61009-2-1	Teil 1: Allgemeine Anforderungen
IEC 61009-2-2	Teil 2-1: Anwendbarkeit der Festlegungen für die Funktion der RCBOs unabhängig von der Netzspannung Teil 2.2: Anwendbarkeit allgemeiner Regeln auf funktionsmässig von der Leitungsspannung abhängige RCBOs (nur IEC)
EN 61095	Elektromechanische Schütze für Hausinstallationen und ähnliche Zwecke
EN 61543 IEC 61543	Fehlerstromschutzeinrichtungen (RCDs) für Hausinstallationen und ähnliche Verwendung - Elektromagnetische Verträglichkeit
EN 61558-1 IEC 61558-1	Sicherheit von Transformatoren, Netzgeräten und dergleichen
EN 61558-2-6 IEC 61558-2-6	Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Prüfungen
EN 61558-2-8 IEC 61558-2-8	Teil 2-6: Besondere Anforderungen an Sicherheitstransformatoren für allgemeine Anwendungen Teil 2-8: Besondere Anforderungen an Klingel- und Läutewerkstransformatoren
EN 61643-11 IEC 61643-1	Überspannungsschutzgeräte für Niederspannung - Teil 11 (EN) oder Teil 1 (IEC): Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Niederspannungsanlagen; Anforderungen und Prüfungen
EN 62208 IEC 62208	Leergehäuse für Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen - Allgemeine Anforderungen

Strombelastbarkeit und Überstromschutz nach NIN bei 30° C Umgebungstemperatur (3 PVC-isolierte Leiter)
Referenz-Verlegearten

A	Einzelleiter im UP-Rohr in einer wärmedämmenden Wand
A2	Kabel im UP-Rohr in einer wärmedämmenden Wand
B	Einzelleiter im AP-Rohr auf Holzwand oder im UP-Rohr in Beton/Mauerwerk
B2	Kabel im AP-Rohr oder im UP-Rohr in Beton/Mauerwerk Kabel im geschlossenen Kabelkanal / gebündelt im Kabelkanal Kabel in Hohldecke/Hohlboden
C	Kabel auf Wand oder einlagig verlegt auf nicht gelochte Kabelwanne
E	Kabel einlagig verlegt auf gelochte Kabelwanne / Kabelpritsche

Leiter	Querschnitt
PE	L < 16 PE = L L = 25/35 PE = 16 L > 35 PE = L/2
N und PEN	keine Reduktion (Grund: Oberwellen)
Erdungsleiter	50% min. 16 max. 50
Hauptpotentialausgleichsleiter	50% PE min. 6 max. 25 mit Blitzschutz min. 10
Überbrückung	wenn nötig, wie HPA

Überstromschutz von Stromkreisen mit nicht definierten Betriebsströmen

Ref. VA	A				A2				B				B2				C		E		Bemessung der Fehlerstromschutzschalter	
	Anzahl	1	1	2-3	4-8	1	1	2-4	5-10	>10	>1	>1	1	1	2-4	5-10	>10	>1	>1			
10 A	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2.5	1.5	1.5	(Summe der Nennströme der Sicherungen mal Gleichzeitigkeitsfaktor)		
13 A	1.5	1.5	2.5	2.5	1.5	1.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2.5	2.5	1.5	1.5			
16 A	2.5	2.5	4	4	1.5	2.5	2.5	4	4	4	1.5	1.5	2.5	2.5	1.5	1.5	4	4	1.5			
20 A	4	4	6	6	2.5	2.5	4	4	6	6	2.5	2.5	4	4	6	6	10	4	4			
25 A	4	6	10	10	4	4	6	6	10	10	4	4	6	6	10	10	16	4	4			
32 A	6	10	16	16	6	6	10	10	16	16	6	6	10	10	16	16	25	6	6			
40 A	10	10	16	25	10	10	16	16	25	25	10	10	16	16	25	25	35	10	6			
53 A	25	25	35	50	16	16	25	35	50	50	16	16	25	35	50	50	70	16	16			
80 A	35	35	50	70	25	25	50	50	70	70	25	25	50	50	70	70	100	25	25			
100 A	50	50	70	95	35	35	70	70	95	95	35	35	70	70	95	95	120	35	35			
160 A	95	120	185	185	70	95	120	120	150	150	70	70	120	120	150	150	200	70	70			
200 A	150	185	240	300	95	120	150	150	200	200	95	95	150	150	200	200	250	95	95			
																					Anzahl Stromkreise	Gleichzeitigkeitsfaktor
																					2 und 3	0.8
																				4 und 5	0.7	
																				6 bis 9	0.6	
																				10 und mehr	0.5	

Strombelastbarkeit bei definierten Verbrauchern (in Ampère) (Gleichzeitigkeitsfaktor 1)

Die vorgeschlagene Sicherung (1 max.) garantiert die Abschaltung bei Kurzschluss

A	I max	L max	A				A2				B				B2				C				E								
mm ²	A	m	1	1	2-3	4-8	1	1	2-4	5-10	>10	1	1	2-4	5-10	>10	1	1	2-4	5-10	>10	1	1	2-4	5-10	>10	1	1	2-4	5-10	>10
1.5	25	60	13	13	9	7	15	15	10	8	6	17	13	12	18	14	13	12	18	14	13	13	12	18	14	13	13	12	18	14	13
2.5	32	70	18	17	12	9	21	20	13	10	8	24	18	17	25	19	18	17	25	19	18	18	17	25	19	18	18	17	25	19	18
4	50	90	24	23	16	12	28	27	18	14	10	32	24	22	34	26	24	24	34	26	24	24	24	34	26	24	24	34	26	24	24
6	63	100	31	29	20	15	36	34	22	17	13	41	31	29	43	33	31	31	43	33	31	31	31	43	33	31	31	43	33	31	31
10	100	130	42	39	27	20	50	46	30	23	17	57	43	40	60	46	43	43	60	46	43	43	43	60	46	43	43	60	46	43	43
16	125	160	56	52	36	27	68	62	40	31	24	76	57	53	80	62	58	58	80	62	58	58	58	80	62	58	58	80	62	58	58
25	125	190	73	68	48	35	89	80	52	40	30	96	72	67	101	78	73	73	101	78	73	73	73	101	78	73	73	101	78	73	73
35	160	220	89	83	58	43	110	99	64	50	38	119	89	83	126	97	91	91	126	97	91	91	91	126	97	91	91	126	97	91	91
50	200	240	108	99	69	51	134	118	77	59	45	144	108	101	153	118	110	110	153	118	110	110	110	153	118	110	110	153	118	110	110
70	250	260	136	125	88	65	171	149	97	75	57	184	138	129	196	151	141	141	196	151	141	141	141	196	151	141	141	196	151	141	141
95	315	280	164	150	105	78	207	179	116	90	68	223	167	156	238	183	171	171	238	183	171	171	171	238	183	171	171	238	183	171	171
120	400	290	188	172	120	89	239	206	134	103	78	259	194	181	276	213	199	199	276	213	199	199	199	276	213	199	199	276	213	199	199
150	500	300	216	196	137	102	Unbedingt beachten: Leitung gegen Überstrom und Kurzschlusschützen					299	224	209	319	246	230	230	319	246	230	230	319	246	230	230	319	246	230	230	
185	500	310	245	223	156	116						341	256	239	364	280	262	262	364	280	262	262	364	280	262	262	364	280	262	262	
240	630	320	286	261	183	136						403	302	282	430	331	310	310	430	331	310	310	430	331	310	310	430	331	310	310	
300	630	340	328	298	209	155						464	348	325	497	383	358	358	497	383	358	358	497	383	358	358	497	383	358	358	

Schutz gegen maximale Kurzschlussströme

Der Schutz gegen maximale Kurzschlussströme ist gewährleistet, wenn die folgenden beiden Regeln eingehalten werden:

1- Abschaltvermögen-Regel

$$I_C \geq I_k \quad I_k = \text{Kurzschlussstrom}$$

I_C : Abschaltvermögen der Kurzschlusschutzeinrichtung
 I_k : Maximaler Kurzschlussstrom an der Stelle, wo diese Einrichtung installiert ist

Berechnungsmethode

Die nachstehenden Tabellen C1A und C1B zeigen den Wert des dreiphasigen Kurzschlussstromes an den Klemmen eines HS/NS-Transformators in Abhängigkeit von seiner Leistung für ein 400-V-Drehstromnetz und eine Kurzschlussleistung des Hochspannungsnetzes von 500 MVA.

Tabelle C1A

Öltransformator (EN 52 112-1)

Leistung (in kVA)	50	100	160	200	250
Dreiphasiger I_k (in kA)	1,79	3,58	5,71	7,13	8,89
Leistung (in kVA)	400	630	1000	1250	1600
Dreiphasiger I_k (in kA)	14,07	22,03	23,32	28,96	36,45
Leistung (in kVA)	2000	2500			
Dreiphasiger I_k (in kA)	45,32	55,56			

Tabelle C1B

Trockentransformator (EN 52 115)

Leistung (in kVA)	100	160	250	400	630
Dreiphasiger I_k (in kA)	2,39	3,82	5,95	9,48	14,77
Leistung (in kVA)	1000	1600	2500		
Dreiphasiger I_k (in kA)	23,11	36,45	55,71		

Wenn der dreiphasige Kurzschlussstrom am Anfang des Stromkreises (I_k speisungsseitig) bekannt ist, kann anhand der Tabelle C3 auf Seite 4.23 der dreiphasige Kurzschlussstrom am Ende einer Leitung mit bekanntem Querschnitt und bekannter Länge und damit das notwendige Abschaltvermögen I_C des Schutzgerätes an dieser Stelle bestimmt werden.

Anmerkung:

Wenn die Länge L des Stromkreises in der Tabelle C3 nicht enthalten ist, muss der unmittelbar höhere Wert genommen werden.

