

Universalkabelhandbuch

Projektierungshilfe



EXCEL 3x10/10 10 u. 20 kV
FXCEL 3x16/10 10 u. 20 kV
AXCES 3x70/16 10 u. 20 kV
AXCES 3x70/25 30 kV
AXCES 3x95/25 10 u. 20 kV

Universalkabel für den
Einsatz in der Erde
im Wasser
in der Luft

Handbuch für die
Realisierung von
Übertragungsleitungen

20061010 19/221 01-FGC101683 RIVGer Rev C



Kabelaufhängung ECH14

Ericsson

Handbuch für Universalkabel

Ericsson Netzwerk –Technologies AB, ist eine Tochtergesellschaft von Ericsson.

Der Unternehmenszweig Energie in Falun, entwickelt, produziert und verkauft Kabel und Leitungen, Hochspannungs-, Mittelspannungs-, sowie der Niederspannungs-Technik. Ericsson Netzwerk –Technologies AB bietet auch Montagendiensteleistungen auf dem Gebiet der Hochspannungstechnologie an.

Wir halten eine breite Auswahl von Standardprodukten in unserem Lager auf Vorrat. Unser Ziel ist es, bei unseren Kunden in Bezug auf Qualität, Liefertreue und Service als hervorragender Lieferant von Kabel und Kabelsystemen zu gelten.

Möchten Sie mehr über Ericsson Netzwerk –Technologies AB wissen? Möchten Sie mehr über unsere Produkte wissen? Sie können Produktbeschreibungen, Präsentationen, Broschüren und Installations-Anweisungen direkt von unserem Büro erhalten.

Sie sind jederzeit bei Ericsson Network – Technologies AB herzlich Willkommen. Insbesondere wenn Sie Fragen zu Produkten haben oder wir Ihnen speziell mit Rat und Tat auf dem Gebiet der Kabel-Technologie zur Seite stehen können.

Ericsson Netzwerk - Technologies AB stellt seit 1888 Kabel her, so können Sie sich auf unserer langer Erfahrung verlassen. Wir richten unsere Aufmerksamkeit nicht nur auf die Erzeugung von Qualitätsprodukten, sondern auch auf einem hohen Grad der Liefer-Genauigkeit. Planung, Entwurf, Installation, Systemerhaltung und Zubehör sind Prioritäten wenn es um die Frage von Effektivität und Sicherheit geht.

ERICSSON NETZWERK-TECHNOLOGIES AB
Unternehmens-Gebiet-Energie
Postbox 731
S-791 29 Falun
Schweden
Tel. +46 23 684 00
Fax. +46 23 685 90

www.ericsson.com/networktechnologies/products/energy
www.universalkabel.de/
www.riv-kabel.de

E-mail: marketing@ericsson.com
n.reinke@riv-kabel.de

Der Inhalt dieses Buches darf nicht ohne Erlaubnis von Ericsson kopiert, reproduziert, oder anderweitig vervielfältigt werden

Inhalt

Einführung	5
Systembeschreibung	6
Kabelaufbau	6
Zubehör	8
Planungsinstruktionen und Hinweise	9
Elektrische Besonderheiten – Einflüsse auf das Netz	10
Erdschlussstrom	10
Kurzschlussstrom	11
Spannungsabfall	12
Blitz-Überspannungen	13
Blitz-Einschläge	14
Überspannung durch Induktion	15
Planungshinweise	16
Allgemeine Hinweise	16
Abzweige	17
Windlasten	18
Kabelschneisen, Strecken	19
Montage vom Mittel-, Niederspannungs- und Fernmeldekabel am gleichen Mast	19
Strassen-/Bahnkreuzung	20
Große Winkel	20
Konstruktionsdaten EXCEL / FXCEL	21
Konstruktionsdaten AXCES	23
Zubehör	26
Kabelaufhängungen	27
Endspiralen	28
Verbindungs muffen	33
Endverschlüsse	34
Montagehinweise	35
Allgemeine Hinweise	35
Werkzeuge	36
Ziehen einer Freileitung	37
Regulierung der Trasse – Spannen	39
Schwierige Trassen - steil – lang – kurvenreich	41
Verlegung in der Erde und im Wasser	42
Kabel Verarbeitung	43
Wartung des Netzes	44
Erfahrungen aus Betrieb	44
Windbrüche /Baumeinfälle	44
Sicherheitshinweise	46
Einsatz als Ersatzkabel	47
Technische Daten	48
EXCEL / FXCEL	48
AXCES™	50
Trommeltabelle	51
Zusammenfassung durchgeführter Tests	52
Referenzen	54
Information zur verringerten Isolierwandstärke	55
Nachträge	
Kabelaufhängung ECH 14	59
Montageanweisung ECH 14	60

Universalkabel Konzept – eine Kosteneffektive und sichere Lösung

Traditionell wird die Verteilung elektrischer Energie durch in der Erde verlegte Kabel und Freileitungen gewährleistet. Kabel in der Erde dominieren in städtischen Gebieten, in ländlichen hingegen die Freileitungen. Mit dem Universalkabel Konzept gibt es eine neue Möglichkeit für eine kostengünstigere und effektive Energieverteilung für den Spannungsbereich 12 und 24 kV und nun auch 36 kV.

Neu bei dieser Anwendung ist, dass ein und das gleiche Kabel für die gesamte Streckenführung benutzt wird. Die Methode der Installation wird so gewählt, dass sie für jeden Teil der entspr. Streckenführung die geeignetste ist. Die Methode der Installation kann eine Mischung von Erdverlegung sein, (z.B. einpflügen) oder in Wasser bzw. als selbsttragendes Kabel auf Maste. Die Verlegung auf Maste wird als kostengünstigste Variante angesehen. Gesonderte Kabel zu Transformatoren und Blitzableiter werden nicht gebraucht. Auf diesem Weg ist es möglich die Wirtschaftlichkeit und Sicherheit zu optimieren.

Weitere positive Faktoren, die noch in die Überlegung mit einzubeziehen sind:

- Größere Freiheit bei der Wahl der Streckenführung.
- Universelle Nutzung, Erdverlegung, in Wasser, auf Maste.
- zusammen mit Niederspannung und Fernmeldekabel.
- Niedrige Service - und Betriebskosten
- Niedrige Unterhaltungskosten
- Ästhetisches Erscheinen.
- Ausgezeichnete Sicherheits-Aspekte, z. B. voll isoliert, geschirmt.
- Kein elektrische Feld, niedriges magnetisches Feld.

Mit diesem Kabel bieten sich völlig neue Möglichkeiten für die Planung und Ausarbeitung von Netzwerken. Zur optimalen Nutzung des Kabels ist es wichtig, dass alle Vorteile die das Kabel bietet, bei der Planung berücksichtigt werden. In diesem Handbuch gibt es Informationen über die notwendigen Schritte, für Planung, Entwurf, Materialauswahl, Montage - Anweisungen und Wartung. Das Universalkabel Konzept bietet die Möglichkeit der Installation in einem Weg, der bessere Sicherheits-Aspekte hat, als traditionelle Methoden. Spezielle Hinweise in Bezug auf Spezifikationen und Sicherheitsbestimmungen finden Sie auf Seite 51. Bitte beachten Sie landestypische Sicherheitsbestimmungen. Details für die Nutzung als ein Ersatzkabel, insbesondere EXCEL 3x10/ 10 12 kV, in 12 und 24 kV - Netzwerke finden Sie auf Seite 52.



Universalkabelkonzept – was bedeutet das?

Die Definition "Universalkabelkonzept" ist nicht nur eine Beschreibung eines Kabels, sondern die Beschreibung eines ganzen Systems von Bauteilen und Anweisungen. Um alle technischen und ökonomischen Vorteile voll zu nutzen, sollten alle Faktoren berücksichtigt und auch genutzt werden. Nur so entsteht ein **System**.

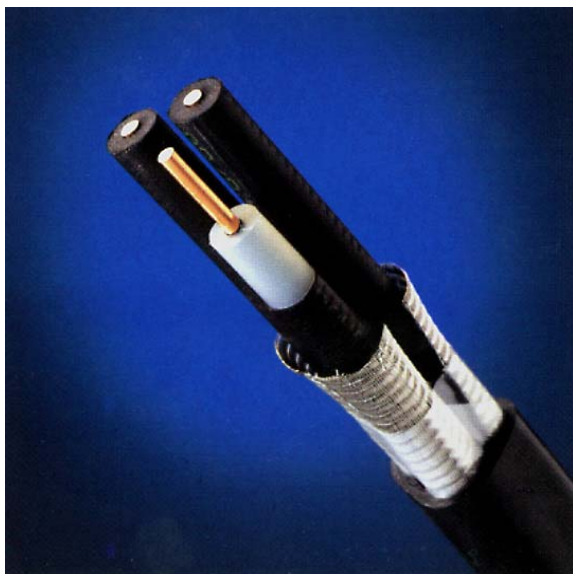
Ein breites Programm von Zubehörs und Anweisungen sowie auch Hilfe für die Planung und Gestaltung sind in die Systembeschreibung einbezogen. Durchhangtabellen stehen im Kapitel *Entwurfsanweisungen* dieses Handbuches. Tips und Regeln für den Bau sind in dem Kapitel *Bauanweisungen*, und Wartungsangelegenheiten sind in dem Kapitel *Wartung* zu finden.

Eine wichtige Frage bei der Installation eines neuen Systems ist die Netzsicherheit. Das Universalkabelkonzept hat durch viele Installationen seine Betriebssicherheit bewiesen. Zusätzliche werden strenge Feldtests von EA Technologie durchgeführt.

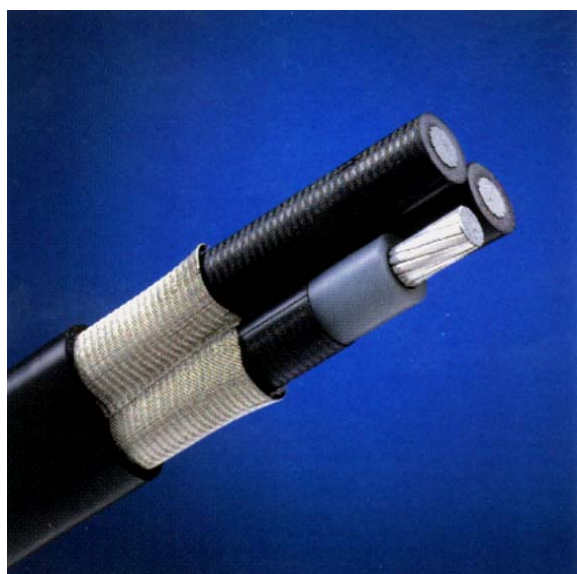
Kabelaufbau

Die als Universalkabel genannten Kabel haben einige wichtige gemeinsame Eigenschaften. Sie müssen alle den verschiedenen Bedingungen bei der Verlegung in der Erde, im Wasser und in der Luft standhalten. Für das Verlegen in der Erde muss das Kabel robust und leicht einpflügelbar sein. Für das Verlegen in Wassers ist es wichtig, dass die Dichte des Kabel es leicht sinkbar macht. Der Einsatz als selbsttragendes Luftkabel stellt vielleicht die größte Anforderung an den Kabelaufbau.

Um die Netzsicherheit bei den zeitweise extremen Naturbedingungen, wie Eislast, Stürme, Windbrüche und Bäume schwer von Schnee zu gewährleisten, kann die spezielle Kabelkonstruktion wie das patentierte EXCEL, FXCEL und AXCES™ erforderlich und äußerst sinnvoll sein.

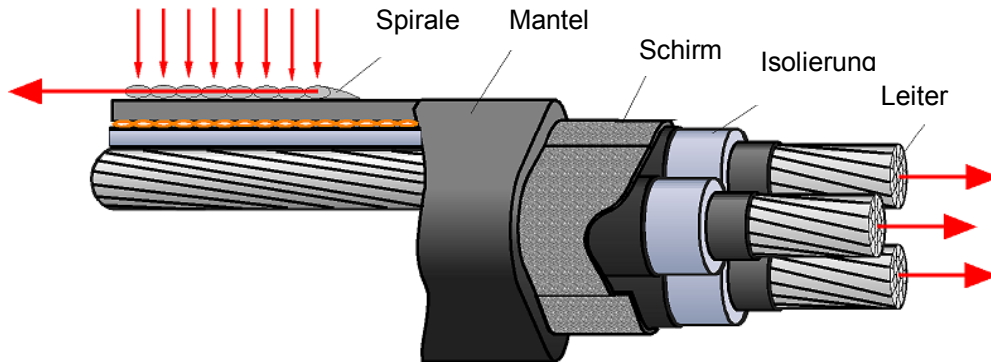


EXCEL 3x10/10 12 kV

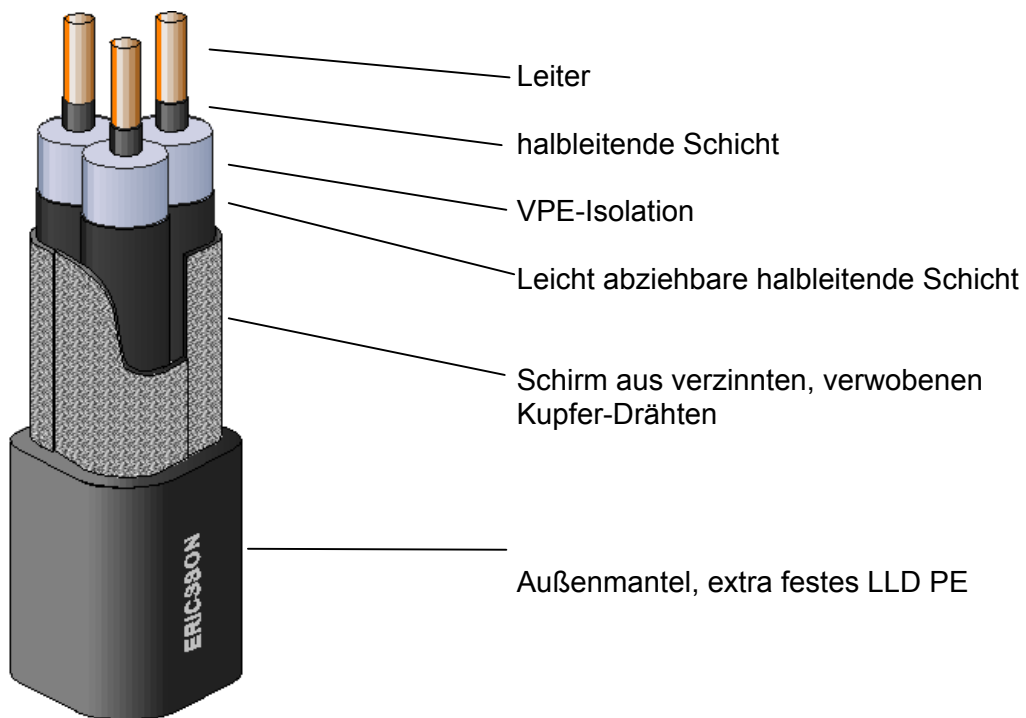


AXCES™ 3x95/25 24 kV

In einem selbsttragendem Kabel, der Bauart EXCEL/AXCES™ ist es der Leiter, der den größten Teil der Zugspannung aufnimmt. Die axialen Kräfte können nicht direkt auf den Leiter gebracht werden. Sie müssen über den Außenmantel und das Isolationssystem zu den Leitern ohne Beschädigung des Isolationssystems übertragen werden. Wie dies funktioniert, wird im Querschnitt eines Universalkabels unten gezeigt.

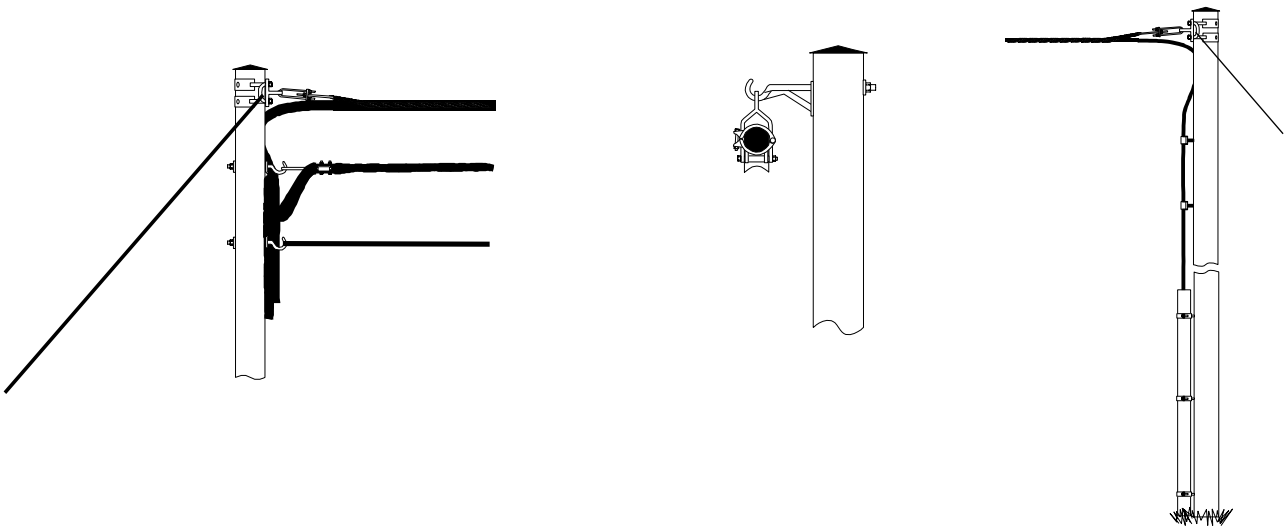


In Verbindung mit den Kabelaufhängungen und den Endspiralen kann das Kabel für lange Zeit erheblich großen Kräften wie z. B. umgestürzten und mit Schneelast versehenen Bäumen standhalten. Deshalb ist das Kabel so gestaltet, dass die verschiedenen Lagen nicht aneinander schleifen und auch die Schirmdrähte nicht in die äußere halbleitende Schicht eindringen können. Ein konventionelles, für die Erdverlegung konstruiertes Kabel kann diese Forderungen nicht erfüllen. Die Universalkabel EXCEL/AXCES™ sind durch ihre einzigartige Konstruktion äußerst geeignet und angepasst für die verschiedenen möglichen Umstände und Bedingungen, bei der Anwendung als selbsttragendes Luftkabel.



Zubehör

Um das Universalkabel-Konzept zu einem gut funktionierenden System zu machen, benötigt man spezielles Zubehör für den Trassenbau und entsprechende Hilfsmittel um die Trasse zu gestalten.



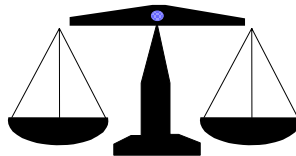
Um die positiven Eigenschaften der Installation zu erhalten, ist es notwendig, das Kabel nur mit dem zugelassenen Zubehör einzusetzen. Nur dann werden die Erwartungen an die Kabeltrasse voll erfüllt. Wir empfehlen dringend, nur das in diesem Handbuch oder auf andere Weise durch Ericsson empfohlene Zubehör zu nutzen. Im Zweifelsfall kontaktieren Sie bitte Ericsson Network Technologies.



Planungsinstruktionen und Hinweise

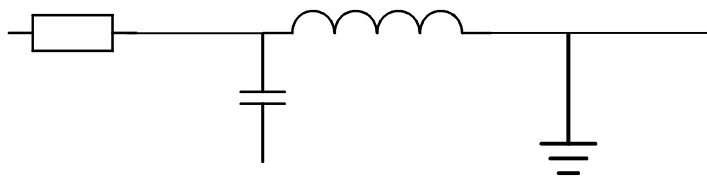
Die erste Auswertung soll verschiedene Lösungen in der Kabeltrassentopographie betrachten. Dies hängt oft ab von der Art und Weise der Installation z. B. Wiederaufbauen einer alten Trasse, Neuinstallation oder Erweiterung einer existierenden Verkablung. Durch die Möglichkeit, ein Kabeltyp für die Erdverlegung, die Verlegung in der Luft oder in Wasser zu nutzen, bieten sich größere Freiheiten bei der Auswahl der Trassenführung. Die Nutzung des Universalkabels bedeutet, dass keine besonderen Kabel für den Übergang von der Erdverlegung auf die Freileitung benötigt werden. Es wird einfach nur noch das Universalkabel als günstigste Variante für jeden Teil der Strecke installiert.

Ein wichtiger Teil zum Erreichen der effektivsten Kabelverbindung ist die Auswahl der besten Trasse.



