

Normen

:hager

	Seite
Elektrotechnische Formeln und Werte	2
Symbole für Elektroschemas	3
Bezeichnungen Kennbuchstaben	6
Abmessungen Installationsmaterial	7
Planung	8
Messgrundlagen und Schutzmassnahmen	9
Isolationsmessung und Spannungsprüfung	12
Differenzstrommessung	15
Schleifenimpedanz-Messung	17
Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD)	18
Prüfung von Steckdosen	22
Schaltgerätekombinationen (SK)	23
Prüfung elektrischer Maschinen	26
IP-Schutzart	29
Medizinisch genutzte Räume	30
Elektrische Installation in Räumen mit Badewanne/Dusche	32
Kontrolle von Photovoltaikanlagen (PV)	33
Landwirtschaftliche Gebäude	35
Elektrische Installationen auf Baustellen	36
Prüfung von Ladestationen für E-Fahrzeuge	37
Tabellen und Materialkennzeichnung	38

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 2020», mit freundlicher
Genehmigung durch electrosuisse; Peter Bryner und
Urs Schmid. Layout Samuel Schläpfer.

Ohmsches Gesetz $I = \frac{U}{R} \quad U = R \cdot I \quad Q = I \cdot t$		Elektrische Last $I = \frac{U}{Z} \quad I = \sqrt{I_1^2 + I_2^2}$		Stromstärke (1 × 230 V-) $I = \frac{U}{Z} \quad I = \sqrt{I_1^2 + I_2^2}$		l = Stromstärke in A I _k = Teilstrom in A R = Widerstand in Ω U = Spannung in V Q = Elektrizitätsmenge in C Coulomb (Ah) t = Zeit in s (h) Z = Impedanz in Ω I _{st} = Strangstrom in A U _{st} = Strangspannung in V cosφ = P/S P = Leistung in W S = Scheinleistung in VA Q = Blindleistung in var η = Wirkungsgrad I = Strom in A K = Energiekosten in Rp. T _s = Preis pro kWh in Rp. t _h = Zeit in h P ₁ = Leistung vor Änderung in W P ₂ = Leistung nach Änderung in W P = Wirkleistung in kW n = Anzahl Ankerumdrehungen in der Zeit T c = Zählerkonstante in U/kWh t _h = Zeit in s	
Motor (3~ Dreieck) $I_{st} = \frac{I}{\sqrt{3}}$		Motor (3~ Stern) $U = \sqrt{3} \cdot U_{st}$		Wirkleistung (1 × 230 V-) $P = U \cdot I \cos \varphi \cdot \eta$ $I = \frac{P}{\eta \cdot U \cdot \cos \varphi}$		l = Leistung in W S = Scheinleistung in VA Q = Blindleistung in var η = Wirkungsgrad I = Strom in A K = Energiekosten in Rp. T _s = Preis pro kWh in Rp. t _h = Zeit in h P ₁ = Leistung vor Änderung in W P ₂ = Leistung nach Änderung in W P = Wirkleistung in kW n = Anzahl Ankerumdrehungen in der Zeit T c = Zählerkonstante in U/kWh t _h = Zeit in s	
Leistung $P = U \cdot I \quad P = I^2 \cdot R$ $P = \frac{W}{t} \quad P = \frac{U^2}{R}$ $P_2 = P_1 \cdot \frac{U_2^2}{U_1^2}$ $P_2 = P_1 \cdot \frac{I_2^2}{I_1^2}$		I in Abhängigkeit von P $I_2 = I_1 \cdot \sqrt{\frac{P_2}{P_1}}$		Wirkleistung (3 × 230 V-) $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \eta$ $I = \frac{P}{\eta \cdot \cos \varphi \cdot \sqrt{3} \cdot U}$		Scheinleistung $S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (\text{VA}) = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{Q}{\sin \varphi}$	
Parallelschaltung von Widerständen $R_{Total} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots}$ $Z = \frac{1}{\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}} \quad Z = \frac{1}{\sqrt{R^2 - X_C^2}}$		bei zwei Widerständen $R_{Total} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$		Reihenschaltung $R = R_1 + R_2 + R$ $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$		Energiekosten $K = T_s \cdot P \cdot t_{(h)} \quad P = \frac{3600 \cdot n}{c \cdot t_{(s)}}$	
Dreieckschaltung $R_{St} = \frac{3}{2} \cdot R$		Sternschaltung $R_{St} = \frac{R}{2}$		Temperatureinfluss auf Widerstand $\Delta R = R_s \cdot \alpha \cdot \Delta \vartheta$		R = Ohmscher Widerstand Ω R _t = Teilwiderstand Z = Impedanz in Ω X _c = Kapazitiver Blindwiderstand in Ω X _L = Induktiver Widerstand Reaktanz R _{st} = Strangwiderstand in Ω R _a = Anfangswiderstand in Ω Δ _{st} = Widerstandsänderung in Ω α = Temperaturkoeffizient in Ω / °C Δ = Temperaturänderung in °C ω = Kreisfrequenz in 1/s (2π·f) C = Kapazität in μF (Farad) L = Induktivität in H U = Spannungsabfall A = Querschnitt P = Gesamtleistung L = Länge des Leiters χ = Leitfähigkeit in m/Ωmm ² A = Querschnitt in mm ² I = Stromstärke in A S = Stromdichte in A/mm ² G = Leitwert in S (Siemens) R = Widerstand in Ω ρ = Spez. Widerstand in Ωmm ² /m	
Blindwiderstand induktiv (-) $X_L = \omega \cdot L$		Blindwiderstand kapazitiv (-) $X_C = \frac{10^6}{\omega \cdot C}$		Widerstand eines Leitungsstückes $R = \frac{L}{\chi \cdot A}$			
Spannungsabfall (1 × 230 V-) $U_V = \frac{2 \cdot L \cdot P}{\chi \cdot A \cdot U}$		Spannungsabfall (3 × 400 V-) $U_V = \frac{L \cdot P}{\chi \cdot A \cdot U}$		Leiterwiderstand $R = \rho \cdot \frac{L}{A}$		Leitwert $G = \frac{1}{R}$	
Parallelschaltung bei Kondensatoren $C = C_1 + C_2 + C_3$		Reihenschaltung bei Kondensatoren $C_{Total} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots}$		Stromdichte $S = \frac{I}{A}$			

Spez. Widerstand Ωmm ² /m	Silber	Ag	0,0165	Spez. Gewicht kg/dm ³	Kupfer	Cu	8,9	Temperatur 0°C = 273,15K	
	Kupfer	Cu	0,0175		Kupfer Aluminium Eisen	Al	2,70		Leistung 1 PS = 0,74 kW
	Gold	Au	0,023			Fe	7,87		
Aluminium	Al	0,029							
Spez. Leitfähigkeit m/Ωmm	Kupfer	Cu	57	Temperaturkoeffizient Ω/(Ω°C) 1/K	Kupfer	Cu	0,0039	Energie 1 kcal = 4,2 kJ	
	Aluminium	Al	34,5		Kupfer Aluminium Eisen	Al	0,0036		Erdbeschleunigung 9,81 m/s ²
	Eisen	Fe	7,7			Fe	0,00657		
				Wärmeleitfähigkeit	Wasser	4,19	Erdschwingungs-kraft 9,81 N/kg		
					Luft	0,992			

Strom- und Spannungsarten

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

Veränderlichkeit

	Lineare Verstellbarkeit
	Nicht lineare Verstellbarkeit
	Temperaturabhängigkeit
	Verstellbarkeit in fünf Stufen
	Automatische Regelung

Wirkung und Abhängigkeit

	Thermische Wirkung
	Elektromechanische Wirkung
\times	Magnetische Wirkung
	Verzögerung
	Strahlung, z. B. Licht

Befehlsgeräte und Methoden

T ---	Handantrieb
	Handantrieb mit Schutz gegen zufällige Berührung
$]---$	Betätigung durch Ziehen
E ---	Betätigung durch Drücken
F ---	Betätigung durch Drehen
	Betätigung durch Annähern
	Betätigung durch Berühren
	Betätigung durch Handrad
\checkmark ---	Betätigung durch Füße
	Betätigung durch Hebel
	Betätigung durch Handgriff wegnehmbar
	Betätigung durch Schlüssel
	Betätigung durch Kurbel
	Betätigung durch Nockensteuerung
	Hydraulischer oder pneumatischer Antrieb mit Richtungsangabe
	Elektromagnetischer Antrieb
T ---	Steuerung durch thermischen Effekt

	Antrieb durch Elektromotor
	Steuerung durch elektrische Uhr
	Steuerung durch Flüssigkeitspegel
	Steuerung durch Ereigniszähler

Erde, Masse, Potenzialausgleich

	Erde, allgemeines Symbol
	Schutzerde
	Masse
	Potenzialausgleich

Kontakte

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

Leiter und Verbindungselemente

	Stromkreis, allgemeine Darstellung für Leitungen, Kabel
	Schutzleiter, PE-Leiter
	PEN-Leiter
	Neutralleiter
	Einpolige Darstellung für drei Leiter
	~ 230 V Wechselstromkreis, 230 V, zwei Leiter mit 16 mm ² aus Cu
	3N~50Hz400V Dreiphasenwechselstromleitung 50 Hz, 400 V, drei Polleiter von 120 mm ² und Neutralleiter von 50 mm ²
	3x120mm ² +1x50mm ² Leiter mit Abschirmung
	Flexibler Leiter
	L3 Verdrillte Leiter
	L1 Drei Leiter in einem Kabel
	Koaxialpaar
	Steckdose oder Steckbuchse
	Stecker oder Steckerstift
	5 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</i> <i>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 * ISDN * SPS * FB (Feldbus) * DCF77
	Sensor a Kennzeichnung der Anwendersoftware b Physikalische Eingangsgrösse
	Binärsensor Binäreingang Eingabetterminal 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 nicht elektr. 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, rohen Böden, rohen Decken, nicht zu bearbeitendem Montagegrund und dergleichen
IC 12	Auf Backstein, Kalksandstein, Beton, Kunststoffen, glasfaserverstärktem Polyester, Feinblech, Anker- und Profilschienen und dergleichen
IC 13	Auf Metallkonstruktion

Installationscodes für verdeckte, nicht sichtbare Installation (UP)

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

Installationscodes für das Einbauen von Apparaten (EB)

IC 31	In nicht zu bearbeitenden Montagegrund, modulare Kombinationen und dergleichen; Bohrungen und Ausschnitte werden bauseits erstellt
IC 32	In Kunststoffe, weiche Baustoffe und dergleichen; mit Erstellen der Bohrungen und Ausschnitte
IC 33	In Feinblech und dergleichen; 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 dergleichen
IC 53	In bereits vorhandenen Rohren, weichen Drähten oder Kabeln enthalten; auf Kabelleitern und Gitterkabelkanälen und dergleichen 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 dergleichen
IC 72	An Schraubklemmen mit Lötverbindung und dergleichen
IC 73	Mit Schweissverbindung, Kabelschuhen und dergleichen