I_k speisungsseitig (Tabelle) $\geq I_k$ Anfang

2 - Ausschaltzeit-Regel

$$\sqrt{t} \leq \frac{K \times Q}{I_k}$$

Die Ausschaltzeit der Schutzeinrichtung darf nicht länger sein als die Zeit, welche die Leitertemperatur auf den zulässigen Grenzwert erhöht

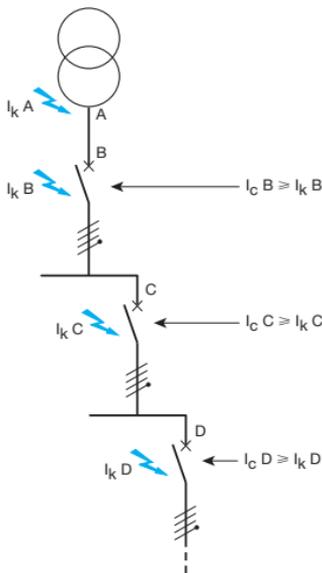
t = Dauer in Sekunden (t max. < 5 s)

Q = Leiterquerschnitt in mm²

K = Faktor in Funktion des Isolier- und des Leitermaterials gemäss nebenstehender Tabelle C2 (I_k in Ampere)

Anmerkung:

Diese Regel ist erfüllt, wenn dieselbe Schutzeinrichtung zugleich der Überlastschutz und den Kurzschlusschutz gewährleistet.


Beispiele
Punkt A

- $I_{kA} = 20$ kA
- $I_{cA} \geq 20$ kA

} d.h. 25 kA für einen MCCB

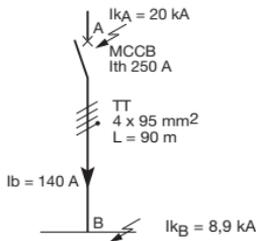
Punkt B

Tabelle C3 Seite 4.23

- $Q_{ph} = 95$ mm²
- $L = 90$ m
- I_k einspeisung = 20 kA

} Wert ≤ 90 m nehmen, somit 80 m

I_k verbraucherseitig = 8,9 kA


Tabelle C2

Isoliermaterial	PVC	Polyäthylen vernetzt (PR, EPR)
Leitermaterial	TT	GN, GNK, GN-CLN
	TT - CLT	
Kupfer	115	143
Aluminium	76	94

Schutz gegen minimale Kurzschlussströme

Ein Kurzschluss kann am Ende einer Leitung auftreten. In diesem Fall muss der ungünstigste Strom in Betracht gezogen werden, d.h. der minimale Kurzschlussstrom, wie in der nebenstehenden Abbildung gezeigt. Die Installationsbedingungen bestehen darin, sich zu vergewissern, dass am Anfang der Leitung angeordnete Schutzvorrichtung den $I_{k\min}$ innerhalb einer bestimmten Zeit unterbricht, bevor die Leiter und die Installation Schaden nehmen, und dies gemäß den folgenden Bedingungen:

$$I_{rm} < I_{k\min} \text{ für Leitungsschalter}$$

$$I_a < I_{k\min} \text{ für Sicherungen}$$

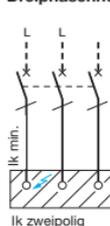
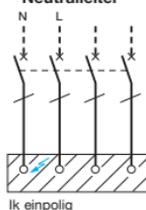
I_{rm} : Ansprechstrom des magnetischen Auslösers
 I_a : Schmelzstrom der Sicherung.

In der Praxis genügt es, sich zu vergewissern, dass

$$L \text{ Kreis} < L \text{ max.}$$

Die nachstehenden Tabellen enthalten die gegen Kurzschlüsse geschützten maximalen Längen (in Metern) für die folgenden Bedingungen:

- Kupferleiter
- Dreiphasennetz mit Neutralleiter mit einem Querschnitt Neutralleiter = Phasenleiter
- in Funktion der Art und des Bemessungsstromes der Schutzvorrichtung.

Dreiphasennetz

Dreiphasennetz mit Neutralleiter


Für andere Bedingungen müssen die Tabellenwerte mit den folgenden Faktoren C multipliziert werden:

- $C = 1,33$, wenn S Neutralleiter = 0,5 S Phasenleiter und mit dem Neutralleiterquerschnitt in die Tabelle eingegangen wird.
 - $C = 1,73$, wenn der Neutralleiter nicht mitgeführt ist.
 - $C = 0,41$, wenn die Leiter aus Aluminium bestehen und durch Sicherungen geschützt werden.
 - $C = 0,62$, wenn die Leiter aus Aluminium bestehen und durch Leitungsschalter geschützt werden.
- Wenn in den Tabellen C9 und C10, die den Schutz durch Sicherungen betreffen, zwei Werte angegeben sind (z.B.: 59/61), dann betrifft:
- der erste Wert Kabel vom Typ TT, TT-CLT, und
 - der zweite Wert Kabel vom Typ GN, GN-CLN, GKN.

Tabelle C4 - Schutz durch Leitungsschutzschalter Typ B

Querschnitt (mm ²)	Bemessungsstrom des Leitungsschutzschalters Typ B (A)											
	6	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100
1,5	200	120	92	75	60	48	37	30	24	19	15	12
2,5	333	200	153	125	100	80	62	50	40	32	25	20
4	533	320	246	200	160	128	100	80	64	51	40	32
6	800	480	369	300	240	192	150	120	96	76	65	48
10		800	615	500	400	320	250	200	160	127	100	80
16				800	640	512	400	320	256	203	160	128
25						800	625	500	400	317	250	200
35		Max. Länge in Meter					875	700	560	440	350	280
50								760	603	475	380	

Tabelle C5 - Schutz durch Leitungsschutzschalter Typ C

Querschnitt (mm ²)	Bemessungsstrom des Leitungsschutzschalters Typ C (A)											
	6	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100
1,5	100	60	46	37	30	24	18	15	12	9	7	6
2,5	167	100	76	62	50	40	31	25	20	16	12	10
4	267	160	123	100	80	64	50	40	32	25	20	16
6	400	240	184	150	120	96	75	60	48	38	30	24
10	667	400	307	250	200	160	125	100	80	63	50	40
16		640	492	400	320	256	200	160	128	101	80	64
25			768	625	500	400	312	250	200	159	125	100
35		Max. Länge in Meter					875	700	560	437	350	280
50							760	594	475	380	301	237

Tabelle C6 - Schutz durch Leitungsschutzschalter Typ D

Querschnitt (mm ²)	Bemessungsstrom des Leitungsschutzschalters Typ D (A)											
	6	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100
1,5	50	30	23	18	15	12	9	7	6	5	4	3
2,5	83	50	38	31	25	20	16	12	10	8	6	5
4	133	80	61	50	40	32	25	20	16	13	10	8
6	200	120	92	75	60	48	37	32	24	19	15	12
10	333	200	153	125	100	80	62	50	40	32	25	20
16	533	320	246	200	160	128	100	80	64	51	40	32
25	833	500	384	312	250	200	156	125	100	79	62	50
35		700	538	437	350	280	219	175	140	111	87	70
50			742	594	474	380	297	237	190	151	119	95

(A) Maximale Länge der Leiter in Meter mit Leitungsschutzschalter

Tabelle C7 - Schutz durch normale Leistungsschalter

Maximale Länge der Leiter in Meter

Polleiter Kupfer mm ²	Ausführung In (A) Einstellung (xIn) Irrm (A)	160 A						250 A				
		Fest	Fest	Fest	Fest	Fest	von 5 bis 10 x	von 5 bis 10 x	von 5 bis 10 x			
		25	40	63	100	125	160	200	250			
6		22	20	21	18	16	25	12	20	10	16	8
10		38	33	35	30	26	41	20	33	16	26	13
16		60	53	56	48	42	66	33	53	26	42	21
25		95	83	88	75	66	104	52	83	41	66	33
35		133	116	123	106	93	145	72	116	58	93	46
50		180	158	167	143	126	197	98	158	79	126	63
70		266	233	246	212	186	291	145	233	116	186	93
95		361	316	335	287	253	395	197	316	158	253	126
120		457	400	423	363	320		250	400	200	320	160
150			434	460	395	347		271	434	217	347	173
185					467	411		321		256	411	205
240								400		320		256

Tabelle C8 - Schutz durch normale Leistungsschalter

Polleiter Kupfer mm ²	Ausführung In (A) Einstellung (xIn) Irrm (A)	400 A (TM)			630 A (TM)					
		von 5 bis 10 x	von 5 bis 10 x	400	von 5 bis 10 x	2500	5000	630	3150	6300
		1600	3200	2000	4000	2500	5000	3150	6300	
6		12	6	10	5	8	4	6		
10		20	10	16	8	13	6	10	5	
16		33	16	26	13	21	10	16	8	
25		52	26	41	20	33	16	26	13	
35		72	36	58	29	46	23	37	18	
50		98	49	79	39	63	31	50	25	
70		145	72	116	58	93	46	74	37	
95		197	98	158	79	126	63	100	50	
120		250	125	200	100	160	80	126	63	
150		271	135	217	108	173	86	138	69	
185		321	160	256	128	205	102	163	81	
240		400	200	320	160	256	128	203	101	

Tabelle C9 - Schutz durch Sicherungen vom Typ aM

Querschnitt (mm ²)	Bemessungsstrom der Sicherung vom Typ aM (A)									
	16	20	25	32	40	50	63	80	100	
1,5	28/33	19/23	13/15	8/10	6/7					
2,5	67	47/54	32/38	20/24	14/16	9/11	6/7			
4	108	86	69	47/54	32/38	22/25	14/17	9/11	6/7	
6	161	129	104	81	65/66	45/52	29/34	19/23	13/15	
10				135	108	88	68	47/54	32/38	
16					140	109	86	69		
25							135	108		
35									151	

Tabelle C10 - Schutz durch Sicherungen vom Typ gG

Querschnitt (mm ²)	Bemessungsstrom der Sicherung vom Typ gG (A)									
	16	20	25	32	40	50	63	80	100	
1,5	82	59/61	38/47	18/22	13/16	6/7				
2,5		102	82	49/56	35/43	16/20	12/15	5/7		
4			131	89	76	42/52	31/39	14/17	8/10	
6				134	113	78	67/74	31/39	18/23	
10					189	129	112	74	51/57	
16							179	119	91	
25								186	143	
35									200	

Beispiel:

Berechnung der durch einen Leistungsschalter MCCB geschützten maximalen Länge:

Berechnung des Faktors C:

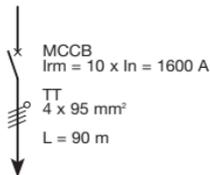
- Mitgeführter Neutralleiter } -> C = 1
- Kabel Typ TT -> Kupfer

- Q Phasenleiter = G Neutralleiter = 95 mm²

- Q Phasenleiter = 95 mm² } Tabelle C7 -> L max. = 197 m

L max. = 197 x 1 = 197 m

-> L max. (197 m) > L Kreis (90 m)
-> Der Schutz gegen minimale Kurzschlussströme ist gewährleistet.