Zu berücksichtigende Faktoren sind:

- Möglichkeiten zusammen mit existierenden oder geplanten 1 KV und / oder Fernmeldekabelleitungen zu bauen.
- Größere Freiheit bei der Platzierung von Transformatoren.
- Kein Bedarf für Blitzableiter und separate Kabel für Transformatorenanschlüsse.
- Die Empfindlichkeit zu Blitzüberspannungen sind stark reduziert im Vergleich mit blanken und isolierten Leitern.
- Möglichkeit der Streckenführung entlang von öffentlichen Strassen und damit günstige Inspektionen vom Auto aus.
- Der hohe Sicherheitsgrad gibt die Möglichkeit auch dort eine Freiluftinstallation zu wählen, wo normalerweise keine blanken oder isolierten Freileitungen zulässig sind.
- Die reduzierten Betriebs- und Wartungskosten der Kabelanlage.
- Umwelterscheinung - ein Kabel ist weniger sichtbar, kann tiefer aufgehangen werden (nationale Vorschriften beachten) oder in der Erde sein.



Ein auch zu berücksichtigender elektrischer Faktor ist, dass ein Kabel eine Kapazitive Last liefert, die oft vorteilhaft in ländlichen Netzen ist. Verglichen mit einer blanken/isolierten Leitung ist der Spannungsabfall auch geringer. Mehr darüber im nächsten Kapitel.

Hinweis: Eine Studie über die Gesamtwirtschaftlichkeit kann z.B., durch eine Life Cycle-Analyse oder ein ähnliches Verfahren zur Bestimmung der Kostenwirksamkeit durchgeführt werden.

Elektrische Vorgänge – Einflüsse auf das Netz

Die elektrischen Eigenschaften eines Kabelnetzes unterscheiden sich von einem Netz mit Freileitungen (blanken / isolierten Leiter), unabhängig ob das Kabel in die Erde gelegt bzw. an Masten aufgehängt wird. Wenn das Kabel an Masten montiert wird, ist es genau so zu betrachten wie bei einer Erdverlegung. Es gelten die gleichen Methoden für Erdung und Behandlung von Erdschluss-Strömen.

Der elektrische Hintergrund zu den Unterschieden ist, dass eine Kabellösung kapazitiv ist und eine blanke Freileitung reaktiv. Wenn sie einen Trennschalter wählen, muss die Tatsache beachtet werden, dass ein Kabel mit niedriger Last einen kapazitiven Strom mit einem Phasenwinkel hat, der bis zu 90° sein kann. Für Trennschalter kann Unterbrechung eines kleinen kapazitiven Stroms so schwierig sein, wie die Unterbrechung eines Kurzschlussstroms. Anschluss oder Trennung der einen Phase auf langen Kabeltrassen mit z.B. Hochspannungs-Sicherungen soll vermieden werden, da dieser Betrieb einen unsymmetrischen Erdschlussstrom hervorruft.

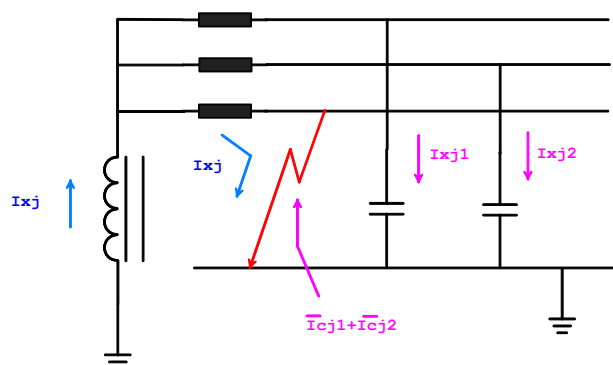
Dieser unsymmetrische Erdschlussstrom kann durch Schutzvorrichtungen fern im Netz wahrgenommen werden und dies wiederum würde die Trennung von Teilen des Netzes verursachen.

Erdschlussstrom

Die Verwendung des Kabels im Netz bedeutet, dass der kapazitive Erdschlussstrom im Bereich von 30-50mal verglichen mit blanken/isolierten Leitern zunimmt. Dies bedeutet, dass es eine erhöhte Forderung an Kompensation und brechende Kapazität der Trennschalter gibt.

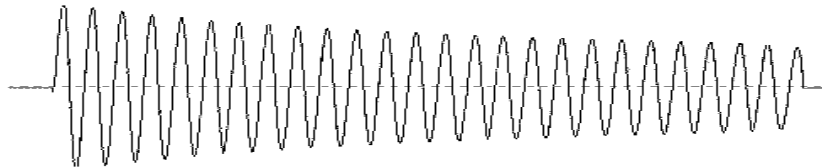
Die Erdung der Anlagen ist meistens in Sicherheitsbestimmungen festgelegt. Bei einem nicht direkt geerdetem Mittelspannungsnetz hängt der Erdschlussstrom von der Verbindung des Netzes zur Erde ab. Der kapazitive Erdschlussstrom in einem Kabelnetz kann in Abhängigkeit vom Leiterquerschnitt und Spannungsebene 0.7 – 2.8 A/km betragen.

Der übliche Weg den Erdschlussstrom zu reduzieren ist es, eine Nullpunktdrossel zwischen dem Nullpunkt des Systems und der Erde zu schalten. Dies gibt einen Strom in Gegenphase, der den Erdschlussstrom vollständig oder teils kompensiert.



Nullpunktdrossel zum Kompensieren des Erdschlussstroms

Kurzschlussstrom

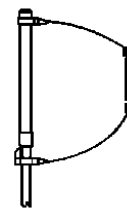
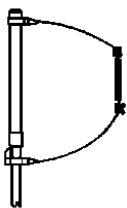


Das Kabel EXCEL 3 x10/10 12 und 24 kV mit dem Leiterquerschnitt 10 mm^2 hat natürlich eine begrenzte Kurzschlussfestigkeit; das Datenblatt gibt 2 KA für 1 sek. an. Dies kann natürlich den Einsatzbereich unter Umständen einschränken.

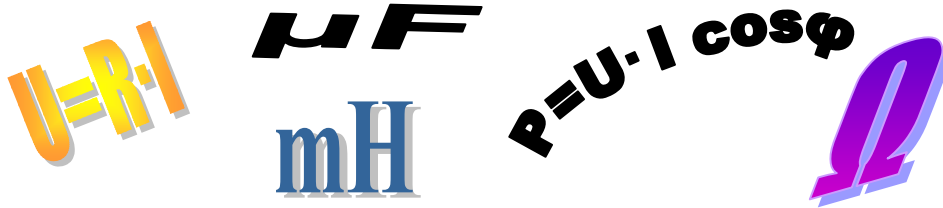
Aufgrund des kleinen Leiterquerschnitts ist der elektrische Widerstand im Kabel relativ hoch, und er nimmt bei einer Erhöhung der Leitertemperatur noch zu, z.B. bei einem Kurzschluss. Diese Tatsache grenzt die Höhe des Kurzschlussstromes so ein, dass ein Kurzschluss schon nahe der Einspeisung geschehen muss, damit der Strom 2 KA überhaupt erreicht. Berechnungen und Kurzschluss tests wurden bei NEFI im Hochspannungslabor SKIEN (Norwegen) durchgeführt. Die in Norwegen getätigten Tests zeigen, dass EXCEL 3 x10/10 zu einem gewissen Grad einen Selbstschutz hat. Dies gilt wenn ein Kurzschluss weiter als 500 m bei 10 kV und 1000 m bei 20 kV geschieht. Es wurde durch Tests bewiesen, dass, wenn EXCEL 3 x10/10 einem Kurzschlussstrom von $> 2 \text{ KA}$ für 1 sek. (oder äquivalenten Strom x Zeit) ausgesetzt ist, der Leiter am Kabelschuh durchbrennt. An dieser Stelle weist der Leiter einen leicht reduzierten Querschnitt auf und hat keine Kühlung vom Isolierungsmaterial. Das Durchbrennen am Kabelschuh geschieht normalerweise immer bevor das Kabel beschädigt wird. Auf Grund dieser Tatsache sprechen wir von einem, im gewissen Umfang bestehenden Selbstschutz des Kabels.

Wie kann man das Kabel schützen? Die Antwort hängt von vielen Faktoren ab. Da haben wir die Kabellänge, die Wahrscheinlichkeit für Fehler, die Art der zu erwartenden Fehler, die Art des Schutzes, die auf dem Freileitungsnetz verwendet wird, die Art von Folgen die man akzeptieren kann usw. Bei einem Stickleitungsnetz werden oft Sicherungen vor dem Transformator gegen Überlastungs- und Transformatorfehler verwendet und diese schützen dann auch das Kabel gegen Überlast und Transformatorfehler. Wenn das Kabel selbst durch äußere Gewalt beschädigt werden sollte, führt dies normalerweise zu einem Kurzschluss, der durch die Schutzeinrichtungen erkannt wird und die Leitung vom Netz trennt. Ein Anschluss eines Stickleitungsnetzes ohne Sicherungen oder Schalter an einem Ringnetz ist akzeptabel, wenn die Wahrscheinlichkeit für Fehler sehr klein sind und der eventuelle auftretende Schaden begrenzt ist.

Eine Hochspannungssicherung an der Einspeisung schützt das Kabel immer. Ein Problem, das dann geschehen kann, ist das, wenn die Sicherungen einzeln verbunden oder getrennt werden, erzeugt der kapazitive Erdschlussstrom eine Unbalance, die im Netz erkannt und Ursache für eine Netztrennung sein kann.



Spannungsabfall



Elektrische Spannungsgüte ist eine Definition, die mit verschiedenen Kriterien die Qualität der Energieversorgung in einem Netz beschreibt. Sowohl die Hochspannungsseite als auch die Niederspannungsseite hat einen Einfluss auf die elektrische Spannungsgüte und wenn eine isolierte Freileitung in ein Kabelsystem geändert wird, wird die elektrische Spannungsgüte normalerweise besser. Netzimpedanz wird reduziert, Kurzschlussfestigkeit im Netz nimmt zu und die Spannungsschwankungen reduzieren sich.

Eine Strecke mit Kabel ist, wie bereits erwähnt, eine kapazitive Last, während ein blanker/isolierter Leiter eine induktive Last darstellt. Dies bedeutet, dass der elektrische Spannungsabfall für eine Trasse mit EXCEL/AXCES™ niedriger wird, als bei einer Trasse mit blanken/isolierten Leitern da für ein Kabel der induktive Spannungsabfall gleich Null ist. Eine konventionelle Freileitung hat etwa 0,4 Ohm/km und AXCES™ 3x95 hat 0,09 Ohm /km Blindwiderstand (siehe Tabelle unten). Die Werte gelten für eine Last von 100 A und eine Lufttemperatur von 20° C.

phase	Widerstand Ω/km	Gesamtimpedanz Ω/km	Spannungsabfall/km	
			10 kV Phase-Phase bei 100 A Last	20 kV phase- bei 100 A
Last				
AXCES™ 3x95	0.32	0.33	0.48 %	0.24 %
BLX 99 mm²	0.31	0.48	0.70 %	0.35 %
BLX 241 mm²	0.13	0.36	0.52 %	0.26 %

Die Tabelle zeigt, dass es unter normalen Lastbedingungen mit AXCES™ möglich ist, die Netzlänge zwischen Stationen um bis zu 40-50 % gegenüber einer Standardfreileitung, die mit blanken oder isolierten Leitern ausgeführt wird zu steigern. Dies gibt die Möglichkeit, Netze mit Spannungsabfallproblemen durch Wechseln auf AXCES™ zu verbessern. Der elektrische Spannungsabfall eines 95 mm² AXCES™ kann mit einem BLX 241 mm² verglichen werden.

Ein Phänomen, dass bei langen Kabelstrecken und niedriger Last auftreten kann, ist eine Spannungserhöhung. Die Faktoren, die eine Spannungserhöhung beeinflussen, sind außer Kabellänge, niedriger Last, auch niedrige Kurzschlusseffekte und kleine Transformatoren an den Kabelenden. Oberwellen im Netz können die Wirkung steigern. Die einfachste Art, das Problem zu beheben, ist größere Transformatoren zur Kompensation der Spannungserhöhung zu verwenden und gleichzeitig wird damit auch ein sehr stabiles Netz hergestellt. Eine Transformatorengröße von 500 kVA oder mehr an der Einspeisung arbeitet sehr gut. Dieses Phänomen hat nur einen praktischen Einfluss auf Kabelstrecken von mehr als 5 - 10 km, mit Lasten von wenigen kVA, wo der Spannungsanstieg nur wenige Prozente sein kann.

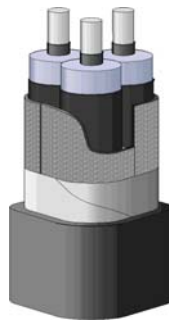
Blitz-Überspannungen

In Bereichen, wo normalerweise induzierte Überspannungen ein Problem darstellen, bietet der Aufbau eines Kabelsystems, verglichen mit blanken/isolierten Leitern eine Menge Vorteile. Einige der Hauptpunkte können wie folgt beschrieben werden:

- Vom elektrischen Standpunkt gibt es keinen Unterschied zwischen Kabel in der Erde oder in der Luft
- Aus der Erfahrung heraus, ist ein Kabel viel weniger den Problemen durch Blitz-Überspannung ausgesetzt, als Leitungen mit blanken /isolierten Leitern.
- Die Risiken für Direkteinschläge sind bei Nutzung von EXCEL/AXCES™ Universal Kabel gegenüber blanken/isolierten Leitern reduziert.
- Die Risiken für Unterbrechungen auf Grund induzierter Überspannung sind sehr stark durch die Nutzung von of EXCEL/AXCES™ reduziert.

Drei verschiedene Konstruktionen mit unterschiedlichen Eigenschaften:

Kabel (EXCEL/AXCES™)

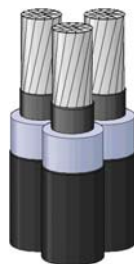


Aufbau

- Leiter
- Leiterglättschicht
- Isolierung
- Halbleitende Schicht
- Metallschirm
- Außenmantel

kein
äußeres
elektrisches
Feld

AXUS



Aufbau

- Leiter
- Leiterglättschicht
- Isolierung
- Halbleitende Schicht

kleines äußeres
elektrisches
Feld

Blanker oder isolierter



Aufbau

- Leiter
- Isolierung

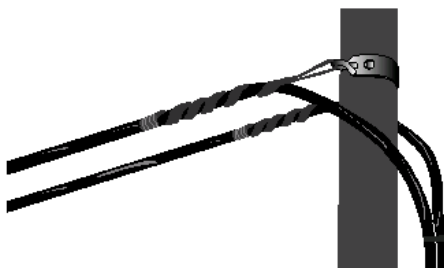
großes
elektrisches
Feld

Blitz - Einschläge

Die Wahrscheinlichkeit für einen direkten Einschlag in ein als Fahrleitung installiertes EXCEL/AXCES™ Universalkabel ist geringer als für eine blanke/isolierte Leitung und sie ist im Prinzip nicht größer, als für ein in der Erde verlegtes Kabel.

Der Grund dafür ist, dass EXCEL/AXCES™ abgeschirmte Produkte sind und deshalb ein Erdpotential das Kabel umgibt. Die Luft um das Kabel herum wird nicht ionisiert wie bei einer blanken/isolierten Leitung. Der Blitz „sieht“ das Kabel nicht auf dieselbe Weise wie z.B. einen blanken/isolierten Leiter. Der äußere PE Mantel isoliert auch den geerdeten Schirm und reduziert das Risiko eines direkten Einschlages. Für ein, in der Freileitung installiertes Kabel ist es natürlich wahrscheinlicher von Blitz getroffen zu werden als für ein erdverlegtes Kabel.

Ein direkter Einschlag in das Kabel verursacht wahrscheinlich einen Fehler, der repariert werden muss, ganz gleich ob das Kabel in der Erde oder in der Luft installiert wurde. Ein Weg, das Risiko eines direkten Einschlages auf eine Freileitung zu reduzieren, ist einen Erddraht über dem Kabel zu installieren. Dies kann auch einen zusätzlichen Schutz bieten, falls ein Baum auf die Leitung fällt, insbesondere bei EXCEL mit seiner etwas niedrigeren mechanischen Festigkeit.



Überspannungen durch Induktion

Induzierte elektrische Spannungen sind in allen Leitern, die unregelmäßigen elektromagnetischen Feldern ausgesetzt sind, z.B. dem Blitz, vorhanden. Die Probleme mit induzierten Überspannungen sind in allen Arten von elektrischen Leitern, wie blanken/isolierten Leitern, Kabel auf Masten und sogar erdverlegten Kabel vorhanden.

Abhängig von der Ausführung des Netzes hat diese Eigenschaft jedoch unterschiedliche Folgen.

In einem blanken Leiter

führt die induzierte Überspannung normalerweise zu einem Überschlag zwischen Phase und dem Querträger. Der Überschlag zündet einen 50 Hz Lichtbogen mit einem Strom abhängig vom Netz. Der Bogen läuft dann entlang des Leiters in Richtung der Last und normalerweise tritt keine Beschädigungen bis zur Trennung des Netzes auf. Nach Wiederherstellung der Verbindung kann die Energieverteilung fortgesetzt werden. Der Nachteil ist die Trennung der Versorgung

In einem isolierten Leiter

führt die induzierte Überspannung in der gleichen Art und Weise wie bei einem blanken Leiter zu einem Überschlag. Auch hier wird sich ein 50 Hz Lichtbogen bilden. Da auf Grund der Isolierung, der Bogen nicht entlang des Leiters läuft, kann der Leiter abgebrannt werden, es sei denn, es ist ein Schutz in der Art von Funkenhörnern eingebaut. Im Falle des Einsatzes dieser Schutzmaßnahme passiert das Gleiche wie bei einer blanken Leitung. d.h., die Energieversorgung wird unterbrochen und muss wieder hergestellt werden.

In einem Kabel

das ein abgeschirmtes Produkt ist, wird die Überspannung in den Schirm geleitet. Der Schirm ist an beiden Enden des Kabels mit der Erde verbunden und die Überspannung wird normalerweise an den Erdungspunkten abgeleitet. An langen Kabellängen (mehrere km) können die Erdungspunkte so weit von einander weg sein, dass theoretisch die Überspannung ihren Weg durch den Kabelmantel in die Erde findet z.B. dort, wo das Kabel in Erde geführt wird. Dies führt jedoch nicht zu einem Lichtbogen, es wird nur die induzierte Überspannung abgeführt. Diese ist eine relativ niedrige Energiequelle und kann möglicherweise nur zu einem geringfügigen Mantelschaden führen. Das beschädigt die allgemeine Leistung des Kabels nicht und auch die Stromversorgung wird nicht gestört.

Diese Besonderheit beeinflusst Kabel in Luft genau so, wie in ein in der Erde verlegtes Kabel, stellt aber in der Praxis kein Problem dar.



Planungshinweise

Allgemeine Hinweise

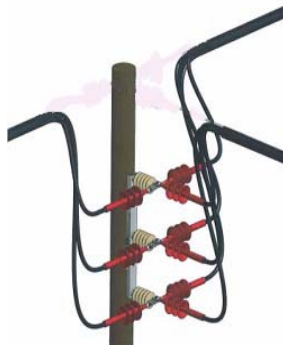
Bei der Planung zum Verlauf neuer Kabeltrassen ist es wichtig, die besonderen und neuen Möglichkeiten die das Universalkabel bietet mit zu berücksichtigen. Durch Nutzung der verschiedenen Möglichkeiten, Verlegung des Kabels in der Erde, in der Luft oder im Wasser ist es möglich, eine weitere Kostenreduzierung der Investition, abgesehen von den Vorteilen und günstigen Kosten bei Betrieb und Wartung, zu erreichen. Der Standort von Trafostationen kann freier gewählt werden, es besteht die Möglichkeit mit der Trasse Strassen zu folgen, die Strassen zu unterqueren und wenn möglich das Kabel zusammen mit Niederspannung und Fernmeldekabel zu verlegen. Die EBR (schwedische EVU) hat einen Entwurfsstandard für EXCEL K 28:96 herausgegeben (der in deutsch verfügbar ist), dieser bietet Unterstützung bei der Ausarbeitung neuer Trassen. Die allgemeine Hinweise sind auch auf AXCES™ anwendbar. Um die Montage so leicht wie möglich zu gestalten, sollten in der Entwurfsphase einige Punkte berücksichtigt werden. Neben anderen Dingen ist es vernünftig zu überlegen, wo sich eventuell Verbindungsmuffen befinden können und welche Kabellängen sich daraus zur Bestellung ergeben.