Für jede der fünf 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	III.	x0,8	III.
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, NO5VV-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 (Ø mm)	KIR	AI		KRF	KRFG	1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50
16	13,3	16,8	14	15,8		10,4	4	3							
20	17,2	21,8	18	20,6		14,1	7	6	4	2	1	1			
25	21,5	28,8	22,6	27		18,4	14	12	7	4	3	-	1	1	1
32	28,2	36,8	29,4	34		23,6			7	5	3	2	-	-	1
40	35,8	46,8	37,4	43,5		-				7	5	5	2	2	2
50	45,5	59,4	47,2	56		-					7	7	5	5	3
63	57,8		60			-							7	6	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 Regulierteln
 233 Leuchten- und Lampenlieferung
 234 Elektrogeräte

Plansymbole

Schalter und Steckdosen		Leitungen		Leuchten		
	Ausschalter ein- bis dreipolig		allgemein		Anschlussstelle 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	
	Polwedgeschalter Sch 6		in Überbeton		Fluoreszenzlampe einflammig	
	Taster		Deckenkanal		Fluoreszenzlampe zweiflammig	
	Steckdose allgemein*		Bodenkanal		Fehlerstromschutzschalter	
	Steckdose mit Schutzkontakt		Brüstungskanal		Ableiter	
	Steckdose 12, 3-fach		Leitungskreuzung ohne Verbindung		Hausanschlusskasten	
	Steckdose T15		Abzweigung mit Verbindung (Dose)		Endverschluss für Kabel	
	Stecker mit Schnur		3 x 1,5 mm ² Leitung mit 3 x 15 mm ² AP verlegt	Verbraucher		
<p>*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.</p>			4 x 4 mm ² Leitung mit 4 x 4 mm ² AP verlegt		Haushaltsapparat allgemein	
			flexible Leitung		Heizapparat evtl. mit Leistungsabgabe	
			Koaxial-Aderpaar		Heisswasserspeicher	
			Lichtinstallation		Kochherd	
			Kraftinstallation		Ventilator	
			Wärmeinstallation		Kühlgerät	
			Schwachstrominstallation	Schutz- und Verteilgeräte		
			Telefoninstallation		Sicherung allgemein	
			Antenne oder Elektroakustik		1P Sicherung einpolig 10 A Gr. I	
			Leitung nach oben oder von oben		3P Sicherung einpolig dreipolig 25 A Gr. II	
	Leitung nach unten oder von unten		3P+N Sicherung NHS 400 A			
	Leitung durchgehend oder Steigleitung		Neutraltrenner sep. montiert			
			Sicherungsautomat			

Auswahl der Messgeräte

Gemäss EN61010 werden die Messgeräte bezüglich Einsatzgebiet und Überspannungsfestigkeit unterschieden zwischen:





Messgerät Kategorie Einsatzgebiete

- | | |
|-------------------------------------|--|
| Kat. I Fernmeldetechnik, Elektronik | Kat. III Industrie-, Maschinen- und Verteilanlagen |
| Kat. II Hausinstallationen, Geräte | Kat. IV Netzanlagen und Hauptverteilung |

Das Messzubehör muss die gleiche Kategorie wie das Messgerät aufweisen, z. B. Kat. III 1000V, entspricht Kat. IV 600V.

Warum RMS bzw. TRMS Messgeräte? (Bezeichnung nicht genannt)

Für Messungen in Industrie und Gewerbe sind aufgrund der nichtsinusförmigen Ströme und Spannungen RMS Messgeräte erforderlich. RMS «Root Mean Square» = Messgerät misst Effektivwert richtig auch bei nichtsinusförmigen Strom- oder Spannungswerten.

Kurvenform:	Sinus-Kurve	Rechteck-kurve	Einphasen-Gleichrichter	Dreiphasen-Gleichrichter
Messgerät:				
Normal Anzeige:	korrekt	10% höher	40% tiefer	5-30% tiefer
TRMS Anzeige:	korrekt	korrekt	korrekt	korrekt

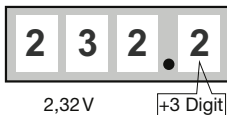
RMS AC Effektivwert mit Grund- und Ober-Schwingungen ohne DC Anteil
 TRMS AC und DC (True RMS) Effektivwert mit AC und DC Anteil

! Profi-Tipp

TRMS AC und DC Messgeräte Kat. III oder IV verwenden Crestfaktor > 3 (Verhältnis Spitzen- zu Effektivwert) wegen Einschaltspitzen wichtig. Min. Bandbreite bei 50Hz, > 1 kHz.

Messungssicherheit?

Genauigkeit bei Digitalmessgeräten
 z. B. Messgerät +/- 1% + 3 Digit



Grundfehler	+/- 1% vom Messwert =	2,32V
Quantierungsfehler	+ 3 Digit =	0,3V
Gesamtfehler	=	2,62V = 1,1%

Bei Verwendung von mehreren Messgeräten (z. B. Wandler und Multimeter)

Maximaler Fehler in % = Gerätefehler A + Gerätefehler B usw.

Wahrscheinlicher Fehler = $\sqrt{\text{Fehler}_A^2 + \text{Fehler}_B^2}$

Zulässige Messtoleranzen

	Zulässig nach EN 61557	übliche Toleranz	
Isolationswiderstand	+/- 30% =		
	Messwert	0,7	+/- 10% v. M.
Min. Kurzschlussstrom	+/- 23%	0,77	+/- 10% v. M.
Schleifenimpedanz	+/- 30%	1,3	+/- 10% v. M.
Erdungswiderstand	+/- 30%	1,3	+/- 10% v. M.
Niederohmwiderstand	+/- 30%	1,3	+/- 10% v. M.
Berührungsspannung	+/- 20%	1,2	+/- 20% v. M.
Auslösezeit RCD Impuls	+/- 10%	1,1	+/- 2% v. M.
Auslösestrom RCD	+/- 10%	1,1	+ 10% v. ΔI

! Profi-Tipp

Gute Messgeräte haben max. eine Messtoleranz von +/- 5%.

Strom- und Spannungsmessungen

Prüfung der Spannungsfreiheit

Für die Prüfung der Spannungsfreiheit darf nur ein zweipoliger Spannungsprüfer verwendet werden, der EN61243-3 erfüllt.

Anforderungen: Min. Kat. III (geschützte Prüfspitzen)
Spannungsanzeige ohne Einschalten auch ohne Batterie
Max. Prüfstrom 3,5 mA

Strommessungen

Zangenampèremeter

Bei Messungen an blanken Leitern ist die Isolationsfestigkeit der Stromzange zu beachten, bei 400 V ist min. Kat. II 600 V erforderlich. Es werden Zangenampèremeter Kat. A (EN 61010-1) empfohlen. Für Leistungs- und Gleichstrommessungen Stromrichtung beachten.

Strommessungen mit flexiblen Stromwandlern (Rogowski-Spulen)

Nicht geeignet für Differenzstrommessungen (zu unempfindlich)

Eigenschaften: Keine Sättigung, Messung ist lageunabhängig
Gut bei schwer zugänglichen Messstellen
Frequenzgang 10 Hz bis 1 MHz
Geringe Phasenverschiebung (für Leistungsmessung)
Eingangssignal > 0,5 A bis kA (Produkteabhängig),
Ausgangssignal meist 100 mV/A

NS-Stromwandler

Bezeichnungen z. B. 50/1 A 5 VA Kl. 0,5 M5 oder 5 P10

50 / 1 A	Nennstrom primär 50 A, sekundär 1 A
5 VA	Zulässige Nennbelastung (Bürde)
Kl. 0,5	Klassengenauigkeit +/- 0,5 % bis 1,2 I _n
M5	Stromwandler für Messzwecke bei 5 × I _n 15 % Fehler und geht in Sättigung
5 P10	P = Stromwandler für Schutzzwecke bei 10 × I _n max. 5 % Fehler

Profi-Tipp

NS-Stromwandler gehen bei geöffneten Sekundärklemmen nicht defekt (Kurzschliessen beim Umschalten empfohlen).
Sekundärstromkreis bei NS-Stromwandler darf nicht geerdet werden.

Begriffserklärungen für Messgeräte

Average	Durchschnittswert
Smooth	Messwerte (Durchschnittswerte) werden zusammengefasst (z. B. zur Speicherplatzreduktion)
Range	Messbereich, manuell / automatisch wählbar
Data Hold	Messwert wird gespeichert
Min/Max	Messgerät speichert höchsten und niedrigsten Wert
Peak Hold	Spitzenwert wird gespeichert
Record	Messwert wird aufgezeichnet
AC	Wechselstrom / Spannung
DC	Gleichstrom / Spannung
COM	Masseanschluss
Filtere	Hoch- oder Tiefpassfilter (z. B. Hioki < 200 Hz)

Schutzmassnahmen beim Messen

Kalibrierung der Prüf- und Messgeräte?

Messgeräte für Schluss- und Abnahmekontrollen müssen der EN 61557 entsprechen und periodisch validiert und kalibriert werden*.

Vergleich mit anderen Messgeräten	Validierung alle 1/2 Jahre
Einsatz täglich	Kalibrierung 1 x pro Jahr
Einsatz wöchentlich	Kalibrierung alle 2 Jahre
Einsatz gelegentlich	Kalibrierung alle 3 Jahre

* Angaben Kalibrierdienst: Aptomet oder Herstelleranweisung

Welche Schutzmassnahmen beim Messen?

Gemäss Richtlinien ESTI 407 gelten Prüfen und Messen in der Annäherungszone als Arbeiten unter Spannung (AuS 1) bei < IP2X.

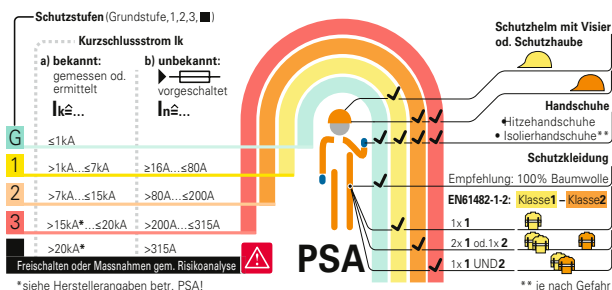
Arbeiten in der Nähe spannungsführender Teile: Alle Arbeiten, bei denen eine Person mit Körperteilen, Werkzeugen oder anderen Gegenständen in die Annäherungszone gelangt, ohne die Gefahrenzone zu erreichen. Gemäss EN 50110-1 beträgt die Annäherungszone $\leq 1 \text{ kV}$, $\geq 300 \text{ mm}$.

Anforderungen an die Schutzmittel

gemäss ESTI Richtlinien 407

gültig für: Anlagen mit $I_k > 1 \text{ kA}$ und offene Anlagen oder Schutzart < IP2X.

PSA – Persönliche Schutz-Ausrüstung



- Eine instruierte Person erforderlich**
- Messgeräte Kat. III 1000V oder Kat. IV 600V** inkl. Messleitungen und Messspitzen oder bei ungenügender Messgeräteklasse Messleitungen mit eingebauten Hochleistungsicherungen verwenden.

! Profi-Tipps PSA

- Schutzmittel wegen Instandhaltung, Passform und Hygiene möglichst persönlich abgeben.
- Schutzmittel periodisch kontrollieren.
- Zum Messen Hitzeschutzhandschuhe, bei Elektrisierungsgefahr Gummihandschuhe tragen.
- Hochleistungsicherungen in Messleitungen vorschalten.
- Messgerät beim Messen nicht in der Hand halten.
- Eine Person genügt zum Messen, evtl. 2. Person in der Nähe.
- Auch beim Messen an Anlagen $I_k \leq 1 \text{ kA}$ oder > IP2X, lange Ärmel und Handschuhe tragen.

