BRUGG CABLES
Well connected.

Terna Energy Solutions

Niederspannung bis 1 kV

NS-Kabel 3

Allgemeine Informationen 5
Niederspannungs-Netzkabel 5

Allgemeine Informationen 6
Brandschutz bei Kabeln 6
Kabeldimensionierung 8
Transport und Verlegung 20
Prüfungen 28
Materialkonstanten 29
SI-Einheiten 30
NS/MS-Zubehör 33

NS-Energiekabel, Cu 35
GKN 1-Leiter NS-Polymerkabel 1/0.6kV 35
GKN 4-Leiter NS-Polymerkabel 1/0.6kV 36

NS-Energiekabel, Al 38
GKN 1-Leiter Alrm NS-Polymerkabel 1/0.6kV 38
GKN 4-Leiter Alrm NS-Polymerkabel 1/0.6kV 39
GKN 4-Leiter Alse NS-Polymerkabel 1/0.6kV 40

Flexible Trafokabel 41
PURWIL Trafo-Kabel mit Mantel (TN-C) 41
PURWIL Trafo-Kabel bandiert (TN-C) 42
G-Seil EPR 4x1xEinleiter (TN-C) 43
PURWIL, Einleiter, EPR/PUR 44

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Telefon +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

NS-Kabel

Niederspannungs–Netzkabel

Allgemeine Informationen
Sie dienen vorwiegend der Übertragung elektrischer Energie in Niederspannungsnetzen und werden in der Schweiz zu 90 % in Kunststoff-Rohranlagen eingezogen. Ihr Einsatzgebiet liegt im Spannungsbereich grösser 50 V bis 1000 V. Standardmässig werden Ausführungen mit 1-, und 4-Leitern produziert. Das Ceanderkabel, bei welchem der PEN-Leiter wellenförmig aufgebracht ist, wird mit zwei gelben Längsstreifen gekennzeichnet.

Kabelkonstruktion und Werkstoffe
Die Leiter der Polymerkabel bestehen aus Kupfer oder Aluminium. Bis zu 10 mm² werden in der Regel eindrähtige und ab 16 mm² mehrdrähtige Rundleiter verwendet. Bei den 4-Leiter-Kabeln werden für Cu-Querschnitte ab 95 mm² auch eindrähtige sektorförmige Aluminiumleiter eingesetzt (150 Alse und 240 Alse).
Die Leiterisolation besteht aus vernetztem EPR. Netzkabel erhalten vorschriftsgemäss eine metallische Umhüllung als Personenschutz.
Beim Ceanderkabel wird die Armierung durch den vierten Leiter, den konzentrischen Aussenleiter (PEN-Leiter), ersetzt. Er besteht aus einer Lage von Rundkupferdrähten, die konzentrisch um die Polleiter angeordnet sind. Die Rundkupferdrähte werden sinuslinienförmig aufgebracht, für die elektrische Querverbindung mit einem Kupferband miteinander verbunden und mit einem Aussenmantel vor Korrosion geschützt.

Normen
In der Schweiz haben die Niederspannungs-Netzkabel den Regeln des Electrosuisse (SEV Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik) und CENELEC (Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung) HD 603 zu entsprechen.

Kurzbezeichnung Niederspannungs-Netzkabel in der Schweiz
Um dem Fachmann den Umgang mit den verschiedenen Kabeltypen und Kabelausführungen zu erleichtern, wurden für die hauptsächlichsten Kabelkonstruktionen Kurzbezeichnungen eingeführt.

Leiterisolation
G vernetzter Gummi (EPR), halogenfrei
X vernetztes Polyethylen (XLPE), halogenfrei

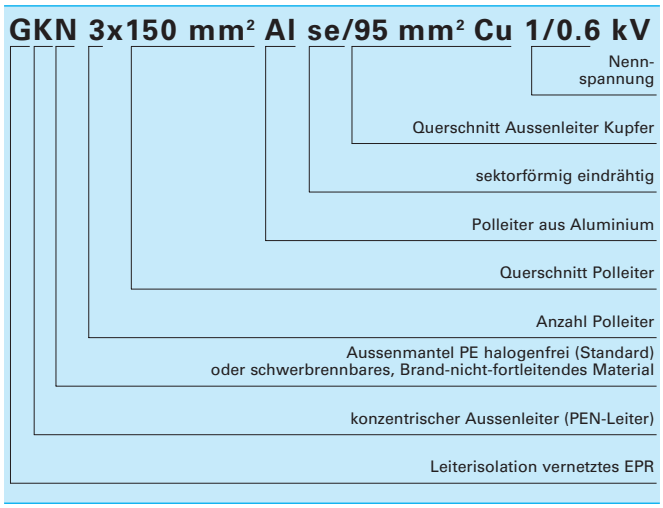
Abschirmung
K konzentrischer Aussenleiter (PEN-Leiter) bei Ceanderkabeln

Aussenmantel
N halogenfreies PE oder schwerbrennbares, halogenfreies, Brand-nicht-fortleitendes Material

Leiterzahl, -querschnitt, -material und -aufbau
Nach dem Kabeltyp folgen Angaben über Anzahl, Querschnitt, Material (bei Aluminiumleiter folgt der Zusatz Al) und Aufbau der Leiter. Haben Kabel einen konzentrischen Aussenleiter (PEN-Leiter), wird dieser Querschnitt mit einem Schrägstrich (/) getrennt.

Ergänzende Kurzzeichen
mm² Leiterquerschnitt in Quadratmillimeter
rm runde Leiter, mehrdrähtig (Normalausführung, Angabe nicht erforderlich)
re runde Leiter, eindrähtig
se sektorförmige Leiter, eindrähtig
Cu Kupfer als Leitermaterial (Normalausführung, Angabe nicht erforderlich)
Al Aluminium als Leitermaterial
kV Nennspannung in Kilovolt

Beispiel
Vierleiter-Niederspannungs-Polymer-Netzkabel (Ceanderkabel)



Sondertypen
Auf Anfrage werden auch Sondertypen hergestellt, welche gemäss Kundenwunsch konstruiert und produziert werden.

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Telefon +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

Brandschutz bei Kabeln

Einführung

Mit der neuen CPR (Construction Products Regulation No 305/2011) wurde auch das Brandverhalten von Kabelanlagen relevant. Die von der Schweiz ins Bauproduktegesetz übernommene Verordnung ist seit Oktober 2014 gültig. Spätestens ab 1. Juli 2017 dürfen Bauprodukte (nach harmonisierter technischer Norm), nicht mehr ohne Leistungserklärung in den Handel gebracht werden. Fest verbaute elektrische und optische Kabel gelten nun als Bauprodukte und unterliegen deshalb auch dieser Verordnung.

Die neue Bauprodukteverordnung soll einheitliche Informationen zu Bauprodukten, inklusive einer einheitlichen Klassifizierung, liefern. Diese Aufgabe wird mit Hilfe einer "gemeinsamen technischen Sprache in Europa" erfüllt. Einheitliche Verfahren zur Beurteilung der Leistung wurden in harmonisierten Standards spezifiziert. Eine Empfehlung für den Schweizer Markt hat Brugg Cables zusammen mit der electrosuisse und weiteren Kabelherstellern erarbeitet.

Spezifikationen der Brandtests

Die Klassifizierungskriterien wie Wärmefreisetzung, Flammausbreitung, Brandentwicklung, Rauchentwicklung, brennendes Abtropfen sowie Azidität der Rauchgase werden nach genormten Tests ermittelt.

Die Prüfungen der Kabel werden von notifizierten Stellen (Zertifizierungsstellen und Prüflabore) durchgeführt. Diese Stellen bescheinigen die Erstellung der Leistungserklärung durch die Wirtschaftsakteure (Hersteller, Importeure, Händler usw).

Anwendungen mit Brandschutz-Bedarf

Von der CPR sind alle Kabel betroffen, die dauerhaft in Bauwerken installiert werden. Unter Bauwerken versteht man hier Hochbauten wie Häuser, Gewerbebauten, Gartenhäuser, Brücken, Strassen und Tiefbauten wie Tunnel, U-Bahnen usw, die den Vorschriften zur Sicherheit im Brandfall unterliegen, einschliesslich der Vorgabe, die Entstehung und Ausbreitung von Feuer und Rauch zu beschränken.
Ausgenommen von der CPR sind spezielle Bereiche wie zum Beispiel Aufzugsanlagen/ Fahrtreppen, Produktionsanlagen nach der Maschinenverordnung, Seilbahnanlagen, alternative Energieerzeugungsanlagen im Freien und temporäre Installationen.
Kabel mit Funktionserhalt sind derzeit von einer Bewertung des Brandverhaltens nach EN 50575 der Bauprodukteverordnung ebenfalls ausgenommen.
In Anwendungen ausserhalb von Bauwerken können weiterhin bewährte Netzkabel verwendet werden, wie zum Beispiel GKN und XKDT von Brugg Cables. Auf Grund der besseren mechanischen und elektrischen Eigenschaften dieser Kabel, sollten diese sogar bevorzugt installiert werden.

Zuständige Stellen für die Umsetzung der Bauprodukteverordnung in der Schweiz

Niederspannungs-Installationsnorm (NIN)

Die NIN 2015 klassifiziert Räumlichkeiten in insgesamt vier Stufen BD1 bis BD4, je nach Räumungsmöglichkeiten, Rettungswegen und Personenanzahl. Als Mindestanforderung wird die Klasse E_{ca} vorgegeben. Für die Stufen BD2 bis BD4 fordert die NIN Kabel aus flammwidrigem Material und mit verzögerter Entwicklung von Rauch und giftigen Gasen.

Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen (VKF)

Die VKF definiert in ihren Richtlinien das Brandverhaltensgruppen und ein kritisches Verhalten. Ein Kabel weist ein kritisches Verhalten im Sinne der VKF auf, wenn Brandgeschwindigkeit, Rauchentwicklung, brennendes Abtropfen oder Säuregehalt bestimmte Grenzwerte überschreiten. Im Bereich von Flucht- und Rettungswegen ist es verboten, Kabel mit diesem kritischen Verhalten zu verbauen.

Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren (KBOB)

Die KBOB-Empfehlung als Leitfaden für öffentliche Bauherren dagegen differenziert nicht nach Fluchtwegen, sondern nach Bauten und Anlagen mit erhöhter Personengefährdung, Sachwertschutz und/oder hoher Versorgungssicherheit. Für erhöhte Anforderungen wird die Brandklasse C_{ca}-s1,d1,a1 gefordert. Für allgemeine Anforderungen die Brandklasse D_{ca}-s2,d2,a2.

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

Brugg Kabel AG
Telefon +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

20250711-1

Leistungserklärung

Die Klassifizierung der Kabel und die Abwesenheit von gefährlichen Inhaltsstoffen werden in einer Leistungserklärung dokumentiert und von demjenigen, der das Kabel "in Verkehr bringt", bereitgestellt.
Zusätzlich wird eine Etikettierung auf der Verpackung (Kabeltrommel) angebracht mit den signifikanten Daten der Leistungserklärung.

Sofern Kabel als Bauprodukt auf den Markt gebracht werden, erfolgt die Kennzeichnung nach der Bauprodukteverordnung. Da die Schweiz kein Mitgliedsstaat der EU ist, besteht innerhalb der Schweiz grundsätzlich keine CE-Kennzeichnungspflicht. Da Brugg Cables einen Teil der Produktion von Energie-, Daten- und Kommunikationskabel in den europäischen Raum exportiert, wird auf diesen Produkten eine CE-Kennzeichnung erfolgen.

Auf den Datenblättern in diesem Katalog sind die Brandklassen der Kabel und die Brandlasten pro Kabelquerschnitt angegeben. Weitere Kabel mit erhöhten Anforderungen an das Brandverhalten sind auf Anfrage verfügbar.

Für weitere Informationen zum Thema werden Kurse bei der Brugg Cables Academy angeboten.

Brandklassen

Für das Brandverhalten von Kabeln werden unter der Bauprodukteverordnung verschiedene Leistungsklassen, die als Brandverhalten für elektrische Kabel (Brandklassen) bezeichnet sind, definiert.

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Telefon +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

Kabeldimensionierung

1. Einleitung

Kabel und Zubehöre müssen die Typenprüfungen und Langzeitprüfungen nach den nationalen und internationalen Normen vor der Vermarktung erfolgreich bestanden haben:

– Niederspannungsnetzkabel nach HD 603 S1,
  Part 7, Section E, und
  Part 8, Section B

– Mittelspannungsnetzkabel nach HD 620 S2,
  Parts 10, 11, Section N

Brugg Cables besitzt langjährige Erfahrungen in der Materialtechnik, den elektrischen und mechanischen Prüfungen bei Produkteentwicklung, Produktion, Verlegung, Montage und Inbetriebsetzung. Die Qualitätssicherung gemäss ISO 9001 und 14001 garantiert zudem zuverlässige Entwicklungs- und Produktionsverfahren. Dies alles bietet Gewähr, dass die Kabelsysteme während ihrer Lebensdauer von 30 bis 40 Jahren einwandfrei elektrische Leistung von der Erzeugung zu den Stromkunden hin übertragen.

Brugg Cables stellt Kabel und Zubehöre von 1 kV bis 500 kV her; in diesem Katalogteil für Nieder- und Mittelspannung wird nur auf Spannungen bis 30 kV eingetreten. Für ausserordentliche Fälle stehen unsere Ingenieure mit ihren zugeschnittenen Berechnungsprogrammen zur Verfügung. Bei Vorgabe der Verlegeart, Übertragungsleistung, Spannung, Kurzschlussstrom, Schirmbehandlung und Art der Installation lassen sich die Strombelastungen, Spannungsabfälle, Verluste u. a. m. in genügender Genauigkeit berechnen.

1.1 Lebensdauer und Zuverlässigkeit

Unter der Lebensdauer einer Kabelanlage wird deren Betriebsdauer verstanden. Die Komponenten sind auf die gesamte Betriebsdauer ausgelegt. Die Lebensdauer kann von negativen Faktoren beeinflusst werden, wie transienten Überspannungen, Kurzschlüssen, Übertemperaturen, mechanischen Belastungen wie Bodensenkungen, Wasser und Feuchte, chemischen Einflüssen und auch Nagetieren. Die Sicherheit einer Kabelanlage wird durch das Einhalten der zulässigen thermischen Belastbarkeit, der Kurzzeit- und der Kurzschlussströme sowie der Betriebsspannung gewährleistet.

1.2 Verluste und Wirtschaftlichkeit

Die Verluste und die Wirtschaftlichkeit einer Kabelanlage sind eng miteinander verknüpft und lassen sich kaum voneinander trennen. Kabel dürfen durchaus an ihren Leistungsgrenzen betrieben werden, dazu sind sie entwickelt und produziert worden. Die PEN-Leiter der Niederspannungsnetzkabel werden beidseitig geerdet, einerseits zur Erhöhung der Sicherheit und andererseits zur Gewährleistung der Nullung in genullten Netzen. Die Schirme von verseilten Mittelspannungskabeln bis 240 mm² oder Einleiter-MS-Kabeln des gleichen Querschnittbereichs werden in gebündelter Form, mit Bezug auf die Berührungssicherheit, bevorzugt beidseitig geerdet. Einleiterkabel mit Abstand zwischen den Phasen und alle Kabel mit Querschnitten ab 300 mm² werden zur Reduktion der Schirmverluste mit Vorteil einseitig geerdet und am offenen Ende mit Mantelüberspannungsableitern geschützt. Damit lassen sich positive ökonomische und ökologische Gesichtspunkte erzielen. Bei Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen sollen ganz allgemein nicht nur die Kabel-, sondern auch die gesamten Anlagekosten mit dem Trasseebau einbezogen werden.

2. Dimensionierung von Nieder- und Mittelspannungsanlagen

Die Strombelastungsberechnungen werden für beide Spannungsebenen nach IEC 60287 für die verschiedenen Verlegungsarten ausgeführt. Für die Dimensionierung werden die nachstehenden Vorgaben benötigt:

– Nenn- und max. Betriebsspannung
– Stossspannungshöhe
– Übertragungsleistung oder Nennstrom
– Kurzschlussleistung oder Kurzschlussstrom mit Dauerangabe
– Betriebsart: Dauerbetrieb oder Teillastbetrieb
– Verlegeart
– Umgebungstemperaturen
– Spez. thermischer Widerstand des Bodens

2.1 Leiterwiderstände, Kapazitäten, Induktivitäten

Die Formeln und Tabellenwerte können den Produktdatenblättern entnommen werden. Die Berechnungsformeln sind in Ziffer 4 und den “Formeln” aufgeführt.

2.2 Verluste in Kabeln

In Nieder- und Mittelspannungskabeln fallen praktisch nur die ohmschen Leiterverluste und die Schirmverluste ins Gewicht. Die dielektrischen Verluste sind im Verhältnis zu den ohmschen Verlusten sehr klein. Die ohmschen Leiterverluste sind material- und temperaturabhängig. Für die Berechnung von $P = I^2 \cdot R$ muss der für 20 °C angegebene Leiterwiderstand auf die Betriebstemperatur T des Kabels umgerechnet werden:

$$R_T = R_{20} \cdot \{1 + \alpha\,(T - 20\,°C)\}$$

α = 0.00393 für Kupfer
= 0.00403 für Aluminium

2.3 Feldstärkenverlauf und Ladestrom

Die Isolation der Kabel kann als homogener Zylinderkondensator betrachtet werden. Das Dielektrikum eines Kabels hat einen Feldstärkenverlauf gemäss Bild 1 und gehorcht der Formel:

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

$$E_x = \frac{U_0}{r_x \cdot \ln (r_a/r_i)} \quad [\text{kV/mm}]$$

U_0 = angelegte Phasenspannung [kV]
r_x = Radius an der Stelle x [mm]
r_a = Aussenradius über der Isolation [mm]
r_i = Radius über der inneren Feldbegrenzung [mm]

Der Spannungsgradient (elektrische Feldstärke) ist über dem inneren Halbleiter ($r_x = r_i$) am grössten, über der Isolation (unter dem äusseren Halbleiter, $r_x = r_a$) am kleinsten.

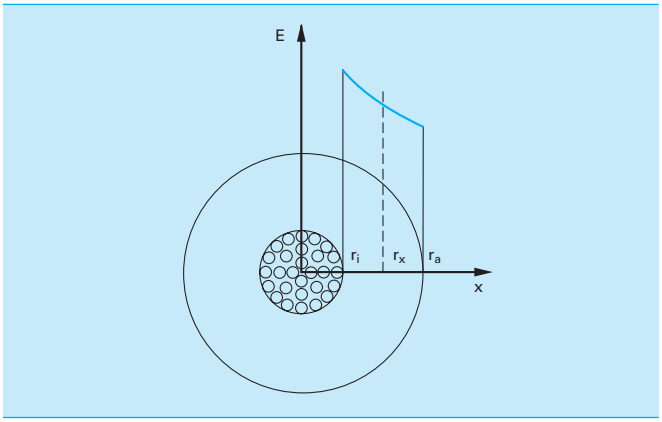


Bild 1: Radialer Feldstärkeverlauf.

2.4 Niederspannungsnetzkabel

Niederspannungsnetzkabel werden in zwei Netzsystemen eingesetzt:

– NS-Netze mit Schutzerdung
– NS-Netze mit Nullung

In jedem System werden bevorzugt unterschiedliche Kabeltypen verwendet:

– In Schutzerdungsnetzen: Vierleiterkabel Typ 3LPE mit leichter bis starker Armierung. Der isolierte PE-Leiter dient als Nullleiter, die Armierung dient als Schutzleiter, zusammen mit einem elektrisch durchverbundenen Wasserleitungssystem.
– In genullten Netzen: Vierleiterkabel Typ 3L mit konzentrischem Aussenleiter, Typ Ceander. Der Aussenleiter dient als PEN-Leiter zwischen den Gebäudeerdern.
– Die Schutzerdung wird wegen der elektrischen Unterbrechungsstellen des Wasserleitungssystems in vermehrtem Masse durch die Nullung abgelöst.
– Armierte Vierleiterkabel lassen sich in genullten Netzen durch Verbinden des Nullleiters mit der Armierung problemlos einsetzen.
– Anders verhält es sich mit den kostengünstigen Ceanderkabeln im schutzgeerdeten System: Der konzentrische Aussenleiter darf nur als PEN-Leiter verwendet werden.