Prinzip

Wenn ein Betriebsstrom I_b einen Leiter durchfließt, bewirkt die Impedanz des Leiters einen Spannungsfall zwischen dem Anfang und dem Ende des Stromkreises. Die nebenstehende Tabelle U1 zeigt gemäss Norm EN 50160 festgelegten Maximalwerte des Spannungsfalls in %.

Bestimmung des Spannungsfall ΔU eines Stromkreises

Die Tabelle U2 zeigt den Wert des Spannungsfall U (in Volt) zwischen Phasen- und Neutralleiter für:

- Dreiphasennetz mit Neutralleiter 230/400 V
- Länge des Stromkreises $L = 100$ m
- Betriebsstrom $I_b = 1$ A

Für einphasige 230-V-Stromkreise sind die Werte mit 2 zu multiplizieren. Für andere Betriebsströme I_b (in A) und Stromkreislängen L (in m) kann der Spannungsfall mit der folgenden Formel berechnet werden:

$$U \text{ (Stromkreis)} = \frac{U \text{ (Tabel. U2)} \times I_b \times L}{100}$$

$$\Delta U \text{ (\%)} = \frac{U \text{ (Stromkreis)} \times 100}{230}$$

Beispiele
Stromkreis 1

Tabelle U2

- $Q_{ph} = 95 \text{ mm}^2$
 - TT (Kupfer)
 - $\cos \varphi = 0,8$
- $$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} U = 0,024 \text{ V}$$

Spannungsfall des Stromkreises

- $L = 90$ m
- $I_b = 140$ A

$$U \text{ (Stromkreis)} = \frac{0,024 \times 90 \times 140}{100}$$

$$\Delta U \text{ (Stromkreis)} = \frac{3,02 \times 100}{230}$$

Stromkreis 2

Tabelle U2

- $Q_{ph} = 10 \text{ mm}^2$
 - TT (Kupfer)
 - $\cos \varphi = 0,8$
- $$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} U = 0,18 \text{ V}$$

Spannungsfall des Stromkreises

- $L = 40$ m
- $I_b = 55$ A

$$U \text{ (Stromkreis)} = \frac{0,18 \times 40 \times 55}{100}$$

$$U \text{ (Stromkreis) einpolig} = 2 \times U \text{ (Stromkreis) L/N d.h. } 2 \times 3,96$$

U (Punkt B) =

$$U \text{ (Stromkreis 1)} + U \text{ (Stromkreis 2)} = 3,02 + 7,92$$

$$\Delta U \text{ (Punkt B)} = \frac{10,94 \times 100}{230}$$

$$U \text{ (Stromkreis 1)} = 3,02 \text{ V}$$

$$\Delta U \text{ (Stromkreis)} = 1,3\%$$

$$U \text{ (Stromkreis)} = 3,96 \text{ V}$$

$$U \text{ (Stromkreis 2)} = 7,92 \text{ V}$$

$$U \text{ (Punkt B)} = 10,94 \text{ V}$$

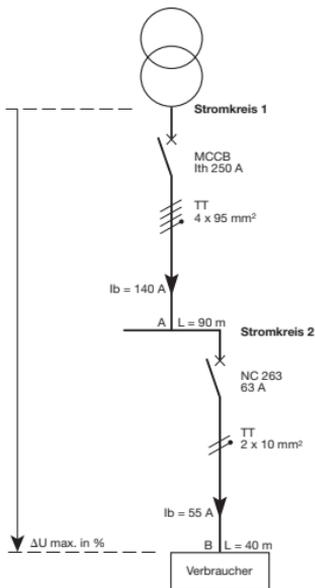
$$\Delta U \text{ (Punkt B)} = 4,75\%$$

Tabelle U1

	bis 2002	ab 2003
Speisung durch das öffentliche NS-Netz	-10 % +6 %	-10 % +10 %

Tabelle U2

Querschnitt in mm ²	Kupfer		Aluminium	
	cos φ		cos φ	
	0,8	1	0,8	1
1,5	1,20	1,5	1,92	2,40
2,5	0,72	0,9	1,16	1,44
4	0,45	0,56	0,73	0,90
6	0,30	0,38	0,48	0,60
10	0,18	0,23	0,29	0,36
16	0,12	0,14	0,18	0,23
25	0,077	0,09	0,12	0,14
35	0,056	0,064	0,087	0,10
50	0,041	0,045	0,062	0,072
70	0,031	0,032	0,046	0,051
95	0,024	0,024	0,035	0,038
120	0,020	0,019	0,029	0,030
150	0,017	0,015	0,024	0,024
185	0,015	0,012	0,020	0,019
240	0,012	0,009	0,017	0,015
300	0,011	0,008	0,014	0,012



Aderzahl	alt: ASE 1101.1102 Tabelle 1a (CH)	alt: ASE 1101.1102 Tabelle 2 (CENELEC)	neu: HD 308 S2
	Für feste Verlegung	Für feste oder mobile Verlegung	Für feste und mobile Verlegung
	Adern steif	Adern flexibel	Adern steif oder flexibel
	Phasenfolge / Drehsinn →	→	→

Mit gelb-grünem Schutzleiter

3	sw bl ge/gr 	br bl ge/gr 	ge/gr bl br
4	sw rt bl ge/gr 	sw br bl ge/gr 	ge/gr bl br sw (*)
4	sw rt ws ge/gr 		ge/gr br sw gr (**)
5	sw rt ws bl ge/gr 	sw br sw bl ge/gr 	ge/gr bl br sw gr

Ohne gelb-grünem Schutzleiter

2	sw bl 	br bl 	bl br
3	sw rt ws 	sw br bl 	br sw gr (**)
4	sw rt ws bl 	sw br sw bl 	bl br sw gr
5		sw br sw sw bl 	bl br sw gr sw

(*) Nur für bestimmte Anwendungen: Gelb-Grün, Blau, Braun, Schwarz

(**) Nur für bestimmte Anwendungen: Blau, Braun, Schwarz

Abkürzungen für Farben: ge/gr = Gelb/Grün, bl = Blau, br = Braun, sw = Schwarz, gr = Grau, rt = Rot, ws = Weiss

Funktion	Abkürzung	Alte Aderfarben SEV	Neue Aderfarben HD 308 S2
Polleiter	L	sw Einleiter-Kabel 	sw Einleiter-Kabel
	3L	sw rt ws Mehrleiter-Kabel 	br sw gr Mehrleiter-Kabel
Neutralleiter	N	bl 	bl
Schutzleiter	PE	ge/gr 	ge/gr

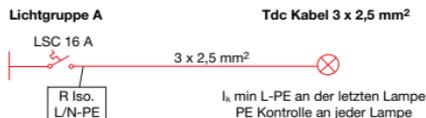
Wann braucht es ein Mess- und Prüfprotokoll?

Zu jedem Sicherheitsnachweis sind Mess- und Prüfprotokolle beizulegen.
Erstellung bei Neuanlagen durch konzessionierten Installateur und bei periodischen Kontrollen durch unabhängige Kontrollstelle.

Musterprotokolle:

Siehe www.electrosuisse.ch, Publikationen

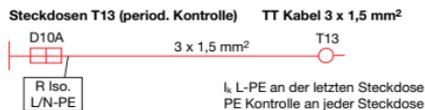
Die Mess- und Prüfprotokolle sind im Wohnungsbau pro Zähler und bei Industrie- und Gewerbebauten pro Verteilung auszustellen.

Mustermesswerte

Messwerte	I_k min	$\geq 100 \text{ A}^*$ bei 5 s
	R Isolation	$\geq 1.0 \text{ M}\Omega^*$ bei 500 VDC



Messwerte	RCD-Prüfung	I_n 50% keine Auslösung
		I_n 100% Auslösung $\leq 0.3 \text{ s}^*$
	R Isolation Drehfeld	$\geq 1.0 \text{ M}\Omega^*$ bei 500 VDC rechts



Messwerte	I_k Ende	$\geq 55 \text{ A}^*$ bei 0,4 Sek.
	R Isolation	$\geq 1 \text{ M}\Omega^*$ bei 500 VDC

Legende:

(*) Sollwerte siehe Tabellen für Isolationsmessung (Seite 4.29) und Schlaufenmessung (Seite 4.31)

Profi-Tip:

- Prüfung des PE-Anschlusses mit der Niederohmmessung $\leq 1 \Omega$ (oder Taschenlampe)
- Wichtige Kontrolle: PE ist spannungsfrei
- Die Messung des I_k max. ist meistens nicht erforderlich.
- Bei RCD-Schutz ist keine Schlaufenmessung erforderlich.
- Leiterbeanspruchung im Kurzschlussfall durch I_k min. L-N überprüfen

Grundsätze

Messwerte gelten **pro Stromkreis** bei nicht angeschlossenen Geräten.
Messungen zwischen L-L und L-N sind nicht erforderlich. (NIN 6.1.3.3.1)

Das Messgerät muss bei der Prüfspannung min. 1 mA Messstrom aufweisen.