Grundsätze Isolationsmessungen

Die Messwerte gelten **pro Stromkreis** bei nicht angeschlossenen Geräten.
Das Messgerät muss bei der Prüfspannung und Mindestwiderstand min. 1 mA Messstrom aufweisen.

Prüfspannungen und Isolationswiderstände

Periodische Kontrollen: Installationen bis 1995

Nennspannung	Prüfspannung	Min. Isol. Widerstand
	> 100V bei 50 kΩ	L/N gegen PE

≤ 300V gegen PE	500VDC	0,25 MΩ
Nasse und korrosive Räume	500VDC	0,05 MΩ
> 300V gegen PE	500VDC	0,50 MΩ
Nasse und korrosive Räume	500VDC	0,25 MΩ

Periodische Kontrollen: Installationen ab 1995 bis 2010

SELV und PELV	250VDC	0,25 MΩ
50V bis 500V	500VDC	0,50 MΩ
> 500V	1000VDC	1,0 MΩ
Schutztrennung	500VDC	1,0 MΩ

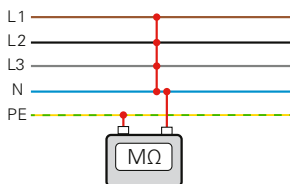
Periodische Kontrollen: ab 2010 und Neuanlagen

SELV und PELV	250VDC	0,5 MΩ
50V bis 500V	500VDC	1,0 MΩ
mit Überspannungs-Ableiter	250VDC	1,0 MΩ
> 500V	1000VDC	1,0 MΩ
Schutztrennung	500VDC	1,0 MΩ

Geräte und Maschinen	Prüfspannung	Min. Isol. Widerstand
Elektrische Maschinen	1000VDC	1,0 MΩ
Schaltgerätekombinationen	500VDC	1,0 KΩ/V
Geräte Schutzklasse I	500VDC	1,0 MΩ
Geräte Schutzklasse II	500VDC	2,0 MΩ
Geräte Schutzklasse III	500VDC	0,25 MΩ

Isolationsmessungen bei elektronischen Geräten

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



! Profi-Tipp Zuerst **N-PE** messen, ist der Isolationswert ungenügend, Messung abbrechen. Geräte abtrennen und Isolationsmessung wiederholen.

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

Vorsicht: Kurzschlussgefahr bei vergessenen Brücken.

Wie prüft man ein Isolationsmessgerät?

1. Messleitungen kurzschliessen -> Anzeige 0 MΩ
2. Messleitungen offen -> Anzeige ∞ MΩ

Vorgehen bei einer Isolationsmessung

1. Isolationsmessung anmelden.
2. Funktionsprüfung Isolations-Messgeräte.
3. Anlage spannungsfrei schalten und Spannungsfreiheit prüfen.
4. Strommessung im N-Leiter, es fließt kein Strom.
5. Neutralleitertrenner öffnen.
6. **Messen** N-PE mit 250VDC, wenn Messwert genügend.
7. Messung mit 500VDC N-PE und L1/L2/L3-PE, Messwerte notieren.
8. Neutralleitertrenner schliessen.
9. Durchgang Neutralleitertrenner niederohmig prüfen.
10. Spannung einschalten und Anlage prüfen.

N-Trenner zu spät geschlossen -> Überspannung an den Geräten

- ! Profi-Tipp**
- Der Isolationswert ist erst erreicht, wenn die Aufladung beendet ist (bis mehrere Sekunden). Nach Messung entladen.
 - SPD vor Messbeginn demontieren oder nur mit 250VDC messen.
 - Heizkörper und Masse-Kochplatten zuerst austrocknen.
 - Isolationswiderstand ist temperatur- und feuchtigkeitsabhängig.

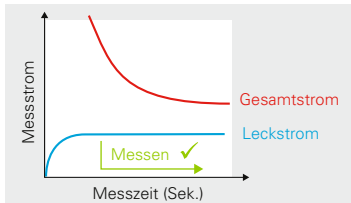
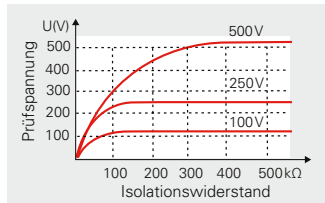
Wann sind nach NIN Isolationsmessungen erforderlich?

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

Ausnahmen: (siehe UVEK Verordnung Art. 13)

Bei der periodischen Kontrolle, die mit RCD $\leq 30\text{ mA } I_{AN}$ überwacht werden, kann auf die Isolationsmessung verzichtet werden.

Kennlinie des Isolations-Messgerätes Ladeströme bei Isolationsmessungen



Isolationsmessung beim KNX-Bussystem

Wenn Buskabel kombiniert mit Installationsdrähten im gleichen Rohr, in Abzweigdosen oder unter gleichem Mantel liegen. (SELV) 2 6.1.3.3.2.

Vorgehen beim Isolationsmessen

1. Hauptgruppe, Pol- und N-Leiter abtrennen, Spannungsfreiheit prüfen.
2. Überspannungs-Ableiter abtrennen (Messwerte werden verfälscht).
3. Isolationsmessung N-PE durchführen, bei Erdschluss, Fehler beheben.
4. Wenn kein Fehler, Isol.-Messung mit $\geq 250\text{ VDC}$ an L-PE und PE-Bus. Min. Isolationswiderstand PE-Bus $\geq 0,5\text{ M}\Omega$.
5. Zuerst N-Trenner, nachher Überstromunterbrecher schliessen.

Vorsicht: Keine Messungen zwischen L-Bus, einzelnen Buskabeln, L-N und L-L. Elektronische Bauteile könnten beschädigt werden.

Messverfahren zur Isolationsmessung

Spannungsprüfung

Nur an neuen oder neu instandgesetzten Anlagen zulässig. Die Prüfspannung sollte 60–80 % der Prüfspannung des Herstellers betragen.

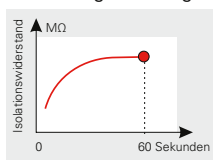
DC Prüfspannungen für:

Motoren, Generatoren	$2 \times$ Bemessungsspannung + 1000V
Anlagen, Installationen	$1,28 \times$ werkseitige AC Prüfspannung
Bei Wiederholungsprüfung	$0,96 \times$ werkseitige AC Prüfspannung

Die Prüfung beginnt mit 50 % Prüfspannung und ist in 5 % Stufen in min. 10 Sek. zu erhöhen bis auf 100 %. Die volle Prüfspannung ist 1 Minute anzulegen, dabei darf kein Durchschlag erfolgen.

Kurzeitprüfung

Zur Prüfung von Anlagen mit kleinen Kapazitäten wie kleine Motoren, Trafos, Installationen usw.

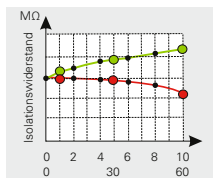


Messung Aussenleiter-Aussenleiter
 DC Prüfspannung = $0,816 \times U_{p-p}$
 Messung Aussenleiter – PE
 DC Prüfspannung = $1,414 \times U_{p-n}$
 Isolationswiderstand
 Bis 1000V Nennspannung > 1 MΩ
 Pro 1000V zusätzlich 1 MΩ

Zeit-Isolationsmessung (Prüfung grosser Motoren, Trafos usw.)

Prüfung von Verunreinigungen und Feuchtigkeit der Isolationen. Die Messung erfolgt Wicklung gegen Wicklung und Wicklung gegen Masse, während die übrigen Wicklungen mit Masse verbunden sind.

Prüfspannung z. B. 500VDC **bleibt konstant**. Die Isolationswerte sind nach 30 Sek. und 60 Sek. oder alle Minuten bis 10 Minuten abzulesen.



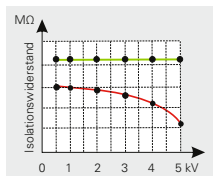
Widerstand steigt = gute Isolation
 Widerstand sinkt = schlechte Isolation

Verhältnis Messwerte 60/30 Sekunden > 1,3 – 1,6 gute Isolation
 Verhältnis Messwerte 10/1 Minute > 2 – 4 gute Isolation

Rampenspannungstest

Prüfung um Beschädigungen festzustellen. Bei dieser Prüfung wird die **Spannung alle Minute bis U_{max} erhöht**. Der gemessene Wert max. sollte konstant sein.

Faustregel: Abweichungen sollten < 25 % sein.



Widerstand konstant = gute Isolation
 Widerstand sinkt = schlechte Isolation

Differenzstrommessungen

Welche technische Weisungen gelten?

Gemäss Weisung des ESTI, sind Differenzstrommessungen in bestimmten Fällen für den Sicherheitsnachweis zulässig und erfüllen die Verordnung des UVEK Art. 13.

Wo sind Differenzstrom- statt Isolationsmessungen zulässig?

Wenn das Ausschalten aufgrund der angeschlossenen Verbraucher schwierig oder unverhältnismässig ist.

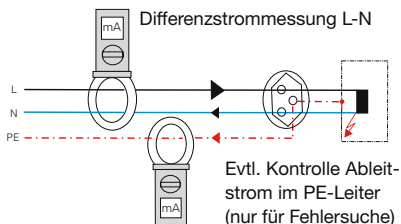
Was sind die Bedingungen für eine Differenzstrommessung?

1. Schutzsystem TN-S (N und PE getrennt)
2. Differenzstromzange mit Genauigkeit von 0,1 mA
3. Die Verbraucher sind eingeschaltet, d. h. auf dem N-Leiter fliesst ein Belastungsstrom von min. 100 mA (prüfen).

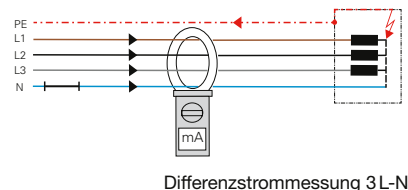
! Profi-Tipp RMS Differenzstromzangen mit Tiefpassfilter zum Ermitteln des Hochfrequenzanteils des Differenzstromes verwenden. Nur der Niederfrequenzanteil des Differenzstromes ist zu beachten.
Differenzstrom bei Fehlerstrom-Schutzeinrichtung unter Last messen.

Wie sind Differenzströme zu messen?

Einphasige Verbraucher L + N + PE



Dreiphasenverbraucher 3L+N+PE

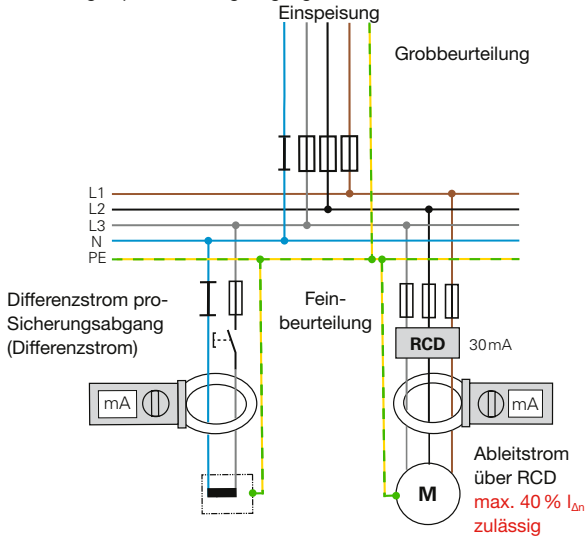


! Profi-Tipp

- Grobbeurteilung der Isolation mit Differenzstrommessungen.
- Bei grossen Ableitströmen Fehlersuche pro Gruppe und Frequenz-Messen wenn 50 Hz Isolationsmessung durchführen.
- Bei Neuanlagen Differenzstrommessung als Vergleichswert durchführen als für spätere periodische Kontrollen.
- Leiter für Differenzstrommessungen vorbereiten, 3L + N bündeln.