2.5 Mittelspannungsnetzkabel

Mittelspannungsnetzkabel sind mit einem metallischen Schirm versehen, der geerdet sein muss. Im Betrieb entstehen Schirmverluste durch:

– Magnetisierungsströme
– Wirbelströme
– Schirmausgleichsströme infolge induzierter Schirmlängsspannungen

Die Schirme der Mittelspannungsnetzkabel werden im Normalfall beidseitig geerdet. Durch die induzierte Schirmlängsspannung U_{iS} fliesst bei der beidseitigen Schirmerdung der Schirmstrom I_S, der die Schirmzusatzverluste erzeugt. Der Schirmstrom berechnet sich mit:

$$I_S = \frac{U_{iS}}{Z_S}$$

Z_S ist die Schirmimpedanz, die sich gemäss der folgenden Gleichung berechnen lässt:

$$Z_S = \sqrt{R_S^2 + X_S^2}$$

Der Schirmwiderstand kann aus der Geometrie und der Leitfähigkeit des Schirmmaterials errechnet werden. Die Schirmreaktanz X_S für im Dreieck verlegte Kabel lautet:

$$X_S = 1.26 \cdot 10^{-3} \cdot f \cdot \ln \left(\frac{2s}{d_S}\right) \quad [\Omega/\text{km}]$$

f = Frequenz
s = Achsabstand [mm]
d_S = mittlerer Durchmesser des Schirms [mm]

Die Schirmspannung lautet:

$$U_S = Z_S \cdot I \cdot L \quad [\text{V}]$$

I = Leiterstrom [A]
L = Kabellänge [km]

Die Schirmverluste errechnen sich aus der Formel:

$$P_S = I_S^2 \cdot R_S$$

Eine Übersicht über die Betriebsverluste geben die folgenden Kapitel.

2.6 Verseilte Dreileiter- oder gebündelte Einleiterkabel mit Kupferdrahtschirmen

Diese Kabel haben bei einseitiger Erdung bis zu einem Leiterquerschnitt von 240 mm² nur unwesentliche Schirmverluste, bezogen auf die Gesamtverluste. Ab 300 mm²

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Telefon +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

finden praktisch nur noch Einleiterkabel Verwendung, welche im Dreieck gebündelt oder in Ebene berührend verlegt werden sollen. Bei der beidseitigen Schirmerdung übersteigen die Schirmverluste dieser grossquerschnittigen Kabel die 5 %-Grenze, bezogen auf die Gesamtverluste. Für diese Kabel empfiehlt es sich, eine einseitige Schirmerdung vorzusehen, um die Schirmverluste zu senken. Von einer distanzierten Verlegung der Einleiterkabel und gleichzeitiger, beidseitiger Schirmerdung ist abzuraten, da in diesem Fall die Schirmverluste 20–40 % der Gesamtverluste betragen können. Metallschirme, Muffen oder freie Kabelenden sind bei der einseitigen Schirmerdung entsprechend zu isolieren und am freien Ende mit Mantelüberspannungsableitern vor unzulässig hohen Schalt- bzw. atmosphärischen Überspannungen zu schützen. Nachteilig bei der einseitigen Schirmerdung ist der Anstieg der Nullimpedanz, die mit einem zusätzlichen Erdband tief gehalten werden kann.

3. Berechnungsgrundlagen

3.1 Betriebsarten der Kabel

Dauerlast
Bei Dauerlast wird die Last über den ganzen Tag und das ganze Jahr auf einem konstanten Wert gehalten und somit fliesst ein konstanter Strom durch das Kabel. Diese Lastart ist in Mittel- und Niederspannungsnetzen selten anzutreffen. Meistens ist dies nur in Energieerzeugungsanlagen und Unterwerken der Fall.

Industrielast
In Verteilnetzen ist die Belastung meistens zeitabhängig. Für die Auslegung einer Kabelanlage ist es von Vorteil, die Belastungskurve über 24 h zu kennen. Daraus lässt sich der Belastungsgrad (Engl.: load factor, Franz.: facteur de charge) als Verhältniszahl zur Spitzenlast bestimmen. Bei konstanter Netzspannung variiert der Strom. Der Belastungsgrad lässt sich mit einer linearen Integralrechnung bestimmen:

$$BG = \frac{1}{24h \cdot I_{max}} \cdot \int_0^{24h} I(t) \cdot dt$$

Für die Belastungsberechnungen von im Boden verlegten Kabeln ist der Verlustleistungsfaktor von Bedeutung. Dieser Faktor berücksichtigt die Trägheit der Wärmeableitung im Boden. Er lässt sich aus dem quadratischen Integral berechnen (Engl.: loss factor, Franz.: facteur d'utilisation).

$$LF = \frac{1}{24h \cdot I_{max}} \cdot \int_0^{24h} I^2(t) \cdot dt$$

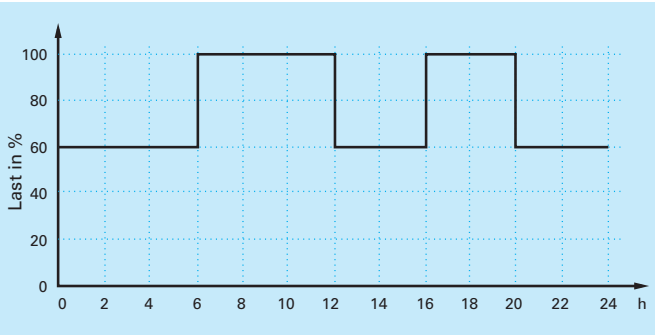


Bild 2: Tageslastkurve für Industrielast, d. h. 10 h 100 % und 14 h 60 % Nennstrom.

3.2 Grenztemperaturen
Die maximal zulässigen Leitertemperaturen sind von den verwendeten Isoliermaterialien und der verlangten Lebensdauer abhängig.

Niederspannungskabel und Mittelspannungskabel	Zulässige Leitertemperaturen		
	Dauerbetrieb °C *	Notbetrieb °C **	Kurzschlussfall °C ***
Vernetztes Polyethylen XLPE und vernetztes EPR (Ethylen-Propylen-Rubber)	90	110	250

* Dauer-Übergangstemperatur zum Erdboden (Kabeloberfläche, Rohr, Rohrblock): 50 °C
** Notbetrieb während 6–8 Stunden pro Tag und maximal 100 Stunden pro Jahr
*** Grenztemperatur nach IEC 60986 und HD 620 S2: bis 5 sec.

3.3 Bestimmung der zulässigen Kurzschlussströme
Die Kurzschlussdauer setzt sich aus der Eigenzeit des Schutzschalters und der Relaiszeit zusammen. Der Kurzschlussstrom wird aus folgenden Netzgrössen abgeleitet:

$$I_{KS} = \frac{S_{KS}}{\sqrt{3} \cdot U_n}$$

I_{KS} = Kurzschlussstrom
S_{KS} = Kurzschlussleistung
U_n = verkettete Nennspannung

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

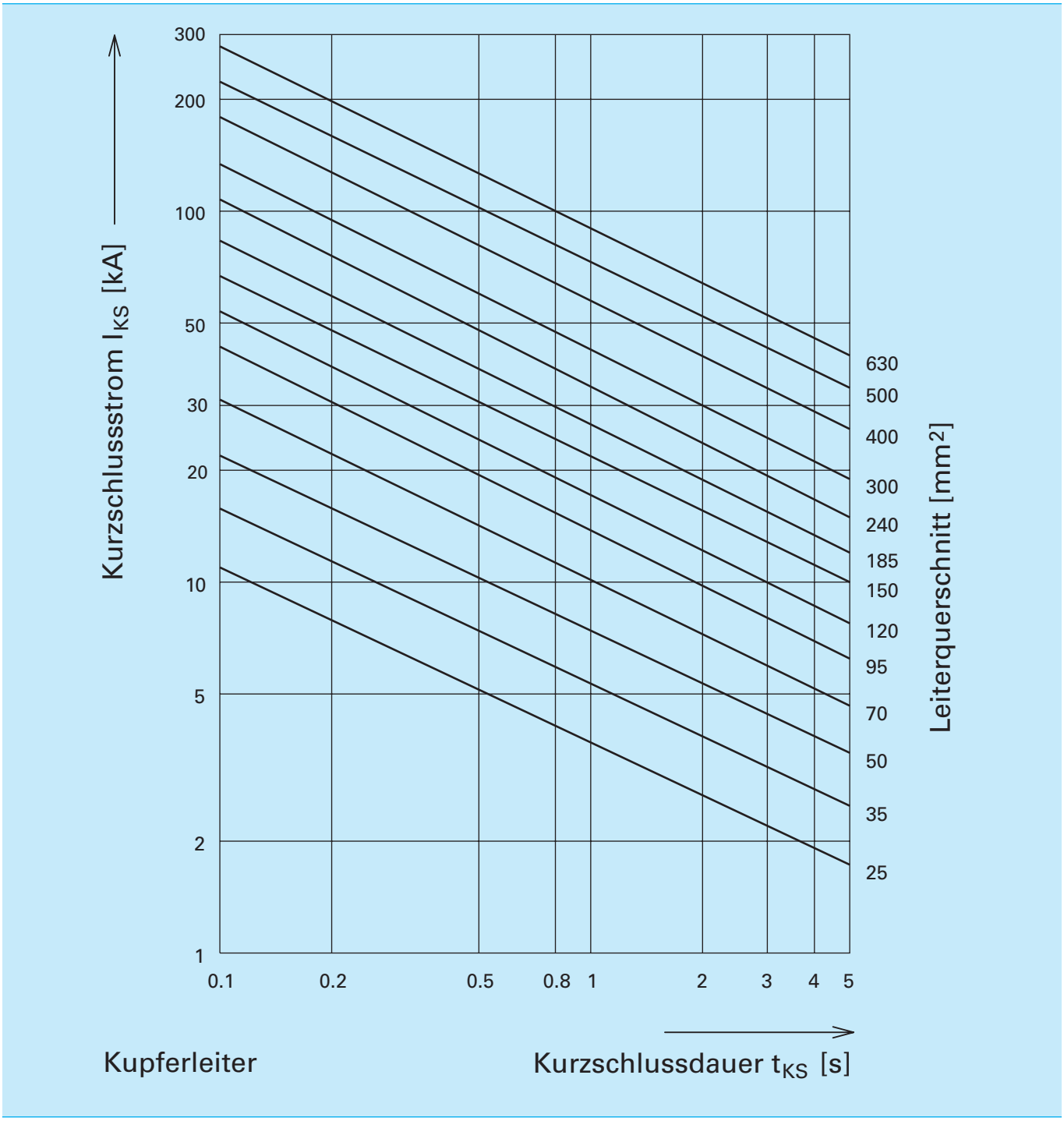


Bild 3: Bestimmung der zulässigen Kurzschlussströme der Kupferleiter.

Dauertemperatur des Leiters bei Beginn des Kurzschlusses: 90 °C
Zulässige Temperatur bei Kurzschlussende: 250 °C

Bei Kurzschlussströmen > 40 kA ist die Grenze der dynamischen Beanspruchung erreicht. Für höhere Kurzschlussströme sind Befestigungsbriden und Kabelgurte gemäss Berechnungsvorgaben einzusetzen.

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Telefon +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

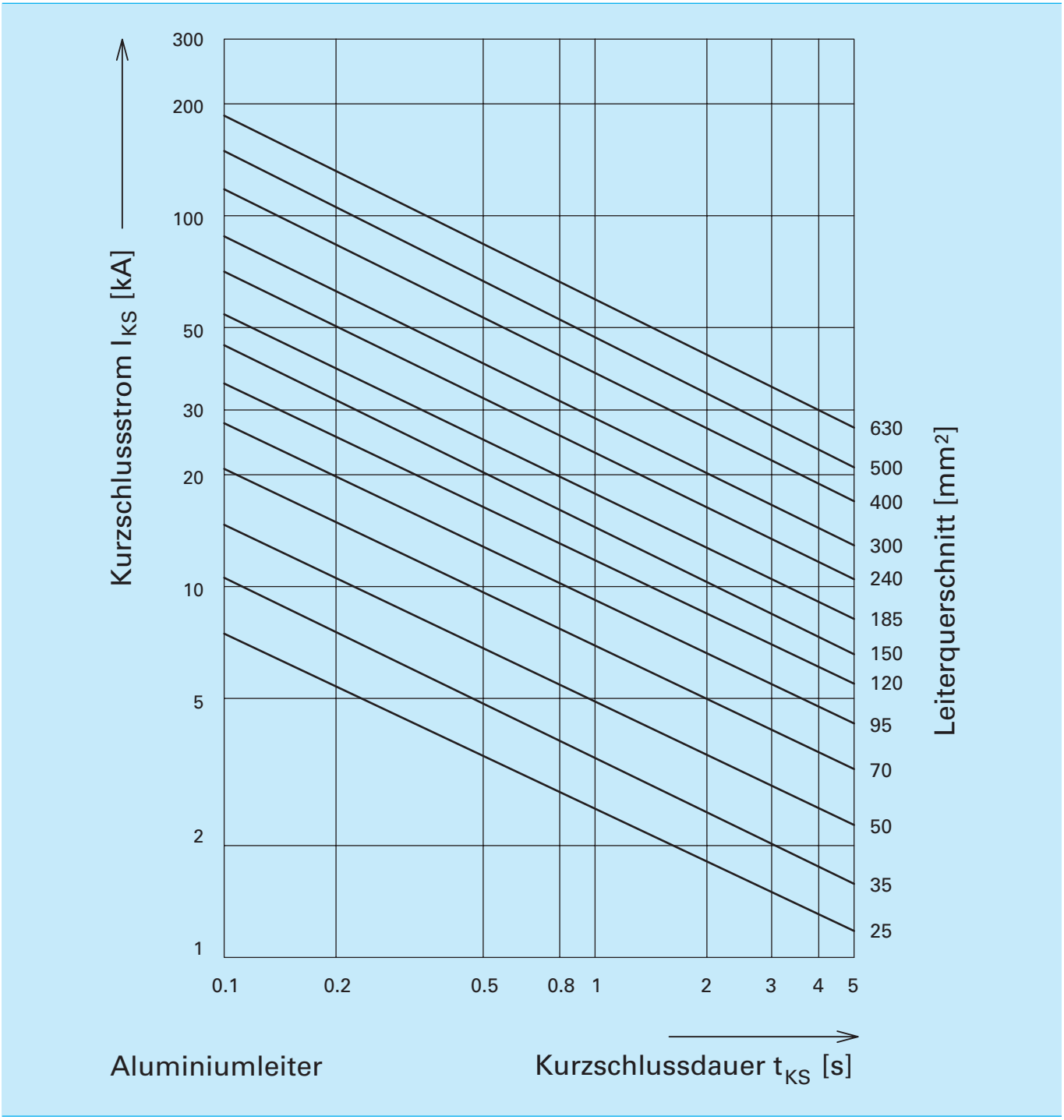


Bild 4: Bestimmung der zulässigen Kurzschlussströme der Aluminiumleiter.

Dauertemperatur des Leiters bei Beginn des Kurzschlusses: 90 °C
Zulässige Temperatur bei Kurzschlussende: 250 °C

Bei Kurzschlussströmen > 40 kA ist die Grenze der dynamischen Beanspruchung erreicht. Für höhere Kurzschlussströme sind Befestigungsbriden und Kabelgurte gemäss Berechnungsvorgaben einzusetzen.

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

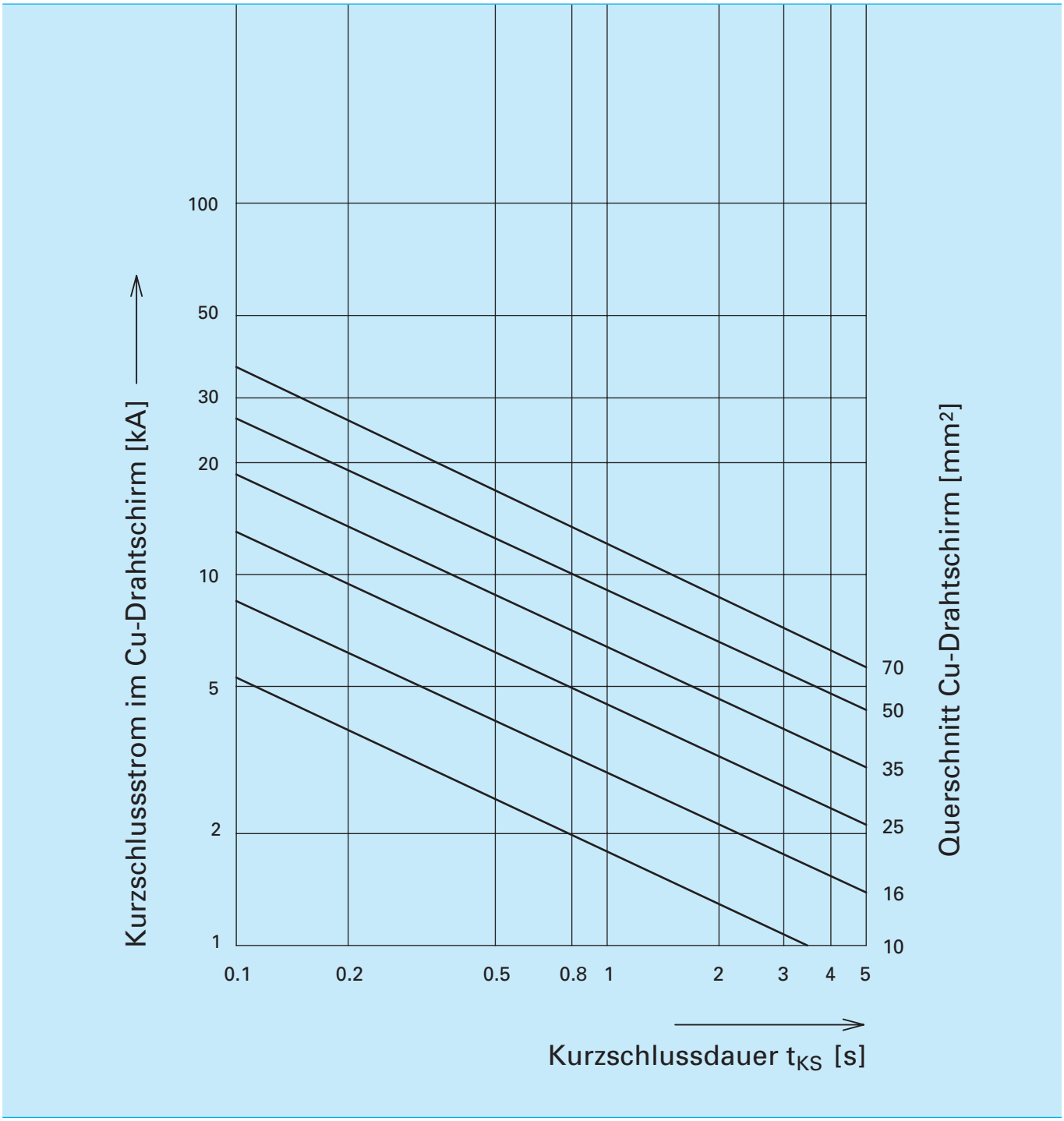


Bild 5: Zulässige Kurzschlussströme im Rundkupferdrahtschirm.