Prüfspannungen & Isolationswiderstände für Altanlagen (bis 1995)

Nennspannung	Prüfspannung	Min. Isol. Widerstand
≤ 300 V gegen PE Nass- & korr. Räume	> 100 V bei 50 kΩ	L/N gegen PE 0,25 MΩ
	500 VDC	0,05 MΩ
>300 V gegen PE Nass- & korr. Räume	500 VDC	0,50 MΩ
	500 VDC	0,25 MΩ

Prüfspannungen & Isolationswiderstände NIN 2005 und NIN 2010

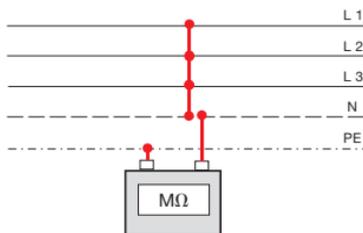
Nennspannung	Prüfspannung	Min. Isol. Widerstand
	> 1 mA	NIN 2005 NIN 2010
SELV und PELV	250 VDC	0,25 MΩ 0,50 MΩ
50 V bis 500 V	500 VDC	0,50 MΩ 1,0 MΩ
mit Überspg. Ableiter	250 VDC	1,0 MΩ
> 500 V	1000 VDC	1,0 MΩ
Schutztrennung	500 VDC	1,0 MΩ

Geräte und Maschinen

	Prüfspannung	Min. Isol. Widerstand
El. Maschinen	1000 VDC	1,0 MΩ
Schaltgeräte-		
kombinationen	500 VDC	1,0 KΩ/V
Geräte Schutzklasse I	500 VDC	1,0 MΩ
Geräte Schutzklasse II	500 VDC	2,0 MΩ
Geräte Schutzklasse III	500 VDC	0,25 MΩ

Isolationsmessung bei elektronischen Geräten?

Zuerst L1/ L2/ L3/ N kurzschliessen und dann messen.



Der Profi Tip:

Zuerst N-PE messen, ist der Isolationswert ungenügend, Messung abbrechen. Geräte abtrennen und Isol. Messung wiederholen.

Bei empfindlichen Anlagen Isol. Messung mit 100 VDC beginnen, wenn der Messwert gut ist, Messspannung auf 250 und 500 VDC erhöhen (der Isolationsmesswert ist praktisch nicht spannungsabhängig).

Wie ist das Vorgehen bei einer Isolationsmessung?

1. Isolationsmessung anmelden
2. Spannung freischalten und prüfen*
3. N-Trenner öffnen
4. Brücken L1 /L2 /L3 /N einlegen
5. Funktionsprüfung Messgerät
Prüfspannung wählen
6. **Messen**
7. Entladung abwarten
8. **N-Trenner schliessen***
9. Spannung einschalten
10. Anlage kontrollieren

Der Profi Tip:

* Nach dem Freischalten **Spannung prüfen** und ob **kein Strom** auf dem N-Leiter fließt (N-Leiter Vertauschung).

Nach Schliessen des N-Trenners Durchgang prüfen.

N-Trenner zu spät geschlossen → Schaden**Praktische Hinweise**

- Der Isolationswert ist erst erreicht wenn die Aufladung beendet ist (Sek. bis Minuten). Nach Messung entladen.
- Überspannungsableiter vor Messbeginn demontieren.
- Heizkörper und Kochplatten zuerst austrocknen.
- Isolationswiderstand ist temperaturabhängig.
z.B. Iso. Messwert bei 20°C 1 MΩ verdoppelt sich bei 30°C auf 2 MΩ und halbiert sich auf 0,5 MΩ bei 10°C.

Wie prüft man das Isolationsmessgerät?

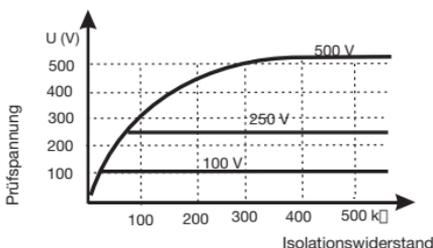
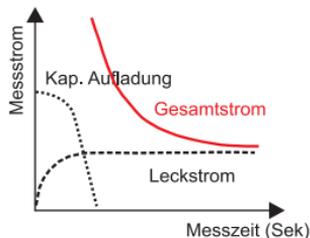
1. Messleitungen kurzschliessen → Anzeige 0 MΩ
2. Messleitungen offen → Anzeige ∞ MΩ

Wann sind nach NIN Isolationsmessungen erforderlich?

1. Bei Neu- und Umbauten vor Inbetriebnahme.
2. Bei allen 1- bis 10-jährigen periodischen Kontrollen.

Ausnahmen: (Siehe UVEK Verordnung Art. 10)

- Bei Anlagen mit 20-jähriger Kontrollperiode.
- Bei Stromkreisen mit Fehlerstromschutzschalter.
- Bei Ableitstrom- statt Isol. Messungen.

Kennlinie eines Isolationsmessgerätes**Ladeströme bei Iso. Messung****Isolationsmessung beim KNX-Bussystem****Wann muss gemessen werden?**

Wenn Buskabel kombiniert mit Installationsdrähten im gleichen Rohr, in Abzweigdosen oder unter gleichem Mantel liegen. (SELV) NIN 6.1.3.3.2

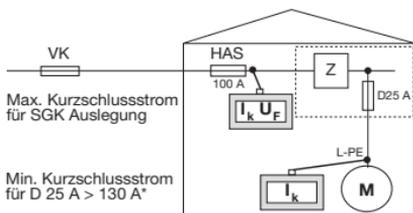
Vorgehen beim Isolationsmessen

1. Hauptgruppe, Pol- und N-Leiter abtrennen. Spannungsfreiheit prüfen.
2. Überspannungsableiter abtrennen (Messwerte werden verfälscht).
3. Isolationsmessung N-PE durchführen, bei Erdschluss, Fehler beheben.
4. Wenn kein Fehler, Iso.-Messung mit ≥ 250 VDC an L-PE und PE-Bus.
Min. Isolationswiderstand PE-Bus $\geq 0,25$ MΩ.
5. Zuerst N-Trenner, nachher Überstromunterbrecher schliessen.

Vorsicht

Keine Messungen zwischen L-Bus, einzelnen Buskabeln, L-N und L-L, die Elektronischen Bauteile könnten beschädigt werden.

Praktische Messung der Kurzschlussströme



(*) gemäss Tabelle Ik min. für D 25 A =
100 A + Messtoleranz 30% = 130 A.

Wie werden grosse Kurzschlussströme richtig gemessen?

Wichtig bei Messung der max. Kurzschlussströme in leistungsstarken Netzen:



1. Messgerät misst **Impedanz**
2. Messgeräte hat **grossen Messstrom** (Netzmessgerät)
3. vor der Messung, **Abgleichen der Messleitungen**
4. Kleine Übergangswiderstände an den Messspitzen
5. Mittelwert aus min. **4- 7 Messwerten** bilden.

- Profi-Tip:**
- Kurzschlussstrom L-PE ist 50 % des max. Ik 3-polig
 - Ik > 3 kA nur mit Netzmessgeräte (Maxtest, Panensa usw.) messbar ($Z_s < 76 \text{ m}\Omega$)
 - Ik in 16 2/3 Hz Netzen messen mit Maxtest, Profitest, CA
 - Messungen in 690 V Netzen mit Fluke möglich.

Kurzschlussstrommessungen nach USV Anlagen?

Die Ausgangsimpedanz einer USV ist variabel. Bei Messströmen von einigen Ampere werden nur die Filterentladungen gemessen. Die Messwerte am Ausgang einer USV Anlagen sind nicht die realen Kurzschlussströme der USV.

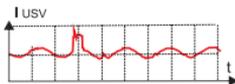
Profi-Tips:

Kurzschlussströme bei Netzbetrieb, mit eingeschaltetem Netz-By-Pass Schalter messen. Im USV Netz das Messgerät auf effektiv gemessene Spannung und Frequenz einstellen, um den Messfehler zu reduzieren.

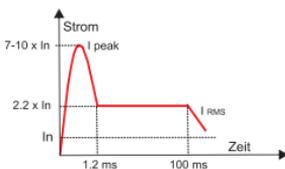
Für Inselbetrieb, Kurzschlussströme der USV beim Hersteller erfragen und Schutzabschaltzeit überprüfen. Bei grossen Ik Kurzschlussfestigkeit des USV-By-Passes überprüfen.

Faustformel: Max. Absicherungen nach USV

- LSB $\leq 40 \% I_n$ USV
LSC / NHS gG $\leq 20 \% I_n$ USV
LSD $\leq 10 \% I_n$ USV



Ausgangsstrom einer USV



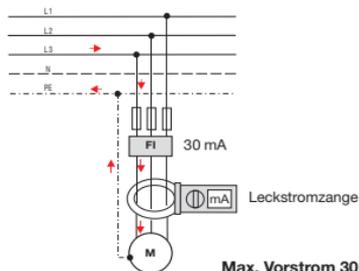
Kurzschlussstrom nach USV (GE)

Messung des Ableitstromes bei RCD Schutzschaltung

Die Vorstrommessung zur Überprüfung vorhandener Fehlerströme erfolgt mit einer Leckstromzange.

Anwendung: Wenn der RCD-Schalter aus ungeklärten Gründen auslöst.