Wo sind Differenzströme zu messen?

Grundsätzlich an den Orten, wo bisher Isolationsmessungen durchgeführt wurden, d.h. Messungen pro Sicherungsabgang.



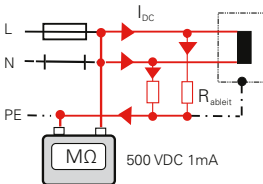
Welche Grenzwerte sind zulässig?

- Bis 30 mA** Anlage in Ordnung, Differenzstrom protokollieren.
- 30 bis 300 mA** Messung jeder Sicherungsgruppe, feststellen wie sich der Differenzstrom verteilt. Kontrolle durch Ab- und Zuschalten der Verbraucher. Mögliche Fehler protokollieren Ursachen sind z. B. Netzfilter vor FU, USV, Netz-Störfiler usw.
- über 300 mA** Es muss eine Isolationsmessung durchgeführt werden.

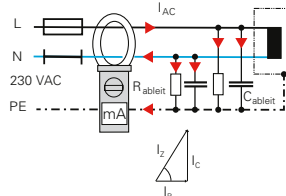
Was kann man mit Differenzstrommessungen prüfen?

- Verbindungen N-PE und L-PE, N-Vertauschungen
- Isolationsfehler < 40 kΩ, ≥ 5 mA mit Strom auf N-Leiter

Unterschied Isolations- und Differenzstrommessung?



Isolationsmessung: DC misst Gleichstromableitwiderstand R



Differenzstrommessung: misst Impedanz, d.h. Wechselstromableitwiderstand Z

Schleifenimpedanz-Messungen

Schutzbedingungen gemäss NIN?

Die Personenschutzbedingungen sind erfüllt, wenn im TN-Netz im Fehlerfall am Leitungsende folgende maximalen Abschaltzeiten eingehalten werden:
(NIN 2020 Werte)

Installationen: 230/400V

- Für Endstromkreise $\leq 32\text{ A}$ gilt eine Abschaltzeit von $\leq 0,4\text{ s}$.
- Für Endstromkreise $\leq 63\text{ A}$ mit einer oder mehreren Steckdosen gilt eine Abschaltzeit von $\leq 0,4\text{ s}$.
- Für Endstromkreise $> 32\text{ A}$ und für Verteilungsstromkreise gilt eine Abschaltzeit $\leq 5\text{ s}$.

Periodische Kontrollen:

Ab 1.1.2000 gilt für Endstromkreise

	500 V	alle Stromkreise	$\leq 0,4\text{ s}$
	690 V	alle Stromkreise	$\leq 0,1\text{ s}$
Maschinen	230/400 V	Steckbare Verbraucher	$\leq 0,4\text{ s}$
		Festangeschlossene Verbraucher	$\leq 5\text{ s}$

Überprüfung der Abschaltzeit durch Schleifenimpedanz-Messungen

Kurzschlussstrom am Ende der Leitung $I_{k\text{Ende}}$ zwischen L und PE am Ende der Leitung gemessen. Er bestimmt die max. zulässigen Vorsicherungen für $\leq 5\text{ s}$ oder $\leq 0,4\text{ s}$ Auslösezeit.

Kurzschlussstrom am Anfang der Leitung wird am Anfang der Leitung zwischen L und PE gemessen. Er muss kleiner sein als das Nennabschaltvermögen der Schaltgeräte wie Leistungs-, Leitungsschutz-Schalter, Sicherungen usw.

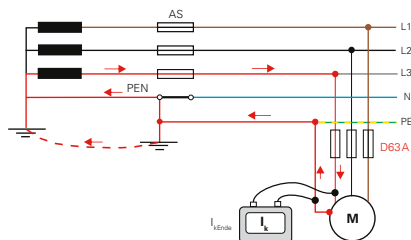
Der 3-polige Kurzschlussstrom $I_{cp} = I_{k\text{max. L-PE}} \times 2$ ist der Effektivwert des dreipoligen Kurzschlusses gemessen am Anschluss der Verteilung. (Siehe max. zulässiger I_{cp} auf dem Typenschild der Schaltanlage.) Der Wert wird bei Vorsicherungen $\geq 125\text{ A}$ (oder $> 10\text{ kA}$) bestimmt.

Für die Dimensionierung und Einstellung von Leistungsschalter muss der Kurzschlussstrom durch den Planer berechnet werden.

Faustformeln für minimale Kurzschlussströme

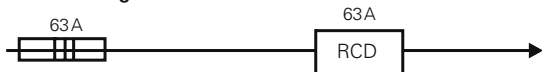
NHS	$5\text{ s} =$	$6 \times I_n$	$0,4\text{ s} =$	$8 \times I_n$
LSB		$5 \times I_n$		$5 \times I_n$
LSC		$8 \times I_n$		$10 \times I_n$
LSD		$10 \times I_n$		$20 \times I_n$

Schema Schleifenimpedanzmessung



Dimensionierung von RCD

Variante: Vorgeschalteter Überstromunterbrecher vor RCD

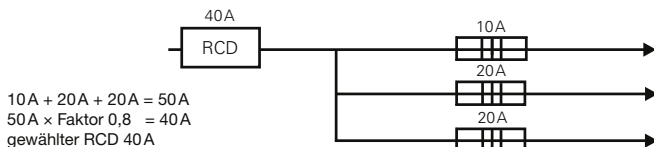


Variante: Nachgeschalteter Überstromunterbrecher, Bedingungen

1. RCD und Überstromunterbrecher in gleicher Verteilung oder max. 3 m Verbindungsleitung zwischen RCD und Überstromunterbrecher.
2. Grösster Überstromunterbrecher \leq Stromstärke RCD.
3. Summe Abgänge \times Gleichzeitigkeitsfaktor = 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

Beispiel:



Wo müssen RCD verwendet werden?

Steckdosen

Alle freizügig verwendbaren Steckdosen \leq 32A

RCD
30 mA

Ausnahmen:

1. Steckdosen mit besonderem Steckerbild Bsp. 7/9/11 h.
2. Abschliessbare oder nur mit Werkzeug zugängliche Steckdosen (Apparatesteckdosen).

Beleuchtungsstromkreise in Wohnbauten

30 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

30 mA

Heizungen und umschlossene Heizsysteme

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 Betriebsstätte

Ganze Installation

300 mA

Wo müssen RCD verwendet werden?

Landwirtschaft und Gartenbau

Gesamte Installationen	300 mA
Alle Steckdosen	30 mA

Ex-Zonen

Wärmekabel und Heizeinrichtungen	30 mA
Zonen 20/21/22 Ganze Installationen	300 mA

Baustellen

Handgeführte fest angeschlossene Geräte	30 mA
---	-------

Provisorische und temporäre Anlagen

Licht-Installationen	30 mA
Ortsveränderliche fest angeschlossene Verbraucher ≤ 32 A	30 mA

Transportable Notstromanlagen und Fahrzeuge

30 mA

Ausstellungen, Messen

Zuleitungen RCDS	300 mA
Alle Endstromkreise ≤ 32 A	30 mA

Jahrmärkte, Zirkusse, Vergnügungsparks, Fahrgeschäfte,

Veranstaltungstechnik

Zuleitungen RCDS	300 mA
(Vom Hersteller eingebaute 500 mA RCD sind zugelassen)	
Alle Endstromkreise ≤ 32 A	30 mA
Steckdosen und ortsveränderliche Betriebsmittel ≤ 32 A	30 mA

Versuchs- und Prüffelder (EN 50191)

Versuche mit galvanischer Netzverbindung	30 mA
--	-------

Campingplätze, Bootsplätze

Steckdosen (pro Steckdose ein RCD)	30 mA
------------------------------------	-------

Fussboden-, Flächenheizungen

30 mA

Wärmekabel

Im Freien, feucht oder nass	30 mA
Ohne leitende Abschirmung	30 mA

Medizinische Räume

Gr. 1 und 2 medizinische Geräte (nicht am IT Netz angeschlossen)	30 mA
Steckdosen ≥ 16 A	30 mA
Gr. 1 + 2 medizinische Geräte	30 mA

Photovoltaikanlagen

RCMU im Wechselrichter integriert	
Zuleitung zum Wechselrichter durch feuergefährliche Räume	300 mA

Elektrische Anlagen auf Fahrzeugen / transportable Baueinheiten

30 mA

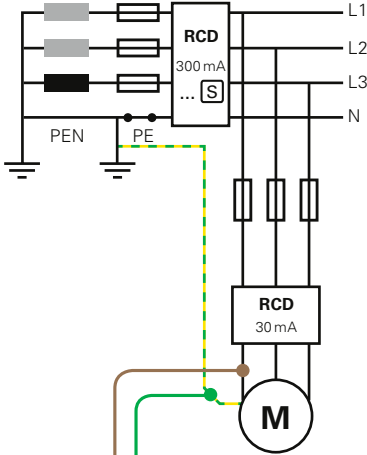
Messen und Prüfung von RCD

1 – Prüftaste



2 – Messung

- Auslösezeit t_a [sec]
- Auslösestrom I_a [mA]



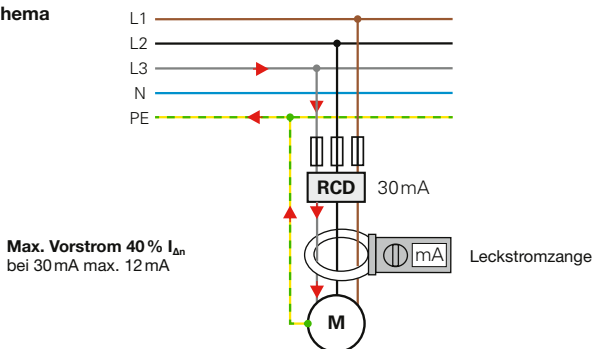
	RCD [300 mA]		RCD [30 mA]	Prüftaste / t_a / I_a OK?
$I_{\Delta n}$	Typ... 300 mA	...+ S 300 mA	Typ... 30 mA	 RCD überprüfen
1x	$t_a \leq 300$ ms	≤ 500 ms	≤ 300 ms	
0.4x	I_a 120 mA	120 mA	12 mA	 RCD-Test
	OFF			
	ON			

Messen und Prüfung von RCD

Ableitstrommessungen bei RCD Fehlauslösungen

- Vorgehen**
1. Isolationsmessung wenn Isolationswert genügend.
 2. Auslöseprüfung mit ansteigendem Prüfstrom oder Ableitstrom mit Leckstrommessung ermitteln.

Messschema



Prüfen von RCD Typ B und B+ für SiNa

(Herstellerangaben beachten)

1. Auslösezeitmessung mit AC $1 \times I_{\Delta n}$
Auslösezeit < 0,3 s i. O.
2. Auslösezeitmessung mit DC $2 \times I_{\Delta n}$
Auslösezeit < 0,3 s (+/-) i. O.