Dauertemperatur des Leiters bei Beginn des Kurzschlusses: 50 °C
Zulässige Temperatur bei Kurzschlussende: 250 °C

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Telefon +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

3.4 Dynamische Beanspruchung der Kabel

Die dynamische Beanspruchung der Kabel lässt sich aus dem Stosskurzschlussstrom ableiten.

$$I_S = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_{KS}$$

I_S = Stosskurzschlussstrom [A]
k = Stossfaktor (allg. mit 1.8 angenommen)
I_{KS} = Kurzschlussstrom [A]

Die dynamische Kraft, die ein umschlingendes Band aufzunehmen hat, ist:

$$F_B' = \beta \cdot \frac{\mu_0 \cdot I_S^2}{2\pi \cdot s} \quad [\text{N/m}]$$

F_B' = radiale Bandbeanspruchung [N/m]
β = Anordnungsfaktor
für ebene Verlegung $\beta = 0.404$
für Verlegung im Dreieck $\beta = 0.5$
μ_0 = Induktionskonstante = $4\pi \cdot 10^{-7}$ [N/A²]
s = Distanz zwischen den Leiterachsen [m]

oder vereinfacht mit k = 1.8:

$$F_B' = 1.3 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{\beta \cdot I_{KS}^2}{s} \quad [\text{N/m}]$$

Bei Kurzschlussströmen über 40 kA ist die Grenze der dynamischen Beanspruchung erreicht. Verseilte Mehrleiterkabel überstehen die Kurzschlusskräfte im Wesentlichen unbeschädigt. Einleiterkabel und die aufgeteilten Enden der Mehrleiterkabel müssen in kurzen Abständen mit Kabelbriden oder Kabelgurten befestigt werden. Brugg Cables verfügt über die entsprechenden Berechnungsprogramme.

3.5 Verlegung der Kabel im Boden

Ein Kabel, das im Boden verlegt ist, kann seine Verlustwärme nur an das umgebende Erdreich abgeben. Für die Wärmeableitung hat der spezifische thermische Widerstand des Erdbodens ρ_E einen massgebenden Einfluss. Die Dichte und der Feuchtigkeitsgehalt des umgebenden Materials bestimmen diesen ρ_E-Wert. Der spezifische thermische Widerstand eines Materials schwankt stark mit dem Feuchtigkeitsgehalt. Im trockenen Zustand sind die Werte etwa doppelt so gross wie im feuchten. Mit höherer Materialdichte sinken die Wärmewiderstände.

Im nicht gestörten Zustand weisen die meisten Materialien einen spezifischen thermischen Widerstand von 0.6–0.8 K·m/W auf. In Anbetracht der Abhängigkeit zwischen Temperatur und Feuchtigkeit ist der für die Berechnungen angenommene Grenzwert ρ_E = 1 K·m/W richtig gewählt. Dieser Wert entspricht IEC 60287.

Beton hat einen tiefen spezifischen thermischen Widerstand und ist relativ wenig feuchtigkeitsabhängig. Zudem wird die Berührungsfläche zum Erdreich durch einen Betonrohrblock vergrössert, was die Wämeableitung begünstigt.

3.6 Bedingungen für die Berechnung der Belastbarkeiten

Verlegung im Boden, direkt in Erde oder in Rohren

Berechnung für ein Kabelsystem

– Dauerlastbetrieb	24 h 100 %
Belastungsgrad	BG = 1
Verlustleistungsfaktor	LF = 1
– Industrielastbetrieb	10 h 100 %, 14 h 60 %
Belastungsgrad	BG = 0.767
Verlustleistungsfaktor	LF = 0.627
– Leitertemperatur	60 °C, 90 °C
– Verlegetiefe	1 m
– Temperatur im Boden	20 °C
– Spezifischer thermischer Widerstand des Bodens	1 K·m/W

Verlegung in Luft

Berechnung für ein Kabelsystem

– Dauerbetrieb	24 h 100 %
Verlustleistungsfaktor	LF = 1
– Leitertemperatur	60 °C, 90 °C
– Temperatur der Luft	30 °C

3.7 Bestimmung des Querschnitts

Der Leiterquerschnitt kann wie folgt bestimmt werden:

1. Berechnen des Betriebsstroms aus der Übertragungsleistung:

$$I_B = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}$$

I_B = Betriebsstrom [A]
S = Übertragungsleistung [kVA]
U = verkettete Netzspannung [kV]

2. Art der Verlegung ermitteln (im Boden, in Rohren oder direkt in Erde, in Luft).
3. Schirmerdungsart ermitteln.
4. Bei Abweichungen von Normalbedingungen: Korrekturfaktoren gemäss Kapitel 4 mit einbeziehen.
5. Leiterquerschnitt aus Strombelastbarkeitstabellen bestimmen.
6. Mittelspannungskabel: Kurzschlussfestigkeit des ausgewählten Leiterquerschnitts und der metallischen Abschirmung überprüfen. Eventuell ist der Querschnitt wegen der Kurzschlussfestigkeit zu erhöhen.

Berechnung des Kurzschlussstroms aus der Kurzschlussleistung:

$$I_{KS} = \frac{S_{KS}}{\sqrt{3} \cdot U}$$

I_{KS} = Kurzschlussstrom [kA]
S_{KS} = Kurzschlusswechselstromleistung [MVA]
U = verkettete Netzspannung [kV]

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

7. Niederspannungskabel: Der Spannungsabfall ist für einen ausgewählten Querschnitt zu berechnen und mit den Vorgaben zu vergleichen. Je nach Ergebnis ist der Querschnitt höher auszuwählen.
8. Bestimmung des wirtschaftlichen Leiterquerschnitts gemäss Kapitel 5.

4. Tabellen und Korrekturfaktoren

4.1 Maximale Gleichstrom-Leiterwiderstände nach IEC 60228 bei 20 °C Leitertemperatur

Leiter-querschnitt mm²	Kupfer Ω/km	Aluminium Ω/km
1.5	12.10	—
2.5	7.41	—
4	4.61	—
6	3.08	—
10	1.83	3.08
16	1.15	1.91
25	0.727	1.20
35	0.524	0.868
50	0.387	0.641
70	0.268	0.443
95	0.193	0.320
120	0.153	0.253
150	0.124	0.206
185	0.0991	0.164
240	0.0754	0.125
300	0.0601	0.100
400	0.0470	0.0778
500	0.0366	0.0605
630	0.0283	0.0469
800	0.0221	0.0367

4.2 Umrechnungsfaktoren für den Gleichstrom-Leiterwiderstand bei von 20 °C abweichenden Temperaturen

Leiter-temperatur °C	Faktor $1 + (\alpha_{20} \cdot \Delta\vartheta)$ Kupfer	Aluminium
20	1.000	1.000
25	1.020	1.020
30	1.039	1.040
35	1.059	1.060
40	1.079	1.081
45	1.098	1.101
50	1.118	1.121
55	1.138	1.141
60	1.157	1.161
65	1.177	1.182
70	1.196	1.204
75	1.216	1.225
80	1.236	1.245
85	1.255	1.265
90	1.275	1.285
95	1.293	1.305
100	1.314	1.325

4.3 Umrechnungsfaktoren der Strombelastbarkeit bei abweichender Umgebungstemperatur

Verlegung der Kabel in Kunststoffrohren in Erde

Leiter-temperatur °C	Bodentemperatur °C 10	20	30	40
60	1.10	1.00	0.91	0.87
75	1.08	1.00	0.92	0.86
90	1.07	1.00	0.93	0.85

Verlegung der Kabel in Luft

Leiter-temperatur °C	Lufttemperatur °C 10	20	30	40	50
60	1.35	1.18	1.00	0.79	0.52
75	1.24	1.12	1.00	0.86	0.71
90	1.18	1.09	1.00	0.90	0.79

Bei parallel verlegten Kabeln in Luft (ungehinderte Luftzirkulation), mit Abstand zwischen den Kabeln > 0.75 x Kabeldurchmesser, ist keine Reduktion zu berücksichtigen.

4.4 Umrechnungsfaktoren der Strombelastbarkeit für Parallelverlegung

Dreileiter-Mittelspannungskabel in Kunststoffrohren parallel verlegt, Achsabstand 25 cm

XKDT-YT 3x1x...	Querschnitt 25–70 mm²	95–240 mm²
	0.90	0.85
	0.78	0.75
	0.72	0.70

4.5 Umrechnungsfaktoren der Strombelastbarkeit bei abweichendem, spezifischem thermischem Bodenwiderstand

Verlegung der Kabel in Kunststoffrohren in Erde

Querschnitt mm²	Spezifischer thermischer Bodenwiderstand (K · m/W) 0.7	1.0	1.2	1.5	2.0	2.5	3.0
25 bis 95	1.13	1.00	0.94	0.84	0.75	0.68	0.63
120 bis 630	1.14	1.00	0.93	0.84	0.73	0.66	0.61

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

BRUGG CABLES Well connected. Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Telefon +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

5. Bestimmung des wirtschaftlichen Querschnittes

In den Strombelastungstabellen sind die maximal zulässigen, thermischen Betriebsströme aufgeführt. Die wirtschaftliche Strombelastbarkeit liegt in der Regel wesentlich tiefer als der thermische Grenzstrom. Deshalb ist es in vielen Fällen angezeigt, einen höheren Leiterquerschnitt mit Bezug auf die Wirtschaftlichkeit zu überprüfen. Die Erfahrung hat gezeigt, dass die Mehrkosten für den nächstgrösseren Leiterquerschnitt durch die geringeren ohmschen Verluste in wenigen Jahren amortisiert werden.

Der wirtschaftliche Leiterquerschnitt steigt mit:

- dem höheren Einkaufspreis der Elektrizität,
- steigender Benutzungsdauer,
- längerer Abschreibungsdauer,
- fallendem Zinssatz,
- fallendem Preisunterschied des Kabels mit dem nächstgrösseren Leiterquerschnitt.

Der wirtschaftliche Leiterquerschnitt kann aus der Differenz der Kabelpreise und den eingesparten und kapitalisierten ohmschen Verlusten berechnet werden. Die speziellen Berechnungen lassen sich mit den Berechnungsprogrammen von Brugg Cables auf Anfrage durchführen.

6. Spannungsabfall

Der Spannungsabfall ist vor allem bei Niederspannungsnetzen mitbestimmend für die Wahl eines Kabelquerschnittes. Bei Kabellängen über ca. 250 m wirkt der Spannungsabfall belastungsmindernd. Schematisch lässt er sich wie folgt darstellen:

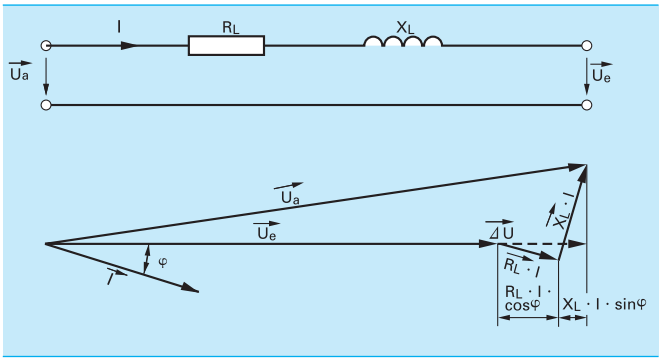


Bild 6: Schematische Darstellung des Spannungsabfalls

In einem gut ausgelegten Versorgungsnetz sollte der Spannungsabfall zwischen dem sekundärseitigen Abgang des Quartiertransformators und dem Hausanschlusskasten maximal 3 % betragen, da der problemlose Betrieb spannungsempfindlicher Geräte wie von Radios, Fernsehern, speicherprogrammierbaren Geräten, Leuchten usw. stark von einer konstanten Spannung, d. h. voller Spannungshöhe ohne Schwankungen, abhängt. Nur in Ausnahmefällen, bei denen ein hoher Aufwand für den Anschluss nicht mehr wirtschaftlich ist, z. B. bei abseits gelegenen Abnehmern, ist ein Unterschied von 5–7 % vertretbar. Der zusätzliche Spannungsverlust in der Hausinstallation wird meist mit 2 % angesetzt und ist ebenfalls zu berücksichtigen.

Der Spannungsunterschied ΔU wird in Prozenten der Betriebsspannung U angegeben. Er beträgt für eine bekannte Übertragungsleitung P:

$$\Delta U = \frac{P \cdot L \cdot 100 \cdot (R_w \cdot \cos\varphi + X_L \cdot \sin\varphi)}{U_v^2 \cdot \cos\varphi}$$

oder bei einem bekannten Strom I:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot 100 \cdot (R_w \cdot \cos\varphi + X_L \cdot \sin\varphi)}{U_v \cdot \cos\varphi}$$

P = Übertragungsleistung [W]
L = Trasseelänge [km]
R_w = Wirkwiderstand der Leitung [Ω/km]
X_L = induktiver Widerstand der Leitung [Ω/km]
U_v = verkettete Netzspannung [V]
ΔU = Spannungsunterschied [%]
I = Strom [A]
φ = Phasenwinkel der Last

Näherungsformel für die Abschätzung des Spannungsabfalls:

$$\Delta U = \frac{Z_{60} \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot 100}{U_v}$$

Z_{60} = Impedanz bei 60°C und 50 Hz
Werte siehe unter den Kabeldatenblättern.

Der Spannungsunterschied ist dem Lastmoment P·L direkt proportional. Zum Bestimmen des Leiterquerschnittes kann für die Betriebsspannung U/U_0 = 400/230 V Bild 7 benutzt werden.

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

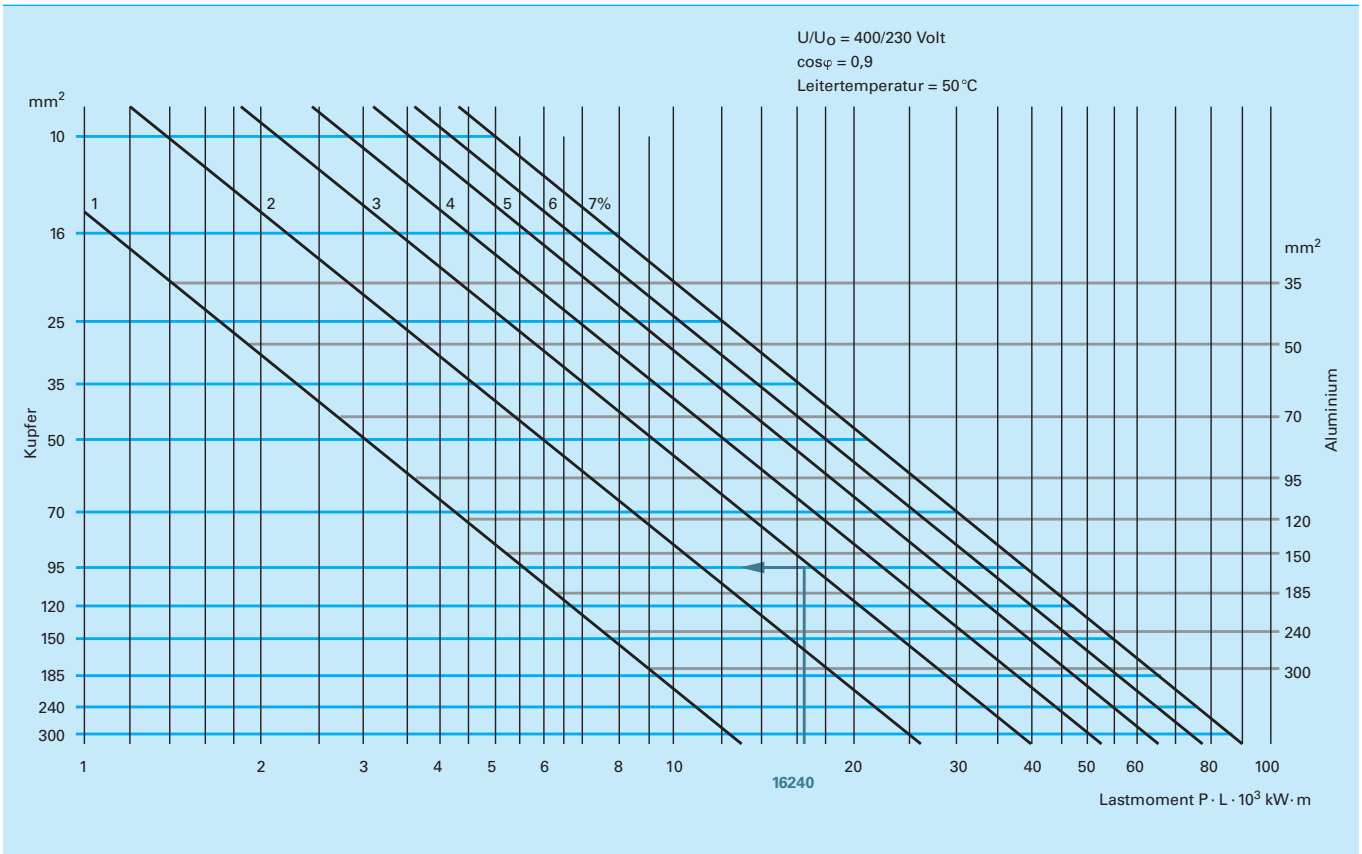


Bild 7: Kabelquerschnitt unter Mitberücksichtigung des Spannungsabfalls.

Beispiel: Gegeben ist der folgende Fall mit Trafostation:

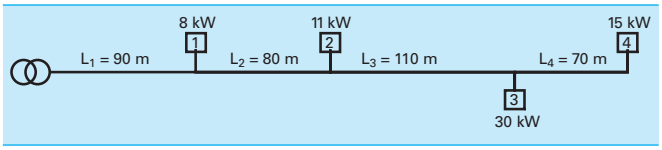


Bild 8: Niederspannungsstrang.

Gesucht: Kabelquerschnitt in Cu für $\Delta U = 3\,\%$

Lösung:

1. Lastmomente errechnen

$P_1 \cdot L_1$	= 8 kW · 90 m =	720 kW · m
$P_2 \cdot (L_1 + L_2)$	= 11 kW · 170 m =	1 870 kW · m
$P_3 \cdot (L_1 + L_2 + L_3)$	= 30 kW · 280 m =	8 400 kW · m
$P_4 \cdot (L_1 + L_2 + L_3 + L_4)$	= 15 kW · 350 m =	5 250 kW · m
		16 240 kW · m

2. Aus dem Diagramm können die Querschnitte und effektiven Spannungsabfälle direkt abgelesen werden. In diesem Fall:

   Beim Lastmoment 16240 kW · m und max. 3% Spannungsabfall ergibt sich der minimale Leiterquerschnitt Cu = 95 mm²

7. Erdung der Kabelabschirmungen

Wird der Kabelschirm einseitig an Erde gelegt, entsteht in der Abschirmung eine vom Leiterstrom induzierte Längsspannung. Aus Sicherheitsgründen werden die Kabelschirme von Mittelspannungskabeln normalerweise beidseitig starr geerdet. Es fliesst deshalb in den Abschirmungen ein Strom, der von der induzierten Mantellängsspannung hervorgerufen wird. Der Betrag des Schirmstroms ist proportional zum Leiterstrom. Bei distanzierter Verlegung und Kabelquerschnitten über 240 mm² wird wegen der hohen Schirmverluste oder bei Gefahr vor Potenzialverschleppung die einseitige Schirmerdung empfohlen. Um die Sicherheit trotzdem zu gewährleisten, muss das offene Ende jeder Phase mit einem Überspannungsableiter geschützt und der gesamte Aufbau mit einer Vorsichtstafel versehen werden. Das Prinzip der einseitigen Schirmerdung ist aus Bild 9 ersichtlich.
Kabelschirme und Kabelendverschlüsse sind als unter Spannung stehend zu betrachten. Die Auslegung der Überspannungsableiter hängt vom Kurzschlussstrom und von der Verlegeanordnung ab.