Abzweige/Verbindungen

Methoden für die Herstellung von Abzweigen und Verbindungen:

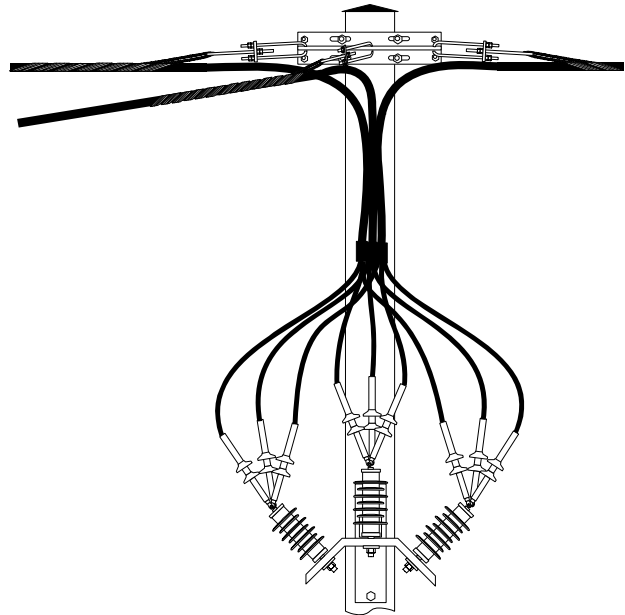
- Direkt, geschirmt, Erdmuffe oder Abzweig am Mast.
- Abzweig mit Endverschlüsse am Stützisolator oder Blitzableiter.
- Abzweig mit Trennmöglichkeit in einem auf der Erde montierten Schaltkasten.
- Parallel vom Endmast und dann abzweigen.

Alle die oben genannten Methoden erfüllen dieselbe Absicht. Die Wahl hängt ab von Anforderung für mögliche Trennungspunkte, der ästhetischen Ansicht und dem Standort. Es ist wichtig zu wissen, dass ein Kabel ein geringeres Fehlerrisiko darstellt, als Netze mit blanken/isolierten Leitern. Dies vermindert oft die Anforderung für die Trennung. Ein direkt geschirmter Abzweig oder Muffe hat auch den Vorteil, dass diese Einheit voll isoliert ist.



Abzweig mit Endverschluss auf Isolator oder Blitzableiter

Ein Endverschluss auf einem Isolator oder Blitzableiter ermöglicht eine leichtere Trennung. Die Isolatoren können auf die Stütze für Blitzableiter montiert werden und sind bevorzugt unterhalb des Kabels zu montieren. Es ist leichter eine korrekte Montage durchzuführen, wenn der Abstand zwischen dem Haltepunkt des Kabels und dem Verbindungspunkt groß genug ist. Zum Schutz vor Vögel sind gegebenenfalls Schutzkappen einzusetzen.



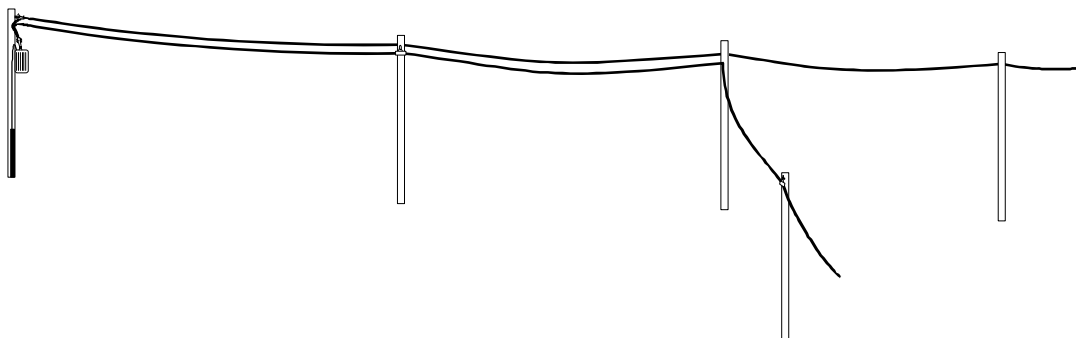
Abzweig mit Trennungsmöglichkeiten auf dem Boden



Die Kabel laufen den Mast hinunter und sind verbunden im Trennschaltkasten auf dem Boden. Heute gibt es mobile Trennschaltkästen, die für Erdkabel geeignet sind. Diese bieten einfache und schnelle Möglichkeiten für eine Trennung. Mit dieser Lösung gibt es keine ungeschützten Lebensräume. Der Trennschaltkasten muss nicht unbedingt am Fuß des Mastes stehen; er kann sich an einer geeigneten, vom Mast entfernten Stelle befinden, wenn die Kabel in die Erde verlegt werden können.

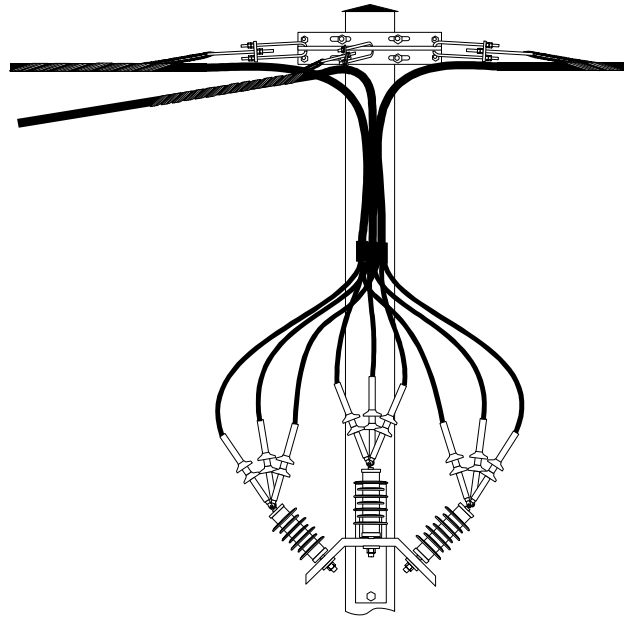
Herstellen eines Abzweigs parallel vom Abschlussmast

Wenn der Abzweig nahe bei einem vorhandenen Abschluss/Sektionsmast (einige Spannfelder) hergestellt werden soll, kann es in vielen Fällen einfacher und billiger sein, bis zum nächsten Abzweig oder Anschluss parallel zurückzugehen. Auf diese Weise reduziert man auch mögliche Fehlerquellen durch weniger Endverschlüsse und Isolatoren. Die Parallelleitung kann auch am Abschluss/Sektionsmast getrennt werden



Abzweig mit Endverschluss auf Isolator oder Blitzableiter

Ein Endverschluss auf einem Isolator oder Blitzableiter ermöglicht eine leichtere Trennung. Die Isolatoren können auf die Stütze für Blitzableiter montiert werden und sind bevorzugt unterhalb des Kabels zu montieren. Es ist leichter eine korrekte Montage durchzuführen, wenn der Abstand zwischen dem Haltepunkt des Kabels und dem Verbindungspunkt groß genug ist. Zum Schutz vor Vögel sind gegebenenfalls Schutzkappen einzusetzen.



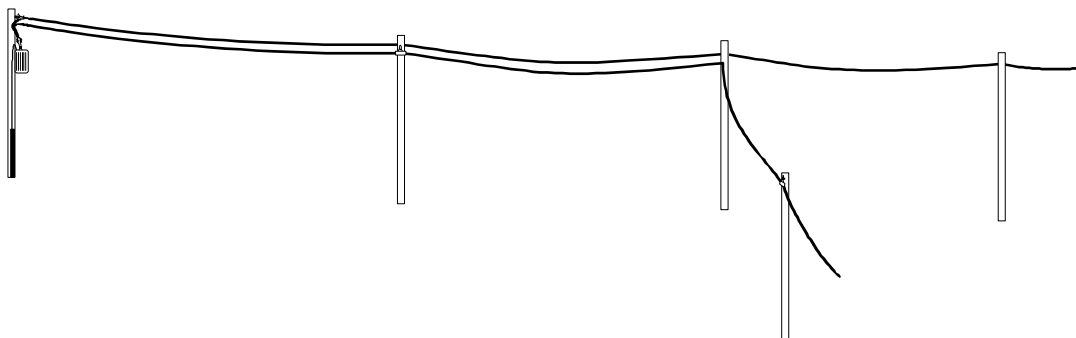
Abzweig mit Trennungsmöglichkeiten auf dem Boden



Die Kabel laufen den Mast hinunter und sind verbunden im Trennschaltkasten auf dem Boden. Heute gibt es mobile Trennschaltkästen, die für Erdkabel geeignet sind. Diese bieten einfache und schnelle Möglichkeiten für eine Trennung. Mit dieser Lösung gibt es keine ungeschützten Lebensräume. Der Trennschaltkasten muss nicht unbedingt am Fuß des Mastes stehen; er kann sich an einer geeigneten, vom Mast entfernten Stelle befinden, wenn die Kabel in die Erde verlegt werden können.

Herstellen eines Abzweigs parallel vom Abschlussmast

Wenn der Abzweig nahe bei einem vorhandenen Abschluss/Sektionsmast (einige Spannfelder) hergestellt werden soll, kann es in vielen Fällen einfacher und billiger sein, bis zum nächsten Abzweig oder Anschluss parallel zurückzugehen. Auf diese Weise reduziert man auch mögliche Fehlerquellen durch weniger Endverschlüsse und Isolatoren. Die Parallelleitung kann auch am Abschluss/Sektionsmast getrennt werden



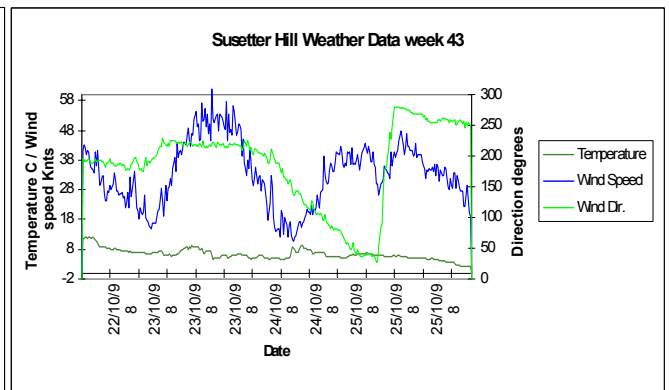
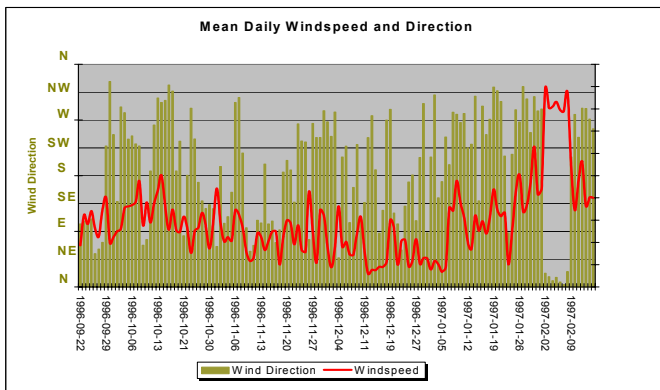
Windlasten

Eine blanke Freileitung oder ein Kabel wird durch Wind einfluss auf verschiedene Weise betroffen sein. Zu betrachtende Faktoren sind natürlich die Windgeschwindigkeit und Richtung. Wichtig ist auch die Form der Leitung oder des Kabels. Der innere Aufbau des Kabels beeinflusst die Art, wie Vibrationen und Aufschwingungen vom Kabel gedämpft werden.

Um die Kräfte auf dem Kabel unter Windlastbedingungen zu bestimmen, hat Ericsson Network Technologies sowohl Berechnungen als auch Feldtests durchgeführt.

Im Ericsson Testfeld auf den Shetlands wurde das Universal Kabel EXCEL und AXCES™ mit einer Spannweite von bis zu 90 m für in einem Zeitraum von 18 Monaten getestet[1]. Die Kabel wurden mittels Belastungssensoren und Videokameras überwacht und funktionierten sehr gut.

Die Diagramme unten zeigen etwas von den Daten über die Wetterbedingungen mit Windgeschwindigkeiten (10 Minutendurchschnitt) von bis zu 82 Knoten (94 mph)/(170 Km/h).



Wie in der Tabelle unten gesehen werden kann, war die Zunahme der Spannung in den Kabeln war unerheblich. (Zahlen für eine 90 Meter Spannweite)

Windgeschwindigkeit Knoten / m/s	Zunahme der Spannung kN	
	EXCEL	AXCES™
19 / 10	0.22	0.29
39 / 20	0.49	0.67
58 / 30	0.78	1.09
78 / 40	1.25	1.49

Windkraft am Kabel kN <i>Windkräfte gerechnet mit Formfaktor $\mu=0.5$</i>	
EXCEL	AXCES™
0.1	0.2
0.4	0.6
0.8	1.3
1.4	2.2

Die Kabel wurden während des Testes mit Video Kameras überwacht und es gab keine Anzeichen für ein Aufschwingen oder Vibrationen oder wesentlichen Problemen mit Schnee- oder Eislasten.

Eine mögliche Erklärung hierfür ist, dass die dreieckige Form des Kabels den Windstrom "bricht" und zusätzlich die innere Konstruktion eine mögliche entstehende Vibrationen dämpft.



Kabelschneisen, Strecken

Da die Kabel EXCEL/AXCES™ voll isoliert und geschirmt sind, besteht keine Notwendigkeit, zur Verhinderung Trassenüberhängender Äste, breite Schneisen zu schlagen. Es sollte aber vermieden werden, dass Zweige für lange Zeiten gegen das Kabel liegen und so Scheuerstellen auftreten. Aus mehreren Gründen ist es ein Vorteil, die Kabelschneisen schmal zu halten.

- Die Kosten für Landkauf vom Eigentümer sind geringer.
- Bäume die dichter aneinander stehen, schützen sich gegenseitig und es besteht ein geringeres Risiko für Windbruch bei besonderen Wettersituationen.

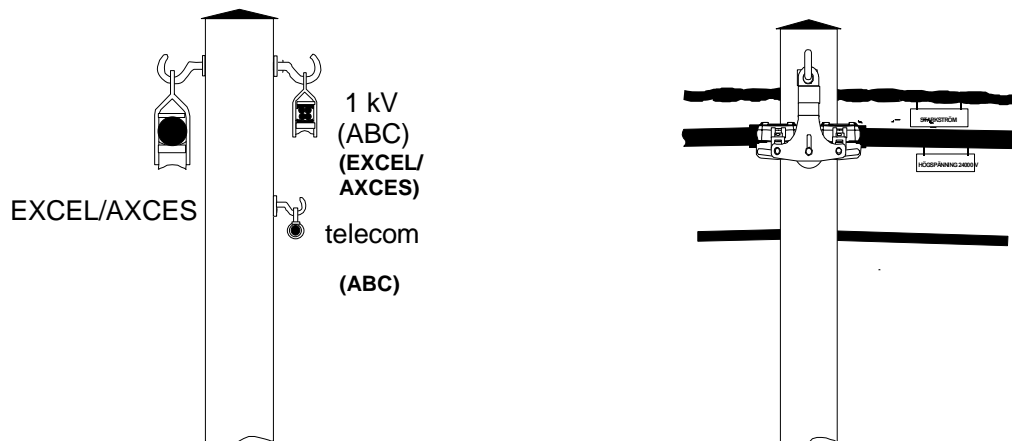


Oft ist es eine gute Lösung, vorhandenen Strassen zu folgen.

Wenn ein vorhandenes Netz mit blanken Leitern ersetzt oder rekonstruiert werden soll, ist es wichtig bei der Trassenplanung an all die Möglichkeiten einer Kabellösung (Verlegung in der Luft, in der Erde oder im Wasser) zu denken. Um die beste Sicherheit für die Energieversorgung zu erreichen, ist es oft am besten, mit "harten Verbindungen" und wenigen Abzweigen und Muffen zu bauen.

Bau von Mittel-, Niederspannung u. Fernmeldekabel an die gleichen Masten

Es gibt günstige Möglichkeiten, dieselben Maste für Mittelspannung, Niederspannung, Straßenbeleuchtung und Telefongesellschaft zu verwenden. In Schweden zum Beispiel, ist es zulässig, wie folgt zu bauen:





Kombinationsbau ist sehr oft Effizient und Kostengünstig

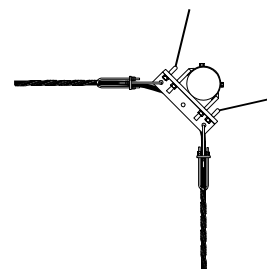
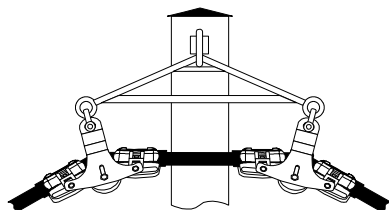
Strassen- oder Bahnkreuzungen

Eine Kreuzung von Strassen oder Bahngleisen muss entsprechend der gesetzlichen Bestimmungen und Vorschriften der Strassen - oder Bahnbetreiber erfolgen. Da das Kabel ein selbsttragendes System darstellt, besteht keine Notwendigkeit für ein zusätzliches Trageseil. Es ist die Tatsache zu berücksichtigen, dass das Kabel voll isoliert und geschirmt ist. Abspannlängen können verkürzt werden. Das Kabel wird an beiden Seiten der Überquerung mit Abspannspiralen an den Masten fixiert. Eine Kabelmuffe ist in der Überquerung nicht erlaubt. Die Höhe über der Strasse oder der Bahnanlage muss beachtet werden.

Große Winkel, extra Abhängungen

In dem Fall, wo der zu überbrückende Winkel größer ist wie eine einzelne Abhängung aufnehmen darf, kann eine sog. Doppelabhängung auch den zu übertragenen Winkel verdoppeln. Noch größere Winkel werden mit zwei Endspiralen realisiert. In jede Richtung einen Endspirale. Endspiralen können auch in anderen Fällen genutzt werden wie z.B.:

- In einer Strecke mit großen Höhenunterschieden kann es notwendig sein dicht an den höchsten Punkten mit Endspiralen die Kabelaufhängungen zu entlasten.
- Wenn es dicht beieinander zwei Abspannungen mit großen Unterschieden in den Abspannlängen gibt, kann es zur Erreichung gleicher Durchhänge notwendig sein, Abspannspiralen einzusetzen.
- Wenn es eine lange Trassenführung gibt, kann es aus dem Gesichtspunkt des Baus oder der Wartung günstig sein, das Kabel an geeigneten Plätzen zu entlasten.



Konstruktionsdaten EXCEL

EXCEL 3x10/10 ist konstruiert für einen normalen Abspann von 70 m, max. 90 m. FXCEL 3x16/10 ist entworfen für einen normalen Abspann von 80-90 m, max. 110 m. Das Kabel ist entsprechend den Richtwerten der nachfolgenden Tabellen zu spannen. Einfacher ist es Freileitungen durch die Nutzung von Konstruktions-Programmen zu entwerfen. Einige der kommerziellen Computerprogramme beinhalten bereits die Daten für EXCEL. Die unteren Tabellen sind so berechnet, dass der Durchhang des Kabel bei 0°C, unter Berücksichtigung des Eigengewichtes des Kabels und einer Spannweite von 70 m, 2.5% der Abspannlänge beträgt.