Kontrolle mit ansteigendem DC-Strom Auslösung innert $0,5 - 2 \times I_{\Delta n}$.

RCD Funktionsprüfung

Die Funktionsprüfung erfolgt durch Betätigung der Prüftaste am RCD.

Die RCD Prüfung ist wichtig für die einwandfreie Funktion des RCD und erfolgt gemäss Herstellerangaben. (NIN 5.3.1.3.4)

! Profi-Tipps zum Messen an RCD

- Verursacht die Auslöseprüfung mit der Prüftaste betriebliche Probleme, können diese mit einem farbigen Punkt markiert werden.
- Alle Aussenleiter auf Auslösung prüfen. Vor dem Prüfen Prüftaste am RCD betätigen.
- Wenn RCD Auslösezeit nicht erfüllt, mit $5 \times I_{\Delta n}$ prüfen (NIN 6.C.3.6) oder Prüfung des RCD mit Autotestfunktion des Messgerätes.
- Die RCD Auslösung einmal pro Stromkreis prüfen. Bei den übrigen Anschlüssen ist die Funktion der Schutzleiter zu überprüfen (< 1 Ω).
- In medizinischen, Ex- und feuergefährlichen Anlagen muss die RCD Auslöse-Prüfung bei allen Steckdosen und Verbrauchern durchgeführt werden.

Prüfung von Steckdosen

1. Kontrolle der Anschlüsse (L / N / PE)
2. Prüfung der Spannungsfreiheit des PE-Anschlusses ↘
3. Prüfung Schutzbedingungen (L-PE), Auslösung $\leq 0,4s$, RCD $\leq 0,3s$
4. Kontrolle des Drehfeldes ↻
5. Funktions- und Spannungskontrolle (L-N / L-L / N-PE)

Steckdostentypen und Drehfelder (Rechtsdrehfeld)

Steckdosenbild	I_N	Steckdosenbild	I_N /Typ
	16A 32A 63A 125A		10A Typ 13 16A Typ 23
	16A 32A 63A 125A		10A Typ 15 16A Typ 25

fett = empfohlene Typen

Periodische Kontrollen: Industrie-Steckdosen Drehfelder

	15A		25A 40A 75A
--	-----	--	-------------------

I-Steckdosen ab 01.07.2008 nicht mehr im Verkauf, keine Neuinstallationen.

Absicherungen der Steckdosen

- Vorsicherung \leq Nennstrom der Steckdose für alle Anwendungen.
- 10A Steckdosen max. LS13A, Typ CEE 32A, max. Vorsicherung 32A.
- Alle freizügig verwendbaren Steckdosen \leq 32A mit 30mA RCD schützen.

Auswahl von Steckdosen und Stecker

Nur noch Steckdosen mit Schutzkragen verwenden. Steckdosen Typ 12 seit 31.12.2016 nicht mehr erhältlich. Mehrfachsteckdosen nur 1-phasig zulässig (SNG 491000-3036). Seit 31.12.2012 dürfen keine Stecker T11 und 12 ohne Teilisolierung in Verkehr gebracht werden. Geräte mit alten Stecker dürfen seit 31.12.2016 nicht mehr verkauft werden. (ESTI Mitteilung 7.3.11)

Steckdosen-Schutzarten

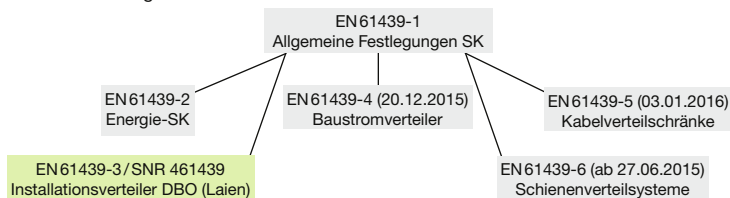
IP X0	Kein besonderer Schutz	Trockene Räume
IP 21	Tropfwasser-Schutz	Feuchte Räume
IP 44	Spritzwasser-Schutz	Baustellen, Landwirtschaft, feuergefährliche Räume ohne Staub
IP 67	Wasserdicht	Schutz gegen Staub und Untertauchen

Kennfarben der CEE-Steckvorrichtungen

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

Schaltgerätekombinationen (SK)

Seit 23.09.2014 gilt die Normenreihe EN 61439.



Spezifische Anforderungen an SK (DBO) für Laien (SNR 461439)

Abgangsstromkreise	Nur für Laien bedienbare Elemente (keine NHS).
Bemessungsstrom	Max. 125 A
Bauform / Aufstellung	Geschlossen, Montage ortsfest Innenraum min. IP2XC Freiluftaufstellung min. IP23C
Überspannungskategorie	Kat. III (bei 230/400V) 4 kV
Schutzeinstellungen	Leistungs- und Motorschutzschalter nur mit Werkzeug oder Schlüssel verstellbar.
Klemmen	Jeder N- und PE-Leiter muss einzeln pro Gruppe angeschlossen werden können (pro Draht eine Klemme erforderlich).

Typenschild

(Pflichtangaben)

Hersteller: Muster AG Piktettstrasse 439 1439 Schallthausen	Typenbezeichnung / Kennnummer: UV Wgg. 1.DG. links, Birkenstr. 2 CH-5002	Herstellungsdatum und Produktnorm: 24.05.20XX SNR 461439
Bemessungswerte: U _L : 1x230 V _{ac} /3x400 V _{ac} I _{ac} : 25 A	IP-Schutzgrad: * 2XC	Erdungssystem: * TN-S
Angaben zur Einhaltung der Kurzschlussfestigkeit: * Vorgeschaltete Überstrom-Schutzeinrichtung: Distanz 25 A gG oder LS 25 A/I _{cr} 10000	Besondere Anweisungen: Die Prüfstellen der eingebauten Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen sind 2x jährlich zu betätigen. Reparaturen jeglicher Art dürfen nur durch Elektrofachleute ausgeführt werden. Beim Entfernen oder Fehlen von Schutzabdeckungen besteht Lebensgefahr!	

* entweder auf dem Leistungsschild oder in der technischen Dokumentation.

Dokumentation	Beispiel
Bemessungswerte	Bemessungsfrequenz F_n Bemessungsbelastungsfaktor (RDF)
IP-Schutzgrad	Min. IP2XC Innenraum Min. IP23C Aussenaufstellung
Kurzschlussfestigkeit	Vorgeschaltet: DII 25 A gG LS 25 A / I _{cr} 10000
Besondere Angaben	<ul style="list-style-type: none"> • Prüftaste RCD 2x jährlich betätigen • Reparatur nur durch Fachpersonal • Lebensgefahr beim Entfernen von Abdeckungen • ...
Sofern erforderlich Unterlagen über:	<ul style="list-style-type: none"> • Handhabung • Transport • Ausstellung und Montage • Betrieb und Wartung • ...

Prüfung von Schaltgerätekombinationen

Kurzschlussfestigkeit / Koordination von Schutzeinrichtungen

Koordination (Selektivität / Backup-Schutz) ist gemäss Herstellerangaben auszuführen.

Bauanforderungen: Selbstbaurahmen

Eigenschaften müssen geprüft oder vom Hersteller bestätigt werden!



! Profi-Tipps für Schaltgerätekombinationen DBO

Fertiggehäuse nach EN 62208, decken diese Anforderungen ab!

Abgangsklemmen EN 61439-1 und N-Trenner 2.4.6.2.1

N-Trenner sind erforderlich:

Bei Anschluss- und Bezügersicherungen sowie beim TN-C-S Netz beim Auftrennen vom PEN- auf N- und PE-Leiter.

Bei allen übrigen Abgängen ≤ 25 A: ist ein N-Trenner empfohlen.

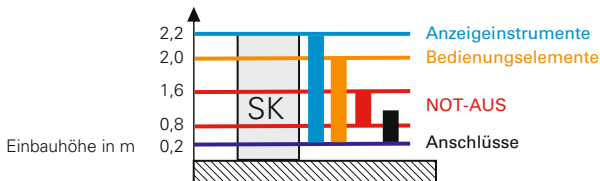
> 25 A: N-Anschluss mit lösbarer Verbindung z. B. Einpressmütern.

Der Anschlussraum muss das ordnungsgemässe Anschliessen und das Aufsplissen der von aussen eingeführten Kabel zulassen.

Anschlüsse für N-, PE- und PEN-Leiter müssen in der Nähe der Aussenleiter angeordnet werden.

Pro Abgang min. eine zugehörige N-Klemme.

Einbauhöhen für Betriebsmittel



Montage und Prüfung von Schaltgerätekombinationen

Nachweise durch den Hersteller gemäss EN 61439

Bauartennachweis

Dient zum Nachweis der Normenkonformität der Schaltgerätekombination.
Entspricht der Typenprüfung.

Stücknachweis

Überprüfung bezüglich Werkstoffe, Fertigung und Funktion. Wird an jeder SK durchgeführt.

Nachweise

- Bauartennachweis
- Stücknachweis

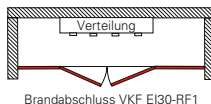
Montage von Schaltgerätekombinationen (SK) in Fluchtwegen

Grundsätzlich sollten SK nicht in Fluchtwegen angeordnet werden.

Schaltgerätekombination in vertikalen Fluchtwegen (Treppenhäuser)

Var. 1: SK Front $\leq 1,5\text{m}^2$

Var. 2: Front $> 1,5\text{m}^2$



A Gehäuse IP4X nicht brennbar

B Abdeckung EI30 (z. B. Duripanel 18 mm)

Var. 3: SK in geprüftem Gehäuse IP5X nicht brennbar EI30 (mit Zertifikat)

Montage von SK in horizontalen Fluchtwegen (Korridor):

Lösungen, wenn mit einer Verqualmung des Treppenhauses gerechnet wird:

Var. A: SK erfüllt die Anforderungen wie bei vertikalen Fluchtwegen.

Var. B: Ist zum Treppenhaus eine Brandschutztüre vorhanden, genügt ein nichtbrennbares, rauchhemmendes Gehäuse um die SK.

Prüfung durch kontrollberechtigte Personen gemäss NIV

- Dokumentation Kurzschluss- und Überstromschutz (Schutzcharakter, Einstellwerte).
- Bezeichnung der Geräte und Leiter gemäss Schema oder Liste, Montageort (z. B. Fluchtweg) Abstand, Zugänglichkeit.
- Berührungsschutz (Basisschutz), IP Schutzart entspricht Umgebung.
- N-Trenner wo erforderlich eingebaut.
- Funktionsprüfung (Verriegelungen, RCD usw.).

! Profi-Tipps für Schaltgerätekombinationen DBO

- Abdeckungen mit verbessertem Brandverhalten einsetzen, d. h. halogenfrei, flammwidrig, selbstverlöschend und keine brennenden Tropfen, z. B. Baustoffklasse EN 13501-1 geprüft.
- Nur geprüfte Gehäuse (EN 62208) verwenden.
- Keine NH Sicherungssysteme (nur für instruierte Personen).
- Betriebsmittel so dimensionieren, dass $IB \leq 80\% IN$.
- SK nicht in der Nähe von Schlafbereichen montieren (min 1.3.1.6.5), auch nicht an die Rückwand montieren.