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Telefon +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

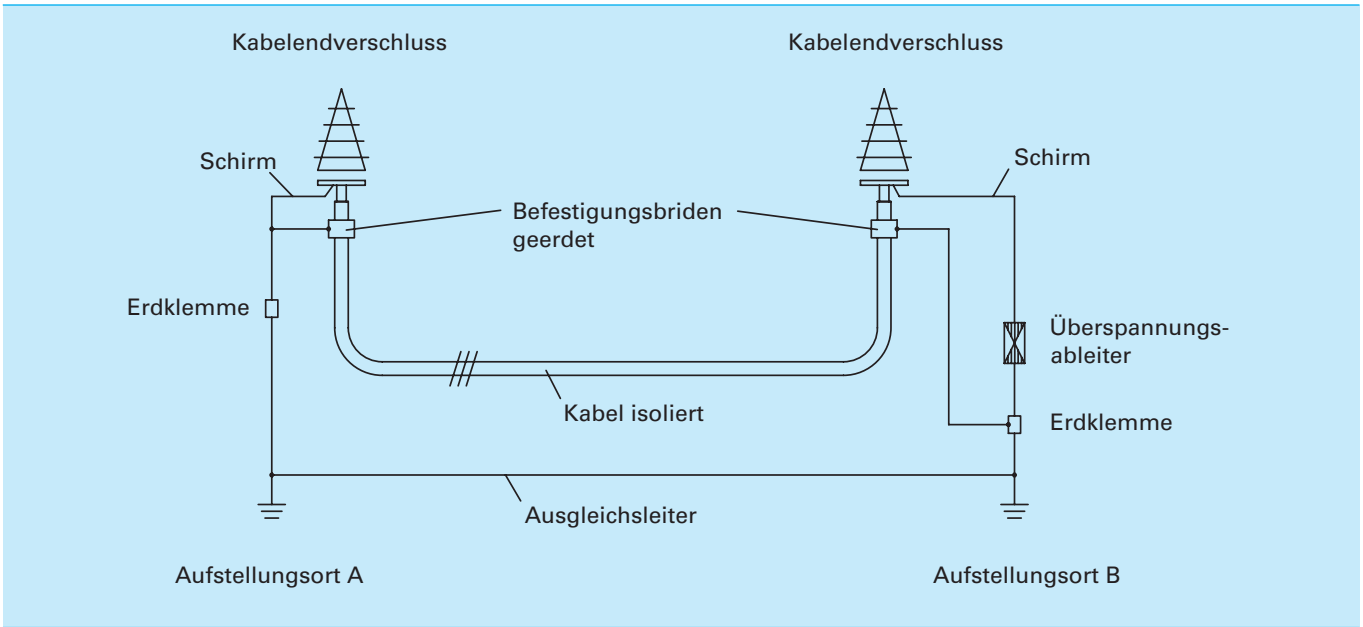


Bild 9: Prinzip der einseitigen Schirmerdung.

8. Mehrere parallel geschaltete Kabel pro Phase. Stromaufteilung im Dreiphasen-System

Die Parallelschaltung von Kabeln drängt sich vor allem in der Niederspannung auf, wenn hohe Ströme zu übertragen sind. Dies gilt natürlich gleichwohl für die Mittelspannung, wenn hohe Ströme auftreten. Die nachstehende Beschreibung bezieht sich auf Niederspannungs-Dreileitersysteme mit Nullleiter.

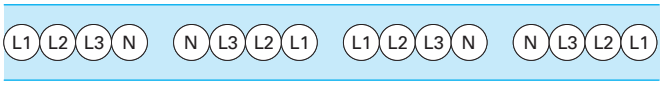
Ein Drei- oder Vierleiterkabel mit regelmässiger Verseilung stellt ein perfektes, symmetrisches System mit ausgeglichenen Phasenreaktanzen dar. Durch die Wahl gleicher Querschnitte und Verlegelängen wird eine sehr gute Stromverteilung erreicht.

Werden nicht verseilte Einleiterkabel eingesetzt, ist vordringlich darauf zu achten, dass die Induktivitäten der Parallelleiter jeder Phase gleich gross sind. Dies lässt sich mit symmetrischen Phasenanordnungen bezüglich eines Punktes oder einer Achse erreichen. Jeder Leiter ist in diesem Fall der gleichen Rückwirkung (Gegeninduktivität) aller anderen Leiter ausgesetzt.

Mit zwei oder vier Parallelsystemen (-strängen) kann normalerweise eine sehr gute Symmetrie und Stromaufteilung erreicht werden. Für ein System mit drei Parallelleitern ist eine Dreieckanordnung zu empfehlen. Enorm wichtig ist, dass die Teilstränge eines Parallelleitersystems in Einzelsträngen von L1, L2, L3, N angeordnet werden, die mit Vorteil berührend verlegt werden.

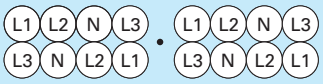
Anordnung von Einleiterkabeln mit 2 resp. 4 Parallelkabelsystemen

in gleicher Ebene



Achsensymmetrie

im Viereck (oder Dreieck)



Punktsymmetrie

Bild 10: Anordnung Einleiterkabel.

9. NISV und elektromagnetische Verträglichkeit

NISV heisst: nichtionisierende Strahlungsverordnung. Unter die nichtionisierenden Strahlungen fallen die elektromagnetischen Strahlen.

Niederspannungs- und Mittelspannungsnetzkabel haben beide eine Abschirmung, sowohl als Ein-, Drei- wie auch als Vierleiterkabel. Diese Abschirmung ist mindestens einseitig, sicherheitsmässig besser zweiseitig an Erde zu legen. Durch diese Erdung wird das elektrische Potenzial auf Null gelegt. Innerhalb der Abschirmung weist das Kabel eine elektrische Feldstärke entsprechend seiner Betriebsspannung auf, ausserhalb beträgt die elektrische Strahlung Null. Ungeschirmte Kabel haben diesen Vorteil nicht; man trifft diese Kabel in der Niederspannung an und dort muss die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) sehr speziell beurteilt werden.

Niederspannungs-Drei- und -Vierleiterkabel sowie Einleiter-Niederspannungs- und Mittelspannungs-Netzkabel, die im gleichen Rohr in Erde verlegt sind, bedürfen keines NISV-Nachweises. Den Hintergrund bilden die kleinen Abstände zwischen den drei Phasenleitern, die nur niedrige elektromagnetische Felder (EMF) verursachen, die als unkritisch beurteilt werden.

Magnetische Strahlung

Die magnetischen Strahlungen von Mittelspannungskabeln sind in den Verteilnetzen extrem selten kritisch hoch, d. h. über 1 µT (1 Mikrotesla). In den Niederspannungsabgängen von Transformatoren mit hohen Strömen oder bei Sammelschienenabgängen können hohe magnetische Feldstärken entstehen. In diesen Fällen ist es wichtig, die geometrische Anordnung von Einleiterkabeln physikalisch richtig und handwerklich optimal auszulegen. Es ist extrem wichtig, die einfachen Regeln für die Verlegung und die Führung der Kabel gemäss dem vorausgegangenen Unterkapitel «Stromaufteilung im Dreiphasensystem» in der Praxis anzuwenden. Die Erfahrung hat auch gezeigt, dass vier Einleiterkabel L1, L2, L3 und N, zu einem symmetrischen Vierleiterkabel verseilt, die geringsten Abweichungen in Bezug auf die Stromaufteilung von parallel geschalteten Phasenleitern ergeben.

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Telefon +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

Transport und Verlegung

1. Einleitung

Die Betriebssicherheit einer Kabelanlage hängt neben der Kabelqualität weitgehend von einer sorgfältigen Verlegung und der Montage ab. Jedes Kabel wird gewissenhaft und sorgfältig hergestellt, nach jedem Arbeitsgang eingehend kontrolliert und einer strengen Schlussprüfung im Werk unterzogen. Die nachfolgenden Unterlagen zeigen die wichtigsten Punkte, die beim Transport und bei der Kabelverlegung zu berücksichtigen sind. Es ist unerlässlich, bei Kabelarbeiten die Arbeit aufs Strengste zu überwachen, weil das hinzugezogene Hilfspersonal im Allgemeinen auf diesem Gebiet zu wenig erfahren ist. Jeder einzelne Arbeiter muss sich die Konsequenzen eines Knickes oder einer übermässigen Verformung des Kabels vor Augen halten. Transport- und Verlegeschäden rühren durchwegs von fehlerhaften Konzeptionen oder ungenügender Vorbereitung her.

Die Art der Kabelverlegung sollte schon beim Projekt festgelegt werden, damit die Grab- und Vorbereitungsarbeiten entsprechend durchgeführt werden. Nur so lassen sich kostspielige Nacharbeiten vermeiden.

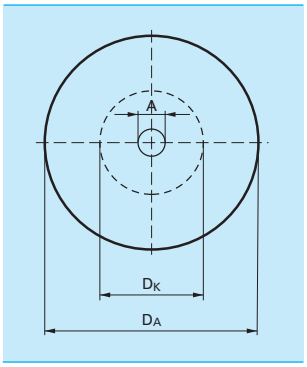
2. Kabelrollen

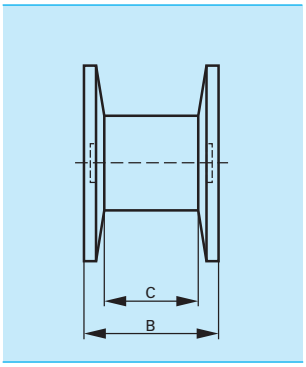
Die Kabel werden im Allgemeinen auf Rollen geliefert. Bei der Kabelrolle muss der Kerndurchmesser dem Kabeldurchmesser angepasst sein und das Fassungsvermögen der Kabelrolle dem vorgesehenen Kabel entsprechen.

Der Mindestdurchmesser des Rollenkernes muss folgende Werte aufweisen, wenn der Kabelaussendurchmesser mit d bezeichnet wird.

Minimaler Rollenkerndurchmesser	
Einleiterkabel	
Niederspannungskabel	20 · d
Mittelspannungskabel	25 · d
Mehrleiterkabel	
Polymerisoliert	20 · d
Papierisoliert	25 · d

Abmessungen und Gewichte von Kabelrollen





Typ	Abmessungen mm D_A	D_K	C	B	A	Leer-gewicht kg	Kabel-gewicht kg
AK	800	400	450	550	90	15	250
BBE	1050	550	600	695	90	90	650
BE	1300	700	700	790	90	120	2 000
CCE	1600	800	800	890	90	165	3 500
CE	1650	965	610	750	90	170	2 500
CEs	1650	965	800	950	90	195	2 500
DE	1900	1160	1000	1175	90	295	4 000
DEs	1900	1400	1000	1175	90	290	4 000
FE	2200	1400	1000	1175	90	380	6 400
GE	2400	1500	1000	1165	90	510	8 000
HE	2600	1680	1000	1175	90	560	10 000
HEB	2600	1680	1225	1400	90	650	10 000
KE	3000	2000	1225	1400	105	900	12 000
OHE	3000	2000	1360	1560	105	970	12 000
OHEs	3150	2000	1360	1560	105	1000	15 000
OHEsp	3150	1500	1360	1560	105	910	15 000
WE20S	3800	2000	1360	1620	145	1450	20 000
WE355	3550	2000	1400	1620	145	1500	20 000

So behandelt man Kabelrollen

Beim Abladen dürfen Kabelrollen nie vom Wagen geworfen werden, auch nicht bei weichem Boden, denn sie sind nicht für solche Beanspruchungen vorgesehen. Zudem könnten Kabelrollen und Kabel beschädigt werden. Die Kabelrollen sollten auf einem Kabeltransportanhänger mit Auf- und Abladevorrichtung transportiert werden. Allenfalls muss mit Hilfe einer Rampe oder eines Kranes auf- oder abgeladen werden. Über kurze Strecken lässt sich die Rolle rollen. Beim Rollen muss sich das Kabel strecken (das obere Ende schaut nach hinten). Mit Hilfe einer Welle und eines Bockes kann eine Rolle auf dem Platz gedreht werden.

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

Fassungsvermögen von Kabelrollen in Metern

Minimaler Rollenkerndurchmesser siehe Ziffer 2.

Kabel Ø mm	BBE	BE	CCE	CE	CEs	DE	DEs	FE	GE	HE	HEB	KE	OHE	OHEs	OHEsp	WE20S	WE355
8	3977	7707															
10	2650	4961	9840	6680	8761												
12	1720	3425	6595	4483	5918		6179										
14	1255	2504	4882	3363	4458	7203	4587										
15	1100	2173	4139	2973	3701	6054	3931	7891									
16	928	1904	3747	2510	3303	5417	3376	7100	8807								
17	891	1691	3366	2176	2922	4808	3180	6340	7512	8679							
18	756	1449	2796	1920	2560	4306	2730	5361	6814	7891							
19	720	1259	2518	1732	2273	3826	2597	4785	6142	7132							
20	619	1240	2435	1642	2190	3440	2233	4646	5610	6534							
21	585	1061	2169	1466	1921	3005	2111	4101	4991	5832	7197	8819					
22	492	895	1916	1250	1667	2905	1782	3668	4503	5282	6456	8432					
23	479	876	1677	1216	1590	2562	1711	3256	4037	4756	5862	7709	8582				
24	394	856	1648	1061	1401	2238	1413	3130	3882	4253	5291	7013	7701				
25	382	732	1470	1028	1371	2201	1385	2818	3534	4182	5123	6346	6993	8482			
26	370	686	1394	885	1154	1898	1322	2697	3384	3706	4584	5707	6317	7741			
27	357	575	1228	853	1125	1862	1292	2404	3056	3349	4073	5501	6112	7500			
28	284	580	1199	821	1095	1775	1034	2290	2664	3189	3918	4903	5473	6796			
29	272	562	1044	727	935	1548	1008	2019	2606	2856	3528	4819	5278	6124	8469		
30	275	543	1015	698	907	1513	982	1972	2547	2789	3381	4257	4789	6032	7952		
31	263	443	871	668	879	1477	956	1719	2258	2475	3016	4175	4603	5394	7275		
32	200	426	879	583	767	1269	759	1675	2201	2412	2956	3749	4144	5303	6785		
33	202	429	851	555	741	1235	737	1630	1931	2347	2895	3670	4067	4820	6692		
34	192	412	823	825	715	1202	715	1585	1878	2058	2555	3268	3631	4731	6214		
35	193	343	693	531	688	1013	692	1357	1823	1998	2497	3193	3466	4161	5603	7923	6616
36	183	328	699	428	588	982	670	1316	1577	1937	2439	3117	3392	4074	5506	7356	5928
37		312	672	430	565	988	672	1322	1586	1738	2125	2744	2994	3647	5066	6807	5808
38		314	582	433	568	956	649	1113	1535	1682	2070	2673	2924	3564	4969	6664	5312
39		299	558	408	544	787	488	1075	1484	1625	2015	2602	2853	3481	4548	6317	5195
40		301	562	410	547	791	490	1080	1314	1633	1960	2529	2866	3178	4586	6183	4866
42		228	542	321	435	735	453	1003	1221	1338	1687	2204	2432	3020	4082	5532	4683
44		216	438	301	416	710	435	826	1024	1291	1584	2069	2299	2575	3601	4909	4078
46		219	419	304	397	568	418	795	985	1080	1338	1774	1979	2511	3259	4478	3676
48			399	227	302	545	291	763	947	1037	1296	1719	1925	2181	2929	4061	3291
50			331	229	305	550	292	640	813	1045	1254	1447	1628	2120	2862	3659	3206
52			314	211	288	423	278	613	778	854	1033	1396	1578	1814	2547	3559	2732
54				163	207	404	264	472	618	814	995	1150	1307	1757	2248	3178	2648
56				149	209	384	251	448	588	646	798	1104	1262	1476	2183	3078	2418
58				150	195	387	161	451	592	649	802	1111	1216	1424	1904	2721	2338
60				151	196	281	152	427	560	615	769	1064	1170	1371	1841	2623	2022
62				137	182	283	153	429	454	618	734	849	938	1124	1776	2292	1946
64				138	184	266	144	405	428	471	596	853	943	1130	1599	2313	1869
66						268	144	313	431	473	569	812	903	1082	1538	2000	1671
68						251	135	294	404	444	571	817	907	1089	1369	2017	1600
70						253	135	295	406	446	542	775	866	1040	1313	1927	1612
72						236	126	275	379	416	544	630	667	825	1255	1640	1348
74						169	126	277	381	418	515	595	670	829	1266	1653	1281
76						170	126	278	294	420	517	598	635	787	1049	1387	1290
78							117	258	273	300	375	563	638	790	1058	1397	1055
80							117	259	274	301	376	565	640	794	1067	1407	1062
82							117	186	275	302	353	529	605	751	1012	1329	1068
84							108	171	253	278	354	532	608	608	873	1169	1007
86								171	254	279	356	412	441	572	824	1098	1013
88								172	256	280	331	384	443	574	830	1105	805
90								173	257	281	333	385	444	577	836	1112	810
92								157	234	257	334	386	416	540	786	894	814
94									167	258	335	388	418	543	664	899	760
96									168	185	222	359	419	545	668	904	764
98									169	186	223	360	390	508	624	840	768
100									169	186	223	361	392	392	628	844	637
104										168	206	333	394	394		720	594
108										169	207	240	262	366		667	549
112										152	190	220	264	369		673	554
116												221	243	340		618	446
120												222	244	342		513	408

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Telefon +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

3. Kabeltrasseebau
Trassees sind möglichst gradlinig zu führen und enge Kurven innerhalb des Trassees sind zu vermeiden. Zug- und Muffenschächte sind so zu platzieren, dass die Zugänglichkeit für Materialtransporte gewährleistet ist. An den Endpunkten ist Platz vorzusehen für die Aufstellung von Zugmaschine bzw. Kabelrollen. Bei Einführungen in Gebäude sind Öffnungen für das Zugseil nötig.

Offener Kabelgraben
Im Kabelgraben darf bis nach dem Kabelzug keine Erde von den Wänden oder vom Aushub auf den Grabengrund fallen. Wenn nötig, sind Spreizwände einzubauen. Der Grabenboden muss eben sein. Vorstehende Steine sind zu entfernen. Eine raue Grabensohle muss mit einer Schicht Sand von etwa 10 cm egalisiert werden. Diese Massnahme ist bei unarmierten Kabeln unerlässlich. Über die Kabel ist wiederum eine Schicht Sand von etwa 20 cm oder thermisch stabiles Rückfüllmaterial einzubringen.

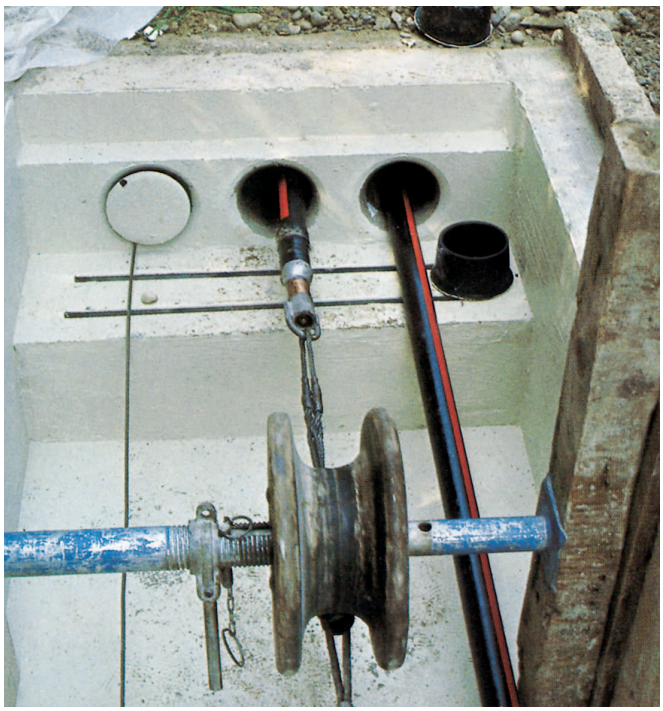
Rohranlagen mit Kunststoffrohren
In der Schweiz werden für die Kabel üblicherweise Kunststoffrohranlagen erstellt. Dieses System hat den grossen Vorteil, dass normalerweise auch längere Trassees keine Zwischenschächte erfordern, aufgrund des kleinen Reibungskoeffizienten zwischen Kabel und Rohr. Die Rohranlage kann im Voraus, zusammen mit andern Bauarbeiten, erstellt werden.