RICHTWERTE, INSTALLATION von EXCEL 3x10/10 12 kV

Temperatur bei Installation in °C	Zug- Spannung kN	Durchhang bei Abspannlängen In Meter (normale Abspannlänge 70 m)				
		50	60	70	80	90
20	2.5	1.0	1.4	1.9	2.5	3.1
10	2.6	1.0	1.4	1.8	2.4	3.0
0	2.7	0.9	1.3	1.7	2.3	2.9
-10	2.8	0.9	1.3	1.7	2.2	2.8
-20	2.9	0.8	1.2	1.6	2.1	2.7

RICHTWERTE, INSTALLATION von EXCEL 3x10/10 24 kV

Temperatur bei Installation in °C	Zug- Spannung kN	Durchhang bei Abspannlängen In Meter (normale Abspannlänge 70 m)				
		50	60	70	80	90
20	3.0	1.0	1.4	2.0	2,6	3,3
10	3.1	1.0	1.4	1,9	2,5	3,2
0	3.2	0.9	1.3	1,8	2,4	3,1
-10	3.3	0.9	1.3	1,7	2,3	3,0
-20	3.4	0.8	1.2	1,7	2,2	2,9

RICHTWERTE, INSTALLATION von FXCEL 3x16/10 12 kV

Temperatur bei Installation in °C	Zug- Span- nung kN	Durchhang bei Abspannlängen In Meter						
		50	60	70	80	90	100	110
20	3,8	0,85	1,22	1,66	2,2	2,7	3,4	4,1
10	3,95	0,81	1,17	1,59	2,1	2,6	3,2	3,9
0	4,1	0,78	1,12	1,53	2,0	2,5	3,1	3,8
-10	4,3	0,75	1,08	1,46	1,9	2,4	3,0	3,6
-20	4,5	0,71	1,03	1,40	1,8	2,3	2,85	3,45

RICHTWERTE, INSTALLATION von FXCEL 3x16/10 24 kV

Temperatur bei Installation in °C	Zug- Span- nung kN	Durchhang bei Abspannlängen In Meter						
		50	60	70	80	90	100	110
20	4,2	1,05	1,51	2,06	2,7	3,4	4,2	5,1
10	4,3	1,02	1,47	2,00	2,6	3,3	4,1	5,0
0	4,4	0,99	1,43	1,95	2,5	3,2	4,0	4,8
-10	4,5	0,97	1,39	1,89	2,5	3,1	3,9	4,7
-20	4,7	0,94	1,35	1,84	2,4	3,0	3,8	4,5

KONSTRUKTIONSDATEN, EXCEL 3x10/10 12 kV (def. Belastung 67.5 N/mm² bei 0°C)

Normal Spann (m)	Durchhang in Meter und Eislast bei einer Spannlänge von (m)				
	50	60	70	80	90
Leitertemperatur +50 °C	1.6	2.1	2.6	3.2	3.9
Leitertemperatur +65 °C	1,7	2,2	2,7	3,3	4,0
Kurzschluss	2.3	2.9	3.5	4.2	4.9
Kräfte bei 0 °C u. 2 kg/m Eislast	6.5 kN	7.0 kN	7.5 kN	7.8 kN	8.1 kN

KONSTRUKTIONSTABELLE, EXCEL 3x10/10 24 kV (def. Belastung 80,0 N/mm² bei 0°C)

Normal Spann (m)	Durchhang in Meter und Eislast bei einer Spannlänge von (m)				
	50	60	70	80	90
Leitertemperatur +50 °C	1.7	2.3	2.9	3.6	4.5
Leitertemperatur +65 °C	1,8	2,4	3,0	3,7	4,6
Kurzschluss	2.4	3.0	3.7	4.5	5.4
Kräfte bei 0 °C u. 2 kg/m Eislast	6.6 kN	7.0 kN	7.4 kN	7.7 kN	7.9 kN

KONSTRUKTIONSDATEN, FXCEL 3x16/10 12 kV (def. Belastung 75.0 N/mm² bei 0°C)

Normal Spann (m)	Durchhang in Meter und Eislast bei einer Spannlänge von (m)						
	50	60	70	80	90	100	110
Leitertemperatur +50 °C	1,3	2,1	2,3	2,8	3,4	3,9	4,7
Leitertemperatur +65 °C	1,4	2,2	2,4	2,9	3,5	4,0	4,8
Kurzschluss	2,0	2,7	3,1	3,7	4,3	5,0	5,7
Kräfte bei 0 °C u. 2 kg/m Eislast	7,8 kN	8,4 kN	9,0 kN	9,5 kN	9,9 kN	10,3 kN	10,6 kN

KONSTRUKTIONSDATEN, FXCEL 3x16/10 24 kV (def. Belastung 80.0 N/mm² bei 0°C)

Normal Spann (m)	Durchhang in Meter und Eislast bei einer Spannlänge von (m)						
	50	60	70	80	90	100	110
Leitertemperatur +50 °C	1,4	1,9	2,5	3,1	3,8	4,5	5,4
Leitertemperatur +65 °C	1,3	1,8	2,4	3,0	3,7	4,4	5,3
Kurzschluss	2,0	2,6	3,2	3,9	4,6	5,5	6,3
Kräfte bei 0 °C u. 2 kg/m Eislast	7,8 kN	8,4 kN	8,9 kN	9,3 kN	9,6 kN	9,9 kN	10,1 kN

- Sehr niedrige Temperaturen (-40 C°) können hohe Kräfte ergeben. Für kürzere Abspannlängen sind auch die Abspannkräfte zu verringern.

Streckenentwurf mit EXCEL

Der Entwurf von Freileitungen ist mit Konstruktionsprogrammen leicht durchzuführen.

Die folgenden Kabeldaten sind anwendbar:

	EXCEL 3x10/10 12 kV	EXCEL 3x10/10 24 kV	FXCEL 3x16/10 24 kV	FXCEL 3x16/10 24 kV
“tragender” Querschnitt	40 mm ²	40 mm ²	55 mm ²	55 mm ²
Durchmesser	28 mm	38 mm	29 mm	38 mm
Q _e = Kabelgewicht	0.85 kg/m	1.22 N/m	1.03 N/m	1.4 N/m
E _{ik} =Elastizitätsmodul vor Eislast	96 000 N/mm ²	75 000 N/mm ²	80 000 N/mm ²	78 000 N/mm ²
E _p =Elastizitätsmodul nach dauerhafter Dehnung. (Eislast)	111 000 N/mm ²	87 000 N/mm ²	100 000 N/mm ²	98 000 N/mm ²
τ _p = bleibende Dehnung oder bleibende Längenänderung	0.5 % 0.5 mm/m	0.5 % 0.5 mm/m	0.4 % 0.4 mm/m	0.5 % 0.5 mm/m
Koeffizient der linearen Ausdehnung	20 · 10 ⁻⁶ /°C	20 · 10 ⁻⁶ /°C	18 · 10 ⁻⁶ /°C	18 · 10 ⁻⁶ /°C
Definierte Belastung 0° C	67,5 N/mm ²	80 N/mm ²	75 N/mm ²	80 N/mm ²
Maximale dauernde Kraft am Kabel f. Berechnungen	8,1 kN	8,5 kN	11 kN	11 kN
Ca. Bruchlast für das Kabel	20 kN	22 kN	25 kN	25 kN
Ca. Langzeit-Bruchlast Kabel	>=15 kN	>=15 kN	>=17 kN	>=17 kN

Konstruktionsdaten AXCES™

AXCES™ 3x70/16 und 3x70/25, 3x95/25 sind ausgelegt für einen normalen Abspann von 110 und 100 m, max. 140 und 120 m. Das Kabel ist entsprechend den Richtwerten der nachfolgenden Tabellen zu spannen. Einfacher ist es Freileitungen durch die Nutzung von Konstruktions-Programmen zu entwerfen. Einige der kommerziellen Computerprogramme beinhalten bereits die Daten für AXCES™.

Die unteren Tabellen sind so berechnet, dass der Durchhang des Kabel bei 0°C, unter Berücksichtigung des Eigengewichtes des Kabels und einer Spannweite von 100 m, 2.5% der Abspannlänge beträgt.

RICHTWERTE INSTALLATION von AXCES™ 3x70/16 12 kV

Temperatur bei Installation in °C	Zug-Spannung kN	Durchhang bei Abspannlänge in Meter (defin. Belastung 42 N/mm ²)						
		60	80	90	100	110	120	140
20	8.3	0.87	1.55	1.96	2.4	2.9	3.5	4.7
10	8.7	0.83	1.47	1.86	2.3	2.8	3.3	4.5
0	9.2	0.78	1.39	1.75	2.15	2.6	3.1	4.2
-10	9.8	0.73	1.30	1.65	2.0	2.4	2.9	4.0
-20	10.5	0.68	1.21	1.54	1.9	2.3	2.7	3.7

RICHTWERTE INSTALLATION von AXCES™ 3x70/16 24 kV

Temperatur bei Installation in °C	Spannung kN	Durchhang bei Abspannlänge in Meter (defin. Belastung 46 N/mm ²)						
		60	80	90	100	110	120	140
20	9.1	0.87	1.55	1.96	2.4	2.9	3.5	4.7
10	9.6	0.83	1.47	1.86	2.3	2.8	3.3	4.5
0	10.1	0.78	1.39	1.75	2.15	2.6	3.1	4.2
-10	10.8	0.73	1.30	1.65	2.0	2.4	2.9	4.0
-20	11.5	0.68	1.21	1.54	1.9	2.3	2.7	3.7

RICHTWERTE INSTALLATION von AXCES™ 3x70/25 30 kV

Temperatur bei Installation in °C	Spannung kN	Durchhang bei Abspannlänge in Meter (defin. Belastung 46 N/mm ²)					
		60	80	90	100	110	120
20	9,4	1,0	1,8	2,1	2,6	3,2	3,8
10	9,9	0,9	1,7	2,1	2,5	3,0	3,6
0	10,3	0,8	1,6	2,0	2,4	2,9	3,5
-10	11,0	0,8	1,4	1,8	2,3	2,8	3,4
-20	11,6	0,7	1,3	1,7	2,1	2,7	3,3

RICHTWERTE INSTALLATION von AXCES™ 3x95/25 12 - 24 kV

Temperatur bei Installation in °C	Spannung kN	Durchhang bei Abspannlänge in Meter (defin. Belastung 35 N/mm ²)					
		60	80	90	100	110	120
20	9.6	1.1	1.9	2.2	2.8	3.4	4.0
10	10.0	1.0	1.8	2.2	2.7	3.2	3.8
0	10.5	0.9	1.6	2.1	2.5	3.1	3.7
-10	11.0	0.8	1.5	1.9	2.4	2.9	3.5
-20	11.6	0.7	1.4	1.8	2.2	2.8	3.4

Steckenentwurf mit AXCES™

KONSTRUKTIONSTABELLE AXCES™ 3x70/16 12 kV (def. Belastung 42 N/mm² 0°C)

Normal Spann (m)	Durchhang in Meter und Eislast bei einer Spannlänge von in (m)						
	60	80	90	100	110	120	140
Leitertemperatur +50 °C	1,7	2,5	2,9	3,4	3,9	4,5	5,8
Leitertemperatur +65 °C	1,8	2,6	3,0	3,5	4,1	4,6	5,9
Kurzschluss	2,7	3,8	4,3	4,9	5,5	6,2	7,5
Kräfte bei 0 °C u. 2 kg/m Eislast	kN 12,4 *	kN 14,2	kN 14,9	kN 15,6	kN 16,2	kN 16,7	kN 17,5

- Sehr niedrige Temperaturen (-40 C°) können hohe Kräfte ergeben. Für kürzere Abspannlängen sind auch die Abspannkräfte zu verringern.

KONSTRUKTIONSTABELLE AXCES™ 3x70/16 24 kV (def. Belastung 46 N/mm² 0°C)

Normal Spann (m)	Durchhang in Meter und Eislast bei einer Spannlänge von in (m)						
	60	80	90	100	110	120	140
Leitertemperatur +50 °C	1,7	2,5	2,9	3,4	3,9	4,5	5,8
Leitertemperatur +65 °C	1,8	2,6	3,0	3,5	4,1	4,6	5,9
Kurzschluss	2,7	3,7	4,3	4,9	5,5	6,2	7,6
Kräfte bei 0 °C u. 2 kg/m Eislast	kN 12,9 *	kN 14,8	kN 15,6	kN 16,2	kN 16,8	kN 17,4	kN 18,2

- Sehr niedrige Temperaturen (-40 C°) können hohe Kräfte ergeben. Für kürzere Abspannlängen sind auch die Abspannkräfte zu verringern.

KONSTRUKTIONSTABELLE AXCES™ 3x70/25 30 kV (def. Belastung 46 N/mm² 0°C)

Normal Spann (m)	Durchhang in Meter und Eislast bei einer Spannlänge von in (m)						
	60	80	90	100	110	120	140
Leitertemperatur +50 °C	1,9	2,8	3,3	3,9	4,5	5,2	6,6
Leitertemperatur +65 °C	2,0	2,9	3,5	4,1	4,7	5,4	6,9
Kurzschluss	2,9	4,0	4,6	5,3	6,0	6,7	8,4
Kräfte bei 0 °C u. 2 kg/m Eislast	kN 13,1 *	kN 14,8	kN 15,5	kN 16,1	kN 16,6	kN 17,0	kN 17,7

- Sehr niedrige Temperaturen (-40 C°) können hohe Kräfte ergeben. Für kürzere Abspannlängen sind auch die Abspannkräfte zu verringern.

KONSTRUKTIONSTABELLE AXCES™ 3x95/25 12 +24 kV (def. Belastung 35 N/mm² 0°C)

Normal Spann (m)	Durchhang in Meter und Eislast bei einer Spannlänge von in (m)						
	60	80	90	100	110	120	140
Leitertemperatur +50 °C	1,9	2,8	3,3	3,9	4,5	5,2	6,6
Leitertemperatur +65 °C	2,0	2,9	3,5	4,1	4,7	5,4	6,9
Kurzschluss	2,9	4,0	4,6	5,3	6,0	6,7	8,4
Kräfte bei 0 °C u. 2 kg/m Eislast	kN 13,1 *	kN 14,8	kN 15,5	kN 16,1	kN 16,6	kN 17,0	kN 17,7

- Sehr niedrige Temperaturen (-40 C°) können hohe Kräfte ergeben. Für kürzere Abspannlängen sind auch die Abspannkräfte zu verringern.

Streckenentwurf mit AXCES™

Der Entwurf von Freileitungen ist mit Konstruktionsprogrammen leicht durchzuführen. Die folgenden Kabeldaten sind anwendbar:

	AXCES™ 3x70/16 12 kV	AXCES™ 3x70/16 24 kV	AXCES™ 3x70/25 36 kV	AXCES™ 3x95/25 12 - 24 kV
“tragender” Querschnitt	210 mm ²	210 mm ²	210 mm ²	285 mm ²
Durchmesser	41 mm	45 mm	49 mm	48 mm
Q _e = Kabelgewicht	16 N/m	17.5 N/m	20 N/m	22 N/m
E _{ik} = Elastizitätsmodul vor Eislast	55 000 N/mm ²	55 000 N/mm ²	55 000 N/mm ²	47 000 N/mm ²
E _p = Elastizitätsmodul nach dauerhafter Dehnung. (nach Eislast)	64 000 N/mm ²	64 000 N/mm ²	64 000 N/mm ²	61 000 N/mm ²
τ _p = bleibende Dehnung oder bleibende Längenänderung	0.7 % 0.7 mm/m	0.7 % 0.7 mm/m	0,8 % 0,8 mm/m	0,8 % 0,8 mm/m
Koeffizient der linearen Ausdehnung	23 10 ⁻⁶ /°C	23 10 ⁻⁶ /°C	23 10 ⁻⁶ /°C	23 10 ⁻⁶ /°C
Definierte Belastung 0° C	42 N/mm ²	46 N/mm ²	46 N/mm ²	35 N/mm ²
Maximale dauernde Kraft am Kabel f. Berechnungen	27 kN	27 kN	27 kN	28 kN
Ungefähre Bruchlast für das Kabel	55 kN	56 kN	57 kN	70 kN
Ungefähre Langzeit-Bruchlast für das Kabel	49 kN	49 kN	49 kN	51 kN

Bei der Konstruktion ist es notwendig die Größe des “tragenden” Querschnittes zu ändern. Für AXCES™ 3x70/16 auf 220 mm² (statt 210 mm²) und für AXCES™ 3x95/25 auf 300 mm² (statt 285 mm²). Dies ergibt eine bessere Übereinstimmung in den berechnenden Programmen.

Beim Bau kurzer Abspannungen sollte die def. Belastung um ca. 20-30 % verringert werden. Dies begrenzt die Kräfte an den Masten und Einspannungen. Der Durchhang ist bei kurzen Abspannstrecken normalerweise kein Problem.



Zubehör

Allgemeine Hinweise

Wesentlich für eine störungsfreie Anlage und eine ordnungsgemäße Installation ist der Einsatz von speziell für das Kabel hergestelltem Zubehör. Ein Universalkabel als Freileitung installiert, kann z. B. durch stürzende Bäume sehr großen Belastungen ausgesetzt sein. Es ist deshalb sehr wichtig, dass nur zugelassenes Material zu Einsatz kommt. Besonders wichtig sind die Zugentlastungs - Endspiralen und die Kabelaufhängungen.

Endverschlüsse und Muffen von anderen, als den o.g. Herstellern können ebenfalls genutzt werden, vorausgesetzt, dass sie für das eingesetzte Kabel entworfen sind.

Bei EXCEL ist es wichtig, dass die Endverschlüsse oder Muffen für den kleinen Leiterquerschnitt von 10 mm² ausgeführt sind und das ebenfalls geeignete Kabelschuhe und Verbinder bereitgestellt werden.

Bei AXCESTM ist es wichtig, dass Kabelschuhe und Verbinder für den Anschluss an legierten Aluminiumleiter geeignet sind (Al59). Wenn eine Verbindungsmuffe innerhalb einer Abspannung hergestellt werden soll, sind zugfeste Verbinder einzusetzen..

Das Material in der unteren Liste erfüllt diese Forderungen und die Liste kann als Richtlinie für die Materialauswahl unter Berücksichtigung anderen Fakten wie Preise und Verfügbarkeit benutzt werden.

In zweifelhaften Fällen fragen Sie bitte bei Ericsson Network Technologies nach.

Informationen über Spezialwerkzeuge/Montagehilfsmittel zur Kabelmontage finden Sie im Kapitel **Montagehinweise**



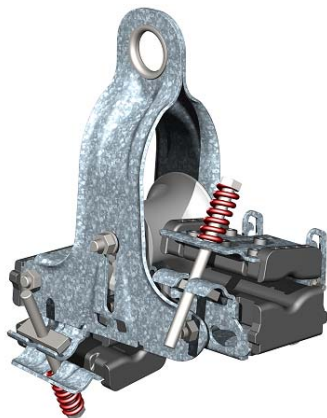
Aufhängebefestigungen

Die Aufhängebefestigung hat viele Aufgaben. Die Rollen müssen schnelles und leichtes Kabelausziehen ermöglichen. Beide, die ECH12 und ECH14 erfüllen diese Forderungen. Die Aufhängung SO99 und SO86 sind primär für 1 kV Leitungen entwickelt und die Eigenschaften in Bezug auf Abzugslängen und Geschwindigkeit sind eingeschränkt.

Unter Einsatzbedingungen sollen die Aufhängungen einen niedrigen Oberflächendruck auf die Kabel gewährleisten und auch die Winkelanweichung in der Streckenführung erleichtern und unterstützen.

Welche Aufhängung für welches Kabel?

Kabel	Aufh. Typ	NSH-Nr.	Maximale Winkelabweichung	Bemerkung
EXCEL/FXCEL 12 kV	ECH12	NSH 401 194	45°	Beste Wahl. Kann geöffnet werden.
	SO99	NSH 401 107	30°	"1 kV Aufhängung" mit eingeschränkten Eigenschaften. Kann nicht geöffnet werden.
	SO86 + inset	NSH 401 105 NSH 401 104	35°	"1 kV Aufhängung" mit eingeschränkten Eigenschaften. Kabel kann von einer Seite eingehangen werden.
EXCEL/FXCEL 24 kV	ECH12	NSH 401 194	45°	Beste Wahl. Kann geöffnet werden.
	ECH14	NSH 401 131	45°	
	SO86 + inset	NSH 401 105 NSH 401 104	35°	"1 kV Aufhängung" mit eingeschränkten Eigenschaften. Kabel kann von einer Seite eingehangen werden.
AXCES 3x70 12 kV	ECH12	NSH 401 194	45°	Beste Wahl. Kann geöffnet werden.
	ECH14	NSH 401 131	45°	Für größere Installationen. Mit Metallrolle für lange und "gewichtige" Auszüge. Kann geöffnet werden.
AXCES 3x70 24 kV	ECH14	NSH 401 130	45°	
AXCES 3x70 36 kV	ECH14	NSH 401 130	45°	
AXCES 3x95 24 kV	ECH14	NSH 401 130	45°	



ECH12



ECH14



SO99



SO86

Endspirale

Die Endspirale wird verwendet, um die axiale Kraft vom Haken auf das Kabel zu übertragen, ohne das Isolationssystem innerhalb des Kabels zu beschädigen. Dies muss auch unter extremen äußersten Bedingungen wie Eislast, fallende Bäume, Wind usw. sein.

Es ist sehr wichtig, die richtige Endspirale entsprechend der Tabelle unten zu verwenden. Die Spiralen sind oft Farbcodiert und manchmal sind auch die einzelnen Drähte bedruckt.



Welche Endspirale für welches Kabel?