Elektrische Maschinen

Kennzeichnung der Leiter Empfohlene Farben gemäss EN 60204-1

Schwarz	Hauptstromkreis für Wechsel- und Gleichstrom
Gelb/Grün	Schutzleiter
Hellblau	Neutralleiter
Rot	Steuerstromkreis für AC (nach Steuertrafo Rot/Rot)
Blau	Steuerstromkreis für DC (für Minus andere Farbe erlaubt)
Orange	Verriegelungsstromkreis mit Fremdspannung

Trafo und Motorschutzeinrichtungen EN 60204-1 / 4.3.3.3.1

Motoren über 0,5kW müssen gegen Überlast geschützt werden.
In Ex- und feuergefährdeten 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.

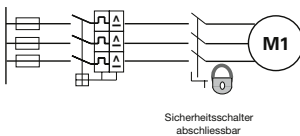
Vor der Netztrennstelle abgenommene Stromkreise sind mit einer separaten Trenneinrichtung zu versehen und mittels Warnaufschrift und Blitzsymbol zu kennzeichnen.

Revisionschalter (Sicherheitsschalter) SUVA CE 93-9.d

Erforderlich, wo mechanisch bewegte Teile vorhanden sind, z.B. Keilriemen, Hebe- und Förderanlagen usw. Einbau unmittelbar am Eingriffsort. Unterbricht alle gefährlichen Energien. Schalter abschliessbar. Farbe schwarz oder grau (rot-gelb, nur wenn gleichzeitig Not-Aus Funktion).

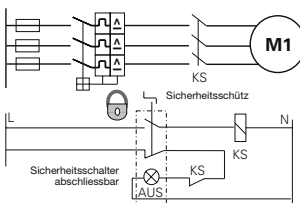
Direkte Abschaltung

Direktes allpoliges Abschalten (bis 3kW oder $\leq 16 A$ auch als Steckdose zulässig, wenn zugänglich).



Indirekte Abschaltung

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



Montagehöhen bei Maschinen (EN 60204-1)

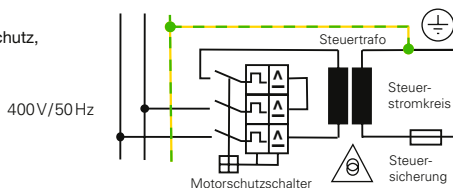
Geräte für Bedienung und Einstellungen	≥ 0,4 – 2 m
Anschlussklemmen ab Boden	≥ 0,2 m
Not-Aus, Anlagenschalter	≥ 0,8 – 1,6 m

Steuerstromkreise

Steuertrafo erforderlich mit max. 277 V Spannung. Ausnahmen bei einfachen Steuerungen mit max. einem Schütz und zwei Steuergeräten.

Steuerstromkreise einpolig erden oder mit einer Isolationsüberwachung. Überstromschutz des Steuertrafos erforderlich.

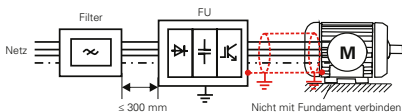
Steuertrafo mit Überstromschutz,
sek. Seite geerdet



Not-Halt (bisher Not-Aus) und Stop Funktionen

- Kat. 0** Abschaltung der Energiezufuhr.
- Kat. 1** Abschaltung wenn ungefährliche 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 elektronischen 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 beim Motor montieren (nicht im Schaltschrank).
- Wenn Leitung FU-Motor lang oder Kabel FU-Motor ohne Schirm, Sinus-Filter in den Ausgang des FU einbauen.
- Leitung FU-Motor möglichst kurz halten (> Verluste und Störungen).
- Durchgehend geschirmte Kabel verwenden (Geflechtschirme).
- Kabelschirme beidseitig grossflächig auflegen (gegen induktive Einkopplungen).
- Leistungs- und Steuerkabel auf separaten Kabeltrassen verlegen.
- Wenn Erdableitstrom > 10 mA, PE-Leiterquerschnitt ≥ 10 mm² oder PA.

EMV und Erdung von Kabelschirmen bei Datenleitungen

- Alle Signalleitungen schirmen.
- Schirmerde nicht mit kurzen Drahtstücken anschliessen, Schirmgeflecht grossflächig anschliessen an der Zugsentlastung oder EMV-Stopfbuchse.
- Kabelschirme beidseitig grossflächig auflegen.
- Abschirmungen grundsätzlich nie über Stecker-PIN einführen.
- Kabel mit Schirmgeflechtes sind besser als Kabel mit Folienschirmen.
- Wenn Abschirmung Signalleiter ist, besteht keine Schirmfunktion.

Prüfung elektrischer Maschinen

Die Stückprüfung elektrischer Maschinen umfasst gemäss EN60204-1:

1. **Schutzleitersystem**
(Prüfung der Schutzleiterverbindungen)
Messgerät mit min. 0,2A–10 A, 24 VAC oder DC.
2. **Isolationsprüfung**
Messung mit 500VDC (1 mA) Grenzwert $\geq 1 M\Omega$
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 abgeklemmt werden.
4. **Prüfung der Restspannung**
Nach Abschaltung der Versorgungsspannung, darf kein berührbares aktives Teil nach 5 s eine Restspannung von $\geq 60 V$ aufweisen.
Restspannung bei Steckvorrichtungen $\leq 1 s < 60 V$.
Bei ungenügenden Werten:
 - fest angeschlossen, gut sichtbare Warnhinweise,
 - steckbar, Abdeckungen IP2X oder IPXXB
5. **Funktionsprüfung**
Prüfung aller Funktionen inkl. aller Sicherheits- und Schutzfunktionen, wie z. B. Not-Aus, RCD usw.
6. **Schleifenmessung und Überprüfung der max. zulässigen Abschaltzeit**
Steckbare Verbraucher Abschaltzeit $\leq 0,4 s$
Festangeschlossene Verbraucher Abschaltzeit $\leq 5 s$
Die Stückprüfung ist mit einem Prüfprotokoll zu belegen.

Die Abnahme vor Ort umfasst:

Technische Unterlagen	Steuerungsunterlagen Stromlaufplan und Geräteliste Bedienungs- und Unterhaltsanleitung Konformitätserklärung
Prüfung Zuleitung	Typenschild Schutzmassnahmen Zulässige Absicherung und Querschnitte
Elektrische Ausrüstung	Beschriftungen und Zugehörigkeit Netztrennstelle, abschliessbar, 0,6–1,9 m ab Boden Haupt-Schalter, Not-Aus, Not-Stop, Stop Zugänglichkeit, Bedienung Schutzart der elektrischen Anlagen Abdeckungen und Warnschilder Sicherheitsschalter Netzurückwirkungen Steuertrafo obligatorisch > 2 Steuergeräte oder Motorschutzschalter Steuerstromkreis einpolig geerdet und geschützt oder Isolationsüberwachung Motorschutz und Einstellungen EMV Schutz Abschirmmassnahmen z. B. bei FU PA Verbindungen

Funktionsprüfung und Sichtkontrolle, alle Schutzfunktionen testen.

IP-Schutzart nach EN 60529

IP **2** **3** **C** **S**

1. Kennziffer Fremdkörper- und Berührungsschutz

- 0** kein Schutz
- 1** Fremdkörper ≥ 50 mm
- 2** Fremdkörper ≥ 12 mm
- 3** Fremdkörper $\geq 2,5$ mm
- 4** Fremdkörper $\geq 1,0$ mm
- 5** Staubgeschützt
- 6** Staubdicht

2. Kennziffer Wasserschutz

- 0** kein Schutz
- 1** Tropfwasser
- 2** Schräges Tropfwasser
- 3** Sprühwasser
- 4** Spritzwasser
- 5** Strahlwasser
- 6** Überflutungsschutz
- 7** Schutz beim Eintauchen
- 8** Schutz beim Untertauchen
- 9** Schutz gegen Abdampfen

Zusätzlicher Buchstaben für den Berührungsschutz

(Schutzgrad gegen Zugang zu gefährlichen Teilen)

Nur erforderlich, wenn Berührungsschutz höher als Fremdkörperschutz.

- A** Geschützt gegen Handrücken oder Kugel > 50 mm \emptyset
- B** Fingerschutz Prüffingerlänge 80 mm > 12 mm \emptyset
- C** Geschützt gegen Werkzeug bis 100 mm Länge > 2,5 mm \emptyset
- D** Geschützt gegen Draht bis 100 mm Länge > 1 mm \emptyset
- X** Nicht spezifizierte Kennziffer

Ergänzende Buchstaben

- H** Hochspannungs-Betriebsmittel
- M** Geprüft gegen schädliche Einwirkung von Wasser im Betrieb
- S** Geprüft gegen schädliche Einwirkung von Wasser im Stillstand
- W** Geeignet zur Verwendung unter festgelegten Wetterbedingungen

Prüf- und Sicherheitszeichen



CH-Sicherheitszeichen, gewährleistet die Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften bezüglich elektrischer Sicherheit und elektromagnetischer Verträglichkeit (wird durch ESTI vergeben).



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



Mit der CE-Kennzeichnung erklärt der Hersteller, Inverkehrbringer oder EU-Bevollmächtigter, dass das Produkt den geltenden Anforderungen nach EU-Verordnung genügt.



Geprüfte Sicherheit basiert auf dem Geräte- und Produktsicherheitsgesetz, das von der GS-Stelle zuerkannt ist. Steht immer in Kombination mit einem Prüfinstitutzeichen.

Messungen in medizinischen Räumen Gruppe 1 + 2

1. **Isolationsmessungen** mit 500VDC, L-PE/L-N ≥ 1 MΩ
Achtung: Isolationsüberwachung, trennen vor der Messung
2. **Prüfungen im IT-System (Gruppe 2)**
Anspruchswert Isolationswächter ≥ 50 kΩ
Kontrolle der Steckdosen mit Prüfstecker, Meldung bei Prüf- und Meldekombination, Prüftaste, Alarm optisch und akkustisch ≤ 47 kΩ
Schutzabschaltung bei Doppelerdschluss im IT-Netz
Variante 1: Messen von I_k zwischen L-L/L-PE
Messresultate müssen 2 × grösser als im TN-S System sein.
Bsp: TNS: $13A \times 10 = 130A$ IT: $13A \times 10 \times 2 = 260A$
Variante 2: Brücke an der am entferntesten Steckdose L-PE (1. Fehler) danach Messung I_k .
Es genügt der Wert Bsp.: LSC 13A von 130A
Ableitstrom Trafo Sekundärwicklung-PE (unbelastet) ≤ 0,5 mA
Installation unbelastet Ableitstrom (Praxiswert) ≤ 3 mA
3. **Messung Berührungsspannung** zusätzlicher Schutzpotenzialausgleich gegen SPA-Sammelschiene (Adapter und V-Meter ≥ 1 MΩ) ≤ 10 mV
4. **Messung** zwischen ZSPA/Schutzleiter Steckdosen/Metall. Teile/
ZSPA-Sammelschiene (Niederohmmessung) Gruppe 1 ≤ 0,7 Ω
do. Gruppe 2 ≤ 0,2 Ω
5. **Messung der Bodenbeläge** mit Bodenelektrode und Isolationsmessgerät 100VDC
Gruppe 1 und 2 ≤ 108 Ω
Erstprüfung: 1 Messung pro m² oder pro Platte
Periodische Kontrolle: 1 × jährlich 50 %, wenn ungenügend 100 % messen
6. **Messung des RCD 30 mA**
Max. Auslösezeit ≤ 0,4 s (0,3s)
7. **Umschaltzeit bei Netzausfall**
OP-Leuchten, lebenserhaltende ME, falls $U < 90\% U_n \rightarrow$ Umschalten ≤ 0,5 s
Übrige Verbraucher bei $U < 90\% U_n > 3 s$ ≤ 15 s