Materialien
Kabelschutzrohre und Zubehör werden aus folgenden thermoplastischen Kunststoffen geliefert:
- Polyethylen (PE)
- Polypropylen (PP)
- Polyvinylchlorid (PVC)

Rohrdurchmesser
Die Längenänderung der Kabel bei Erwärmung muss im Rohr stattfinden, in Muffenschächten sind deshalb Verankerungsbriden zu setzen. Der innere Rohrdurchmesser sollte die folgenden Abmessungen aufweisen:
- 1.4 bis 2.0 x Kabeldurchmesser bei 1 Kabel pro Rohr
- 2.6 bis 3.5 x Kabeldurchmesser bei 3 Kabel pro Rohr

Rohrverbindungen
Es ist auf eine saubere Verlegung und Montage der Rohranlage zu achten. Die Rohre werden standardmässig in Stangen von 5 m und 10 m geliefert und müssen dicht zusammengemufft werden. Infolge des relativ hohen linearen Ausdehnungskoeffizienten von thermoplastischen Kunststoffen ist der Längenänderung bei grossen Temperaturschwankungen während der Verlegephase Beachtung zu schenken.

Eine Temperaturdifferenz von 10°C ergibt auf 10 m Länge folgende Dilatationen:
- bei PE ca. 20 mm
- bei PP ca. 15 mm
- bei PVC ca. 8 mm



Kunststoffrohranlage mit Muffenschacht.

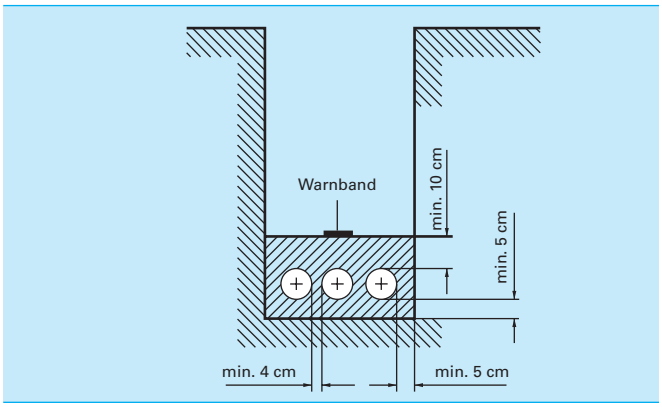
Bei ungenügender Einstecktiefe besteht wegen der Dilatation die Gefahr, dass sich die Rohre aus der Muffe zurückziehen. Da für den späteren Einzug des Kabels eine Kunststoffschnur eingeblasen wird, darf kein Zement in die Rohre eindringen.

Rohranlage im Erdreich
Gilt nur für Kabelschutzrohre aus PE. Die Rohre werden normalerweise in Sand gebettet, wobei zu beachten ist, dass das Füllmaterial die Rohre gut und ganz umschliesst. In Rohrnähe ist das Auffüllmaterial von Hand zu verdichten. Wenn mehrere Rohre parallel verlaufen, soll die Distanz zwischen zwei Rohren mindestens 5 cm betragen. Bei Strassenunterquerungen und Kurven sollte, wenn ein grosser Verlegezug zu erwarten ist, ein Block aus Magerbeton die Rohre fixieren.

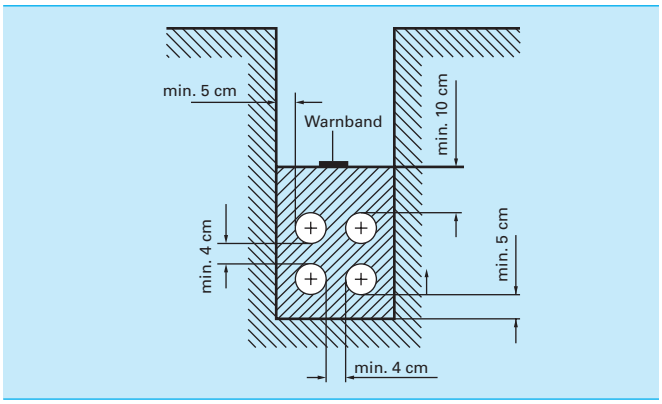
Rohranlage einbetoniert
Gilt für Kabelschutzrohre aus PE, PP und PVC. Rohre aus Hart-PVC oder PP sind in jedem Fall einzubetonieren. Beim Verlegen gibt man in die Grabensohle zuerst eine dünne Schicht Beton, dann wird eine erste Lage Rohre gelegt und sofort zubetoniert, darüber kommt eine zweite Lage Rohre zu liegen, und so weiter. Beim Betonieren sollen Abstandhalter zwischen die Rohre gelegt werden. Die minimale Betonüberdeckung soll 10 cm nicht unterschreiten. Seitlich muss die Betonstärke mindestens 5 cm betragen und zwischen den Lagen in der Regel mindestens 4 cm. Beton wird in der Qualität PC 150 oder PC 200 empfohlen.

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

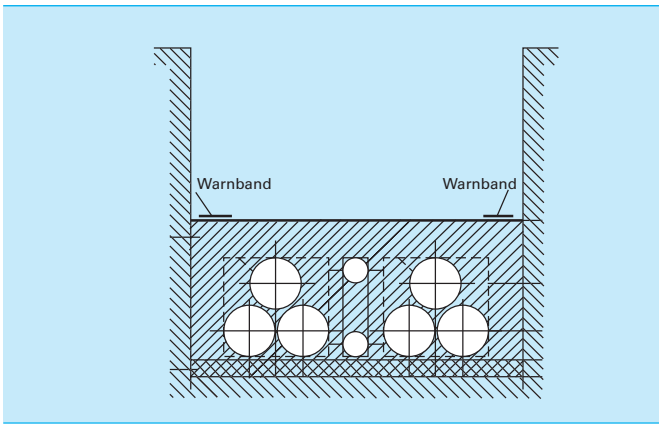
Einbetonierte Rohranlagen:



einlagig



zweilagig



Doppelstrang im Dreieck

Richtungsänderungen
Für Richtungsänderungen kommen vorgeformte oder flexible Bogen zur Anwendung oder die Rohre werden auf der Baustelle kalt gebogen. Für kalt gebogene Rohre gelten die folgenden minimalen Verlegeradien:

Minimaler Biegradius für PE-, PP- und PVC-Rohre bei 20 °C

Rohrdurchmesser in mm	80/92	100/112	120/132	150/163	200/214
Min. Radius in m (PE)	2.0	3.0	4.5	7.5	18.0
Min. Radius in m (PP)		5.5	9.0	13.5	
Min. Radius in m (PVC)	3.5	6.0	10.0	15.0	20.0

Rohranlagen im Gefälle
Rohranlagen im Gefälle sind mit Betonriegeln zu versehen, damit ein Ausschwemmen von Feinanteilen aus dem Einfüllmaterial verhindert wird.

Kalibrierung
Sämtliche Rohranlagen müssen unmittelbar nach Erstellung kalibriert und mit einer Kunststoffschnur versehen werden. Das Kaliber hat einen vorgeschriebenen Durchmesser, der eine maximale Verformung des Rohres von 10 % zulässt.

Abmessungen der Kalibrierdorne

Rohrdurchmesser in mm	80/92	100/112	120/132	150/163	200/214
Kaliberdurchmesser in mm	72	90	108	133	175
Kaliberlänge in mm	160	200	240	300	400

Weitere Details sind aus den «Richtlinien für die Verlegung von Kabelschutzrohren aus Kunststoff» des VSE ersichtlich.

Rohranlagen mit Zementrohren
Bei älteren Rohranlagen sind zum Teil noch Abschnitte mit Zementrohren anzutreffen, wobei Richtungsänderungen meist als offener Graben gebaut wurden. Beim Aus- und erneuten Einzug ist der höhere Reibungskoeffizient zu berücksichtigen.

Pritschen
Galvanisierte oder beschichtete Kabelpritschen kommen meist in begehbaren Kabelkanälen und Gebäuden zur Anwendung. Bei der Verlegung auf Pritschen ist der Längendehnung der Kabel Rechnung zu tragen. Einleiterkabel sind nach Massgabe der Kurzschlusskräfte in angemessenen Abständen zu befestigen.

Briport-System
Das Briport-System ist geeignet für horizontale und geneigte Kabelkanäle und Stollen. Der Abstand der Aufhängepunkte berechnet sich nach dem Gewicht der Kabel sowie der maximalen Kurzschlusskräfte. Das Briport-System ermöglicht eine rationelle und wirtschaftliche Verlegung. Die Kabel können direkt durch die Kabelführungen eingezogen werden. Der Einzug von zusätzlichen Kabeln zu einem späteren Zeitpunkt wird durch das Öffnen der Kabelführungen bewerkstelligt. Durch das Gewicht und die Erwärmung der Kabel stellt sich ein natürlicher Durchhang ein, der die Längendehnungen aufnimmt.

Luftkabel
Der Durchhang von Luftkabeln wird im Allgemeinen auf 5 % der Trasseelänge eingeregelt. Die Kettenlinie des Kabels ist mit Bezug auf das Geländeprofil so zu wählen, dass ein ausreichender Bodenabstand gewährleistet ist. Luftkabel müssen zwecks Abspannung an den Endmasten mit geeigneten Zugelementen ausgerüstet sein, die das Gewicht der Kabel und entsprechender Zusatzlasten wie Schnee und Wind aufnehmen.

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Telefon +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

Briport-System.

Trassees in Wasser
Das Trasseeprofil und dessen Beschaffenheit müssen im Frühstadium des Projekts ermittelt werden, um die Kabel- und Verlegeparameter bestimmen zu können. Je nach Tiefe und Strömungsgeschwindigkeit der Gewässer kommen folgende Verlegungsarten in Frage:

- auf Gewässergrund
- im Gewässergrund
- in Rohranlage

Das geplante Trassee wird vor Verlegung mit Bojen markiert. Für die Legung von Kabeln in Seen und Flüssen ist spezielles Verlegematerial notwendig.

4. Wichtige Hinweise zur Verlegung

Die vier Verlege-Gebote

1. Zulässige Zugkraft nicht überschreiten.
2. Zulässige Radialkraft in Kurven nicht überschreiten.
3. Zulässigen Biegeradius nicht unterschreiten.
4. Minimale Verlegetemperatur nicht unterschreiten.

Kabelrollen
Das Kabel gleitet immer von oben ab der Rolle. Die Rolle soll für die Verlegung auf einen Verlegewagen oder so auf Hebeböcke montiert werden, dass eine Bremseinrichtung eingebaut werden kann. Bei schwierigen Kabelzügen lässt sich ein Kabelförderer bei der Rolle platzieren, damit die Zugkraft verringert wird.

Bögen im offenen Graben
Das Aufstellen der Verlegerollen bei Kabelrichtungsänderungen erfordert grosse Sorgfalt. Sie dürfen sich weder während des Kabelzuges noch bei Zugunterbrechungen verschieben. Daher müssen sie sowohl vertikal als auch horizontal angeordnet werden. Die Anzahl der vertikal angeordneten Verlegerollen muss die Radialkraft auf das Kabel in zulässigen Grenzen halten.

Zugmaschine
Die Zugmaschine soll gut verankert etwa 10 Meter vom Grabenausgang entfernt aufgestellt werden, damit ein einwandfreies Aufrollen des Seiles garantiert ist. Das Zugseil muss mit einem Ausgleichswirbel ausgerüstet sein, damit sich das Seil drehen kann. Die Zugkraft soll ständig auf ihre Gleichmässigkeit überwacht werden. Der Bedienungsmann an der Zugmaschine soll den Zugvorgang jederzeit unterbrechen können.

Kabelförderer
Tritt bei einer Kabelverlegung ein zu hoher Zug auf, können Kabelförderer die Zugkraft auf dem Kabeltrassee reduzieren. Die Kabelförderer sollen immer vor den Kurven und auf dem ersten Teilabschnitt der Leitung eingebaut werden.

Befehlsübertragungen
Die Arbeiten bei der Kabelrolle, an der Spitze des Kabels und bei der Zugmaschine müssen gut koordiniert werden. Dazu werden normalerweise tragbare Sprechfunkgeräte oder Mobiltelefone eingesetzt. Diese Anlagen sollen betriebssicher sein.
Ihre Funktion ist vor der Verlegung streng zu prüfen.

Verlegerichtung
Die Verlegerichtung soll so gewählt werden, dass die kleinste Zugbeanspruchung am Verlegeende auftritt. Diese wird dann erreicht, wenn die Kabelrolle an dem Ende mit den meisten resp. den engsten Kurven steht. Wenn immer möglich wird bei Trassees mit Höhenunterschieden von oben nach unten gezogen.

Höhenunterschiede
Bei grossen Höhendifferenzen, Mastaufstiegen sowie bei Verbindungsmuffen soll das Kabel durch Verankerungsbriden gesichert werden.

Einzug von drei Einleiterkabeln
Sind drei Einleiterkabel im selben Rohr vorgesehen, müssen alle drei Kabel miteinander eingezogen werden.
Das Verhältnis k von Rohrinnendurchmesser zu Kabeldurchmesser bestimmt die Lage der Einleiterkabel im Rohr.

Wird bei k > 3 eine Dreieckkonfiguration gefordert, müssen die Kabel beim Einzug gebündelt werden.

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

5. Zug- und Radialkräfte

Nicht armierte Kabel
(Typ XKDT, XKDT-YT usw.)
Nicht armierte Kabel werden am Leiter maschinell eingezogen. Die Leiter werden durch eine Press- oder Verschraubhülse oder durch einen Ziehstrumpf mit dem Zugseil verbunden.

Für den Zug am Leiter gilt:	
Bei Kupfer-Einleiterkabeln	σ_{zul} = 60 N/mm²
Bei Aluminium-Einleiterkabeln	σ_{zul} = 30 N/mm²
Bei Kupfer-Mehrleiterkabeln	σ_{zul} = 40 N/mm²
Bei Aluminium-Mehrleiterkabeln	σ_{zul} = 20 N/mm²

Die Werte für die Mehrleiterkabel liegen tiefer als die für die Einleiterkabel, weil in den Kurven die Zugverteilung auf die Leiter nicht gleichmässig erfolgt.

Zulässige Zugkraft
Die zulässige Zugkraft ist gegeben durch das Produkt des Querschnittes A der beanspruchten Kabelaufbauelemente und der entsprechenden zulässigen Beanspruchung σ_{zul}

$$F_{zul} = A \cdot \sigma_{zul} \quad [N]$$

Zugarmierte Kabel
(Typ XKDT-F usw.)
Bei diesen Kabeln wird angenommen, dass die Armierung die gesamte Zugkraft übernimmt. Die Rund- oder Flachstahldrähte weisen eine Bruchfestigkeit von etwa 350 N/mm2 auf. Unter Berücksichtigung der Dralllänge der Drähte und der Nebeneinwirkungen, wie Drehen des Kabels, darf mit einer zulässigen Beanspruchung σ_{zul} von 70 bis 100 N/mm2 gerechnet werden. Da die Anzahl der Zugdrähte nicht immer bekannt ist, wird normalerweise mit der folgenden Faustregel gerechnet:

Kabel mit einfacher Zugarmierung	K_{zul} = 300
Kabel mit doppelter Zugarmierung	K_{zul} = 400

Da das Verhältnis der zugbeanspruchten Kabelaufbauelemente ungefähr proportional zum Kabeldurchmesser steht, kann man folgende Faustregel anwenden:

$$F_{zul} = K_{zul} \cdot D_A \quad [N]$$

D_A = Aussendurchmesser in mm
K_{zul} = Konstante der beanspruchten Aufbauelemente

Radialkräfte in Kurven
Beim Kabeleinzug um Kurven werden die Kabel einer Radialkraft unterworfen. Die Radialkraft pro Längeneinheit ist abhängig von der Zugkraft in Längsrichtung, von der Richtungsänderung und vom Kurvenradius.

Unter der Annahme, dass $F_A = F_E = F$, gilt:

$$Z = 2F \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$b = 2\pi \cdot r \cdot \frac{\alpha}{360°}$$

und somit Z_B = Radialkraft pro Längeneinheit

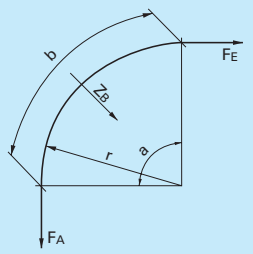
$$Z_B = \frac{F \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{r \cdot \pi \cdot \frac{\alpha}{360°}}$$

Im Bereich 0° bis 90° gilt annähernd

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \pi \cdot \frac{\alpha}{360°}$$

$$Z_B \cong \frac{F}{r} \quad [N/m]$$

Der Fehler bei Winkeländerungen unter 90° bleibt mit dieser vereinfachten Formel kleiner als 10 %.



Zulässige Radialkräfte für Verlegung in Kunststoffrohren:	
Unarmierte Kabel	$Z_{B\,zul}$ = 10 000 N/m
Einfacharmierte Kabel	$Z_{B\,zul}$ = 15 000 N/m
Doppelarmierte Kabel	$Z_{B\,zul}$ = 18 000 N/m
Maximal erlaubte Anpresskraft pro Verlegerolle in Kurven:	
Unarmierte Kabel	$Z_{r\,zul}$ = 1 500 N/m
Einfacharmierte Kabel	$Z_{r\,zul}$ = 2 500 N/m
Doppelarmierte Kabel	$Z_{r\,zul}$ = 3 000 N/m
Bei Anwendung von Rollenketten (5 Rollen pro m):	
Unarmierte Kabel	$Z_{B\,zul}$ = 7 500 N/m
Einfacharmierte Kabel	$Z_{B\,zul}$ = 12 500 N/m
Doppelarmierte Kabel	$Z_{B\,zul}$ = 15 000 N/m
Bei Ausbau der Kurven mit Rollen (3 Rollen pro m):	
Unarmierte Kabel	$Z_{B\,zul}$ = 4 500 N/m
Einfacharmierte Kabel	$Z_{B\,zul}$ = 7 500 N/m
Doppelarmierte Kabel	$Z_{B\,zul}$ = 9 000 N/m

6. Minimale Biegeradien

Es sind zwei Arten von minimal zulässigen Biegeradien zu beachten und unbedingt einzuhalten. Bei der Verlegung kann unter Umständen eine grosse Länge des Kabels ein oder mehrere Male gebogen werden. Bei der Montage geht es in der Regel um ein einmaliges Biegen (ohne Radialkraft) zum Zweck der Zubehörmontage.