Kabel	Spirale	NSH-Nr.	Bemerkung
EXCEL 12 kV	PLP 120-GRD-28/C/I GSDE3100L	NSH 401 128 -	Brand PLP. Farbmarkierung Grün Brand Dulmison
FXCEL 12 kV	PLP 125-GRD-31/C/I	NSH 401 188	Brand PLP. Farbmarkierung Schwarz
EXCEL/FXCEL 24 kV	PLP 130-GRD-38/C/I	NSH 401 129	Brand PLP. Farbmarkierung Rot
	GSDE4100L	-	Brand Dulmison
AXCES 3x70 12 kV	PLP 180-GRD-41/C/I	NSH 401 173	Brand PLP. Farbmarkierung Orange
AXCES 3x70 24 kV	PLP 200-GRD-44/48/C/I	NSH 401 127	Brand PLP. Farbmarkierung Blau
AXCES 3x70 36 kV	PLP 200-GRD-44/48/C/I	NSH 401 127	Brand PLP. Farbmarkierung Blau
AXCES 3x95 24 kV	PLP 200-GRD-44/48/C/I	NSH 401 127	Brand PLP. Farbmarkierung Blau



Tip: Montage ist viel leichter, wenn bei den letzten 1 o. 2 Windungen die Drähte getrennt werden. Siehe Bild. Arbeitsschutz beachten.



Zubehörbeispiele

Unten sehen Sie Beispiele für verschiedenes Zubehörmaterial, das für die Errichtung von Universalkabelnetzen verwendet werden kann. Material wie Haken und Bolzen können mit am Ort vorhandenen, für den Zweck geeigneten Ausführungen ersetzt werden. Aufhängungen und Endspiralen müssen jedoch zugelassene Konstruktionen sein.

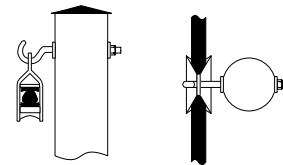
Zubehör für EXCEL 3x10/10 und FXCEL 3x16/10

(Beispiele von Zubehörsätzen, genutzt von EVU's in Schweden)

Gerade Strecke

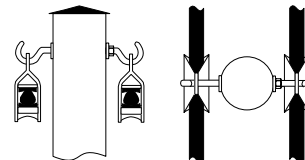
Ericsson Nr.

- 1 Stck. EBR-kit 0170 (Haken,Mutter,Scheibe) NSH 401 109 (E 06 017 00)
 1 Stck. Aufhängung SO99, SO86 oder ECH12 entspr. Seite 27



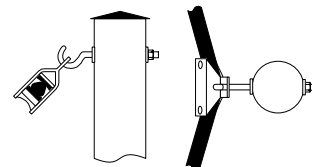
Gerade Strecke / doppelt

- 1 Stck. EBR-kit 0171 (Haken,Mutter,Scheibe) NSH 401 159 (E 06 017 10)
 2 Stck. Aufhängung SO99, SO86 oder ECH12 entspr. Seite 27



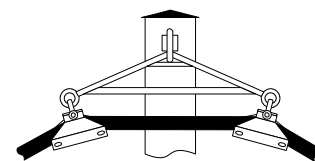
Winkelmast, innerer Winkel

- 1 Stck. EBR-kit 0170 (Haken,Mutter,Scheibe) NSH 401 109 (E 06 017 00)
 1 Stck. Aufhängung SO99, SO86 oder ECH12 entspr. Seite 27



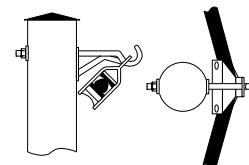
Winkelmast, innerer Winkel, max 75°

- 1 Stck. Querträger SOT 73 für doppelt NSH 401 119 (E 06 290 34)
 Aufhängung inkl. Schäkel
 2 Stck. Aufhängung SO99, SO86 oder ECH12 entspr. Seite 27



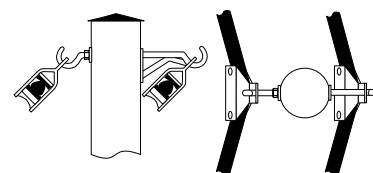
Winkelmast, äußerer Winkel

- 1 Stck. EBR-kit 0172 (Haken,Mutter,Scheibe) NSH 401 108 (E 06 017 20)
 1 Stck. Aufhängung SO99, SO86 oder ECH12 entspr. Seite 27



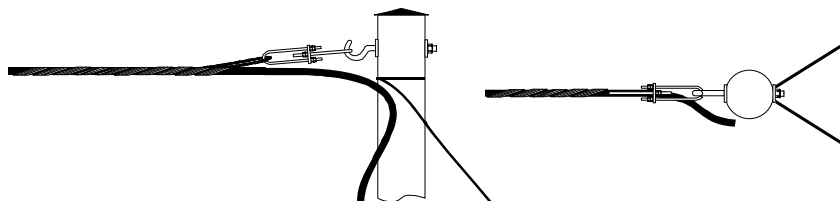
Winkelmast, doppelt

- 1 Stck. EBR-kit 0173 ((Haken,Mutter,Scheibe)NSH 401 160 (E 06 017 30)
 2 Stck. Aufhängung SO99, SO86 oder ECH12 entspr. Seite 27



Zubehör für EXCEL 3x10/10 und FXCEL 3x16/10

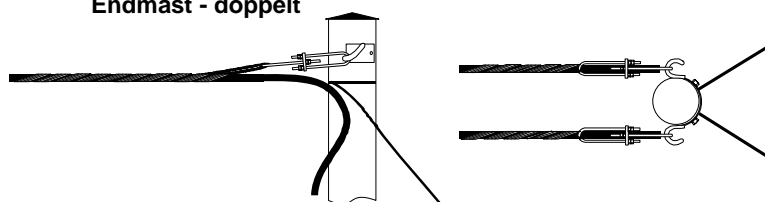
Endmast



1 Stck.	EBR-kit 170 (Haken, Mutter, Scheibe)	NSH 401 109	(E 06 017 00)
1 Stck.	Endspirale entspr. Seite 28		
1 Stck.	Spannschraube 12	NSH 401 138	(E 06 246 70)

Bemerkung: Die Spannschraube kann entfallen, wenn keine Nachstellung erforderlich ist. Jedoch ist durch Einsatz der Schraube die Montage und Abspannung wesentlich einfacher

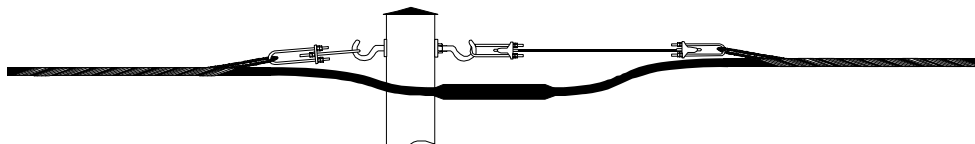
Endmast - doppelt



1 Stck.	EBR-kit 174 (Haken, Mutter, Scheibe)	NSH 401 161	(E 06 017 40)
2 Stck.	Endspirale entspr. Seite 28		
2 Stck.	Spannschraube 12	NSH 401 138	(E 06 246 70)

Bemerkung: Die Spannschraube kann entfallen, wenn keine Nachstellung erforderlich ist. Jedoch ist durch Einsatz der Schraube die Montage und Abspannung wesentlich einfacher

Verbindungsmaffe - Ausführungsarten



Eine Muffe kann am Mast oder innerhalb eines Spanns montiert werden. Für die Abhängung am Mast müssen die Einzelteile zusätzlich bestellt werden. Für die Muffen- und Verbinderauswahl usw. siehe Seite 33.

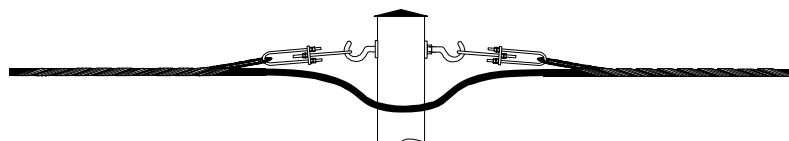
Eine Verbindungsmaffe im Spann kann wie folgt realisiert werden:
Die Verbindungsmaffe sollte 5-10 cm unter dem Stahseil positioniert sein. So ist die Zugbelastung ausschließlich im Stahseil.



1 Stck.	Endspirale entspr. Seite 28		
2 Stck.	Spannschraube M12	NSH 401 138	(E 06 246 70)
2-4 m	Stahseil 5,5 bis 6 mm Ø	-	-

Bemerkung: Die Spannschraube kann entfallen, wenn keine Nachstellung erforderlich ist. Jedoch ist durch Einsatz der Schraube die Montage und Abspannung wesentlich einfacher

Zugentlastung- und Winkelmast max. 5°

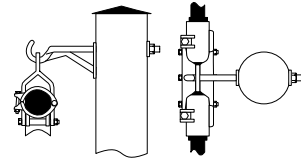


1 Stck.	EBR-Satz 171 (Haken, Mutter, Scheibe)	NSH 401 159	(E 06 017 10)
2 Stck.	Endspirale entspr. Seite 28		
2 Stck.	Spannschraube 12	NSH 401 138	(E 06 246 70)

Zubehör für AXCES™ 3x70/16 , 3x70/25 und 3x95/25

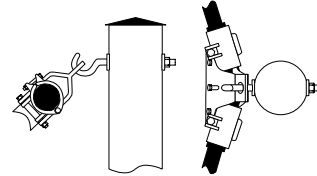
Gerade Strecke

- 1 Stck. EBR-Satz 0172 (Haken, Mutter, Scheibe) NSH 401 108 E 06 017 20
- 1 Stck. Kabelaufhängung ECH12 oder ECH 14 entspr. Seite 27



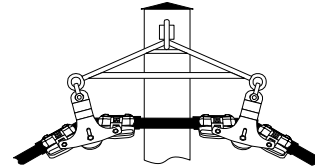
Winkelmast, innerer Winkel max. 45°

- 1 Stck. EBR-Satz 0170 (alt EBR-kit 0172) NSH 401 109 E 06 017 00
- 1 Stck. Kabelaufhängung ECH12 oder ECH 14 entspr. Seite 27



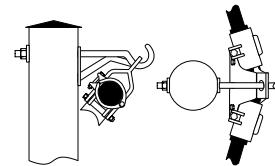
Winkelmast, innerer Winkel max. 75°

- 1 Stck. Querträger SOT 73 NSH 401 119 E 06 290 34
incl. Bolzen und Schäkel
- 2 Stck. Kabelaufhängung ECH12 oder ECH 14 entspr. Seite 27



Winkelmast, äußerer Winkel max. 25°

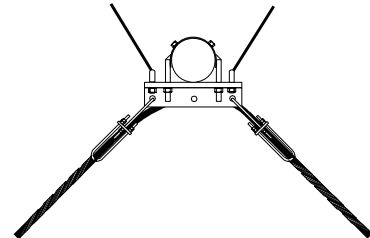
- 1 Stck. Haken SOT 74 kpl. NSH 401 110 E 06 290 36
- 1 Stck. Kabelaufhängung ECH12 oder ECH 14 entspr. Seite 27



Zugentlastung- und Winkelmast

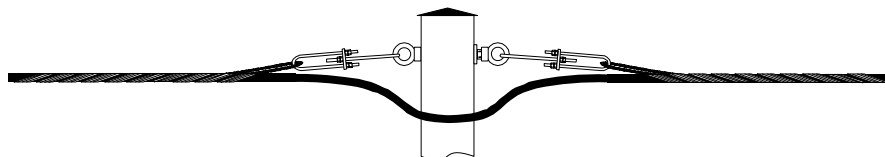
- 1 Stck. Kurzer Querträger NSH 401 111 E 06 480 15
- 2 Stck. Bügelbolzen 20x200 NSH 401 113 E 06 286 03
- 2 Stck. Holzschraube 12x75 - E 06 291 48
- 2 Stck. Spannschraube 16 NSH 401 116 E 06 246 71
- 2 Stck. Endspirale entspr. Seite 28

Für das Ausziehen durch den Winkel ist eine geeignete Rolle erforderlich



Zugentlastung- und Winkelmast

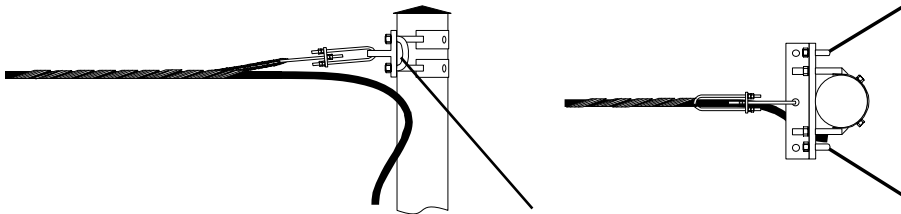
- 1 Stck. Gewindebolzen M20 320 mm E 06 290 02
- 2 Stck. Augenschrauben M20 E 06 290 25
- 2 Stck. Unterlegscheibe E 06 290 10
- 1 Stck. Mutter M20 E 15 620 15
- 2 Stck. Spannschraube 16 NSH 401 116 E 06 246 71
- 2 Stck. Endspirale entspr. Seite 28



Zubehör für AXCES™ 3x70/16, 3x70/25 und 3x95/25

Endmast

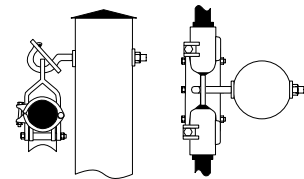
1 Stck.	Kurzer Querträger	NSH 401 111	E 06 480 15
1 Stck.	Endspirale entspr. Seite 28		
1 Stck.	Spannschraube 16	NSH 401 116	E 06 246 71
2 Stck.	Bügelbolzen 20x200	NSH 401 113	E 06 286 03
2 Stck.	Holzschraube 12x75	-	E 06 291 48



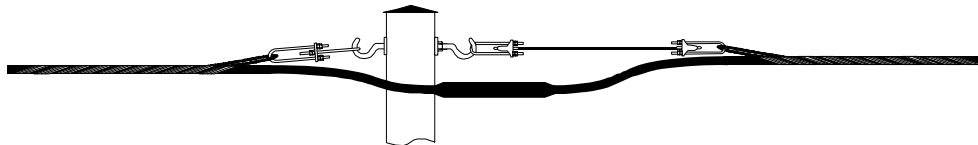
Gerade Strecke mit geschlossenen Haken

1 Stck.	Haken mit Verschlussplatte SOT 101.1	NSH 401 186	E 06 451 28
1 Stck.	Kabelaufhängung ECH12 oder ECH 14 entspr. Seite 27		

Diese Ausführung ist zu wählen, wenn die Möglichkeit des Herausspringens der Rolle aus dem Haken bestehen könnte (z.B. beim Auszug).



Verbindungsstufe - Ausführungsarten



Eine Muffe kann am Mast oder innerhalb eines Spans montiert werden. Für die Abhängung am Mast müssen die Einzelteile zusätzlich bestellt werden. Für die Muffen- und Verbinderauswahl usw. siehe Seite 33.

Eine Verbindungsstufe im Spann kann wie folgt realisiert werden:
Die Verbindungsstufe sollte 5-10 cm unter dem Stahseil positioniert sein. So ist die Zugbelastung ausschließlich im Stahseil (8 mm).



2-4 m Stahseil 8 mm Ø

Bemerkung: Die Spannschraube kann entfallen, wenn keine Nachstellung erforderlich ist. Jedoch ist durch Einsatz der Schraube die Montage und Abspannung wesentlich einfacher



Bemerkung: Die zugentlastete Muffe muss mit speziellen Leiterverbindern hergestellt werden. Siehe Seite 33.



Muffen, Endverschlüsse

Muffen und Endverschlüsse von anderen Herstellern wie unten aufgeführt (Raychem/Tyco) können genutzt werden, wenn sichergestellt ist, dass sie für die eingesetzten Kabel konstruiert sind. Beachten Sie die Abmessung über der XLPE Isolation des Universalkabels, diese kann abweichend von den Abmessungen des Standard XLPE Kabels sein. Die Abmessungen finden Sie auf den Seiten 49 bis 50.

Für die Herstellung einer zugfesten Muffe verwenden Sie bitte das unten aufgeführte Material.

Welche Muffe ist zu nehmen ?

Kabel	Muffe	NSH-Nr.	Kommentar
EXCEL/FXCEL 12 kV	MXSU-3301	NSH 401 197	Komplett mit Schraubverbinder für Leiter und Schirm.
EXCEL/FXCEL 24 kV	MXSU-5301	NSH 401 198	Komplett mit Schraubverbinder für Leiter und Schirm.
AXCES 3x70 12 kV	MXSU-3311	NSH 401 199	Komplett mit Schraubverbinder für Leiter und Schirm.
	SXSU-5312-SE01	NSH 401 201	zugfest 3 Verbinder für den Leiter und 1 Verbinder für den Schirm zusätzlich bestellen wie unten
AXCES 3x70 24 kV	MXSU-5311	NSH 401 200	Komplett mit Schraubverbinder für Leiter und Schirm.
	SXSU-5312-SE01	NSH 401 201	zugfest 3 Verbinder für den Leiter und 1 Verbinder für den Schirm zusätzlich bestellen wie unten
AXCES 3x95 24 kV	MXSU-5311	NSH 401 200	Komplett mit Schraubverbinder für Leiter und Schirm.
	SXSU-5312-SE01	NSH 401 201	zugfest 3 Verbinder für den Leiter und 1 Verbinder für den Schirm zusätzlich bestellen wie unten

Verbindungshülsen

Um eine zugfeste Muffe mit AXCES herzustellen, müssen Sie Pfisterer hexagonal compression Verbinder entspr. Tabelle unten eingesetzt werden. Für alle anderen Muffen können Schraubverbinder oder Pressverbinder genutzt werden.

für die Auswahl einer Schirmverbindungshülse empfehlen wir jeweils eine „Nummer“ größer als der tatsächliche Schirmquerschnitt ist zu wählen. Für 10 mm² Schirm nehmen Sie die 16 mm² Verbindungshülse und für 16 mm² Schirm die 25 mm² Verbindungshülse.

Leiter-Verbindungshülsen (nur für zugfeste Muffen)

Kabel	Pfisterer Verbinder Nr.	Kommentar
AXCES 70 mm ²	301 044 044	Press-Zange Pfisterer 300 455 458 nr 18 für Querschnitt 70 (E 08 511 83)
AXCES 95 mm ²	301 045 045	Press Zange Pfisterer 300 455 459 nr 22 für Querschnitt 95-120 (E 08 511 84)

Schirm Verbindungshülsen

Schirmquerschnitt	Verb. Hülse	NSH Nr.	Bemerkung
10 mm ²	25 mm ²	NSH 401 149	Elpress KSF 25
16 mm ²	25 mm ²	NSH 401 149	Elpress KSF 25
25 mm ²	35 mm ²	NSH 401 150	Elpress KSF 35

Welchen Endverschluss nehmen?

Endverschlüsse von anderen Herstellern wie unten aufgeführt (Raychem/Tyco) können genutzt werden, wenn sichergestellt ist, dass sie für die eingesetzten Kabel konstruiert sind. Beachten Sie die Abmessung über der XLPE Isolation des Universalkabels, diese kann abweichend von den Abmessungen des Standard XLPE Kabels sein. Die Abmessungen finden Sie auf den Seiten 49 bis 50.

Wir empfehlen auch den Einsatz von Freiluftendverschlüsse mit ihrem Schutz gegen Kriechströme die auch bei sog. „feuchten“ Innenrauminstallationen auftreten können.

Andere Endverschlüsse zur Verbindung direkt mit dem Transformator oder der SF6 Schaltanlage können auch eingesetzt werden. Voraussetzung ist hier auch, dass sie für die Konstruktion des Kabels und XLPE Abmessungen konstruiert sind.