- Vorgehen**
1. Isolationsmessung, wenn genügend
 2. Messung mit ansteigendem Prüfstrom oder Leckstrommessung max. Vorstrom 30% ΔI_n .

Messschema


Max. Vorstrom 30% ΔI_n
bei ΔI_n 30 mA max. 10 mA

Ursachen von Fehlauslösungen von RCD Schutzschaltern?
Was ist der Fehler?

RCD schaltet aus, wenn Verbraucher zugeschaltet werden

Prüftaste funktioniert nicht

RCD löst zu früh aus

Mögliche Ursachen z.B.

N und PE vertauscht oder N hat Erdschluss

RCD hat keine Spannung / RCD defekt

Es fließt ein Fehlerstrom (mit ansteigendem Strom messen); RCD ist defekt / Messbereich falsch

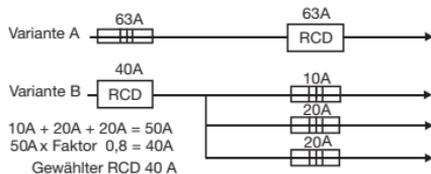
Max. Erdungswiderstände bei Fehlerstromschutzschaltung

Wenn in Anlagen ein TT Netz erstellt wird z.B. bei Waldhütten ist eine Sondererde zu erstellen mit folgenden min. Widerständen:

10 mA RCD Schalter bei 50 V Berührungsspannung:
 $R \leq 5 \text{ k}\Omega$

30 mA RCD Schalter bei 50 V Berührungsspannung:
 $R \leq 1,667 \text{ k}\Omega$

300 mA RCD Schalter bei 50 V Berührungsspannung:
 $R \leq 0,167 \text{ k}\Omega$

Dimensionierung von Fehlerstromschutzschalter (RCD*)

Bedingungen bei nachgeschalteten Sicherungen / LS (NIN 5.3.6.2.3) (zur Variante B)

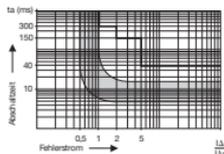

1. RCD und Überstromunterbrecher in gleicher Verteilung oder Max. 1m Verbindungsleitung RCD-Überstromunterbrecher und
2. Grösster Überstromunterbrecher \leq Stromstärke RCD Schalter
3. Summe Abgänge x Gleichzeitigkeitsfaktor = min. RCD Grösse

Gleichzeitigkeitsfaktoren

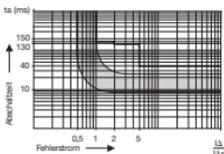
2 bis 3	Abgänge	= Faktor 0,8
4 bis 5		= Faktor 0,7
6 bis 9		= Faktor 0,6
über 10		= Faktor 0,5

Abschaltkennlinien von RCD-Schalter
Unverzögerter RCD

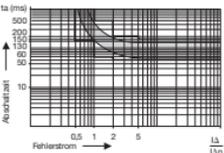
Standartausführung
Fehlerstrom Abschaltzeiten
 $1 \times \Delta I_n 0,006 \leq t_a \leq 0,3 \text{ Sek.}$
 $2 \times \Delta I_n 0,006 \leq t_a \leq 0,15$
 $5 \times \Delta I_n 0,006 \leq t_a \leq 0,04$


Kurzzeitverzögerter RCD

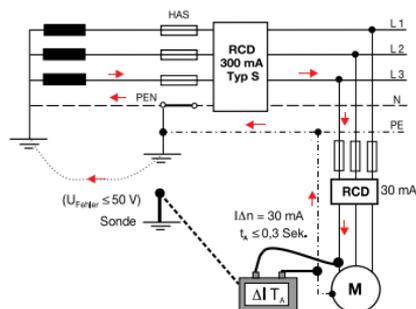
Abschaltverzögert,
erhöhte Stossstromfestigkeit
Fehlerstrom Abschaltzeiten
 $1 \times \Delta I_n 0,015 \leq t_a \leq 0,3 \text{ Sek.}$
 $2 \times \Delta I_n 0,01 \leq t_a \leq 0,13$
 $5 \times \Delta I_n 0,01 \leq t_a \leq 0,04$


Selektiver RCD

Selektiv zu nachgeschalteten RCD Fehlerstrom Abschaltzeiten
 $1 \times \Delta I_n 0,13 \leq t_a \leq 0,5 \text{ Sek.}$
 $2 \times \Delta I_n 0,06 \leq t_a \leq 0,2$
 $5 \times \Delta I_n 0,05 \leq t_a \leq 0,15$



Messen und Prüfung von RCD



Grenzwerte:

Keine Auslösung	≤ 50% ΔI _n
Auslösung 1 x I _{Δn}	≤ 0,3 Sek.
300 mA RCD / RCDS	≤ 0,5 Sek.
Fehlerstrom	≤ 50 V (25 V)

Prüfungsablauf

- 1. Isolationsmessung L-PE > 1 MΩ** → keine Verbindung i.O.
- 2. Prüftaste drücken** → Auslösung des RCD i.O.
Prüfung am Ende der Leitung,
an der Steckdose / am Gerät
- 3. Prüfung mit 50% ΔI_n** → keine Auslösung i.O.
- 4. Prüfung mit 100% ΔI_n**
10-30 mA → Auslösung ≤ 300 ms i.O.
300 mA → Auslösung ≤ 500 ms i.O.
- 5. Dimensionierung** und Absicherung des RCD kontrollieren.
- 6. Prüfung Leiterbelastung (Brandschutz)** Messung am Leitungsende
I_k L-N -> wenn Messwert die Auslösung ≤ 0,4 s erfüllt z.B. bei
LS C 13A mit I_k > 170 A, ist die zulässige Leiterbelastung eingehalten.

Welche Messmethode ?

Messmethode	Impulsmethode*	Ansteigender Prüfstrom
Fehlerstrom*	JA	JA
Auslösestrom	NEIN	JA
Auslösezeit*	JA	NEIN
50% Prüfung*	JA	JA
Anwendung	Messung für SINA	Messung für Fehlersuche und Ausschaltstrom bestimmen.

(*) Die RCD Prüfung für den Sicherheitsnachweis muss mit der Impulsmessmethode durchgeführt werden.

Wo müssen RCD verwendet werden?

RCD = Residual Current Protective Device (FI)

Steckdosen Alle frei verfügbare Steckdosen ≤ 32 A	RCD 30 mA
Ausnahmen: 1. Industrielle- und gewerbliche Steckdosen für ortsfeste Verbraucher, nicht freizügig oder nur für Fachpersonal zugänglich z.B. RZ, USV, usw. 2. Steckdosen mit besonderem Steckerbild z.B. Kaltsteckdosen 3. Abschließbare oder nur mit Werkzeug zugängliche Steckdosen	
Korrosive Räume Gesamte Installationen	300 mA
Beleuchtungsanlagen im Freien Hinweistafeln, Verkehrszeichen, Telefonkabinen, Busstationen (Gilt nicht für Strassen-, Platz- und Zufahrtsbeleuchtungen) Tragbare Geräte im Freien	30 mA 30 mA
Ausstellungsstände für Leuchten	30 mA
Räume mit Badewanne oder Dusche Alle Stromkreise (ohne Schutztrennung, SELV und PELV) Steckdosen (bei Umbauten Sidos Steckdosen zulässig) Decken- und Fussbodenheizungen	30 mA 30 mA 30 mA
Sauna alle Installationen (ohne Sauna-Heizung)	30 mA
Schwimmbäder und Springbrunnen Bereiche 1 Steckdosen (Ausnahme) Bereiche 2 Leuchten Schutzklasse I Springbrunnen, Teichpumpen	30 mA 30 mA 30 mA 30 mA
Feuergefährliche Räume Gesamte Installationen	300 mA
Landwirtschaft und Gartenbau Gesamte Installationen Steckdosen	300 mA 30 mA
Ex Zonen Zone 1 und 2 Wärmekabel und Heizeinrichtungen Zonen 20 / 21 / 22 Installationen Steckdosen	30 / 100 mA* 30 / 100 mA 300 mA 30 mA
Baustellen Steckdosen ≤ 32 A Handgeführte fest angeschlossene Geräte	30 mA 30 mA
Provisorische und temporäre Anlagen Licht-Installationen Ortsveränderliche fest angeschlossene Verbraucher ≤ 32 A	30 mA 30 mA
Transportable Notstromanlagen und Fahrzeuge	30 mA
Ausstellungen, Messen Zuleitungen RCDs Alle Endstromkreise ≤ 32 A	300 mA 30 mA
Jahrmärkte, Zirkusse, Vergnügungsparks, Fahrgeschäfte, Veranstaltungstechnik Zuleitungen RCDs (vom Hersteller eingebaute 500 mA RCD sind zugelassen) Alle Endstromkreise für Licht Steckdosen und ortsveränderliche Betriebsmittel ≤ 32 A	300 mA 30 mA 30 mA
Versuchs- und Prüffelder (EN 50191) Versuche mit galvanischer Netzverbindung	30 mA
Chemische Labors (EKAS 1871) Steckdosen ≤ 32 A	30 mA
Campingplätze, Bootsplätze Steckdosen (pro Steckdose ein RCD)	30 mA
Fussboden-, Flächenheizungen	30 mA
Wärmekabel Im Freien, feucht oder nass Ohne leitende Abschirmung	30 mA 30 mA
Medizinische Räume Kat. 4 med. Geräte (nicht am IT Netz angeschlossen) Steckdosen ≥ 16 A Kat. 2 + 3 med. Geräte Steckdosen	30 mA 30 mA 30 mA 30 mA
Photovoltaikanlagen Wechselrichter keine Trennung zwischen AC / DC	30 mA