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Telefon +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

Die zulässigen Biegeradien, ohne Berücksichtigung der Radialkräfte bei der Verlegung, werden wie folgt bestimmt:

Kabeltyp	Kabelaussendurchmesser · Koeffizient = min. Krümmungsradius bei Verlegung		bei Montage	
Niederspannung	Mehrleiter	Einleiter	Mehrleiter	Einleiter
Polymerisolation:				
– T, X	10	12	8	10
– G	10	12	6	8
Mittelspannung	Mehrleiter	Einleiter	Mehrleiter	Einleiter
Polymerisolation:				
– X	12	15	10	12
– G	12	15	8	9

7. Minimale Verlegetemperaturen
Kabelverlegungen können, sofern die Kabel sorgfältig behandelt werden, bis zu –5 °C erfolgen. Wenn man Kabel bei tieferen Temperaturen verlegt, sollen sie vor der Verlegung vorgewärmt werden. Die Verlegung muss in diesem Falle beschleunigt werden, damit das Kabel nicht unter die Mindesttemperatur abgekühlt wird. Die Berechnungsgrundlagen sind im Rapport-Nr. 206 der CIGRE 1964 zusammengefasst.

8. Kabelzugberechnung

Berechnung der Zugkraft auf geraden Strecken ohne Höhenunterschied
Die Zugkraft (F) am Ende einer Verlegestrecke ist gegeben:

$$F = m \cdot g \cdot l \cdot \mu$$

wobei:
F = Endzug [N]
m = Kabelgewicht pro m [kg]
l = Trasseelänge [m]
μ = Reibungskoeffizient
g = 9.81 [m/s²]

Berechnung der Zugkraft auf geraden Strecken mit Höhenunterschied
Der Höhenunterschied wird, je nachdem, ob auf- oder abwärts gezogen wird, den Endzug vergrössern oder verkleinern. Die Zugkraft wird damit gegeben durch:

$$F = m \cdot g \cdot l \cdot (\mu \cdot \cos \beta \pm \sin \beta)$$

wobei:
β = Neigungswinkel
+ = Aufwärtszug
– = Abwärtszug

Bis zu einem Neigungswinkel von β = 20° (36 %) gilt:

$$F = m \cdot g \cdot l \cdot \mu \pm m \cdot g \cdot h$$

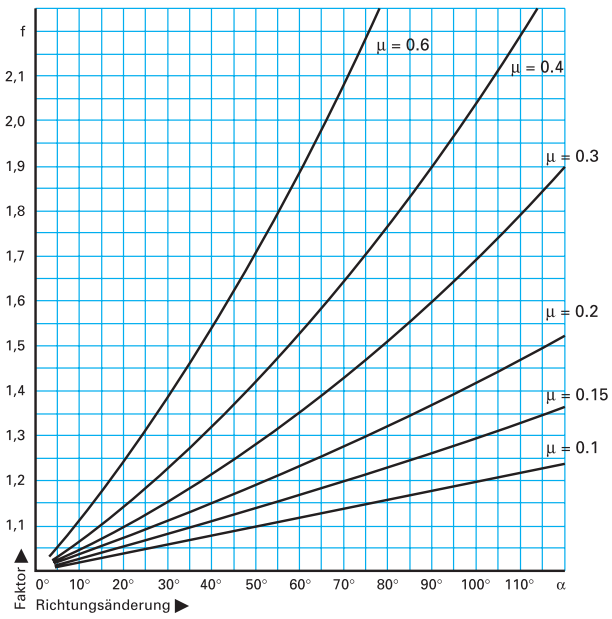
h = Höhenunterschied [m]

Berechnung der Zugkraft bei Krümmungen
Durch Richtungsänderungen erhöht sich die Zugkraft F um einen Faktor f, der von μ und dem Winkel α abhängig ist.

$$F_E = F_A \cdot f = F_A \cdot e^{\mu\alpha}$$

wobei:
F_E = Zug am Ende der Kurve
F_A = Zug am Anfang der Kurve
α = Kurvenwinkel
μ = Reibungskoeffizient

Zur Berechnung von F_E lässt sich $f = e^{\mu\alpha}$ aus der folgenden Grafik herauslesen.



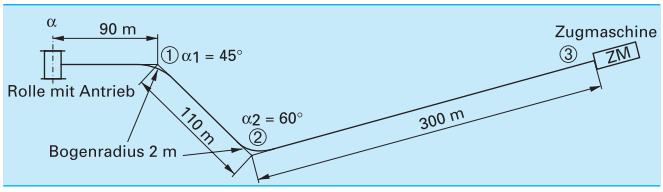
Reibungskoeffizienten
Die Reibungskoeffizienten (μ) sind von den zwei aufeinander gleitenden Werkstoffen sowie vom Schmiermittel abhängig. Kabel mit äusserem Kunststoffmantel dürfen nie auf längere Strecken (l ≥ 50 m) ohne Schmierung in Kunststoffrohre eingezogen werden, da die lokale Reibungs-

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

erwärmung, speziell in Krümmungen, zu einem Festkleben führen kann.

	Kabel mit äusserem Kunststoff-mantel μ	Kabel mit äusserer Zug-armierung μ
Einzug auf Verlegerollen	0.20 – 0.30	0.15 – 0.25
Einzug in Zementrohre	0.40 – 0.60	0.40 – 0.50
Einzug in Kunststoffrohre		
– mit Spezialfett	0.10 – 0.20	0.10 – 0.20
– mit Wasser	0.15 – 0.25	0.15 – 0.25
– mit Fett und Wasser	0.10 – 0.15	0.10 – 0.15

Berechnungsbeispiel für eine Kabelverlegung
Einzug von 3 Einleiterkabeln in PE-Rohr Ø 120 mm



Kabeltyp: XKDT 1x240/35 mm², 20/12 kV
Kabelgewicht pro m $m = 3.36$ kg
Kabeldurchmesser $D_A = 41$ mm
Min. Biegeradius = $15 \cdot D_A = 15 \cdot 41 = 615$ mm
Trasseelänge $L = 500$ m
Höhendifferenz $h = 0$ m
Verlegetemperatur $\vartheta = +5\,°C$
Schmierung Gleitfett

Kontrolle der vier Bedingungen

1. Zulässige Zugkraft nicht überschreiten

$$F_{zul} = 3 \cdot 240\ mm^2 \cdot 40\ \frac{N}{mm^2} = 28\,800\ N$$

$8\,215\ N < 28\,800\ N$

2. Zulässige Radialkraft nicht überschreiten

$$Z_{Bzul} = \frac{F_E}{r} = \frac{3\,715\ N}{2\ m} = 1\,858\ N/m$$

$1\,858\ N/m < 10\,000\ N/m$

3. Biegeradius nicht unterschreiten

$2\ m > 15 \cdot 41 = 615\ mm$

4. Minimale Verlegetemperatur nicht unterschreiten

$+5\,°C > -5\,°C$

Alle vier Bedingungen sind erfüllt.

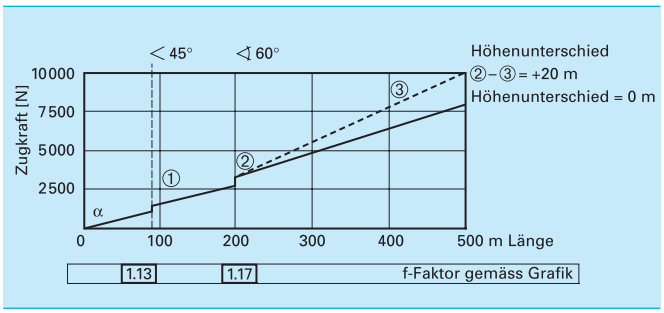
Variante mit Höhenunterschied Abschnitt 2...3 : h = + 20 m

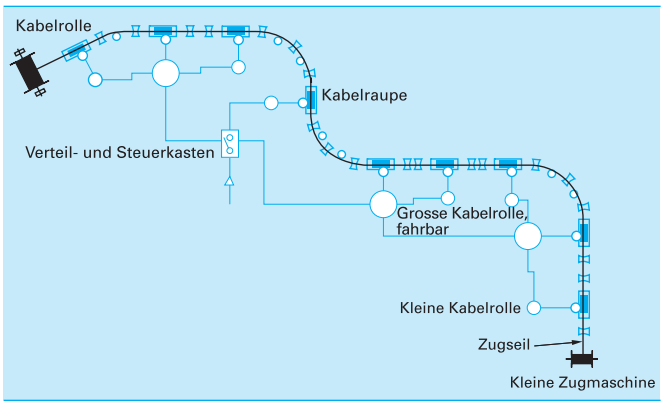
Zugkrafterhöhung: $m \cdot g \cdot h = 100\ N \cdot 20 = 2000\ N$
$F = 8215 + 2000 = 10215\ N$

Die vier Bedingungen bleiben erfüllt.

Berechnungsschema: 3 Kabel 3 x 3.36 x 9.81 = 100 N/m

Abschnitt	Länge [m]	$F_E + \mu \cdot m \cdot g \cdot l$ [N]	Zugkraft F_E nach Bogen [N]	F [N]
0 ... 1	$L_1 = 90$	$0 + 0.15 \cdot 100 \cdot 90 = 1\,350$	$1\,350 \cdot 1.13 = 1\,525$	
0 ... 2	$L_2 = 110$	$1\,525 + 0.15 \cdot 100 \cdot 110 = 3\,175$	$3\,175 \cdot 1.17 = 3\,715$	
0 ... 3	$L_3 = 300$	$3\,715 + 0.15 \cdot 100 \cdot 300 = 8\,215$	Kein Bogen mehr	8 215





Verlegebeispiel mit Kabelraupen. Einsatz in Graben, Stollen, Kabelkanälen, Briport.

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Telefon +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

Prüfungen

Routine-Prüfungen an allen Kabellängen
Jedes Kabel wird vor dem Verlassen des Werks einer Stückprüfung unterzogen. Im Mittelspannungsbereich wird die Teilentladungsfreiheit unter erhöhter Spannungsbelastung gemessen. Die langjährige Erfahrung mit der Teilentladungsprüftechnik bestätigt die Richtigkeit dieses Vorgehens. In Bild 1 ist der abgeschirmte Raum für die Spannungsprüfung und die Teilentladungsmessung wiedergegeben.

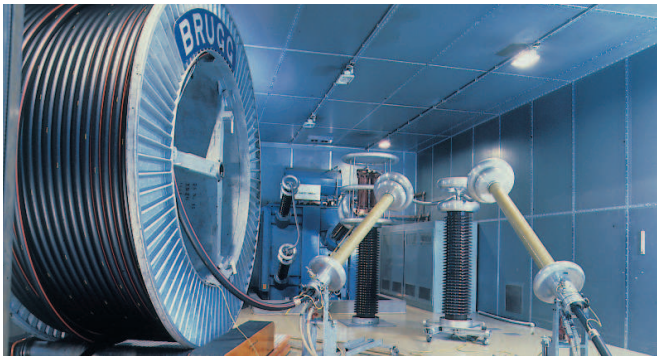


Bild 1: Abgeschirmter Raum.

An jeder einzelnen Kabellänge werden nach den internen QS-Richtlinien folgende Messungen durchgeführt, protokolliert und auf die Norm-Konformität überprüft:
– Isolationswiderstand (nur bei 1-kV-Kabeln)
– Kabelaufbau
– Leiterwiderstand
– Spannungsprüfung und Teilentladungsmessung

Niederspannungskabel 1 kV

Spannungsprüfung	3.5 kV, 50 Hz, 10 min
Isolationswiderstand	PE, EPR ≥ 50 MΩ · km

Mittelspannungskabel 10–30 kV

Auszug aus den Normen

	HD 620-N Schweiz	VDE 0276-620	IEC 60502-2
Spannungsprüfung	20 min, $4 \cdot U_0$	5 min, $3.5 \cdot U_0$	5 min, $3.5 \cdot U_0$
Teilentladungsmessung	$4 \cdot U_0$ < 5 pC	$2 \cdot U_0$ ≤ 2 pC	$1.73 \cdot U_0$ *)

*) keine erkennbare Teilentladung aus dem Prüfobjekt

Typenprüfungen und fertigungsbegleitende Prüfungen
Für alle Kabel werden den Normen entsprechend spezielle Typprüfungen durchgeführt. Diese sehr aufwändigen Prüfungen mit Langzeittests werden im Hochspannungslabor von Brugg Cables durchgeführt. Zur Sicherung der Qualität werden auch Kabel aus der laufenden Fertigung entnommen und den Ein- resp. Zweijahreslangzeitprüfungen in speziell eingerichteten Prüffeldern nach HD 605 S2 (2008) unterworfen. Mit neuen und weiterentwickelten Kabelprodukten wird ebenfalls die Langzeitprüfung mit anschliessender Stufenprüfung durchgeführt. Mit der Langzeitprüfung können Alterungsvorgänge unter der Einwirkung von Wasser nachgebildet werden.

Bild 2: Langzeitprüfung nach HD 605 S2 und HD 620 S2

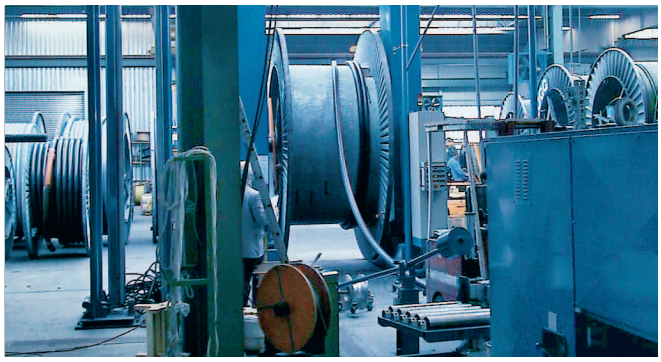


Bild 3: Biegeprüfung vor dem Start zur elektrischen Typprüfung.

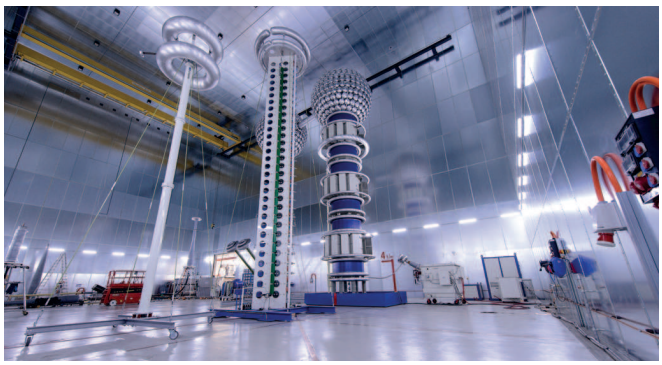


Bild 4: Stossspannungsgenerator zur Prüfung des Stossspannungsverhaltens der Kabel.

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

Materialkonstanten

Isolierstoffe

Isolierstoff	Relative Dielektrizitäts-konstante ε_r	Verlustfaktor $\tan\delta$ bei 50 Hz x 10^{-4}	Wärmeleit-widerstand ρ_{th} K · m/W	Wärme-kapazität C x 10^6 · J/(K · m^3)	Dichte g/cm^3
XLPE	2.3 ... 2.5	< 10	3.5	2.4	0.91 ... 0.97
EPR	2.7 ... 3.5	< 40	5.0	2.0	1.2
PE	2.3	< 10	3.5	2.4	0.91 ... 0.97
PVC	5 ... 8	< 1000	6.0	1.7	1.2 ... 1.5

Metalle

Metall	elektrische Leitfähigkeit κ bei 20 °C m/(Ω · mm^2)	Dichte g/cm^3	Wärme-dehnungs-koeffizient α x 10^{-6}/K	Temperatur-koeffizient α x 10^{-3}/K	Wärme-kapazität C x 10^6 · J/(K · m^3)	Schmelz-punkt °C
Kupfer	57	8.9	16.2	3.93	3.4	1084
Kupferlegierung SF-Cu F22 (Kupferwellmantel)	48					
Aluminium	36	2.7	23.8	4.03	2.5	658
Aldrey	30	2.7	23	3.6	2.4	
Stahl	7.2	7.8	11.5	4.5	3.8	1400
Edelstahl	1.2	7.9	16			
Blei	4.7	11.3	29	4.0	1.4	327

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Telefon +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

SI–Einheiten

1. Internationales Einheitensystem SI
Gemäss Comité International des Poids et Mesures (CIPM)

Basisgrössen

Symbol	Physikalische Grösse	SI-Basiseinheit	Weitere SI-Einheiten
l	Länge	m (Meter)	km, dm, cm, mm, µm, nm, pm
m	Masse	kg (Kilogramm)	Mg, g, mg, µg
t	Zeit	s (Sekunde)	ks, ms, µs, ns
I	Elektrische Stromstärke	A (Ampère)	kA, mA, µA, nA, pA
T	Thermodynamische Temperatur	K (Kelvin)	
n	Stoffmenge	mol (Mol)	Gmol, Mmol, kmol, mmol, µmol
I_v	Lichtstärke	cd (Candela)	Mcd, kcd, mcd

2. Abgeleitete SI-Einheiten
Formelzeichen für Grössen werden schräg (kursiv), Einheitenzeichen senkrecht geschrieben.

Grösse	Formelzeichen	Einheitenname	Einheitenzeichen	Beziehung/Bemerkung
Geometrie				
Fläche	A	Quadratmeter	m^2	
Volumen	V	Kubikmeter	m^3	
Zeit				
Frequenz	f	Hertz	Hz	1 Hz = 1/s
Kreisfrequenz	ω	rez. Sekunde	1/s	$\omega = 2\pi f$
Drehzahl	n	rez. Sekunde	1/s	
Mechanik				
Dichte	ρ	Kilogramm pro Kubikmeter	kg/m^3	
Geschwindigkeit	v	Meter pro Sekunde	m/s	
Beschleunigung	a	Meter pro Sekundenquadrat	m/s^2	
Kraft	F	Newton	N	$1\ N = 1\ kgm/s^2$
Impuls	I	Newtonsekunde	Ns	1 Ns = 1 kgm/s
Druck (mech.)	p	Pascal	Pa	$1\ Pa = 1\ N/m^2 = 10^{-5}$ bar
Energie, Arbeit	W	Joule	J	1 J = 1 Nm = 1 Ws
Moment	M	Newtonmeter	Nm	$1\ Nm = 1\ kgm^2/s^2$
Drehmoment	T	Newtonmeter	Nm	$1\ Nm = 1\ kgm^2/s^2$
Leistung	P	Watt	W	1 W = 1 Nm/s = 1 J/s
Wärme				
Temperatur	ϑ	Grad Celsius	°C	$\vartheta = T - T_0$ mit $T_0 = 273.15$ K
Temperatur-differenz	ΔT $\Delta\vartheta$	Kelvin Grad Celsius	K °C	bevorzugt 1°C = 1 K
Wärmemenge	Q	Joule	J	1 J = 1 Nm = 1 Ws
Wärmestrom	ϕ	Watt	W	1 W = 1 Nm/s = 1 J/s
Elektrizität				
El. Spannung	U	Volt	V	1 V = 1 W/A
El. Ladung	Q	Coulomb	C	1 C = 1 As
El. Kapazität	C	Farad	F	1 F = 1 C/V = 1 As/V
El. Durchflutung	θ	Ampère	A	Ampèrewindungs-zahl der Spule
El. Widerstand	R	Ohm	Ω	1 Ω = 1 V/A
El. Leitwert	G	Siemens	S	G = 1/R 1 S = 1 A/V = 1/Ω

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

2. Fortsetzung Abgeleitete SI-Einheiten

Formelzeichen für Grössen werden schräg (kursiv), Einheitenzeichen senkrecht geschrieben.