Kabel	Freiluft Endverschluss	NSH-Nr.	Kommentar
EXCEL/FXCEL 12 kV	OXSU-F3304	NSH 401 151	Kabelschuhe extra bestellen
EXCEL/FXCEL 24 kV	OXSU-F5314	NSH 401 152	Kabelschuhe extra bestellen
AXCES 3x70 12 kV	OXSU-F3324	NSH 401 153	Kabelschuhe extra bestellen
AXCES 3x70 24 kV	OXSU-F5324	NSH 401 114	Kabelschuhe extra bestellen
AXCES 3x95 24 kV	OXSU-F5324	NSH 401 114	Kabelschuhe extra bestellen
AXCES 3x70 36 kV	OXSU-F6332	-	Kabelschuhe extra bestellen

Kabel	Innenraum Endverschluss	NSH-Nr.	Kommentar
EXCEL/FXCEL 12 kV	IXSU-F3311		Kabelschuhe extra bestellen
EXCEL/FXCEL 24 kV	IXSU-F5121	NSH 401 168	Kabelschuhe extra bestellen
AXCES 3x70 12 kV	IXSU-F3121	NSH 401 167	Kabelschuhe extra bestellen
AXCES 3x70 24 kV	IXSU-F5121	NSH 401 168	Kabelschuhe extra bestellen
AXCES 3x95 24 kV	IXSU-F5131	NSH 401 169	Kabelschuhe extra bestellen
AXCES 3x70 36 kV	IXSU-F???	-	Kabelschuhe extra bestellen

Kabelschuh für Leiter

Kabel	NSH-Nr.	Kommentar
EXCEL 10 mm ²	NSH 401 145	Type KRX 10-12 Elpress
	NSH 401 139 + NSH 401 140	Type Cu 25-13 + Reduzierhülse Cu 25/10 Pfisterer
FXCEL 16 mm ²	NSH 401 196	Type Cu 16-13 Pfisterer
AXCES 70 mm ²	NSH 401 162	ALCu 70 Pfisterer
AXCES 95 mm ²	NSH 401 142	ALCu 95 Pfisterer

Kabelschuh für Schirm

Kabel	NSH-Nr.	Kommentar
EXCEL; FXCEL .../10	NSH 401 146	Type KRF 25-12 Elpress
	NSH 401 196	Type Cu 16-13 Pfisterer
AXCES .../16	NSH 401 139	Type Cu 25-13 Pfisterer
AXCES .../25	NSH 401 141	Type CU 35 Pfisterer

Montageanweisungen

Allgemeine Hinweise

Die Installation des Universalkabels, ob in der Erde oder in Wasser, unterscheidet sich nicht von "traditionellen" Methoden. Wenn es als selbsttragendes Luftkabel installiert ist, müssen aber spezielle Betrachtungen angestellt werden. Die Installationsmethoden unterscheiden sich aber nicht wesentlich von denen für die Verlegung von Niederspannungs- oder Fernmelde-Luftkabel. Empfehlungen und Anweisungen zur Vereinfachung der Installation werden in der weiteren Folge gegeben.

Für die Verlegung in die Erde können konventionelle Methoden, wie Verlegung in Kabelgräben oder das Einpflügen zum Einsatz kommen. Natürlich ist auch hier bei der Verarbeitung die gleiche Aufmerksamkeit und Sorgfaltspflicht geboten, die generell bei jeder Verarbeitung von Mittelspannungskabel üblich ist.

Bei Verlegung in Wasser müssen die üblichen Bodenuntersuchungen oder Auswertungen durchgeführt werden. Das Kabel soll beim Eintritt und Austritt aus dem Wasser eingegraben oder durch Rohre geschützt sein. In strömenden Wasser muss die Bewegung des Kabels durch eine Verankerung und Fixierung verhindert werden. Alle Typen des Universalkabels haben eine Dichte, die es leicht sinkbar macht. Es sind keine zusätzlichen Gewichte notwendig. Verankerung ist nur in strömenden Wasser erforderlich.



Werkzeuge

Um die Montage zu vereinfachen, werden folgende Werkzeuge / Hilfsmittel empfohlen:

- Ziehstrumpf für den aktuellen Kabeldurchmesser und Zugkräfte bis 10 kN
- Dynamometer für mindestens 5 kN für EXCEL und 15 kN für AXCES™.
- Kabelzieh "Frosch" für aktuellen Kabeldurchmesser. Für AXCES™ muss dieser bis 15 kN zugelassen sein.
- Umlenkrollen für das Ziehen über Winkel und langen Strecken.

Werkzeuge

Um die Montage zu vereinfachen, werden folgende Werkzeuge / Hilfsmittel empfohlen:

- Ziehstrumpf für den aktuellen Kabeldurchmesser und Zugkräfte bis 10 kN
- Dynamometer für mindestens 5 kN für EXCEL und 15 kN für AXCES™.
- Kabelzieh “Frosch” für aktuellen Kabeldurchmesser. Für AXCES™ muss dieser bis 15 kN zugelassen sein.
- Umlenkrollen für das Ziehen über Winkel und langen Strecken.

Es können Stahl- oder Kevlarziehstrümpfe eingesetzt werden. Beachten Sie bitte die Instruktionen auf der nächsten Seite bezüglich “Vorbereitung der Kabelenden”. Besonders beim Verbau von AXCES sollte eine Zugkraftmesseinrichtung eingesetzt werden. Eine oder zwei Ziehkralen (Frosch) können die Montage leichter machen. Es ist aber auch mit einer extra Endspirale möglich. Die Spirale kann dann öfters benutzt werden und ist nicht so “grob” gegenüber dem Kabel wie normalerweise die Krallen.

Geeignete Zugkrallen für Universal Kabel sind erhältlich:

EXCEL 3x10/10, FXCEL 3x16/10 12 kV	NSH 401 120	E 16 571 10
EXCEL 3x10/10, FXCEL 3x16/10 24 kV	NSH 401 121	E 16 571 14
AXCES™ 3x70/16 12 kV	NSH 401 181	E 16 571 17
AXCES™ 3x70/16 24 kV	NSH 401 122	E 16 571 16
AXCES™ 3x70/25 36 kV	NSH 401 122	E 16 571 16
AXCES™ 3x95/25 24 kV	NSH 401 122	E 16 571 16

Beim Einsatz von ECH 14 Aufhängungen kann in vielen Fällen der Einsatz von separaten Rollen entfallen. Beachten Sie auch, dass kleine Kabelaufhängungen wie für 1 KV “ABC-Kabel” nur begrenzt einsetzbar sind. Das gilt besonders beim Auszug großer Längen und hohen Zuggeschwindigkeiten sowie auch hohen Temperaturen.



Ziehen einer Freileitung

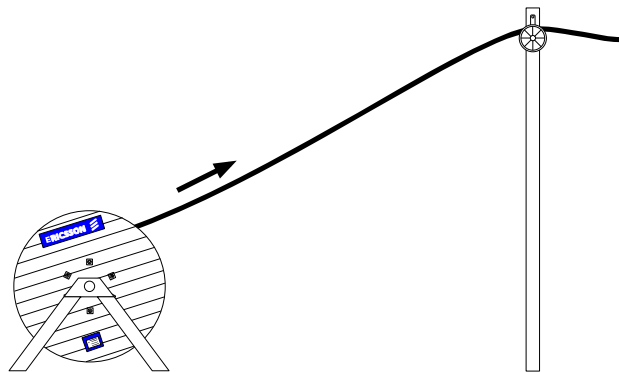
Standort der Trommel

Der Standort ist von einer Reihe von Umständen abhängig. Der Transport des Kabels zur erforderlichen Position ist natürlich entscheidend. Es ist leichter Bergab als Bergauf zu ziehen. Wenn möglich, platzieren Sie deshalb die Kabeltrommel an der höchsten Stelle der Strecke. Wenn es eine sehr große Höhendifferenz gibt, kann es unter Umständen schwierig sein die Trommel zu stoppen. **!! Man denke an eine geeignete Bremsvorrichtung !!**

Wenn es große Winkel gibt, ist es vorteilhaft, sie am Ende des Zuges statt dem Anfang zu haben. Das Kabel sollte vom Kopfteil der Trommel gewickelt werden. Bild siehe unten.

Die Kabeltrommel steht in einem festen Abrollgestell

Eine Umlenkrolle soll im ersten Mast angebracht sein.



Es ist günstig eine große Rolle am ersten Mast anzubringen. An der Ablaufstelle soll auf leichtes Abrollen des Kabels geachtet werden. Besondere Beachtung ist der Kabeltrommel beim Wechsel von einer Kabellage zur anderen zu widmen.

Die Trommel darf sich niemals schneller drehen als das Kabel ausgezogen wird. Die Trommel muss dann kontrolliert gebremst werden. Falls es einen plötzlichen Stopp im Kabelauszug gibt, muss auch die Trommel schnell gestoppt werden können, andernfalls läuft das Kabel unter die Trommel und wird ggf. zerstört.

Vorbereitung der Kabelenden

Der kritischste Moment beim Kabelauszug ist der, wenn der Anfang des Kabels mit dem Ziehstrumpf hinter dem Zugseil durch die Rollen der Kabelaufhängung bzw. Montagehilfsrollen gezogen wird. Um diesen Prozess zu erleichtern, sollte das Kabelende vor dem Überziehen des Ziehstrumpfes "abgespeckt" also verkleinert werden. Zwischen 150 – 200 mm/Leiter ist ausreichend.



Dies macht den Anfang glatter und flexibler wenn er durch die Rolle läuft. Wenn ein Ziehstrumpf aus Kevlar eingesetzt wird, ist es noch wichtiger eine Abstufung herzustellen, da er nicht so weich ist wie ein Ziehstrumpf aus Stahl der einen natürlichen Konus formt. Scharfe Ecken an den Leitern können mit einem Messer bearbeitet werden, dass vereinfacht den Zug noch mehr.

Befestigen Sie das Ende des Ziehstrumpfes mit einigen Lagen Isolierband. Achten Sie darauf, dass es keine unnötig großen Knoten, Ösen, Schäkel o. ä. Dinge gibt, die sich während des Zuges verhaken können. Ein gut vorbereitetes Kabelende spart Zeit und vereinfacht den Kabelzug.

Kabelzug

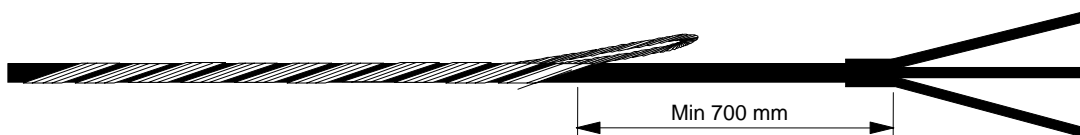
Während des Zuges sollte das Kabel nicht mit dem Boden in Berührung treten. Gerade bei längeren Spannbereichen ist es schwierig dies zu gewährleisten. Prüfen Sie deshalb die Strecke auf scharfkantige Objekte, wie z.B. geborstene Steine oder ähnliche Dinge. Schutz kann im Voraus durch ausgelegte Bretter oder Gerüste erreicht werden..

Wenn das Kabel ausgezogen wird, muss genügend Platz für das Kabel mit dem Ziehstrumpf in den Montagerollen und Kabelaufhängungen sein. Manchmal ist es einfacher wenn jemand den Zug begleitet und das Kabel vor dem Eintritt in die Aufhängung oder Rolle schüttelt. Das Zugseil muss gestoppt werden bevor die Zugspannung zu hoch wird. Bei großen Winkeln und am Anfang von langen Abspannungen sollen zur Reduzierung der erforderlichen Zug-Spannung ausreichend dimensionierte Rollen eingesetzt werden. Seien Sie aufmerksam, da sich ein äußerer Winkelmast verdrehen kann.

Montage am ersten Endmast

Die Montage der Endspirale und der Endverschlüsse auf dem Boden und anschließende Montage oben am Mast spart viel Zeit und ist einfacher. Die Endspirale und die Endverschlüsse sollen entsprechend den Hinweisen der Hersteller montiert werden.

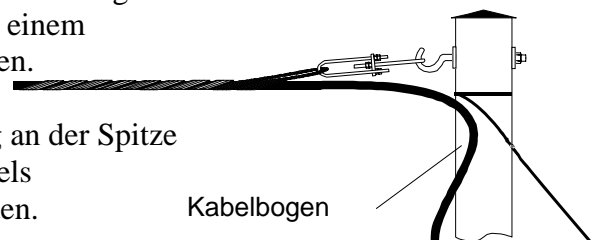
Beachten Sie, dass der Abstand zwischen dem Anfang der Endspirale, bis zu dem Punkt, wo der Mantel entfernt ist, mindestens 700 mm sein muss. Dort, wo das Kabel aus der Endspirale tritt ist ein leichter Radius zu formen, um unerwünschte Biegungen zu vermeiden.



Die Spirale ist so konstruiert, dass sie sich etwas dehnen kann. Das passiert bei steigenden Zugbelastungen, wie z.B. auf das Kabel stürzende Bäume oder Eislasten. Es passiert auch, wenn die Endspirale an einem Ende mit dem Kabel am Mast montiert ist und nun vom anderen Ende abgespannt wird. Hierbei wird sich die erstmontierte Spirale etwas dehnen. Um dies zu berücksichtigen und die Dehnung zu kompensieren, muss genügend Kabel an den Enden vorhanden sein. Wenn das Kabel zu eng montiert wurde besteht die Gefahr, dass die Zugkräfte von den Endverschlüssen oder Blitzableitern aufgenommen werden müssen.

Um dies zu verhindern soll die Montage mit einem Kabelbogen zwischen Endspirale und Mast erfolgen.

Wenn AXCES™ montiert wird, kann eine Kabelziehkralle (Frosch) und eine Zugvorrichtung an der Spitze des Mastes zum hochziehen und spannen des Kabels und zur Gestaltung des Kabelbogens genutzt werden.



Regulierung der Trasse - Spannen

Spannen Sie das Kabel mit einer Kabelziehkralle (Frosch), mit den Endspiralen oder anderen für das Kabel geeigneten Geräten. Montieren Sie die Kralle oder Spirale mindestens einen Meter vom Kabelende, andernfalls könnte das Kabel herausrutschen..

Eine geeignete Rolle sollte am Endmast montiert werden. Dadurch ist eine Abspannung vom Boden aus möglich. Überspannen Sie das Kabel für mind. 15 Min. mit einer Kraft entsprechend den Werten aus unterer Tabelle. Dies reduziert die permanenten Veränderungen im Kabel nach dem Wickeln auf die Trommel. Überspannen Sie keinesfalls das Kabel für mehr als 2 Std. mit Hilfe der Kabelziehkralle. Dieses Montagehilfsgerät ist für kurzzeitige Nutzung konstruiert. Das Kabel kann durch eine extrem lange Einwirkungszeit der Kralle beschädigt werden.

Spannen Sie das Kabel entsprechend der Einstellungstabelle unten. Nutzen Sie immer einen Zugkraftmesser.

Eine praktische Methode ist es, das Kabel abzuspannen und dann eine Markierung anzubringen wo die Endspirale anzubringen ist. Dann senken Sie das Kabel ab, montieren die Endspirale und Endverschlüsse. Danach ziehen Sie das Kabel hoch und hängen es auf. Eine Feineinstellung bewirken Sie mit den Spannschrauben. Durch das Zugseil für die Kralle ist eine Montage der Endspirale oben am Mast viel schwieriger.

Auf Grund der Länge der Endspirale für AXCES™ und falls eine Montage oben am Mast erfolgen soll, muss ein Steiger o.ä. zu Einsatz kommen. Empfohlen auch hier – Montage am Boden.

Einstellwerte

EXCEL 3x10/10 12 kV	Temperatur bei Verlegung°C	Spannkraft kN	Durchhang in Meter bei einer Spannlänge von				
			50	60	70	80	90
			20	2,5	1,0	1,4	1,9
10	2,6	1,0	1,4	1,8	2,4	3,0	
0	2,7	0,9	1,3	1,7	2,3	2,9	
-10	2,8	0,9	1,3	1,7	2,2	2,8	
-20	2,9	0,8	1,2	1,6	2,1	2,7	

EXCEL 3x10/10 24 kV	Temperatur bei Verlegung°C	Spannkraft kN	Durchhang in Meter bei einer Spannlänge von				
			50	60	70	80	90
			20	3,0	1,0	1,4	2,0
10	3,1	1,0	1,4	1,9	2,5	3,2	
0	3,2	0,9	1,3	1,8	2,4	3,1	
-10	3,3	0,9	1,3	1,7	2,3	3,0	
-20	3,4	0,8	1,2	1,7	2,2	2,9	

FXCEL 3x16/10 12 kV	Temperatur bei Verlegung°C	Spannkraft kN	Durchhang in Meter bei einer Spannlänge von						
			50	60	70	80	90	100	110
			20	3,8	0,85	1,22	1,66	2,2	2,7
10	3,95	0,81	1,17	1,59	2,1	2,6	3,2	3,9	
0	4,1	0,78	1,12	1,53	2,0	2,5	3,1	3,8	
-10	4,3	0,75	1,08	1,46	1,9	2,4	3,0	3,6	
-20	4,5	0,71	1,03	1,40	1,8	2,3	2,85	3,45	

FXCEL 3x16/10 24 kV	Temperatur bei Verlegung°C	Spannkraft kN	Durchhang in Meter bei einer Spannlänge von						
			50	60	70	80	90	100	110
			20	4,2	1,05	1,51	2,06	2,7	3,4
10	4,3	1,02	1,47	2,00	2,6	3,3	4,1	5,0	
0	4,4	0,99	1,43	1,95	2,5	3,2	4,0	4,8	
-10	4,5	0,97	1,39	1,89	2,5	3,1	3,9	4,7	
-20	4,7	0,94	1,35	1,84	2,4	3,0	3,8	4,5	

AXCES™ 3x70/16 12 kV, Einstelltabelle

Temperatur bei Verlegung°C	Spannkraft kN *	Durchhang in Meter bei einer Spannlänge von Normalspannlänge 110 m						
		60*	80	90	100	110	120	140
20	8,3	0,87	1,55	1,96	2,4	2,9	3,5	4,7
10	8,7	0,83	1,47	1,86	2,3	2,8	3,3	4,5
0	9,2	0,78	1,39	1,75	2,15	2,6	3,1	4,2
-10	9,8	0,73	1,30	1,65	2,0	2,4	2,9	4,0
-20	10,5	0,68	1,21	1,54	1,9	2,3	2,7	3,7

AXCES™ 3x70/16 24 kV, Einstelltabelle

Temperatur bei Verlegung°C	Spannkraft kN *	Durchhang in Meter bei einer Spannlänge von Normalspannlänge 110 m						
		60*	80	90	100	110	120	140
20	9,1	0,87	1,55	1,96	2,4	2,9	3,5	4,7
10	9,6	0,83	1,47	1,86	2,3	2,8	3,3	4,5
0	10,1	0,78	1,39	1,75	2,15	2,6	3,1	4,2
-10	10,8	0,73	1,30	1,65	2,0	2,4	2,9	4,0
-20	11,5	0,68	1,21	1,54	1,9	2,3	2,7	3,7

AXCES™ 3x70/25 36 kV, Einstelltabelle

Temperatur bei Verlegung°C	Spannkraft kN *	Durchhang in Meter bei einer Spannlänge von Normalspannlänge 100 m					
		60*	80	90	100	110	120
20	9,4	1,0	1,8	2,1	2,6	3,2	3,8
10	9,8	0,9	1,7	2,1	2,5	3,0	3,6
0	10,3	0,8	1,6	2,0	2,4	2,9	3,5
-10	10,9	0,8	1,4	1,8	2,3	2,8	3,4
-20	11,5	0,7	1,3	1,7	2,1	2,7	3,3

AXCES™ 3x95/25 12 - 24 kV, Einstelltabelle

Temperatur bei Verlegung°C	Spannkraft kN *	Durchhang in Meter bei einer Spannlänge von Normalspannlänge 100 m					
		60*	80	90	100	110	120
20	9,6	1,1	1,9	2,2	2,8	3,4	4,0
10	10,0	1,0	1,8	2,2	2,7	3,2	3,8
0	10,5	0,9	1,6	2,1	2,5	3,1	3,7
-10	11,0	0,8	1,5	1,9	2,4	2,9	3,5
-20	11,6	0,7	1,4	1,8	2,2	2,8	3,4

*)

Anmerkung!

Strecken mit kurzem Spann (60 m oder kleiner) können sehr hohe Kräfte an den Masten oder Einspannungen ergeben. Um dies zu verhindern, senken Sie die vom Computerprogramm errechneten Kräfte. Die Erhöhung des Durchhanges bei diesen kurzen Spans ist unwesentlich. Spannkräfte der unteren Tabelle können als Empfehlung genommen werden.

Temperatur bei Verlegung°C	Spannkraft in kN bei einem Spann von 50 m	
	AXCES 3x70/16 12 und 24 kV	AXCES 3x70/25 30 kV und 3x95/25 24 kV
20	5,5	6,5
0	6	7
-10	6,5	7,5



Schwierige Trassen - steil - lang - kurvenreich

Es gibt einige Erfahrungen, an die man beim Bau von langen Strecken, Strecken mit großen Spannabschnitten, vielen oder großen Winkeln, großen Höhenunterschieden oder großen Unterschieden in den Abspannlängen, denken soll.