(*) Kann entfallen bei Überwachung durch Elektro-Personal

Erdungsanlagen**Bänderder**

Min. Länge	$L = 2 \times \varphi E / R_E \text{ (m)}$
Querschnitt	Min. 50 mm ² Cu (z.B. 30 x 3 mm CU) Min. 75 mm ² FE
Verlegetiefe	Min. 70 cm
Notwendige Erdoberfläche	$A = I^2 \times R_E / 7000 \text{ (m}^2\text{)}$

Tiefenerder

Min. Länge	$L = \varphi E / R_E \text{ (m)}$
Min. Abstand der Tiefenerder	2 x Tiefenerderlänge
Legende:	I = Erdschlussstrom (A) R _E = Erderwiderstand z.B. 1,6 Ω φE = Spez. Erdwiderstand (Ωm)

Fundamenterder (SEV 4113)

Min. Querschnitte	75 mm ² FE = 2 x 8 mm ∅ Armierungsseisen
Var.	Min. 1 x 10 mm ∅ Armierungsseisen
Var.	Min. 25 x 3 mm Bandstahl
Verlegetiefe	Min. 70 cm
Anschlussleitung	Min. 2 x 50 mm Cu für Anlageerde

Schutz-Erdungsleitungen

Querschnitte	Min. 16 mm ² offen verlegt Min. 50 mm ² im Boden oder Beton
Schutz-Erdungsleitung (Nullungserdl.)	Min. 16 mm ² , max. 50 mm ² 50% des Polleiterquerschnittes der Hausleitung
Querschnitte für Anlagen ≥ 1 kV	gemäss 2-poligem Kurzschlussstrom

**Messung von Potentialausgleich-, zusätzlichem
Potentialausgleich und Erdleiter (Niederohmmessung)**

Messgerät	Spannung	Strom
Niederohmmessgerät	4 bis 24 VDC	≥ 0,2 A +/- und -/+
Trenntrafo	4 bis 24 VAC	≥ 5 A



**Beachte: Ohmmeter
sind nicht zulässig !**

**Max. Widerstandswerte für Potentialausgleich-
Schutzleiter-Verbindungen**

Hauptpotentialausgleichsleiter	≤ 2 Ω
Maschinen bis 1000 V	≤ 0,1 Ω
Instandsetzung von Geräten	≤ 0,3 Ω
Leuchten	≤ 0,2 Ω
Elektromotorische Antriebe	≤ 0,1 Ω
Elektromedizinische Geräte	≤ 0,2 Ω
Niederohmigkeit von Installationen Praxiswert	≤ 1 Ω

Querschnitte von Schutzpotentialausgleichsleiter PA

Min. 50 % Querschnitt des Hauptschutzleiters	≥ 6 mm ²
und Min. Querschnitt von PA-Leiter Blitzschutz	≥ 10 mm ² mit Blitzschutz
Max. Querschnitt von PA-Leiter	25 mm ²

**Querschnitte von zusätzlichen
Schutzpotentialausgleichsleiter ZPA**

Min. 50 % Querschnitt des Objekt- Schutzleiters und Min. Querschnitt von ZPA-Leiter	≥ 2,5 mm ² mech.geschützt verlegt ≥ 4 mm ² ungeschützt verlegt
Max. Querschnitt von ZPA-Leiter	25 mm ²

Wie ist das Vorgehen ?

1. Kontrolle der Anschlüsse (L / N / PE)
2. Kontrolle der Spannungsfreiheit des PE Anschlusses ⚡
3. Kontrolle der Schutzbedingungen zwischen L - PE (Auslösung innert 0,4 Sek. oder mit FI innert 0,3 Sek.)
4. Kontrolle des Drehfeldes ⤷
5. Funktions- und Spannungskontrolle (L-N / L-L / N-PE)

**Wie dürfen Steckdosen abgesichert werden ?
(NIN Art. 5.1.2.1.2)**
Absicherungen der Steckdosen (NIN 2010)

- Vorsicherung \leq Nennstrom der Steckdose für alle Anwendungen.
- 10 A Steckdosen max. LS 13 A, Typ CEE 32 A, max. Vorsicherung 35 A.
- Alle frei verfügbaren Steckdosen \leq 32 A mit 30 mA RCD schützen.
- 10 mA RCD für Steckdosen Typ 12 statt Typ 13 nicht mehr zulässig.

Steckdosentypen und Drehfelder (Rechtsdrehfeld)

Steckdosenbild von vorne	Typ
	10 A Typ 13 16 A Typ 23
	10 A Typ 15 16 A Typ 25
	16 A Typ 70 32 A Typ 71 63 A Typ 72 125 A Typ 73
	16 A Typ 76 32 A Typ 76 63 A Typ 77 125 A Typ 78

Fett = empfohlene Typen

Auswahl der Steckdosen und Stecker

Steckdosen mit Schutzkragen in feuchten, nassen und korrosiven Räumen, Arbeits-, Werkstätten, Büros und Haushalträumen.
Steckdosen Typ 12 nur noch bis 31.12.2016 erhältlich. Mehrfachsteckdosen nur 1-phasig zulässig (ESTI Weisung 21.12.07)
Ab 31.12.2016 nur noch teilsolierte 10 A Stecker erhältlich.

Steckdosen-Schutzarten

IP X0	Kein besond. Schutz	Trockene Räume
IP 21	▲ Tropfwassergeschützt	Feuchte Räume
IP 44	▲▲ Spritzwassergeschützt	Baustellen, Landwirtschaft Feuegef. Räume ohne Staub
IP 67	▲▲▲ Wasserdicht Feuegef.	Feuegef. Räume mit Staub Nasse Räume

Kennfarben der CEE Steckvorrichtungen

Spannung	Farbe	Spannung	Farbe
20 - 50 V	Violett	380 - 480 V	Rot
40 - 50 V	Weiss	500 - 690 V	Schwarz
100 - 130 V	Gelb	Frequenz	
200 - 250 V	Blau	60 - 500 Hz	Grün

Wie erfolgt die Prüfung elektrischer Geräte?

Prüfung nach Änderungen oder Reparaturen und Wiederholungsprüfung DIN VDE 0701-0702.

Prüfung	Messgerät	Grenzwerte
1. Sicht- und Funktionskontrolle	-	-
2. Isolationswiderstand*	Iso. Prüfer 500 VDC mit Heizelementen	SKl. I $\geq 1 \text{ M}\Omega$ SKl. II $\geq 2 \text{ M}\Omega$ SKl. III $\geq 0,25 \text{ M}\Omega$ SKl. I $\geq 0,3 \text{ M}\Omega$
3. Schutzleiterwiderstand	Niederohmbereich 200 mA DC	SKl. I $\leq 0,3 \text{ M}\Omega$ bis 5 m Kabel Je weitere 7,5 m + 0,1 M Ω
4. Schutzleiterstrom**	Geräteprüfer oder Leckstromzange mit Heizung > 3,5 kW	SKl. I $\leq 3,5 \text{ mA}$ SKl. II $\leq 0,5 \text{ mA}$ SKl. I $\leq 1 \text{ mA} / \text{kW}$ Max. $\leq 10 \text{ mA}$
5. Berührungsstrom	Geräteprüfer	SKl. II $\leq 0,5 \text{ mA}$

(*) Messung bei Geräten der Informationstechnik nicht erforderlich

(**) Keine Messung bei Verlängerungskabel usw.

Schutzklasse Geräteausführung	I mit Schutzleiter ☺		II Schutzisol. ☐	
	Einfach	mit Beschaltungen z.B. Werkzeuge, Haushaltgeräte	mit leitende Teilen	ohne leitende Teile

Prüfungen / Messung				
1. Sichtkontrolle Funktionskontrolle	JA JA	JA JA	JA JA	JA JA
2. Isolationswiderstand	$\geq 1 \text{ M}\Omega$	$\geq 1 \text{ M}\Omega$	$\geq 2 \text{ M}\Omega$	-
3. Schutzleiterwiderstand	$\leq 0,3 \Omega$	$\leq 0,3 \Omega$	-	-
4. Schutzleiterstrom Direktmessung oder Differenzstrom oder Ersatzableitstrom	$\leq 3,5 \text{ mA}^*$ $\leq 3,5 \text{ mA}^*$ $\leq 3,5 \text{ mA}^*$	$\leq 3,5 \text{ mA}^*$ $\leq 3,5 \text{ mA}^*$ $\leq 3,5 \text{ mA}^*$	Berührungsstrom $\leq 0,5 \text{ mA}$	

(*) Bei Heizungen 1 mA / kW bis max. 10 mA

Prüfung handgeführter Elektrowerkzeuge VDE 0701 Teil 260

Prüfung	Schutzklasse	I	II	III
1. Isolationswiderstand	500 V DC	$\geq 1 \text{ M}\Omega$	$\geq 2 \text{ M}\Omega$	$\geq 0,25 \text{ M}\Omega$
2. Schutzleiterwiderstand	< 5 m	$\leq 0,3 \Omega$	-	-
3. Spannungsprüfung*	$\leq 3 \text{ Sek.}$	1000 V	3500 V	400 V

(*) Zwischen aktiven und berührbaren Metallteilen nach Reparaturen

Schaltgerätekombinationen EN 61439, Übergang bis 2014

Bauarten	SK für Laien	SK für instr. Personen
Kurzschlussfestigkeit Icp max*	≤ 10 kA oder Vorsicherung ≤ 125 A	gemäss Herstellerangaben
Gehäuseschutzart	nach Einsatzort	do. mit Türen oder in elektr. Betriebsraum
Berührungsschutz	IP2XC	Innenraum IP2X Freiluft IP3X
Betriebsmittel	keine NHS	alle zulässig
Türschloss	nicht erforderlich	Verkant, Bartschloss usw. Warnschild (Blitzpfeil)
Abdeckungen	alles abgedeckt IP2XC	bei IP2X keine Abdeckung**

(*) Icp prospektiver Kurzschlussstrom

(**) Schutzabdeckung IP2X für Türeingbauten & vor Hauptschalter zu bedienende Betriebsmittel IP2XB im Umkreis von 60 mm

Typenschild und Unterlagen für SK

Hersteller und Adresse, Baujahr, Typenbezeichnung, Auftragsnummer

Erforderliche technische Daten

- Bemessungsspannung, Frequenz, Nennstrom, angewendete Normen
- Gehäuseschutzart, IP Berührungsschutz (Instruierte Personen/Laien)
- Schutzart (IT, TN-C, TN-C-S, TN-S)
- Kurzschlussfestigkeit Icp*, Ipk* oder max. Vorsicherung

N.B. Nachweis der Kurzschlussfestigkeit für SK mit Icp ≤ 10 kA oder bei Vorsicherungen ≤ 125 A nicht erforderlich.