Schutzmassnahmen in medizinisch genutzten Räumen

Gemäss 7.10.3	Gruppe	1	2
System TNS mit Isolations Überwachung RCM		E	E
Zwei unabhängige Versorgungseinspeisungen (1 × SSV)		X	X
Zuleitung (Funktionserhalt) ab Sicherheitsstromquelle		X	X
Schaltgerätekombination gesichert in der Nähe, nicht im medizinischen Bereich			X
Separate SK für SSV und Allgemeine Stromversorgung		X	X
IT-System für Endstromkreise, medizinische Geräte und Systeme			X
IT-Netz pro Raumgruppe mit Isolationsüberwachung und Alarm		E	X
IT-Trafo 0,5–10kVA, 230V mit Überlast- und Kurzschlusschutz			X
IT-Trafo ortsfest montiert, nicht im medizinischen Bereich			X
IT-Endstromkreise max. Leitungslänge 25m			X
IT-Steckdosen mit grüner LED Betriebsanzeige und Bezeichnung			X
Min. 2 Steckdosen mit separatem Stromkreis pro Behandlungsplatz			X
30 mA RCD für OP-Tisch, Röntgengeräte, Verbraucher > 5 kVA			X
Keine fremden Leitungen			X
Max. Berührungsspannung < 25VAC und < 60VDC		X	X
ZsPA ≥ 4 mm ² in Patientenumgebung für fremde leitfähige Teile		X	X
ZsPA Anschlussvorrichtungen in Patientenumgebung < 1,5m		X	X
Abstand Gasanschluss-Steckdosen > 0,2m		X	X
30 mA RCD für alle Endstromkreise ≤ 32A TNS		X	X
Sicherheitskabel Funktionserhalt SV und ZSV		X	X
Abstand > 6m Patientenbereich-Trafo, Motoren, Kabel > 95 mm ²		X	X
Beleuchtung aus zwei Stromquellen (1 × Sicherheitsstromkreis)		X	X
Beleuchtung 50 % ab SSV, eine Leuchte ab 5V		X	X
Ableitende Bodenbeläge		E	

Legende:

ME: Medizinische Geräte	E: Empfohlen
SPA: Schutzpotenzialausgleich	SV: Sicherheitsstromversorgung
ZsPA: Zusätzlicher SPA	ZSV: Zusätzliche Sicherheitsstromversorgung

Medizinisch genutzte Räume

Farbkennzeichnungen

Im IT-Netz gibt es keine blauen N-Leiter und alle Aussenleiter sind abzusichern. Empfohlene Steckdosenfarben:

Orange = USV-Netz, Schwarz = Notstromnetz, Weiss = Normalnetz

Medizinisch genutzte Räume gemäss ^{MIN} 7.10

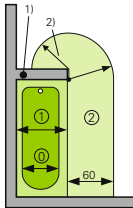
Raumart	Raumgruppe			Klasse		
	0	1	2	A	B	C
Massageraum	X	X			X	c
Bettenraum		X			X	
Entbindungsraum		X		a	X	
ECG-, EEG- und EHG-Raum		X			X	
Endoskopieraum		b		X	b	
Untersuchungs- und Behandlungsraum		X		X	X	
Urologie		b		X	b	
Radiologische Diagnostik und Behandlungsraum		X			X	
Hydrotherapieraum		X			X	
Physiotherapie		X			X	
Anästhesiebereich			X	a	X	
Operationsraum			X	a	X	
Operationvorbereitung			X	a	X	
Operationsgipsraum			X	a	X	
Aufwachraum			X	a	X	
Herzkatheterraum			X	a	X	
Intensivpflegeraum			X	a	X	
Angiographieuntersuchungsraum			X	a	X	
Hämo-Dialyseraum		X			X	
MRI-Raum		X	X	X	X	
Nuklearmedizinischer Raum		X			X	
Frühgeborenenraum			X	a	X	
Arztpraxis / Ärztezentrum						
Fluchtwege						c
Blutentnahmen / Blutuntersuchungen	d	X				c
Untersuchung (Allgemein) / Besprechungszimmer	d	X				c
Untersuchung mit Ultraschall oder EKG		X				c
Röntgenraum / Ultraschallraum		X				c
Untersuch Gastroenterologie		X				c
Untersuch Urologie		X				c
Untersuch HNO		X				c
Zahnarzt / Behandlung	d	X				c
Tierarzt (Kleintierpraxis)						
Untersuchungszimmer	d	X				c
Chirurgie ohne ME-Geräte	d	X				c
Chirurgie mit ME-Geräten		X				c
Stationär	d	e				c
Röntgenraum	c					c
Aufwachraum	X	e		e	f	

Legende:

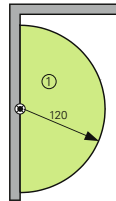
- X Raumkategorie und Gruppen-Einteilung
 - a Beleuchtung und lebenswichtige medizinische Geräte
 - b Wenn es kein Operationsaal ist
 - c Keine Sicherheitsstromversorgung / min. Sicherheitsbeleuchtung
 - d Untersuchungen oder kleinere Eingriffe ohne Einsatz von ME-Geräten.
 - e Eingriffe oder Untersuchungen können jederzeit abgebrochen und wiederholt werden.
 - f Einsatz von z. B. Infusionspumpen – Wärmeleuchten.
 - f Alternative zu elektrisch betriebenen Apparaten (Wärmelampe – Bettflasche).
- Kl. A Umschaltzeit für Stromversorgung $\leq 0,5s$
 Kl. B Umschaltzeit für Stromversorgung $> 0,5s \leq 15s$
 Kl. C Umschaltzeit für Stromversorgung $> 15s$

Bade- und Duschräume

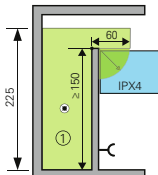
Bereiche mit Badewanne



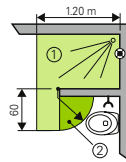
Bereiche mit Dusche



Bereiche mit Badewanne



Bereiche mit Dusche



Kabel und Leitungen	Bereiche		
	0	1	2
Keine Leitungen für fremde Räume (ausser ≥ 6 cm tief verlegt)	X	X	
UP-Leitungen min. 6 cm UP verlegt (nur für festgeschlossene Apparate im Bereich)	X	X	X
AP-Leitungen (nur für Geräte im Bereich)		X	X
Alle Leitungen mit PE-Leiter (inkl. Schalterleitungen)	X	X	X
Geforderte Schutzmassnahmen			
SELV ≤ 12 V für Lampen und Geräte im Wasser, Spannungsquelle nicht im Bereich 0	X		
SELV ≤ 25 V mit Berührungsschutz Spannungsquelle nicht im Bereich 1		X	
ZPA (4 mm ² , wenn kein Hauptpotenzialausgleich vorhanden) für Metall-Wanne, Leitungen usw.	X	X	X
$I_{\Delta n} \leq 30$ mA Fehlerstromschutz für gesamte Installation	X	X	X
Apparate und Geräte			
Geräte und Lampen mit Schutzkleinspannung ≤ 12 V Spannungsquelle nicht im Bereich 0	X		
Geräte mit Schutzkleinspannung ≤ 25 VAC/60 VDC		X	
Leuchten \geq IPX4		X	X
Ortsfeste Abluftventilatoren		X	X
Handtuchradiatoren \geq IPX4		X	X
Ortsfeste Heizkörper \geq IPX2			X
Übrige Verbraucher			
Steckdosen T13 und 30 mA RCD			
Schalter			X
Leuchten		X	X

Kontrolle von Photovoltaikanlagen (PV)

Welche PV-Anlagen sind ESTI-Planvorlagepflichtig?

Vorlagepflichtig sind Photovoltaikanlagen mit Netzparallelbetrieb > 30 kVA mehrphasig.

Bei mehreren Kleinanlagen zählt die Gesamtleistung an der Netzeinspeisung. Die Vorlage umfasst die gesamte Energieerzeugungsanlage bis und mit AC-Anlagenschalter vor dem Wechselrichter.

Eingabeunterlagen:

- Planvorlageformular www.esti.admin.ch
- Plangenehmigungsgesuch mit technischer Beschreibung und Anlagekosten
- Kartenausschnitt (M 1:25 000) und Situationsplan
- Disposition und Detailpläne (M 1:10 bis 1:200)
- Anlagenschema inkl. Erdung, LPS und SPD
- Konformitätserklärung für PV-Module und Wechselrichter
- Anschlussgesuch von NB unterschrieben

Eingabeadresse: Eidg. Starkstrominspektorat
Luppmenstrasse 1, 8320 Fehraltorf

Ablauf der Bewilligungsverfahren und Kontrollen

Leistung am Netzanschluss	> 30 kVA	≤ 30 kVA	Alle
Netzparallelbetrieb	JA	JA	Inselbetrieb > 2 A
Planvorlage	ESTI	NEIN	NEIN
Anschlussgesuch	NB	NB	NEIN
SiNa + Messprotokoll	Install.-Bew.	Install.-Bew.	Install.-Bew.
SiNa senden an	ESTI + NB	NB	ESTI
Abnahmekontrolle	ESTI	Kontrollstelle*	Kontrollstelle*
Ablage SiNa	NB + Eigentümer	NB + Eigentümer	Eigentümer
Karteiführung	NB	NB	Eigentümer
Periodische Kontrolle	mit Gebäude	mit Gebäude	≤ 10 Jahre

* Abnahmekontrolle unabhängiges Kontrollorgan

Wer darf PV-Anlagen installieren?

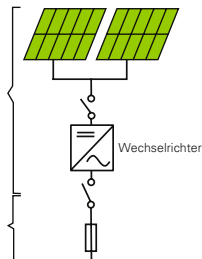
PV-Anlagen fallen ab der Stringleitung unter die NIV. (Niederspannungs-Installationsverordnung)

DC-Anlage: ab Trennstelle vor Wechselrichter (WR)

Installation mit Allgemeiner Installations-Bewilligung mit SiNa oder mit Bewilligung Art. 14 mit Messprotokoll.

AC-Anlage: bis Trennstelle vor Wechselrichter (WR)

Installation mit Allgemeiner Installations-Bewilligung mit SiNa.



Messen von Photovoltaikanlagen

Grundlagen:	ESTI Weisung Nr. 233 EN 62446
Messgeräte:	Installationsprüfgerät für Solaranlagen
Messprotokolle:	Messprotokoll nach EN 62446, siehe electrosuisse.ch

AC-Zuleitung bis AC-Trennstelle Wechselrichter (separater SiNa)

Zuleitung TN-S mit eigenem Überstromunterbrecher und Warnschild

Isolationsmessung:	L1/L2/L3/N-PE mit 500 VDC	> 1 M Ω
Schutzpotenzialleiter:	SPA-PE Niederohmmessung	< 1 Ω
Schutzbedingungen:	Schleifenimpedanzmessung L-PE am Ende der Leitung	$\leq 32 \text{ A} \leq 0,4 \text{ s}$ > 32 A < 5 s
RCD notwendig?:	RCMU im Wechselrichter integriert	

DC-Anlage ab AC-Schalter bis PV-Anlage (separater SiNa)

AC- und DC-Leitungen separat verlegt.