Beim Zug des Kabels ist es wichtig, Rollen mit ordentlichen Rädern zu verwenden. Große Winkel sollten am Mast mittels Halterung in zwei Teile geteilt werden. Dies ist von besonderer Wichtigkeit wenn sich der Winkel am Anfang der Strecke befindet da hier die Belastungskräfte enorm zunehmen und den Kabelzug sehr erschweren. Der gewählte Anfang für den Kabelzug hat Einfluss auf die notwendigen Zugkräfte. Wenn möglich wählen Sie die Richtung immer so, dass die Winkel am Ende der Strecke sind.

Die kleineren kombinierten Abspannklemmen der Typen SO99, SO86 und ähnlich sind normalerweise für Auszugslängen von 500 m konstruiert. Auf Grund der Tatsache, dass die Wellen kleiner und die Lager einfacher sind, können diese Aufhängungen bei großen Längen zerstört werden. Benutzen Sie deshalb die Kabelaufhängung der Type ECH14 oder separate Rollen.

Es ist auch wichtig, dass sich die Aufhängungen (insbesondere bei äußeren Winkeln) frei bewegen können. Wenn ein falscher Haken benutzt wird, kann die Kabelaufhängung oder die Rolle den Mast berühren und dies führt wiederum zur Erhöhung der Zugkräfte. Wenn dies am Anfang einer Strecke passiert, kann es unter Umständen den Auszug des Kabels unmöglich machen.

Ein Weg das Problem zu lösen ist es, beim passieren des Kabelanlaufes, das Kabel oder den Mast zu schütteln oder ziehen Sie an einem Seil das mit dem Kabel verbunden ist.

Durch gute Planung und mit der richtigen Ausrüstung ist es möglich gut über 2000 m in einer Länge auszuziehen. Wenn Probleme auftreten, kann mit einer Kabelziehkralle und einer Winde entlang der Strecke der Kabelzugvorgang in den Spans unterstützt werden.

Schwierige Strecken erfordern vielleicht eine Feinregulierung zum Ende der Montage. Dies wird ausgeführt mit der Kabelziehkralle. Wenn es innerhalb der Strecke Maste mit Endspiralen gibt, erfolgt eine Nachregulierung in Sektionen. Festeinspannungen sind erforderlich wenn es sehr große Längenunterschiede in den Abspannabschnitten gibt. Kurze Sektionen haben einen zu geringen und lange Abschnitte haben einen zu grossen Durchhang.

Trassen mit großen Höhenunterschieden (>100 Meter) müssen so mittels Spiralen auf dem Weg nach unten fixiert werden, dass das Kabelgewicht und damit die Belastung nicht vollständig oder größtenteils auf die oberen Maste übertragen wird. Arbeiten Sie vom tiefsten Punkt zum Höchsten. Abspannen und Messungen erledigen Sie vom höchsten Punkt.



Verlegung in der Erde und im Wasser

Das Universalkabel kann in die Erde oder/und in Salzwasser bzw. Süßwasser gelegt werden. Bei Verlegung in die Erde gelten die gleichen Vorschriften wie für z.B. NA2XS2Y. Auf Grund des besonders zugfesten Leiters des Universalkabels ist dieses ein wenig steifer als normales Erdkabel und muss vielleicht mit etwas Extradruck in den Graben gelegt werden.

Bei Verlegung von Kabel in Wasser ist es wichtig, dass die Dichte des Kabels groß genug ist, um ein einwandfreies Absinken zu gewährleisten. Normalerweise ist eine Dichte von 1.2 kg/dm^3 ausreichend. Alle Universalkabel haben eine Dichte von über 1.2 und sind deshalb geeignet für Verlegung im Wasser. Die Dichte der Kabeltypen finden Sie in den technischen Dokumentationen in diesem Handbuch.

An der Stelle wo das Kabel in das Wasser hineingeht oder herauskommt, muss es gegen Wellen und Eis geschützt werden. Graben Sie es ein und/oder schützen Sie es vorzugsweise mit Kabelrohren.

Es sollte eine Überprüfung des Untergrundes entlang der Strecke erfolgen. Wenn nötig sollte das Kabel durch Gewichte oder Zementsäcke oder andere Dinge gesichert werden.

Im Fall von strömendem Wasser und einer Strömungsgeschwindigkeit von 2 m/s oder mehr benötigt das Kabel die gleiche Verankerung. In jedem Fall darf sich das Kabel im Wasser nicht bewegen, andernfalls wird es früher oder später einen Fehler haben. Der einfachste Weg einen möglichen Fehler am Mantel festzustellen ist die Durchführung der elektrischen Mantelprüfung.

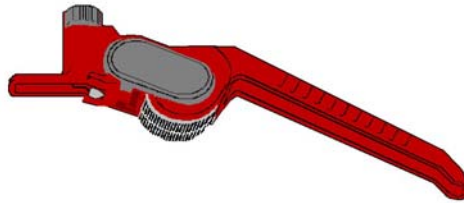
Die Verlegetiefe sollte nicht wesentlich die 100 m überschreiten. Für größere Tiefen kontaktieren Sie bitte Ericsson Network Technologies.



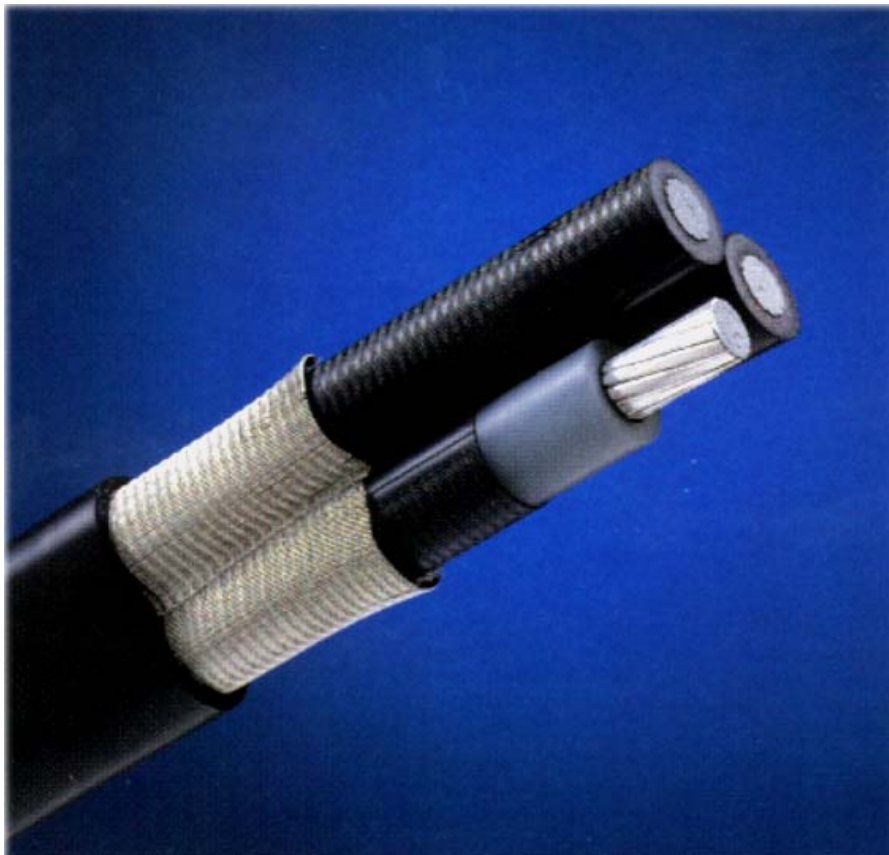
Kabel Verarbeitung

Im Allgemeinen werden die Kabeltypen EXCEL/AXCES™ genauso wie andere Dreileiter XLPE-Kabel für 12 and 20 kV verarbeitet. Ein Unterschied besteht darin, dass AXCES™ einen Leiter aus legiertem Aluminium hat. Das Verpressen von Kabelschuhen und Verbindern muss mit einem für legiertes Aluminium geeigneten System erfolgen. Normalerweise wird eine Sechskantverpressung oder eine Verschraubung vorgenommen. Die Verschraubung erfolgt mit einem definierten Drehmoment.

Auf Grund starken PE Mantels in Kombination mit dem kompakten Kabeldesign besteht ein Risiko bei Einsatz eines Messer den Leiter zu beschädigen. Seien Sie besonders Aufmerksam bei der Durchführung dieser Arbeiten. Den Mantel zu erwärmen erleichtert die Arbeit. Einige Hersteller bieten für diese Arbeit geeignete Werkzeuge an.



Die äußere halbleitende Schicht kann im “easy strip” Verfahren entfernt werden. Wenn man möchte, kann ein Spezialwerkzeug genutzt werden. Dies muss aber in einem guten Zustand sein und der Monteur muss auch Erfahrung mit dem Einsatz dieses Werkzeuges haben. Heutzutage gibt es sogar Werkzeuge für EXCEL 12 kV mit seinem kleinen Leiterdurchmesser.



Wartung des Netzes

Im Allgemeinen erfordert eine Universalkabelstrecke weniger Wartung als eine blanke o. isolierte Freileitung. Der Trend führt heutzutage bezüglich des Wartungsmanagement mehr zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit als zur Optimierung des Zeitaufwandes. Dies hat einen Einfluss auf die Nutzung des Universalkabels. Das Universalkabel ist voll geschirmt und isoliert, ein Kabel das auf der Erde liegt, stellt nicht die gleichen Gefahren für Leben und Gesundheit dar wie eine blanke oder isolierte Freileitung die auf der Erde liegt.

Wenn nach einem Sturm oder sonstigen Routineüberprüfungen umgestürzte Bäume oder Äste auf dem Kabel festgestellt werden, so sollten diese entfernt werden. Wenn größere Bäume auf dem Kabel liegen ist eine Überprüfung des Kabels auf äußere Beschädigung angebracht. Wenn der Baum dicht an einem Mast oder an einer Endspirale gefallen ist, sollte das Kabel auf Beschädigung in der Aufhängung bzw. Endspirale untersucht werden. Wenn das Kabel in der Kabelaufhängung verrutscht ist, macht sich eine Neueinstellung der Abspannung notwendig. Nachdem große Bäume auf das EXCEL gefallen sind kann sich dieses etwas verlängern. Diese Verlängerung kann auf die angrenzenden Abspannungen verteilt werden. Sollte das nicht reichen, kann mit einer Endspirale an einem Mast eine Adjustierung erfolgen.

Äste, die gegen das Kabel liegen müssen beseitigt werden. Wenn sie längere Zeit am Kabel verbleiben, könnten sie den Außenmantel beschädigen und Ursache für einen Kurzschluss sein. Deshalb sollten Äste und Bäume die sich unterhalb der Kabels befinden entfernt werden.

Betriebserfahrungen

Die allgemeinen Erfahrungen aus der Nutzung des Universalkabels unterscheiden sich nicht von denen die aus der Nutzung des normalen XLPE Mittelspannungskabels gewonnen wurden. Aus elektrotechnischer Sicht sind die Kabel auf die gleiche Art und Weise konstruiert. Wenn die Muffen und Endverschlüssen ebenfalls ordnungsgemäß wie für andere Kabel hergestellt werden, ist mit keinen Problemen während der Betriebsdauer zu rechnen.

Wenn das Kabel als Freileitung montiert wird ist das korrekte Zubehör zu verwenden und den gegebenen Hinweise in diesem Handbuch oder Zubehörbeschreibungen zu folgen. Es ist wesentlich, Entwurfs- und Bauanweisungen zu befolgen um einen störungsfreien Betrieb zu gewährleisten.

Windbrüche

Bei schwerem Baumfall (siehe Bild) senkt sich EXCEL zu Boden und wenn der Fall ein paar Spans entfernt ist. Das Kabel kann in den Aufhängungen nachrutschen. Nach Entfernung des Baumes muss die Strecke neu reguliert werden. Die Verlängerung kann in benachbarte Spans verteilt werden oder durch eine Endspirale eines Mastes aufgenommen werden. Wenn der Baumfall dicht an einem Mast oder Endmast erfolgt, besteht die Gefahr, dass das EXCEL Kabel reißt.



Ein Baumfall auf AXCES™ bedeutet normalerweise nicht, dass eine Nachregulierung der Strecke erfolgen muss. Das Kabel wird keine dauerhafte Längenänderung erleiden und es ist gewöhnlich ausreichend, den gestürzten Baum zu entfernen. Zum Sicherstellen, dass keine Beschädigung des Außenmantels erfolgt ist muss eine optische Kontrolle durchgeführt werden. Nach starken Baumfällen ist es besonders wichtig, das Kabel in der Nähe der Kabelaufhängungen und der Endspiralen zu kontrollieren.

So lange wie das Kabel keine Schäden am Außenmantel zeigt, kann davon ausgegangen werden, dass auch der innere aktive Teil unbeschädigt ist. Nach einem Kabelbruch beträgt die Verlängerung des Leiters nur wenige Prozente, wobei sich die Isolierung immer dehnt. Dies begrenzt den Bruch örtlich auf eine kleine Stelle. Der Rest des Kabels ist unbeschädigt.



Bruchstellen von EXCEL und AXCES™. Bruchstellen sind begrenzt

In den Fällen, wo ein Kabel gebrochen ist, kann eine Muffe gesetzt werden. Diese kann entweder im Spann oder am Mast montiert werden. Für eine Muffe im EXCEL-Spann, muss eine Entlastung mittels Abspannschrauben und Stahlseil hergestellt werden. Für AXCES gibt es zugfeste Verbindungsmuffen. Manchmal ist es praktischer einen Spann auszuwechseln und die Muffen an beiden Masten zu montieren. Das Kabel wird dann mit Endspiralen in beiden Richtungen entlastet.

AXCES™ mit zugentlasteter Verbindungsmuffe im Abspann



Sicherheitshinweise

Vom Sicherheitsaspekt aus gesehen, kann das Universalkabel System mit einem konventionellen Erdkabelsystem verglichen werden. Das Kabel ist voll isoliert und kann ohne Risiken berührt werden. Schutzmaßnahmen gegen mechanische Beschädigungen müssen genau wie bei traditionellen Erdkabeln, wie z.B. beim Austritt aus der Erde zum Mast, hergestellt werden.

Der große Unterschied, verglichen mit alternativen Systemen wie blanke oder isolierte Freileitungen ist, dass das Universalkabel vollgeschirmt ist. Ein Kabel das auf dem Boden liegt stellt kein Risiko dar und sollte das Kabel brechen wird es einen Kurzschluss zum Schirm geben und einen Trennung des Netzes auslösen.

In den Standards wird das Universalkabel wie ein konventionelles Erdkabel betrachtet mit einer Ausnahme des Einsatzes als selbsttragendes Luftkabel. In nationalen Standards und Spezifikationen können entsprechende Informationen für den Einsatz von Freiluftkabeln gefunden werden. Aus dem schwedischen Standard können einige Punkte genannt werden:

- Kleinste Höhe über nicht-planierete Bereiche ist 4.5m.
- Kleinste Höhe über planierete Bereiche ist 6m.
- Stützisolatoren sind nicht erforderlich, wenn nur Universalkabel installiert wurde.
Wenn ein Niederspannungskabel (NS) am gleichen Mast aufgehängt wird, können Stützisolatoren erforderlich sein.
- Kleinster Abstand zu NS Kabel ist 0.3m, zu Fernmeldekabel 0.6m, die höchsten Spannungen jeweils ganz oben.
- An jedem Mast ist eine Markierung der EXCEL/AXCES™ und anderen Leitungen erforderlich



Einsatz als Ersatzkabel

EXCEL 3x10/10 12 kV ist ein Kabel mit einem Gewicht von weniger als 1 kg/m und hat für ein Mittelspannungskabel einen verhältnismäßig kleinen Außendurchmesser. Zusammen mit der sehr stabilen inneren Konstruktion, ist dieses Kabel für den Einsatz als Ersatzkabel für temporäre Energieversorgungsaufgaben bestens geeignet.

Der Einsatz zum Beispiel bei einem Fehler in einer anderen Kabelanlage oder einer beschädigten Freileitung sein. Andere Möglichkeiten ist die zeitweilige Nutzung als Versorgungsleitung für Großbaustellen oder als By-Pass wenn eine Freileitung demontiert und eine Erdkabelanlage errichtet werden soll.

Baustellen sicher und ökonomisch mit Elektroenergie zu versorgen, ist in vielen Fällen auf Grund der Entfernungen oder geografischen Gegebenheiten sehr schwierig. Eine bessere Lösung kann es oftmals sein, einen mobilen Transformator aufzustellen und die Versorgung über EXCEL Kabel 12 oder 24 kV herzustellen.

In solchen Fällen kann das Kabel temporär installiert werden und es sind keine Spezialaufhängungen und Endspiralen notwendig.

Es ist von Vorteil, eine Kabeltrommel mit einem langen freien inneren Ende von 15-20 m und montierten Endverschlüsse in Bereitschaft zu haben. Das bietet die Möglichkeit, direkt das innere Ende an einen Mast oder Transformator anzuschließen ohne die Trommel komplett ausrollen zu müssen.



Beispiel von einem Ersatzkabel auf einer Trommel mit einem langen inneren Ende



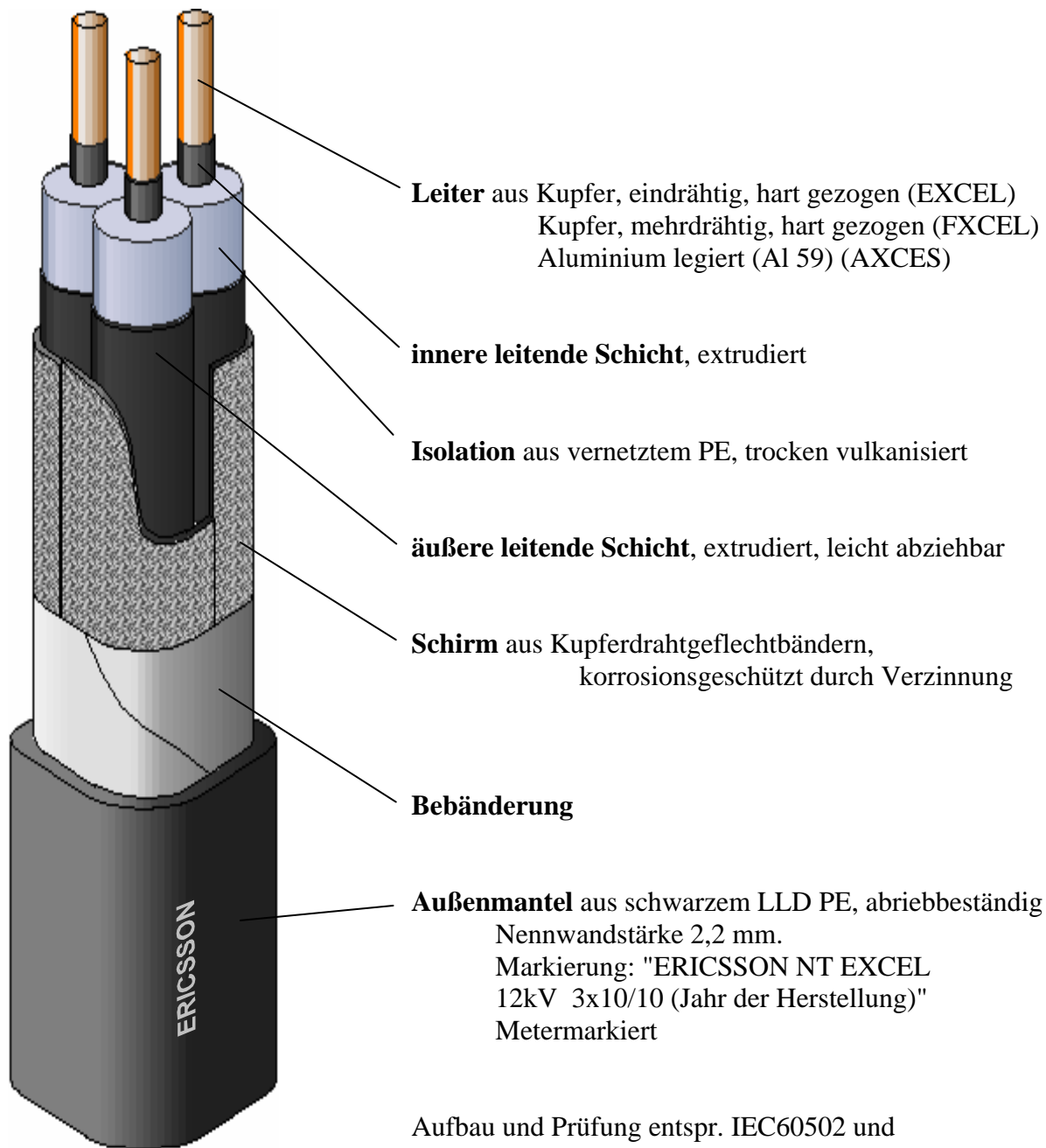
Wenn noch viel Kabel auf der Trommel ist, wird die Strombelastbarkeit durch schlechtere Kühlung reduziert. Eine empfohlene max. Belastung ist:

- Voll ausgerollte Trommel in Umgebungstemperatur 25°C - 90A, als selbsttragendes Kabel 71A.
- Mit 500 m auf der Trommel, 15A bei 20°C Umgebungstemperatur.