Technische Unterlagen

- Bedienungsanleitung für Aufstellung, Wartung und Betrieb
- Stückliste mit Produktbezeichnungen und Einstellwerten
- Steuerungsunterlagen wie Schema, Steuerprogramme usw.
- Konformitätserklärung des Herstellers mit Stückprüfprotokoll

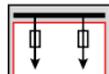
Gehäuseschutzarten und Abschottungen für SK

Aussenhülle	min. IP2X	oder IPXXB
Trockene Räume	min. IP20	(12 mm Spalt)
Feuchte Räume	min. IP21	(Tropfwasser)
Nasse Räume	min. IP23	(Sprühwasser)
Staubige Räume	min. IP65	(Strahlwasser)

Innere Abschottungen von Schaltanlagen

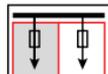
Gemäss EN 61439-1 Schottungen für SK bei Bestellung vereinbaren.

Minimale Sicherheit



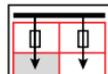
SS und Felder
Form 2

Normale Sicherheit



SS / Felder/ Felder
Form 4a

Empfohlene Sicherheit



SS/ Felder/ Felder/
Anschlussraum
Form 4b

Abgangsklemmen

Jeder N- und PE-Leiter muss einzeln pro Gruppe angeschlossen werden können (pro Draht eine Klemme).

N-Trenner

N-Trenner sind erforderlich: Bei Hausanschluss- und Bezügersicherungen, beim Übergang von TN-C auf TN-S Netz. Alle Übrigen:

≤ 25 A N-Trenner empfohlen

> 25 A N-Anschluss mit lösbarer Verbindung z.B. Einpressmuttern.

Montagehöhen

Betriebsmittel und Anzeigegeräte

Montagehöhe 0,2 bis 2,0 m

Not-Aus Taster

Montagehöhe 0,8 bis 1,6 m

Abgangsklemmen EN 60 439

Montagehöhe ≥ 0,2 m

Strombelastbarkeit von Cu-Sammelschienen

Blanke Cu Schienen für Dauerlast mit 30 K Übertemperatur.

SS-Querschnitt	1 Schiene	2 Schienen	3 Schienen
20 x 10 mm	427 A	825 A	1180 A
30 x 5	379 A	672 A	896 A
30 x 10	573 A	1060 A	1480 A
40 x 5	482 A	836 A	1090 A
40 x 10	715 A	1290 A	1770 A
50 x 10	852 A	1510 A	2040 A
60 x 10	985 A	1720 A	2300 A
80 x 10	1240 A	2110 A	2790 A

Montage von SK in Fluchtwegen (VKF)

SK in Fluchtwegen sind wie folgt auszuführen:

- Schutzkasten EI 30 mit Türen EI 30
- Brennbare Schutzkasten nicht brennbar/ wärmeisolierend auskleiden (gilt auch beim Ersatz oder Änderungen bestehender SK)

Montage von SK gegen brennbare Gebäudeteile und Türen

Ausführung in geschlossenem nicht- oder schwerbrennbarem Kasten oder mit nicht brennbarer und wärmeisolierender Verkleidung (EI 30) SK die in einem geschlossenen Kasten (BKZ 6q oder 6) oder aus schwerbrennbarem (BKZ 5) (EI 30) eingebaut sind, dürfen direkt auf oder in brennbare Gebäudeteile montiert werden.

Was ist wichtig bei Schaltgerätekombinationen ?

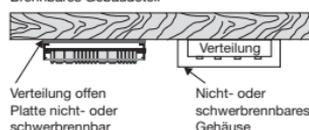
- Voll geschottete Schaltanlagen einsetzen (Min. Feldtrennungen)
- NHS Leisten und Schalter max. Dauerbelastung ≤ 80% I_N.
- Brandmelder oder Löschsysteeme in Schaltschränken einbauen. (Lieferanten z.B. www.firebuster.ch, www.lescom.ch)
- Keine Berührungsschutzabdeckungen wenn IP2X eingehalten ist.
- Material für Abdeckungen mit verbessertem Brandverhalten wie halogenfrei, flammwidrig, selbstverlöschend und keine brennenden Tropfen z.B. Baustoffklassen UL94 V-1 oder V-0, DIN 4102 B1 z.B. Macrolon etc.
- Genügend Platz im Feld für Kabelverlegung und Zugsentlastungen
- Min. 30% Reserveplatz vorsehen.
- Wenige Schalter-Baugrößen und Typen wegen Reservematerial.
- FU nicht in der Verteilung sondern bei den Motoren montieren.

Tipps

Nichtbrennbares Gebäudeteil



Brennbares Gebäudeteil



Kennzeichnung der Leiter

Empfohlene Farben gemäss EN 60 204-1

Schwarz	Hauptstromkreis für Wechsel- und Gleichstrom
Rot	Steuerstromkreis für Wechselstrom
Blau	Steuerstromkreis für Gleichstrom
Orange	Verriegelungsstromkreis mit Fremdspannung

Trafo & Motorschutzeinrichtungen**EN 60204-1 / NIN 4.3.3.3.3**

Motoren über 0.5 kW müssen gegen Überlast geschützt werden.

In Ex und feuergreif. Bereichen sind alle Motoren gegen Überlast zu schützen.

Steuertrafo müssen gegen Überlast geschützt werden
EN 60204-1/7.2.3**Netztrennstelle / Anlageschalter**

Min. Lasttrennschalter abschliessbar, bei Steckdosen > 16 A sind Steckdosen-Schalterkombinationen erforderlich.

Vor der Netztrennstelle abgenommene Stromkreise sind mit einer separaten Trenneinrichtung zu versehen und farblich zu kennzeichnen.

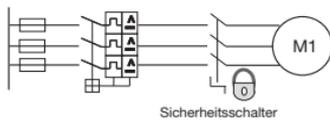
Sicherheitsschalter oder Revisionschalter

SUVA CE 93-9.d

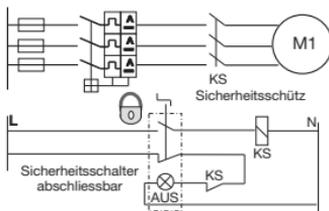
Erforderlich wo mech. bewegte Teile vorhanden sind z.B. Keilriemen, Hebe- und Förderanlagen usw. Anordnung unmittelbar am Eingriffsort.

Unterbricht alle gefährlichen Energien.

Ausführung schwarz oder grau (rot-gelb, wenn er als Not-Aus verwendet wird) abschliessbar.

Direkte AbschaltungDirektes allpoliges Abschalten (bis 3 kW oder ≤ 16 A auch als Steckdose zulässig).**Indirekte Abschaltung**

Bei Frequenzumformern zuerst Stop FU, durch Steuerung (SPS) und nachher Ausschaltung des Sicherheitsschützes.

**Not-Halt und Stopp Funktionen**

Stopp	Kat. 0	Abschaltung der Energiezufuhr
	Kat. 1	Abschaltung wenn ungefähriche Grundstellung erreicht ist (Gesteuertes Stillsetzen)
	Kat. 2	Gesteuertes Stillsetzen, Energiezufuhr bleibt bestehen

Not-Halt (Gelb/rot) Kat. 0 oder 1 (Stillsetzen im Notfall) Gefahr bringende Bewegung abstellen
Abschaltung mit elektronischem Betriebsmittel zulässig

Not-Aus (Gelb/rot) Kat. 0 Ausschalten im Notfall Energie abschalten
Schaltung mit elektromechanischen Schaltgeräten.

EMV Schutzmassnahmen bei Frequenzumformern EN 50174-2

- Frequenzumformer (FU) offen beim Motor montieren (nicht im Schrank).
- Netzfilter vor den Frequenzumformern einbauen.
- Leitung FU - Motor möglichst kurz halten (grosse Verluste).
- Für lange Leitungen Sinus-Filter einsetzen (z.B. Sinc Wave).
- Durchgehende geschirmte Kabel verwenden (TTCLT oder Ceander Kabel) bis zum Anschluss des FU schirmen.
- Kabelschirme beidseitig aufliegen (gegen induktive Einkopplung).
- Leistungs- und Steuerkabel auf separaten Kabeltrassen mit Abstand verlegen.

Schutzleiterquerschnitt und EMV SchutzWenn der Erdableitstrom bei einer Maschine > 10 mA beträgt, muss der Schutzleiter min. 10 mm² betragen oder ein PA erstellt werden.

Die Stückprüfung elektr. Maschinen umfasst gemäss EN 60 204-1

- 1. Schutzleitersystem** (Prüfung der Schutzleiterverbindungen)
Messgerät mit **10 A / 50 Hz Messzeit 10 Sek.**

Kleinster wirksamer Schutzleiter	Max. Spg. Abfall
1 mm ²	3,3 V
1,5 mm ²	2,6 V
2,5 mm ²	1,9 V
4 mm ²	1,4 V
> 6 mm ²	1,0 V

2. Isolationsprüfung

Messung mit 500 VDC (1 mA) Grenzwert > 1 MΩ

Der Isolationswert ist zwischen den Leitern des Leistungskreises und dem Schutzleitersystem zu messen, d.h. zwischen allen spannungsführenden Teilen und Erde (PE).