Montagehöhe WR: 0,4 – 1,6 m, mit Warnschild, Raumhöhe min. 2 m.

Durchgängigkeit SPA	Niederohmmessung 200 mA	< 1 Ω
Messungen/Strang Polaritätsprüfung	DC-Multimeter min. 1000 V	vor IBS
Leerlaufspannung	DC-Multimeter min. 1000 V plus-minus	U_{oc}
Kurzschlussstrom	Solarmessgerät/ DC-Schalter und Zange Unterschied zwischen den Strings max.	I_{sc} < 5 %
I_{MPP} und U_{MPP}	Messung im Betrieb mit DC-Stromzange und Spannung ab WR-Anzeige	
Isolationsmessung	PV-Systemspannung < 120 VDC PV-Systemspannung > 120 – 500 VDC PV-Systemspannung > 500 VDC	250 VDC 500 VDC 1000 VDC
Messgerät		
Variante Solarmessgerät	+/- kurzgeschlossen gegen PE	> 1 M Ω
Variante Isolationsmesser	+ gegen PE/- gegen PE +/- kurzgeschlossen gegen PE	> 1 M Ω > 1 M Ω
Netzunterbruch	Abschaltung des WR bei Netzausfall	< 5 s

Zusätzliche Messungen (optional)**Kennlinienmessung mit Kennlinienanalysator**

Messung der effektiven Kennlinie und Vergleich mit Standard-Kennlinie STC (mit Einstrahlungs- und Temperaturmessungen).

Thermographische Messung bei min. 400 W/m² (optional)

Zur Abklärung von thermischen Auffälligkeiten an den Modulen.

Bezeichnungen:

U_{oc}	Open Circuit = Leerlaufspannung
I_{sc}	Short Circuit = Kurzschlussstrom

Landwirtschaftliche Gebäude

Welche Betriebsmittel sind zulässig?

Scheunen sind feuergefährliche Räume mit brennbarem Staub.

Staubgeschütztes und staubdichtes Material

Bei Staub und Feuchtigkeit

Betriebsmittel allgemein

Beleuchtungen Scheune und Stall IP54 (bis 12.04.2012)

Stromschienen mit Schleifkontakten

NIN und VKF

min. IP5X oder IP6X

min. IP54

min. IP44



nicht zulässig

Welche Schutzmassnahmen sind erforderlich?

Schutzmassnahmen

Schutzsystem ab Hausanschluss inkl. Wohnhaus

Endstromkreise alle Stromkreise 300 mA

Steckdosen

Überlast- und Kurzschlusschutz am Leitungsanfang

Überspannungsschutz

Elektrische Betriebsmittel für Nutztiere nicht erreichbar montieren

TN-S

300mA RCD

30mA RCD

JA

gemäss Risikoanalyse

Schutzpotenzialausgleich

Zusätzlicher Potenzialausgleich

Transportgeräte Schutzklasse II/Trenntrafo oder SELV

Max. zulässige Fehlerspannung

Mechanischer Leitungsschutz

230-V-Zaengeräte

Orstveränderliche Leitungen

Zusätzlicher mechanischer Leitungsschutz

Anschluss schwerer transportablen Objekte

Abstand Blitzschutz (NIN 4.2.2.3)

Anschlussüberstromunterbrecher

Betriebsanzeigen Heizungen/Licht

Ställe

JA

JA

≤ 25 VAC

erhöhter Schutz

Montage ortsfest

mechanisch verstärkter,

nicht leitender Kabelmantel

JA

JA

≥ 2,5 mm²

≥ 2,5 mm²

JA

JA

NEIN

NEIN

JA

JA

! Profi-Tipp ZEP-Anwendungen ergeben Kriechströme.

Der Erdungsleiter ist deshalb ausserhalb des sensitiven Bereichs anzuschliessen.

Elektrische Installationen auf Baustellen

(MIN 7.04 und EN 61439-4)

Leitungen

Leitungen sind beim Kreuzen von Fahr- oder Gehwegen mechanisch zu schützen.

Flexiblen Leitungen erfüllen H07-RN-F, z. B. Gdv, PUR/PUR, PUR/Gi.

Steckdosen $\geq 10\text{ A}$, $\leq 32\text{ A}$ mit 30 mA RCD
 $\geq 16\text{ A}$ CEE-Steckdosentypen verwenden

Absicherungen Max. Nennstrom der Steckdose

Trenntrafo nur 1 Verbraucher pro Trafo zulässig

Baustromverteiler Ausführung gemäss EN 61439, Teil 4

Konstruktion mit Tragösen und Untergestell

Türen abschliessbar, Schlüssel oder Vierkant

Schutzart IP44, innen IP21 (empfohlen IP2XB)

Netztrennstelle Hauptschalter abschliessbar oder hinter Türe

Steckdosen $\leq 32\text{ A}$, 30 mA RCD

Anzahl Steckdosen max. 6 Steckdosen pro RCD

Steckdosenverteiler $\leq 63\text{ A}$ (Mitteilung Bulletin 3/06 und Info 2071)

Zuleitung für Steckdosenverteiler CEE 63 A oder nicht freizügig verwendbare Steckdose verwenden, z. B. CEE 32 A 9/11 h

Tragbare Notstromgruppe mit IT-Netz keine Isolationsüberwachung gefordert.

! Profi-Tipp Zuleitungen 300 mA RCDS und gegen mechanische Beschädigungen geschützt wie ortsfest verlegt.

Prüfung von Ladestationen für E-Fahrzeuge

Gültige Normen: IEC 61439-7, EN 61851-1:2011, EN 61851-22:2002, NIN 2020, Kapitel 7.22

Anschlussleistung

≥ 2 kVA Prüfen ob Anschlussgesuch erforderlich: WV 8.3 Tab. 4
 ≥ 3,6 kVA Anschluss nur dreiphasig zulässig (WV 2018)

Zuleitung pro Anschluss

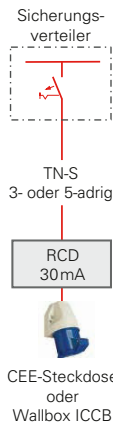
Separate Sicherung pro Anschluss (Fahrzeug)
 Leitungsdimensionierung mit Gleichzeitigkeitsfaktor 1
 (ausser bei Ladelastmanagementsystem)
 Empfehlung: Kabelschutzrohr M25, im öffentlichen Bereich 80 mm Ø

Anschlusspunkt

Montagehöhe 0,4 bis 1,5 m (**normal 1 m**)

Separater Leitungsschutzschalter und RCD 30 mA pro Fahrzeug/Steckdose.

Bei einphasiger Speisung ab freizügiger Steckvorrichtung RCD mindestens Typ A.
 Bei Speisung des Elektrofahrzeuges ab einer Steckvorrichtung nach EN 62196 (Steckdose oder Ladekabel an Wallbox oder Ladesäule).
 Allstromsensitive Fehlerstromschutzeinrichtung RCD Typ B, Typ EV oder DC Erkennung max. 6 mA in Kombination mit RCD Typ A.



In Garage

(nicht allgemein zugänglich)
 Schutzart IP41
 Schlagfestigkeit IK07

Im Freien

(allgemein zugänglich)
 Schutzart IP44 Schutz gegen mechanische Beanspruchung IK08

CEE 16A oder 32A Steckdose (Ladebetriebsart 2)

für ungesteuertes Laden, Prüfung der Steckdose: richtiger Anschluss, Isolationsmessung, RCD-Auslösung, Drehfeld, Schutzleiterprüfung.



Wallbox oder Ladesäule (Ladebetriebsart 3)

Erstprüfung gem. NIN 2020 fakultativ: Simulation Fahrzeug mit Spezialprüfgerät wie z. B. Hensel EWT 12 / Gebr. Bauer EV-simbox. Mennekes Prüfbox.

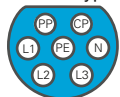
Prüfumfang

- Funktionszustände A betriebsbereit (offen) B Fahrzeug angeschlossen 2700 Ω (Widerstand CP-PE) C Fahrzeug lädt 880 Ω D ext. Belüftung angefordert 240 Ω
- Abschaltung Control-Pilot und PE-Leiter Unterbrechung
- Steckerverriegelung (bei Ladesteckdose)
- Prüfung RCD
- Ladefreigabe

Maximaler Ladestrom: Widerstand PP-PE

Typ 2 1500 Ω Ladestrom 13 A 680 Ω Ladestrom 20 A
 220 Ω Ladestrom 32 A 100 Ω Ladestrom 63 A

Stecker Typ 2



CP: Freigabe für Ladung und Beendigung
 PP: Bestimmt den Ladestrom

! Profi-Tipp

Herstellerangaben des Fahrzeugs und der Ladestation beachten bezüglich RCD Typ beim Ladeanschluss mit Steckdosen.

Tabellen und Materialkennzeichnung

Einheiten und Grössen

p Piko	10^{-12}	da Deka	10^1
n Nano	10^{-9}	h Hekto	10^2
μ Mikro	10^{-6}	k Kilo	10^3
m Milli	10^{-3}	M Mega	10^6
c Centi	10^{-2}	G Giga	10^9
d Dezi	10^{-1}	T Tera	10^{12}

Aderkennzeichnungen von Installationskabel

Gültig für steife und flexible Kabel < 1 kV, nicht für Netzkabel.

Aderbezeichnungen

PE	N	L1	L2	L3
grün-gelb	blau hellblau	braun	schwarz	grau



Aderfarbe blau = N-Leiter, nicht als Aussenleiter oder für andere Zwecke verwenden.

Aderfarbe gelb-grün = PE Leiter, nicht für andere Zwecke verwenden.

Steuerkabel: Bei nummerierten Kabeln ohne blaue Ader wird die kleinste Nummer als N-Leiter verwendet. (Blau kennzeichnen gemäss 5.1.4.3.5)

Steuerkabel sind ohne Erdleiter zulässig.

Einleiterkabel $\geq 25 \text{ mm}^2$: Eine Farbe darf für alle Leiter verwendet werden, nicht grün-gelb, blau oder grün. Die Leiterenden sind als N-, PE- oder PEN-Leiter zu bezeichnen.

Installationsmaterial-Kennzeichnung

Kennzeichen

Eigenschaften



Orange

Hohlwanddose für Schalter und Steckdosen in Hohlwänden.



Die Dosen und Kästen sind geeignet für die Beton-Installation.

A series of horizontal lines for writing notes, spaced evenly down the page.



Hauptsitz

Hager AG

Sedelstrasse 2
6020 Emmenbrücke
Tel. 041 269 90 00

Verkaufsniederlassungen

Hager AG

Glattalstrasse 521
8153 Rümlang
Tel. 044 817 71 71

Hager AG

Ey 25
3063 Ittigen-Bern
Tel. 031 925 30 00

Hager AG

Chemin du Petit-Flon 31
1052 Le Mont-sur-Lausanne
Tel. 021 644 37 00

hager.ch