Grösse	Formelzeichen	Einheitenname	Einheitenzeichen	Beziehung/Bemerkung
Elektrizität				
El. Leitfähigkeit	κ	Siemens pro Meter	S/m	$\kappa = 1/\rho$
Spez. el. Widerstand	P	Ohmmeter	Ωm	1 Ωm = 1 Vm/A
Magn. Fluss	Φ	Weber	Wb	1 Wb = 1 Vs
Magn. Feldstärke	H	Ampère pro Meter	A/m	
Magn. Flussdichte	B	Tesla	T	1 T = 1 Wb/m² = 1 Vs/m²
Induktivität	L	Henry	H	1 H = 1 Wb/A = 1 Vs/A
Scheinleistung	S	Voltampère	VA	
Wirkleistung	P	Watt	W	1 W = 1 J/s
Blindleistung	Q	Voltampère	Var	
Energie	W	Joule	J	1 J = 1 Nm = 1 Ws
Scheinwiderstand, Impedanz	Z	Ohm	Ω	
Blindwiderstand Reaktanz	X	Ohm	Ω	
Phasenverschie-bungswinkel	φ	Radiant	rad	1 rad = 1

Grösse	Formelzeichen	Beziehung/Bemerkung
Permitivität des Vakuums	ε_0	$= 8.854 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{As}{Vm}$
magnetische Permeabilität	μ_0	$= 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{Vs}{Am}$

3. Begriffe und Beziehungen

Symbol	Physikalische Grösse	Einheit	Beziehung
R	Ohmscher Widerstand	$[\Omega = \frac{V}{A}]$	$R = \frac{\rho \cdot l}{A} = \frac{l}{G}$ $R_w = R_{20} \cdot (1 + \alpha_{20} \cdot \Delta T)$
X X_L X_C	Reaktanz Induktive Reaktanz Kapazitive Reaktanz	[Ω] [Ω] [Ω]	 $X_L = \omega L$ $X_C = -\frac{1}{\omega C}$ $\omega = 2\pi f$ = Kreisfrequenz
Z	Impedanz	[Ω]	(Wechselstromwiderstand) $Z = \sqrt{R_w^2 + X_L^2}$
ε_r	Rel. Dielektrizitätskonstante		
tgδ	Verlustwinkel		
φ	Phasenverschiebungswinkel		$\cos\varphi = P/S$
S	Scheinleistung	[VA]	$S = \sqrt{3} \cdot I \cdot U$ (3-ph.)
P	Wirkleistung	[W]	$P = \sqrt{3} \cdot I \cdot U \cdot \cos\varphi$ (3-ph.)
Q	Blindleistung	[Var]	$Q = \sqrt{3} \cdot I \cdot U \cdot \sin\varphi$ (3-ph.)

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Telefon +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

4. Wichtige Formeln der Kabeltechnik

4.1 Betriebskapazität C_B und Ladestrom I_C

Für Radialfeldkabel wie Polymer-Hochspannungskabel gilt:

$$C_B = \frac{5.56 \cdot \varepsilon_r}{ln\ (D/d)} \cdot 10^{-2} \quad [\mu F/km]$$

D = Durchmesser über der Isolation [mm]
d = Durchmesser über der Leiterglättung des Leiters [mm]

Ladestrom I_C und Erdschlussstrom I_E

$$I_C = I_E = U_0 \cdot \omega \cdot C_B \cdot 10^{-3} \quad [A/km]$$

U_0 = Phasenspannung

4.2 Kapazitive Blindleistung P_C

$$P_C = 3 \cdot I_C \cdot U_0 \quad [kVA]$$

wobei
I_C = Ladestrom in A
U_0 = Phasenspannung in kV

4.3 Verluste im Kabel

Dielektrische Verluste

$$P_d = U_0^2 \cdot \omega \cdot C_B \cdot tg\delta \cdot 10^{-3} \quad [kW/km]$$

Verlustfaktoren tgδ

XLPE (1.5 bis 3.5) · 10^{-4}
EPR (4 bis 30) · 10^{-4}

Ohmsche Leiterverluste pro Phase

$$P_{Cu} = I^2 \cdot R_T \cdot 10^{-3} \quad [kW/km]$$

wobei:

$$R_T = R_{20} \cdot [1 + \alpha_{th}\,(T - 20\,°C)] \quad [kW/km]$$

R_T = Widerstand des betriebswarmen Leiters
R_{20} = Gleichstromwiderstand bei 20 °C
T = Temperatur des betriebswarmen Leiters
α_{th} = Temperaturkoeffizient
für Kupfer: 0,00393/K
für Aluminium: 0,00403/K

4.4 Induktivität L

Induktivität je Phase für Dreileiterkabel oder 3 Einleiterkabel im Dreieck verlegt:

$$L' = 2\,(0.25 + ln\,\frac{2s}{d}) \cdot 10^{-4} \quad [H/km]$$

wobei
s = Abstand der Leiterachsen [mm]
d = Leiterdurchmesser [mm]

Für armierte Kabel erhöht sich die Induktivität um folgende Werte:
– leichte Stahlbandarmierung -CL: +5 %
– übrige Armierungen -C, -F, -FF: +10 %

4.5 Thermische Längenausdehnung der Kabel

$$\Delta l = \alpha_{th} \cdot l \cdot \Delta T \quad [m]$$

α_{th} = thermischer Ausdehnungskoeffizient
für Kupfer: 16.2 · 10^{-6}/K
für Aluminium: 23.8 · 10^{-6}/K

4.6 Griechisches Alphabet

Alpha	Α	α	Ny	Ν	ν
Beta	Β	β	Xi	Ξ	ξ
Gamma	Γ	γ	Omikron	Ο	ο
Delta	Δ	δ	Pi	Π	π
Epsilon	Ε	ε	Rho	Ρ	ρ
Zeta	Ζ	ζ	Sigma	Σ	σ
Eta	Η	η	Tau	Τ	τ
Theta	Θ	q	Ypsilon	Υ	υ
Jota	Ι	ι	Phi	Φ	φ
Kappa	Κ	k	Chi	Χ	χ
Lambda	Λ	λ	Psi	Ψ	ψ
My	Μ	μ	Omega	Ω	ω

4.7 SI-Vorsätze

Faktor		Vorsatz	Zeichen
1 000 000 000 000 = 10^{12}	billionenfach	Tera	T
1 000 000 000 = 10^{9}	milliardenfach	Giga	G
1 000 000 = 10^{6}	millionenfach	Mega	M
1 000 = 10^{3}	tausendfach	Kilo	k
100 = 10^{2}	hundertfach	Hekto	h
10 = 10^{1}	zehnfach	Deka	da
0.1 = 10^{-1}	Zehntel	Dezi	d
0.01 = 10^{-2}	Hundertstel	Zenti	c
0.001 = 10^{-3}	Tausendstel	Milli	m
0.000 001 = 10^{-6}	Millionstel	Mikro	µ
0.000 000 001 = 10^{-9}	Milliardstel	Nano	n
0.000 000 000 001 = 10^{-12}	Billionstel	Piko	p

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

NS/MS–Zubehör

Kabel sind an ihren Enden und bei Muffen so abzuschliessen, dass weder in die Leiter noch in die Spickel Feuchtigkeit eindringen kann. Zudem ist dafür zu sorgen, dass sowohl die elektrischen als auch die mechanischen Anforderungen erfüllt sind.

Niederspannungs-Endverschlüsse

Warmschrumpf-Endverschlüsse

Für Freiluft- und Innenmontage hat sich in den letzten Jahren die Warmschrumpftechnik durchgesetzt. Sämtliche Kabeltypen können mit den Schrumpf-Endverschlüssen betriebssicher abgeschlossen werden.

Trafo Anschlussklemmen

Trafo Anschlussklemmen werden zur einfachen Montage an Transformatoren verwendet und ermöglichen den Anschluss von bis zu vier Parallelkabeln. Eine berührungssichere Isolation der Anschlussklemmen garantieren die dazugehörigen Hauben.

Niederspannungs-Muffen

Verbindungsmuffen

Bei der Montage von Verbindungsmuffen wird aus Kostengründen vermehrt die Schrumpftechnik eingesetzt. Mehrere Schrumpfschläuche mit Heissschmelzkleber bilden den Aufbau des Kabels nach.

Abzweigmuffen

Für Abzweigmuffen werden fast ausschliesslich Gehäuse eingesetzt, die vergossen werden. Dies ermöglicht eine einfache und rasche Montage. Vergussmassen haben dabei die Aufgabe, das Eindringen von Feuchtigkeit zu verhindern. Als Vergussmasse stehen Zweikomponenten-Systeme und Warmvergussmassen zur Verfügung.

Brugg Cables bietet zudem eine interessante alternative Montagetechnik mit Schrumpf-Abzweigmuffen, die sich wachsender Beliebtheit erfreut und seit Jahren betriebssicher angewendet wird.

Mittelspannungs-Endverschlüsse

Steck-Endverschlüsse

Steck-Endverschlüsse ermöglichen das berührungssichere Anschliessen von Polymerkabeln an Kompaktschaltanlagen, Transformatoren oder Motoren. Das umfangreiche Zubehör ermöglicht vielfältige Anschlusskombinationen. Überspannungsableiter komplettieren das Sortiment.

Aufschiebe-Endverschlüsse

Aufschiebe-Endverschlüsse bestehen aus vorfabrizierten Silikonbauteilen. Sie lassen sich schnell und sicher, ohne spezielle Werkzeuge auf die vorbereiteten Kabelenden montieren. Bei beengten Platzverhältnissen ist die kurze Bauform ein entscheidender Vorteil.

Warmschrumpf-Endverschlüsse

Schrumpf-Endverschlüsse sind aus wärmeschrumpfenden, kriechstromfesten Schrumpfschläuchen aufgebaut. Sie eignen sich für Innenraum- und Freiluftanwendungen.

Mittelspannungs-Muffen

Warm- und Kalt-Schrumpftechnik

Die verschiedenen Komponenten bestehen aus vorfabrizierten Einzelteilen. Dank dem grossen Schrumpfbereich ist diese Technik universell für alle Kabeltypen einsetzbar. Da keine Spezialwerkzeuge nötig sind, lassen sich diese Muffen rasch und zuverlässig installieren.

Übergangsmuffen

Als Übergangsmuffe bezeichnet man Verbindungsmuffen, die für das Verbinden von Polymerkabeln mit Masse- oder Haftmassekabeln eingesetzt werden. Brugg Cables empfiehlt dazu ausschliesslich Warmschrumpfmuffen zu verwenden, die seit Jahren betriebssicher angewendet werden.

Kabelbriden

Bei der Verlegung von Kabeln ist zu beachten, dass sich die Längenänderungen infolge späterer thermischer Belastungen nicht nachteilig auf die Muffen auswirken. Durch den Einsatz von geeigneten Briden können diese Belastungen eliminiert werden. Für Kabel mit Kunststoffmantel werden Briden mit Gummieinlagen empfohlen. Brugg Cables bietet Unterstützung bei der Berechnung und Auswahl der Bridentypen und Kabelgurte an.

Befestigungsbriden

Unter Befestigungsbriden versteht man Kabelbriden, die in bestimmten Abständen die Kabel fixieren. Entsprechend dem Kabeltyp ist die dazugehörige Kabelbride zu wählen.

Verankerungsbriden

Verankerungsbriden verhindern ein Abgleiten des Kabels in Steilhängen, und werden mittels Montagelehren oder Anschlagplatten montiert. Die Haltekraft ist abhängig vom Kabeltyp, der Kabelkonstruktion und der gewählten Bride.

Kabelgurte

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Telefon +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

BRIFIX®-Kabelgurte kommen zur kurzschlusssicheren Verlegung von Einleiterkabel zum Einsatz. Sie eignen sich für alle Kabelarten und Spannungen. Entsprechend der zu erwartenden Kurzschluss-Beanspruchung ist der notwendige Abstand zu wählen.

Werkzeuge

Kabelanlagen haben im Betrieb hohen Anforderungen über eine lange Zeit zu genügen. Zudem erfordert die Betriebssicherheit eine saubere und exakte Montage von Kabel und Zubehör. Um diese Voraussetzungen zu erfüllen, ist es unerlässlich, auch entsprechendes Werkzeug einzusetzen. Brugg Cables bietet für die Montage von Nieder- und Mittelspannungsgarnituren geeignetes Werkzeug an.

Detaillierte Informationen und Datenblätter zu den einzelnen Zubehör-Produkten sind Online im e-Catalog zu finden.

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Telefon +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

GKN 1–Leiter NS–Polymerkabel 1/0.6kV

GKN

Ceanderkabel

Aufbau

- Kupferleiter, verseilt
- Leiterisolation aus HEPR, vernetzt
- Konzentrischer Aussenleiter aus Kupferdrähten mit Kupferwendel
- Aussenmantel aus PE, halogenfrei, schwarz mit zwei gelben Längsstreifen
- Aderfarbe: L schwarz
- UV beständig

Anwendung

In Verteilnetzen und Industrieanlagen.
Verlegung in Rohranlagen, in Innenräumen, Kabelkanälen und im Erdreich.
Der PE-Mantel garantiert sehr gute Isolationswerte im Betrieb, ist verschleissfest und damit optimal für die Verlegung.

Normen

HD 603 S1:1994/A3:2007 part 7 section E (Zertifiziert, Ausweis-Nr.: 40048915)
Halogenfrei: IEC 60754-1, EN 50267-2-1
Keine korrosiven Gase: IEC 60754-2, EN 50267-2-2
Keine toxischen Gase: NES 02-713, NFC 20-454
CPR Brandklasse Fca
Versionen mit höheren Brandklassen und weitere Querschnitte auf Anfrage
Das passende Zubehör finden Sie im entsprechenden Zubehör Katalog.

Technische Daten

Artikel-Nr.	Querschnitt mm²	Durchmesser mm	Gewicht kg/100 m	Wechselstromwiderstand bei 60 °C und 50 Hz Ω/km	Reaktanz bei 50 Hz Ω/km	Impedanz bei 60 °C und 50 Hz Ω/km	Kapazität bei 50 Hz µF/km	min. Biegeradius bei Verlegung mm	min. Biegeradius bei Installation mm	max. zulässige Zugkraft kN	Brandlast MJ/m
53378	1x150/50	27.7	208	0.146	0.097	0.175	0.487	330	250	9.0	12.3
58293	1x240/80	32.7	334	0.092	0.093	0.131	0.525	390	290	14.4	16.4
45994	1x300/100	33.7	412	0.076	0.091	0.118	0.580	400	300	18.0	17.8

Belastbarkeit

Verlegung	im Rohr in Erde					in Luft		
Betriebsart	Dauerlast		Industrielast		Notbetrieb[1]	Dauer- oder Industrielast		Notbetrieb[1]
Leitertemperatur	60 °C	90 °C	60 °C	90 °C	110 °C	60 °C	90 °C	110 °C
Erdung								
Querschnitt mm²	A	A	A	A	A	A	A	A
1x150/50	276	346[2]	295	383	430	326	474	547
1x240/80	354	431[2]	380	496	558	433	632	732
1x300/100	396	483[2]	426	559	630	481	704	817

[1] Notbetrieb während höchstens 8h/Tag und 100h/Jahr (Rohrtemperatur darf 50 °C übersteigen)

[2] Begrenzung durch Rohroberflächentemperatur von 50 °C

Angaben über Spannungsabfall, Transport, Verlegung, Montage und Prüfungen siehe Kapitel "Technische Informationen"

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Telefon +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

GKN 4–Leiter NS–Polymerkabel 1/0.6kV

GKN

Ceanderkabel

Aufbau

- Kupferleiter bis 10 mm² eindrähtig, ab 16 mm² verseilt
- Leiterisolation aus HEPR, vernetzt
- Drei isolierte Leiter miteinander verseilt
- Polster aus Gummiregenerat
- Konzentrischer Aussenleiter aus Kupferdrähten mit Kupferwendel
- Aussenmantel aus PE, halogenfrei, schwarz mit zwei gelben Längsstreifen
- Aderfarben: 3x6/6 mm², 3x10/10 mm², 2LN oder 3L ab 3x16/16 mm², 3L
- UV beständig

Anwendung

In Verteilnetzen und Industrieanlagen.
Verlegung in Rohranlagen, in Innenräumen, Kabelkanälen und im Erdreich.

Der PE-Mantel garantiert sehr gute Isolationswerte im Betrieb, ist verschleissfest und damit optimal für die Verlegung.

Normen

HD 603 S1:1994/A3:2007 part 7 section E (Zertifiziert, Ausweis-Nr.: 40048915)
Halogenfrei: IEC 60754-1, EN 50267-2-1
Keine korrosiven Gase: IEC 60754-2, EN 50267-2-2
Keine toxischen Gase: NES 02-713, NFC 20-454
CPR Brandklasse Fca
Versionen mit höheren Brandklassen und weitere Querschnitte auf Anfrage
Das passende Zubehör finden Sie im entsprechenden Zubehör Katalog.

Technische Daten

Artikel-Nr.	Querschnitt mm²	Durchmesser mm	Gewicht kg/100 m	Wechselstromwiderstand bei 60 °C und 50 Hz Ω/km	Reaktanz bei 50 Hz Ω/km	Impedanz bei 60 °C und 50 Hz Ω/km	Kapazität bei 50 Hz µF/km	min. Biegeradius bei Verlegung mm	min. Biegeradius bei Installation mm	max. zulässige Zugkraft kN	Brandlast MJ/m
61174[1]	3x6/6 2LN	16.2	43	3.564	0.085	3.564	0.199	160	110	0.7	6.5
58321[2]	3x6/6 3L	16.2	43	3.564	0.085	3.564	0.199	160	110	0.7	6.5
61176[1]	3x10/10 2LN	17.7	59	2.118	0.080	2.120	0.244	180	120	1.2	7.7
58496[2]	3x10/10 3L	17.7	59	2.118	0.080	2.120	0.244	180	120	1.2	7.7
58483	3x16/16	20.7	86	1.331	0.075	1.333	0.281	210	140	1.9	9.4
47582	3x25/25	24.7	133	0.842	0.075	0.846	0.271	250	170	3.0	12.1
47583	3x50/50	30.7	226	0.449	0.073	0.455	0.288	310	210	6.0	17.0
58477	3x95/95	40.7	416	0.227	0.070	0.238	0.322	410	280	11.4	26.6
47732	3x150/150	50.3	657	0.149	0.070	0.162	0.322	500	350	18.0	40.5
61134	3x240/240	61.6	1056	0.097	0.069	0.119	0.350	620	430	28.8	62.4

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

Brugg Kabel AG
Telefon +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

Belastbarkeit

Verlegung Betriebsart Leitertemperatur Erdung	im Rohr in Erde					in Luft		
	Dauerlast		Industrielast		Notbetrieb[3]	Dauer- oder Industrielast		Notbetrieb[3]
	60 °C	90 °C	60 °C	90 °C	110 °C	60 °C	90 °C	110 °C
Querschnitt mm²	A	A	A	A	A	A	A	A
3x6/6	38	49	39	51	57	38	55	63
3x10/10	52	67	53	69	77	53	75	86
3x16/16	68	88	71	91	102	71	101	116
3x25/25	89	115	93	119	133	94	134	153
3x50/50	130	168	135	175	195	140	199	229
3x95/95	196	254	206	266	297	218	312	358
3x150/150	252	326	266	344	384	287	409	470
3x240/240	333	432	353	459	514	385	552	634

[1] Aderfarbe: schwarz / rot / blau

[2] Aderfarbe: schwarz / rot / weiss

[3] Notbetrieb während höchstens 8h/Tag und 100h/Jahr (Rohrtemperatur darf 50 °C übersteigen)

Angaben über Spannungsabfall, Transport, Verlegung, Montage und Prüfungen siehe Kapitel "Technische Informationen"

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions

Brugg Kabel AG
Telefon +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

GKN 1–Leiter Alrm NS–Polymerkabel 1/0.6kV

GKN

Ceanderkabel

Aufbau

- Alumiumleiter, verseilt
- Leiterisolation aus HEPR, vernetzt
- Konzentrischer Aussenleiter aus Kupferdrähten mit Kupferwendel
- Aussenmantel aus PE, halogenfrei, schwarz mit zwei gelben Längsstreifen
- Aderfarbe: L schwarz
- UV beständig

Anwendung

In Verteilnetzen und Industrieanlagen.
Verlegung in Rohranlagen, in Innenräumen, Kabelkanälen und im Erdreich.
Der PE-Mantel garantiert sehr gute Isolationswerte im Betrieb, ist verschleissfest und damit optimal für die Verlegung.