3. Spannungsprüfung

Min. 2 x Bemessungsspannung oder 1000 VAC,

Quelle > 500 VA zwischen allen spannungsführenden Teilen und Erde (PE).

Vorsicht: Bauteile oder Geräte (z.B. Netzfilter) die nicht für die Prüfspannung bemessen sind, müssen abgeklemt werden.

4. Prüfung der Restspannung

Nach Abschaltung der Versorgungsspannung, darf kein berührbares aktives Teil nach 5 Sek. eine Restspannung von ≥ 60 V aufweisen.

Grenzwert nach ≤ 5 Sek. < 60 V

Bei Steckvorrichtungen ≤ 1 Sek. < 60 V

Bei ungenügenden Werten: Abdeckungen IP 2X oder IP XXB

5. Funktionsprüfung

Prüfung aller Funktionen inkl. aller Sicherheits- und Schutzfunktionen. Wie z.B. Not- Aus, FI usw.

Die Stückprüfung ist mit einem Prüfprotokoll zu belegen.

6. Schlaufenmessung und Überprüfung der max. zul. Abschaltzeit

Steckbare Verbraucher Abschaltzeit $\leq 0,4$ Sek.

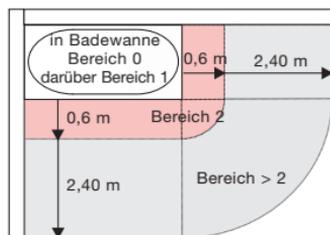
Festangeschlossene Verbraucher Abschaltzeit ≤ 5 Sek.

Die Stückprüfung ist mit einem Prüfprotokoll zu belegen.

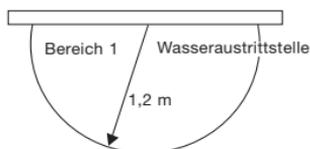
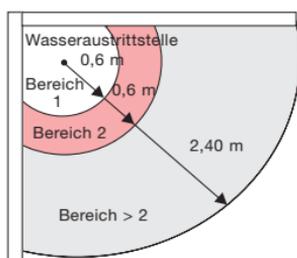
Die Abnahme vor Ort umfasst:

Die Abnahme vor Ort umfasst:	Prüfpunkte
Kontrolle der Techn. Unterlagen	Steuerungsunterlagen Stromlaufplan und Geräteliste Bedienungs- und Unterhaltsanleitung Konformitätserklärung
Kontrolle Netzzuleitung	Schutzmassnahmen Zul. Absicherung und Querschnitte Beschriftungen und Zugehörigkeit
Elektr. Ausrüstung	Haupt-Schalter, Not-Aus Zugänglichkeit, Bedienung Schutzart der elektr. Anlagen Abdeckungen und Warnschilder Netzrückwirkungen Steuertrafo bei Anlagen mit mehr als 2 Steuergeräten oder Motorschutzschaltern Motorschutz und Einstellungen Abschirmmassnahmen z.B. bei FU
Funktionsprüfung & Sichtkontrolle	Alle Schutzfunktionen

Gemäss NIN 2010

Bereiche mit Badewanne

 Ohne Duschenwanne
 nur Bereich 1, Abstand 1,2 m

 Die Bereiche 1 und 2 gelten nur bis 2,25 m,
 wenn die Wasseraustrittsstelle tiefer liegt.

Bereiche mit Dusche


Kabel und Leitungen	Bereiche			
	0	1	2	> 2
Keine Leitungen für fremde Räume	X	X		
UP Leitungen min. 6 cm UP verlegt (nur für festangeschlossene Apparate im Bereich)	X	X	X	
AP Leitungen (nur für Geräte im Bereich)		X	X	X
Alle Leitungen mit PE Leiter (inkl. Schalterleitungen)	X	X	X	
Geforderte Schutzmassnahmen				
Schutzkleinspannung ≤ 12 V für Lampen und Geräte im Wasser, Spannungsquelle nicht im Bereich 0	X			
Schutzkleinspannung ≤ 25 V mit Berührungsschutz Spannungsquelle nicht im Bereich 1		X		
ZPA (4 mm ² wenn kein Hauptpotentialausgleich vorh.) für Metall-Wanne, Leitungen usw.	X	X	X	
30 mA Fehlerstromschutz für gesamte Installation	X	X	X	X
Apparate und Geräte				
Geräte und Lampen mit Schutzkleinspannung ≤ 12 V Spannungsquelle nicht im Bereich 0	X			
Geräte und Lampen mit Schutzkleinspannung ≤ 25 V Spannungsquelle nicht im Bereich 1		X		
Ortsfeste Wassererwärmer (Boiler)		X	X	X
Ortsfeste Abluftventilatoren		X	X	X
Ortsfeste Heizkörper			X	X
Übrige Verbraucher			X	
Handtuchradiatoren \geq IPX4		X	X	X
Steckdosen T13 mit Schutzkontakt und 30 mA FI				X
Schalter			X	X
Lampen und Leuchten			X	X
Lampen über 2.25 m Höhe, aber höher als Wasseraustritt		X		
Schutzarten für Apparate und Geräte (DIN 40050)				
Schutzart \geq IP X7	X			
\geq IP X4		X	X	
\geq IP X1				X
Whirlpool Abdeckung \geq IP X2		X	X	

Landwirtschaftliche und gartenbauliche Betriebsstätte**Welche Betriebsmittel sind zulässig ? NIN und VKF**

Scheunen sind feuergefährliche Räume mit brennbarem Staub
Staubgeschütztes und staubdichtes Material
Bei Staub und Feuchtigkeit
Betriebsmittel Allgemein

min. IP5X oder IP6X
min. IP54
min. IP44

Beleuchtungen Scheune und Stall IP54 ∇/∇ oder ∇

Halogenflutlichtstrahler
(Ausnahme bei Heukränen max. 300 W mit Schutzblech)

nicht zulässig

Stromschienen mit Schleifkontakten

nicht zulässig

Welche Schutzmassnahmen sind erforderlich ?**Schutzmassnahmen**

Schutzsystem ab Hausanschluss inkl. Wohnhaus
Gesamte Installation
Steckdosen
Überlast- und Kurzschlusschutz am Leitungsanfang
Überspannungsschutz
Elektr. Betriebsmittel für Nutztiere nicht erreichbar montieren

TN-S
300 mA RCD
30 mA RCD
JA
empfohlen

Schutz-Potenzialausgleich
Zusätzlicher Potenzialausgleich
Transportgeräte

Ställe	Scheunen
JA	JA
JA	Schutzklasse II / Trenntrafo oder SELV

Max. zulässige Fehlerspannung
Mech. Leitungsschutz
230 V Zaengeräte
Ortsveränderliche Leitungen

≤ 25 VAC
Erhöhter Schutz
Montage ortsfest
mechanisch verstärkter
nichtleitender
Kabelmantel

Zusätzlicher mech.
Leitungsschutz
Anschluss schwerer transp.
Objekte

JA JA
≥ 2,5 mm² ≥ 2,5 mm²

Abstand Blitzschutz
(NIN 4.8.2.2.7)
Anschlussüberstromunterbrecher
Betriebsanzeigen
Heizungen/Licht

NEIN NEIN
JA JA

Leuchtröhren-Anlagen über 1 bis 10 kV EN 50107**Elektr. Ausrüstung**

- Anlageschalter oder Steckdose (bis 16A) bei Trafo
- Trennung des HS Kreises beim Öffnen des Hochspannungstrafos
- Erdschlusschutz vorhanden und geprüft
- Mech. Abdeckung / Leerlaufüberwachung wenn Neon im Handbereich
- Erdverbindungen (min. 2.5 mm²) und PA auf alle Metallteile
- Überspannungsableiter in der Netzzuleitung wenn über Dach montiert
- Hochspannungskabel mit mech. Schutz oder Abschirmung
- Keine Verlegung auf brennbarem Untergrund ohne Schutzmantel
- Rohre und Kanäle schwerentflammbar und selbstverlöschend
- Warnaufschrift auf Gehäuse.

Elektr. Installationen auf Bauteilen (NIN 7.04 und EN 60439-4)**Leitungen**

Leitungen sind beim Kreuzen von Fahr- oder Gehwegen mech. zuschützen.
Flexible Leitungen erfüllen H07-RN-F z.B. Gdv, PUR / PUR, PUR / Gi

Steckdosen

Min. ≥ 16 A, ≤ 32 A mit 30 mA RCD
≥ 16 A CEE Steckdosentypen verwenden
Max. Nennstrom der Steckdose nur 1 Verbraucher pro Trafo zulässig

Absicherungen
Trenntrafo

Baustromverteiler
Konstruktion
Türen

Ausführung gemäss EN 60439 Teil 4 mit Tragösen und Untergestell abschliessbar, Schlüssel oder Vierkant

Schutzart
Netztrennstelle

IP44, Innen IP21 (empfohlen IP2XB)
Hauptschalter abschliessbar oder hinter Türe

Steckdosen
Anzahl Steckdosen

≤ 32 A 30 mA RCD
max. 6 Steckdosen pro RCD

Steckdosenverteiler ≤ 63 A (Weisung ESTI 3/06 und Info 2071)

Zuleitung mit Steckdosen
CEE 63 A oder nicht freizügig verwendbare Steckdose verwenden z.B. CEE 32 A 9 / 11 h 30 mA RCD- und Überstromschutz pro Abgang

Tragbare Notstromgruppe mit IT-Netz
keine Isol. Überwachung gefordert

Profi Tipp:

Zuleitungen 300 mA RCDS oder gegen mech. Beschädigungen geschützt verlegen.