Normen

HD 603
Halogenfrei: IEC 60754-1, EN 50267-2-1
Keine korrosiven Gase: IEC 60754-2, EN 50267-2-2
Keine toxischen Gase: NES 02-713, NFC 20-454
CPR Brandklasse Fca
Versionen mit höheren Brandklassen und weitere Querschnitte auf Anfrage
Das passende Zubehör finden Sie im entsprechenden Zubehör Katalog.

Technische Daten

Artikel-Nr.	Querschnitt mm²	Durchmesser mm	Gewicht kg/100 m	Wechselstromwiderstand bei 60 °C und 50 Hz Ω/km	Reaktanz bei 50 Hz Ω/km	Impedanz bei 60 °C und 50 Hz Ω/km	Kapazität bei 50 Hz µF/km	min. Biegeradius bei Verlegung mm	min. Biegeradius bei Installation mm	max. zulässige Zugkraft kN	Brandlast MJ/m
53381	1x150Alrm/32	25.7	105	0.240	0.097	0.259	0.561	310	230	4.5	11.4
53382	1x240Alrm/50	30.7	158	0.148	0.091	0.174	0.525	370	280	7.2	15.2
53384	1x300Alrm/62	32.7	192	0.120	0.089	0.149	0.681	390	290	9.0	17.4
53383	1x400Alrm/80	37.7	257	0.096	0.087	0.130	0.633	450	340	12.0	21.1

Belastbarkeit

Verlegung	im Rohr in Erde					in Luft		
Betriebsart	Dauerlast		Industrielast		Notbetrieb[1]	Dauer- oder Industrielast		Notbetrieb[1]
Leitertemperatur	60 °C	90 °C	60 °C	90 °C	110 °C	60 °C	90 °C	110 °C
Erdung								
Querschnitt mm²	A	A	A	A	A	A	A	A
1x150Alrm/32	211	273[2]	224	290	304	244	351	404
1x240Alrm/50	279	361[2]	298	386	403	340	491	566
1x300Alrm/62	313	405[2]	334	434	453	388	561	648
1x400Alrm/80	356	464[2]	382	498	519	452	656	758

[1] Notbetrieb während höchstens 8h/Tag und 100h/Jahr (Rohrtemperatur darf 50 °C übersteigen)

[2] Begrenzung durch Rohroberflächentemperatur von 50 °C

Weitere Informationen siehe Dokument Kabeldimensionierung, Kapitel 3.6 Bedingungen für die Berechnung der Belastbarkeiten.

Brugg Kabel AG
Telefon +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

20250711-1

GKN 4–Leiter Alrm NS–Polymerkabel 1/0.6kV

GKN

Ceanderkabel mit Aluminiumleiter

Aufbau

- Aluminiumleiter verseilt
- Leiterisloation aus HEPR, vernetzt
- Drei isolierte Leiter miteinander verseilt
- Polster aus Gummiregenerat
- Konzentrischer Aussenleiter aus Kupferdrähten mit Kupferwendel
- Aussenmantel aus PE, halogenfrei, schwarz mit zwei gelben Längsstreifen
- Aderfarben: 3L
- UV beständig

Anwendung

In Verteilnetzen und Industrieanlagen.
Verlegung in Rohranlagen, in Innenräumen, Kabelkanälen und im Erdreich.
Der PE-Mantel garantiert sehr gute Isolationswerte im Betrieb, ist verschleissfest und damit optimal für die Verlegung.

Normen

HD 603 S1:1994/A3:2007 part 7 section E (Zertifiziert, Ausweis-Nr.: 40048915)
Halogenfrei: IEC 60754-1, EN 50267-2-1
Keine korrosiven Gase: IEC 60754-2, EN 50267-2-2
Keine toxischen Gase: NES 02-713, NFC 20-454
CPR Brandklasse Fca
Versionen mit höheren Brandklassen und weitere Querschnitte auf Anfrage
Das passende Zubehör finden Sie im entsprechenden Zubehör Katalog.

Technische Daten

Artikel-Nr.	Querschnitt mm²	Durchmesser mm	Gewicht kg/100 m	Wechselstromwiderstand bei 60 °C und 50 Hz Ω/km	Reaktanz bei 50 Hz Ω/km	Impedanz bei 60 °C und 50 Hz Ω/km	Kapazität bei 50 Hz µF/km	min. Biegeradius bei Verlegung mm	min. Biegeradius bei Installation mm	max. zulässige Zugkraft kN	Brandlast MJ/m
61150	3x95Alrm/50	37.7	202	0.373	0.070	0.380	0.329	380	260	5.7	25.4
61151	3x150Alrm/95	47.3	324	0.240	0.071	0.240	0.329	470	330	9.0	38.3
61152	3x240Alrm/150	59.1	512	0.151	0.070	0.166	0.347	590	410	14.4	60.2

Belastbarkeit

Verlegung	im Rohr in Erde					in Luft		
Betriebsart	Dauerlast		Industrielast		Notbetrieb[1]	Dauer- oder Industrielast		Notbetrieb[1]
Leitertemperatur	60 °C	90 °C	60 °C	90 °C	110 °C	60 °C	90 °C	110 °C
Erdung								
Querschnitt mm²	A	A	A	A	A	A	A	A
3x95Alrm/50	150	193	157	203	227	165	240	271
3x150Alrm/95	196	253	206	266	298	221	318	365
3x240Alrm/150	264	340	280	360	401	303	435	498

[1] Notbetrieb während höchstens 8h/Tag und 100h/Jahr (Rohrtemperatur darf 50 °C übersteigen)

Angaben über Spannungsabfall, Transport, Verlegung, Montage und Prüfungen siehe Kapitel "Technische Informationen"

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Telefon +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

GKN 4–Leiter Alse NS–Polymerkabel 1/0.6kV

GKN Alse

Ceanderkabel mit Aluminiumleiter

Aufbau

- Aluminiumleiter, eindrähtig, sektorförmig
- Leiterisolation aus HEPR, vernetzt
- Drei isolierte Leiter miteinander verseilt
- Polster aus Gummiregenerat
- Konzentrischer Aussenleiter aus Kupferdrähten mit Kupferwendel
- Aussenmantel aus PE, halogenfrei, schwarz mit zwei gelben Längsstreifen
- Aderfarben: 3L
- UV beständig

Anwendung

In Verteilnetzen und Industrieanlagen.
Verlegung in Rohranlagen, in Innenräumen, Kabelkanälen und im Erdreich.

Der PE-Mantel garantiert sehr gute Isolationswerte im Betrieb, ist verschleissfest und damit optimal für die Verlegung.

Normen

HD 603 S1:1994/A3:2007 part 7 section E (Zertifiziert, Ausweis-Nr.: 40048915)
Halogenfrei: IEC 60754-1, EN 50267-2-1
Keine korrosiven Gase: IEC 60754-2, EN 50267-2-2
Keine toxischen Gase: NES 02-713, NFC 20-454
CPR Brandklasse Fca
Versionen mit höheren Brandklassen und weitere Querschnitte auf Anfrage
Das passende Zubehör finden Sie im entsprechenden Zubehör Katalog.

Technische Daten

Artikel-Nr.	Querschnitt mm²	Durchmesser mm	Gewicht kg/100 m	Wechselstromwiderstand bei 60 °C und 50 Hz Ω/km	Reaktanz bei 50 Hz Ω/km	Impedanz bei 60 °C und 50 Hz Ω/km	Kapazität bei 50 Hz µF/km	min. Biegeradius bei Verlegung mm	min. Biegeradius bei Installation mm	max. zulässige Zugkraft kN	Brandlast MJ/m
61127	3x150Alse/95	40.7	276	0.239	0.077	0.251	0.329	450	300	9.0	26.5
58458	3x240Alse/150	48.3	432	0.145	0.076	0.164	0.339	550	400	14.4	38.5

Belastbarkeit

Verlegung	im Rohr in Erde					in Luft		
Betriebsart	Dauerlast		Industrielast		Notbetrieb[1]	Dauer- oder Industrielast		Notbetrieb[1]
Leitertemperatur	60 °C	90 °C	60 °C	90 °C	110 °C	60 °C	90 °C	110 °C
Erdung								
Querschnitt mm²	A	A	A	A	A	A	A	A
3x150Alse/95	195	251	204	264	296	220	316	363
3x240Alse/150	262	339	277	359	401	301	432	496

[1] Notbetrieb während höchstens 8h/Tag und 100h/Jahr (Rohrtemperatur darf 50 °C übersteigen)

Angaben über Spannungsabfall, Transport, Verlegung, Montage und Prüfungen siehe Kapitel "Technische Informationen"

PURWIL Trafo–Kabel mit Mantel (TN–C)

S1BQ-F

Flexibles, symmetrisch angeordnetes, verseiltes 4x1-Einleiter-Polyurethankabel (EPR/PUR)

Entscheidende Vorteile

- **Massive Verbesserung der EMV** in der gesamten Elektroinstallation
- Keine Induktionsströme in benachbarte Metallkonstruktionen und Datenkabel, etc.
- **Geringe EMF-Abstrahlung**
- Keine "Brummeffekte"
- Perfektes, symmetrisches System
- Weniger Leitungsverluste
- Geringe Kurzschlusskräfte
- Installationsfreundlich
- Halogenfrei und flammwidriges Kabel

Anwendung

- Induktionsfreie und stahlungsarme Sekundärabgänge bei Transformatoren
- Spital-, Büro-, Gewerbe- und Industriebauten
- Forschung und Entwicklung
- Pharma und Chemie
- Öffentliche Gebäude
- Rechenzentren
- Generell ab ca. 150A Strombelastung

Aufbau

- Cu-Leiter flex Kl. 5 (IEC 60228), feindrähtig
- vernetzte EPR Isolation, schwarz, nummeriert
- symmetrisch verseilt
- bandiert
- PUR Polyurethan Aussenmantel

Beschreibung

- Betriebsspannung Uo/U 600/1000 V
- Min. Biegeradius:
  mit Zugbelastung 8 x D,
  fest verlegt 6 x D
- Prüfspannung Ader-Ader
  [AC]: 3500 V, 50Hz, 5 min.
- Max. Zugkraft 20N/mm2 Cu-Querschnitt

Temperaturbereich

-40° ... +90°C
Kurzschlusstemperatur +250 (max.5s)

Mantelfarbe

Grau, ähnlich RAL 7011

Normen

IEC 60228 Cu-Leiter Kl.5
Aufbau in Anlehnung an DIN VDE 0250 602 SEV
TP20B/3C, HD 603 S1
IEC 60332-1-2 Flammwidrigkeit
IEC 60754-1 Halogenfreiheit
IEC 60754-2 Korrosivität der Brandgase
CPR Brandklasse nach EN 13501-6: Eca

Bemerkungen

Brugg Cables AG bietet auch das passende Zubehör.

Technische Daten

Querschnitt mm²	Artikel-Nr.	Aderfarbe	Ø d1 ca. mm	Ø D ca. mm	Gewicht kg/km	Brandlast MJ/m
4x150	23500	schwarz	20.7	57.3	6860	54.7
4x185	23501	schwarz	22.0	58.4	8190	63.7
4x240	23502	schwarz	25.1	65.3	9980	75.7
4x300	23503	schwarz	29.2	74.0	13176	95.0

Elektrische Daten (max. Strombelastung bei Verlegung in Luft 30°C)

Querschnitt mm²	AC-Widerstand bei 60°C, 50 Hz Ω/km	Reaktanz bei 50 Hz Ω/km	Impedanz Z bei 60°C, 50 Hz Ω/km	max. Belastung bei 60°C Leitertemp. A	max. Belastung bei 90°C Leitertemp. A
4x150	0.146	0.080	0.167	285	405
4x185	0.117	0.080	0.142	327	463
4x240	0.090	0.080	0.120	388	549
4x300	0.073	0.080	0.108	440	624

Für höhere Strombelastungen dürfen mehrere Leitungen parallel verlegt werden.

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Telefon +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

PURWIL Trafo–Kabel bandiert (TN–C)

S1BQ-F

Flexibles, symmetrisch verseiltes 4x1-Einleiter-Polyurethankabel (EPR/PUR)

Anwendung

- Induktionsfreie und strahlungsarme Sekundärverkabelung von Transformatoren (TN-C)
- Installationskabel für TN-C Verbindungen

Aufbau

- Cu-Leiter flex Kl. 5 (IEC 60228), feindrahtig
- Vernetzte EPR-Isolation, schwarz
- PUR Polyurethan Adermantel
- 4 Einleiter verseilt; 4L nummeriert
- bandiert

Beschreibung

- Reduziert die Montagezeit
- Geringe EMF - Abstrahlung
- Hohe Spannungfestigkeit zwischen den Phasenleitern
- Min. Biegeradius:
  mit Zugbelastung 8 x D,
  ohne Zugbelastung 6 x D
- Betriebsspannung Uo/U 600/1000 V

Temperaturbereich

-40°C ... +90°C
Notbetrieb +130°C (8h/Tag und 100h/Jahr)
Kurzschlusstemperatur +250 (max.5s)

Mantelfarbe

Grau, ähnlich RAL 7011

Normen

IEC 60228 Cu-Leiter Kl.5
IEC 60754-2 Korrosivität der Brandgase
IEC 60754-1 Halogenfreiheit
Aufbau in Anlehnung an SEV TP 20B/3C, HD603 S1

Bemerkungen

Brugg Cables AG bietet auch das passende Zubehör.

Technische Daten

Querschnitt mm²	Artikel-Nr.	Aderfarbe	Ø d1 ca. mm	Ø D ca. mm	Gewicht kg/km	Brandlast MJ/m
4x1x150	23481	schwarz	23.9	58.0	6565	41.8
4x1x185	23479	schwarz	25.4	61.6	7910	47.3
4x1x240	23480	schwarz	28.9	70.1	9725	60.6
4x1x300	23485	schwarz	32.4	81.0	12980	75.6

Elektrische Daten (max. Strombelastung bei Verlegung in Luft 30°C)

Querschnitt mm²	AC-Widerstand bei 60°C, 50 Hz Ω/km	Reaktanz bei 50 Hz Ω/km	Impedanz Z bei 60°C, 50 Hz Ω/km	max. Belastung bei 60°C Leitertemp. A	max. Belastung bei 90°C Leitertemp. A
4x1x150	0.146	0.080	0.167	315	455
4x1x185	0.117	0.080	0.142	352	511
4x1x240	0.090	0.079	0.120	422	614
4x1x300	0.073	0.079	0.108	483	704

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

Brugg Kabel AG
Telefon +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

G–Seil EPR 4x1xEinleiter (TN–C)

S1B-F

Flexible, verseilte G-Seile, EPR vernetzt

Anwendung

- Sekundärabgänge bei Transformatoren
- Verlegung in trockenen Räumen

Aufbau

- Cu-Leiter flex Kl. 5 (IEC 60228), feindrähtig
- Vernetzte EPR Isolation, schwarz
- 4 Einleiter verseilt; 4L nummeriert, bandiert

Beschreibung

- Reduziert die Montagezeit
- Geringe EMF - Abstrahlung
- Hohe Kurzschlussfestigkeit zwischen den Phasenleitern
- Min. Biegeradius:
  mit Zugbelastung 8 x D,
  ohne Zugbelastung 6 x D

Temperaturbereich

-40°C ... +90°C
Notbetrieb +130°C (8h/Tag und 100h/Jahr)
Kurzschlusstemperatur +250 (max.5s)

Normen

IEC 60228 Cu-Leiter Kl.5
IEC 60754-2 Korrosivität der Brandgase
IEC 60754-1 Halogenfreiheit
Aufbau in Anlehnung an SEV TP 20B/3C, HD603 S1

Bemerkungen

Brugg Cables AG bietet auch das passende Zubehör.

Technische Daten

Querschnitt mm²	Artikel-Nr.	Aderfarbe	Ø d1 mm	Ø D ca. mm	Gewicht kg/km	Brandlast MJ/m
4x185	23476	schwarz	22.0	53.5	7297	29.1
4x240	23477	schwarz	25.1	61.0	8910	35.6

Elektrische Daten (max. Strombelastung bei Verlegung in Luft 30°C)

Querschnitt mm²	AC-Widerstand bei 60°C, 50 Hz Ω/km	Reaktanz bei 50 Hz Ω/km	Impedanz Z bei 60°C, 50 Hz Ω/km	max. Belastung bei 60°C Leitertemp. A	max. Belastung bei 90°C Leitertemp. A
4x185	0.118	0.072	0.138	322	471
4x240	0.091	0.071	0.115	387	567

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Telefon +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

PURWIL, Einleiter, EPR/PUR

S1BQ-F

Flexibles Einleiter Polyurethankabel EPR/-PUR

Das PURWIL Einleiterkabel eignet sich hervorragend als flexibles, gut verlegbares Kabel im Maschinen- und Anlagenbau sowie für Transformatoren. Dank feindrähtiger Kupferadern lässt es sich optimal durch limitierte Bauräume führen.
Das Kabel erfüllt internationale Brandschutznormen in Bezug auf Flammwidrigkeit, Halogenfreiheit und damit auch Korrosivität der Brandgase. Der Mantel besteht aus Polyurethan (PUR), die Aderisolation aus strapazierfähiger Ethylen-Propylen-Mischung (EPR). Das Einleiterkabel ist in allen marktgängigen Querschnitten verfügbar und auf Einsätze in dem Temperaturband von -40 °C und +90 °C ausgelegt.

Material und Komponenten

- Cu-Leiter blank Kl. 5 (IEC 60228), feindrähtig
- Aderisolation aus vernetztem EPR
- Aussenmantel aus Polyurethan (PUR)

Mantelfarbe

Grau, ähnlich RAL 7011

Funktionen

- Abriebfest
- Flexibel
- Halogenfrei
- Hohe mechanische Festigkeit
- Öl- und Kraftstoffbeständigkeit

Umgebungsbedingungen

- Gute Wärme- und Kältebeständigkeit
- Hydrolyse- und mikrobenbeständig
- Ozon- und witterungsbeständig

Leistungen

- Mechanische Eigenschaften:Min. Biegeradius:
  mit Zugbelastung 8 x D,
  ohne Zugbelastung 6 x D
- Nennspannung Uo/U 600/1000 V

Temperaturbereich

- -40°C ... +90°C
- Im Kurzschlussfall +250°C (max. 5s))
- Kurzzeitig bis +130°C belastbar (8h/Tag und 100h/Jahr)

Normen

IEC 60228 Cu-Leiter Kl.5
Aufbau in Anlehnung an EN 50525-2-51, HD603 S1
IEC 60754-1 Halogenfreiheit
IEC 60754-2 Korrosivität der Brandgase

Bemerkungen

d1=Ø über Kupferseil
d2=Ø über Isolation
D=Total Ø
Brugg Cables AG bietet auch das passende Zubehör.

Technische Daten

Querschnitt mm²	Artikel-Nr.	Adercode	Aderfarbe	Ø d1 ca. mm	Ø d2 mm	Ø D mm	Gewicht kg/km
1X50	23835	L	schwarz	9.4	12.6	15.0	524
1X95	23068	L	schwarz	13.1	16.7	19.5	940
1X120	23850	L	schwarz	14.8	18.4	21.4	1294
1X150	23855	L	schwarz	16.7	20.7	23.9	1618
1X185	23860	L	schwarz	17.6	22.0	25.4	1952
1X240	23865	L	schwarz	20.3	25.1	28.9	2395
1X300	23870	L	schwarz	24.0	29.2	33.4	3205

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

Brugg Kabel AG
Telefon +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

Technische Änderungen jederzeit vorbehalten.

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions

Brugg Kabel AG
Telefon +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

BRUGG CABLES
Well connected.

Terna Energy Solutions

www.bruggcables.com