Weniger Kabel auf der Trommel sowie auch eine niedrige Umgebungstemperatur ermöglichen eine höhere Strombelastbarkeit. Eine volle Trommel kann 5-6 Stunden mit 25 A belastet werden.

EXCEL 12 kV wird mit einem Spannungslevel wie für 24 kV Kabel Typgetestet und kann deshalb sogar für ein 24 kV Netz oder gemischte 12/24 kV Netze eingesetzt werden.

Technische Beschreibung Universalkabel EXCEL/FXCEL and AXCES



Leiter aus Kupfer, eindrätig, hart gezogen (EXCEL)
 Kupfer, mehrdrätig, hart gezogen (FXCEL)
 Aluminium legiert (Al 59) (AXCES)

innere leitende Schicht, extrudiert

Isolation aus vernetztem PE, trocken vulkanisiert

äußere leitende Schicht, extrudiert, leicht abziehbar

Schirm aus Kupferdrahtgeflechtbändern,
 korrosionsgeschützt durch Verzinnung

Bebänderung

Außenmantel aus schwarzem LLD PE, abriebbeständig
 Nennwandstärke 2,2 mm.
 Markierung: "ERICSSON NT EXCEL
 12kV 3x10/10 (Jahr der Herstellung)"
 Metermarkiert

Aufbau und Prüfung entspr. IEC60502 und
 SS 424 14 16 (HD620 S1 + A1 Teil 1 Ab. 6M u. in
 Anwendungen

Abmessungen und Gewichte von EXCEL und FXCEL

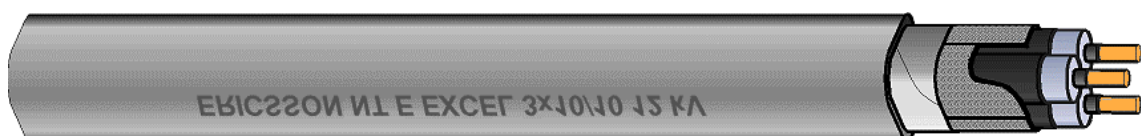
	Einheit	EXCEL 3x10/10 12 kV	EXCEL 3x10/10 24 kV	FXCEL 3x16/10 12 kV	FXCEL 3x16/10 24 kV
Leiterdurchmesser	mm	3,55	3,55	4,7	4,7
Nominelle Isolationsstärke	mm	3,4	5,5	3,4	5,5
Durchmesser über Isolation	mm	11	15	12	16
Außenmantel-Wandstärke	mm	2,2	2,6	2,2	2,6
Kabelabmessung	mm	29	38	31	40
Kreisdurchmesser	mm	31	41	33	43
Gewicht	kg/m	0,83	1,18	1,04	1,4
Dichte	kg/dm ³	1,4	1,2	1,45	1,3

Elektrische Daten EXCEL und FXCEL

	Units	EXCEL 3x10/10 12 kV	EXCEL 3x10/10 24 kV	FXCEL 3x16/10 12 kV	FXCEL 3x16/10 24 kV
Leiterquerschnitt	mm ²	10	10	16	16
Schirmquerschnitt	mm ²	10	10	10	10
Nennspannung U ₀ /U _M	kV	7/12	14/24	7/12	14/24
Nennstrom (bei 25°C Lufttemperatur oder 15°C Erd/Wassertemperatur) - in Erde oder Wasser					
Leitertemperatur 90°C	A	90	90	105	105
Leitertemperatur 65°C	A	71	71	85	85
als selbsttr. Luftkabel					
Leitertemperatur 65°C	A	71	71	85	85
Leiterwiderstand, bei 20°C	Ω/km	1,83	1,83	1,15	1,15
Schirmwiderstand, bei 20°C	Ω/km	2,0	2,0	2,0	2,0
Max. Kurzschlussstro (1 sek)	kA	2,0	2,0	3,0	3,0
Kapazität	µF/km	0,13	0,10	0,16	0,11
Erdschlussstrom	A/km	0,74	1,14	0,90	1,25
Induktivität	mH/km	0,42	0,49	0,40	0,48

Installation EXCEL und FXCEL

	Units	EXCEL 3x10/10 12 kV	EXCEL 3x10/10 24 kV	FXCEL 3x16/10 12 kV	FXCEL 3x16/10 24 kV
Kleinster Biegeradius	mm	250	330	260	330
Niedrigste Temperatur bei Verlegung	°C	-20	-20	-20	-20



Abmessungen und Gewichte AXCES

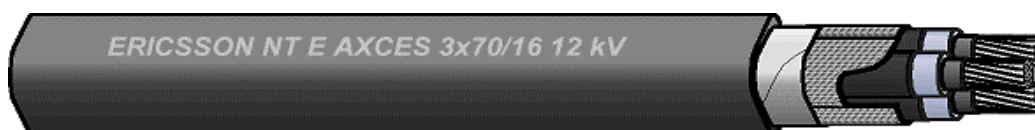
	Einheit	AXCES 3x70/16 12 kV	AXCES 3x70/16 24 kV	AXCES 3x70/25 36 kV	AXCES 3x95/25 24 kV
Leiterdurchmesser	mm	9,9	9,9	9,9	11,6
Nominelle Isolationsstärke	mm	3,4	4,5	5,5	4,5
Durchmesser über Isolation	mm	17	19	21,8	20,4
Außenmantel-Wandstärke	mm	2,4	2,6	2,6	2,8
Kabelabmessung	mm	41	45	52	49
Kreisdurchmesser	mm	44	49	56	53
Gewicht	kg/m	1,5	1,8	2,1	2,2
Dichte	kg/dm ³	1,35	1,25	1,2	1,25

Electrical data AXCES

	Units	AXCES 3x70/16 12 kV	AXCES 3x70/16 24 kV	AXCES 3x70/25 36 kV	AXCES 3x95/25 24 kV
Leiterquerschnitt	mm ²	70	70	70	95
Schirmquerschnitt	mm ²	16	16	25	25
Nennspannung U ₀ /U _M	kV	7/12	14/24	21/36	14/24
Nennstrom (bei 25°C Lufttemperatur oder 15°C Erd/Wassertemperatur) - in Erde oder Wasser					
Leitertemperatur 90°C	A	190	190	190	240
Leitertemperatur 65°C		160	160	160	200
als selbsttr. Luftkabel	A	160	160	160	200
Leiterwiderstand, bei 20°C	Ω/km	0,443	0,443	0,443	0,320
Schirmwiderstand, bei 20°C	Ω/km	1,2	1,2	0,8	0,8
Max. Kurzschlussstrom (1 sek)	kA	8	8	8	11
Kapazität	μF/km	0,29	0,21	0,19	0,25
Erdschlussstrom	A/km	1,8	2,7	3,7	3,3
Induktivität	mH/km	0,30	0,33	0,35	0,32

Installation AXCES

	Units	AXCES 3x70/16 12 kV	AXCES 3x70/16 24 kV	AXCES 3x70/25 30 kV	AXCES 3x95/25 24 kV
Kleinster Biegeradius	mm	360	390	430	430
Niedrigste Temperatur bei Verlegung	°C	-20	-20	-20	-20



Trommeltabelle

Die Kabellänge auf einer Trommel hängt von vielen Faktoren ab. Am Wesentlichsten ist natürlich die Trommelgröße und der Durchmesser sowie das Gewicht des Kabels und auch der akzeptierte Abstand der letzten Kabellage vom Trommelrand. Der Freiraum ist der Platz, der auf ebenen Grund zwischen letzter Kabellage und Boden besteht. Zur Minimierung der Beschädigungsgefahr bei Transport und Verlegung werden Standardabstände empfohlen. Die Verkleinerung des Freiraumes auf die Größe eines Kabeldurchmessers, erlaubt natürlich eine größere Befüllung mit Kabel. Gleichzeitig erfordert dies aber eine noch größere Sorgfalt beim Umgang mit der Trommel.

Die Tabelle unten zeigt die Menge Kabel (in Meter), die auf verschiedene Kabeltrommeln auch unter Berücksichtigung der Freiraumverkleinerung aufgewickelt werden kann. Für FXCEL gelten die gleichen Längen wie für EXCEL. Das Gewicht erhöht sich um 180 kg /km.

Kabeltyp	Trl. Größe								
	K16			K18			K20		
	Freiraum		Total kg	Freiraum		Total kg	Freiraum		Total kg
Standard	Kabel Ø	Standard		Kabel Ø	Standard		Kabel Ø		
EXCEL 12 kV	920	1050	980/1090	1180	1320	1240/1360	1412	1789	1540/1860
EXCEL 24 kV	445	540	740/850	600	600	970/970	830	830	1350/1350
AXCES 70-12 kV				480	580	890/1020	640	770	1200/1380
AXCES 70-24 kV				440	440	1000/1000	590	590	1380/1380
AXCES 95							460	570	1350/1600

Kabeltyp	Trl. Größe								
	K22			K24			K26		
	Freiraum		Total kg	Freiraum		Total kg	Freiraum		Total kg
Standard	Kabel Ø	Standard		Kabel Ø	Standard		Kabel Ø		
EXCEL 12 kV	1900	2108	2030/2200	2540	3000	2680/3070	3550	4150	3900/4430
EXCEL 24 kV	1030	1190	1670/1860	1350	1510	2170/2370	1930	2370	3260/3800
AXCES 70-12 kV	820	960	1520/1710	1100	1260	2010/2220	1630	2040	3100/3650
AXCES 70-24 kV	630	750	1520/1740	890	1020	2070/2320	1300	1470	3170/3480
AXCES 95	600	730	1750/2010	850	990	2400/2700	1260	1430	3680/4060

Kabeltyp	Trl. Größe					
	K28			K30		
	Freiraum		Total kg	Freiraum		Total kg
Standard	Kabel Ø	Standard		Kabel Ø		
EXCEL 12 kV	5000	6100	5460/6400	7200	8100	7510/8250
EXCEL 24 kV	2620	3140	4380/5020	3840	4480	6050/6830
AXCES 70-12 kV	2260	2750	4240/4900	3300	3600	5830/6200
AXCES 70-24 kV	1870	2310	4460/5230	2570	3100	5860/6780
AXCES 95	1830	2050	5200/5700	2530	2780	6930/7500



Zusammenfassung durchgeführter Tests

Unten sind Verweise auf elektrische und nichtelektrische Tests, die beim Universalkabelsystem EXCEL und AXCES durchgeführt wurden. Testprotokolle liegen bei Ericsson Network Technologies zur Einsicht vor und in vielen Fällen können auch Kopien bereitgestellt werden. Zusätzlich zu den aufgeführten Prüfungen, sind eine große Anzahl von Entwicklungstests intern durchgeführt worden.

Elektrische Tests

- Typtest entsprechend Schwedischem Standard SS 424 14 17.

Test durchgeführt an 12kV EXCEL 3x10/10 Kabel aber mit Spannungslevel entspr. Für 24kV Kabel.

Ergebnis: Das Kabel bestand den Test erfolgreich. (Ref. 604772E)

- Typetest entsprechend Schwedischem Standard SS 424 14 17.
Test durchgeführt an 24kV AXCES™ 3x95/25 Kabel.

Ergebnis: Das Kabel bestand den Test erfolgreich. (Ref. 604808E)

- Feldalterung von EXCEL 3x10/10 12kV Kabel in einem 24kV Netz.
Das Kabel lag in Wasser. Es war 4 Jahre in Betrieb mit doppelter Nennspannung.

Ergebnis: Das Kabel war unbeeinflusst durch Alterung. Die Durchschlagsspannung war höher als $31 \times U_0$, entsprechend zu 216-240 kV Phase-Erde. (Ref HSP566)

- Nagel-Einschlags-Test am Kabel EXCEL 3x10/10 and AXCES™ 3x95/25 im Falcon Laboratorium, England
Ein Stahl Nagel wurde durch das Kabel getrieben und ein Kurzschlussstrom von 3kA wirkte auf das Kabel ein.

Ergebnis: Es zeigte sich, dass die Schirmkonstruktion, abgesehen von einer lokalen Beschädigung, dem Kurzschlussstrom standhielt. (Ref. Falcon Testing Laboratory report No. 6616)

- Impuls-Spannungstest an EXCEL 3x10/10 12kV im NEFI Labor in Norwegen.
Kurzschluss tests mit Spannungen bis zu 10kA RMS an verschiedenen Längen von Kabel.

Ergebnis: Das Kabel ist Selbstschützend, wenn die Kabellänge größer als ca. 500 m für 12kV und größer als ca. 1000 m für 24kV Kabel ist. Kürzere Kabellängen sollten geschützt werden, z.B. mit Sicherungen. (Ref. 0360-keo604826)

- Untersuchung des zulässigen Stroms in Kabel EXCEL 3 x10/10 12 kV, wenn das Kabel auf einer Trommel ist.
500 m Kabel waren auf einer Trommel K14 gewickelt. Das Kabel wurde unter Spannung gesetzt und die Leitertemperatur wurde gemessen.

Ergebnis: Für kontinuierlichen Betrieb beträgt der Maximalstrom für Kabel auf einer Trommel ca. 25 A. Höherer Strom kann für kürzere Zeit erlaubt sein. (Ref. HSP553)

Außer den genannten Tests sind eine Anzahl von beschleunigten Alterungstests durchgeführt worden.

Mechanische Tests

- Belastungstest durch Baumfall bis zum Kabelbruch auf Kabel EXCEL 3x10/10 12kV. Das Kabel wurde vor und nach der Belastung durch mehrere Bäume bis zum Bruch vermessen.
Pd-Messungen wurden an den beiden verbliebenen Kabelteilen durchgeführt (ausgenommen ein kleines kurzes Stück direkt am Bruch).

Ergebnis: Die beiden Kabelteile waren nach den Tests voll Funktionsfähig und keine Erhöhung des pd-Levels wurde festgestellt. (Ref. HSP385)

- Test am Kabel AXCES™ 3x95/25 24kV hängend in der Luft mit steigender Zugbelastung und steigender Leitertemperatur.
Nach dem Langzeittest mit hohen Temperaturen und überdurchschnittlichen Belastungen, wurde das Kabel hinsichtlich seiner elektrischen und mechanischen Eigenschaften untersucht.

Ergebnis: Das Kabel überstand den Test. (Ref. 606226)

- E-Modul Messungen am Kabel AXCES™ 3x95/25 24 kV.
Für die Nutzung der Richtwerttabellen sind die e-module gemessen und errechnet worden. (Ref. 604817)
- Mechanische Messungen am Kabel EXCEL 3x10/10 12kV und 24kV in einem Abspann.
Die Kabel wurden in Luft gehalten und verschiedenen Kräften, wie Umgebungstemperaturen, Leiterströmen und simulierten Eislasten unterzogen.

Durchhang und e-module wurden gemessen und errechnet. (Ref. 604779)

- Statischer Test der Kabelaufhängung mit integrierter Kabelaufhängung Typ ECH14
Test durchgeführt von Daltek Probator AB.
(Ref. Test Report No. 990135)

References

[1]

”Evaluation of Performance of AXCES and EXCEL Cable at the Shetland Test Site”
EA Technology Report No. 5039, October 1999

[2]

” Severe weather testing of AXCES cable at Deadwater Fell”
EA Technologies Services Report T3550, November 2001

Die Isolationswandstärke bei XLPE- und Universalkabel

Diese Betrachtung soll unsere Ansicht über eine verkleinerte Isolationsdicke bei XLPE isolierten Kabeln begründen.

Die Isolationsdicke von XLPE isolierten Mittelspannungskabeln ist seit dem Ende der 60er Jahre genormt worden. Die Abmessungen basierten in hohem Grad auf Erfahrung, die bei Gummi- und PVC- isolierten Kabeln vorlagen. Der erste IEC Standard wurde zu Beginn der 70er Jahre veröffentlicht. Ein Grund für die Veröffentlichung und Gestaltung eines Konstruktionsstandards war, den Einsatz von Kabel und Zubehör verschiedenen Herstellern leichter zu machen.

Bei Kabel für mehr als 36 kV oblag es dem Hersteller, die Isolationsdicke zu bestimmen. Ein Teststandard hat die Anforderungen und die Testprozeduren festgelegt. Seit den 60ern hat es eine ständige Verbesserung der Isolationsmaterialien, leitenden Schichten, Produktionstechnologien und Produktionsausrüstungen gegeben.

Diese Entwicklung gab die Möglichkeit, die Isolationsstärke bei Hochspannungskabel zu verkleinern. Hier gibt es keine, durch einen Konstruktionsstandard vorgegebene Behinderung.

Zum Beispiel haben einige Hersteller bei 145 kV Kabeln die Isolationsdicke von 20 mm auf 18 mm bzw. 16 mm und in einigen Fällen sogar auf 14 mm reduziert. Es werden die Gleichen oder in einigen Fällen sogar härtere Testprozeduren durchgeführt.

Die Reduzierung der Isolationsdicke bei Mittelspannungskabel (12-36 kV) wird schon seit länger Zeit. Auf Grund der gewünschten und möglichen Austauschbarkeit aller Standardbauelemente in einem System und des Konservatismus des Markts ist dies aber eine sehr langwierige Prozedur.

Das europäische Dokument HD 620 ^{1[1]} gibt schon bei 30 kV Kabel die Möglichkeit, die Isolationsdicke von 8,0 mm auf 6,5 mm zu reduzieren.

Eine sehr umfassende Studie ^{2[2]} ist bei Alcatel durchgeführt worden. Es wurde ein 20 kV Kabel mit 4,0 mm Isolationsdicke mit einem "normalen" 5,5 mm isolierten verglichen.

Man kam bei der Studie zu dem Schluß, dass unter Berücksichtigung aller möglichen Aspekte eine Reduzierung der Isolierwandstärke auf 4,0 mm möglich ist.

Die EDF ^{3[3]} in Frankreich hat den Herstellern für einige Jahre die Option gegeben, 20 kV Kabel mit verkleinerter Isolierwanddicke zu liefern. EDF spezifizierte eine maximale Feldbelastung von 2,35 kV/mm. Dies ist in einem neuen französischen Standardisierungsentwurf einbezogen worden. ^{4[4]} Die gleiche Art von Spezifikation ist von einer europäischen Arbeitsgruppe vorbereitet worden. Die Arbeitsgruppe besteht aus Mitarbeitern der EDF, EA (Electrical Association im Vereinigten Königreich), Nexans und Pirelli. Grundlage ist hier dieselbe Isolationsdicke wie in der EDF Spezifizierung.

Das Universalkabel ist kein "Standardkabel". Es ist ein Bauelement, das in einem System installiert ist, in dem alle Teile für sich spezifiziert sind. Das Problem mit möglicher Austauschbarkeit existiert hier nicht.

Die Isolationsdicke ist optimiert unter Berücksichtigung der Feldbelastung, der mechanische Belastung und des Zubehörs (Endspirallen, Aufhängungen, Endverschlüsse und Muffen). Man sollte auch beachten, daß es nicht genau um einen Differenzbetrag zwischen 4,0 und 5,5 mm geht. Der im Standard gegebene Wert von 5,5 mm ist ein "Nominal-" Wert. In der Praxis kann dies heute für einen Hersteller mit guter Prozeßsteuerung bis zu 4,85 mm hinunter bedeuten. Hier sind die vom Standard gegebenen Forderungen voll erfüllt.

Für **Universalkabel** AXCES 20 kV haben wir beschlossen, 4,0 mm Isolationsdicke, wie auch in den Referenzen vorgeschlagen zu verwenden weil:

- Das Isolationsmaterial ist viel besser, bes. sauberer als früher, dies erlaubt eine höhere Feldbelastung. Die Feldbelastung an der Isolation bei Universalkabeln mit normaler Betriebsspannung ist geringer als 2,35 kV/mm. Feldbelastungen in Hochspannungskabeln mit normaler Isolation können 8 kV/mm betragen.
- 2-Jahre Alterungstests zeigen eine sehr guten Durchschlagsfestigkeit für beide Kabel mit 4,0 und 5,5 mm Isolation.
- Die leitenden Schichten sind von bedeutend höherer Qualität als früher.
- Mittelspannungskabel werden in denselben Fertigungsstraßen und mit derselben Produktionstechnik und denselben Materialien wie Hochspannungskabel produziert.
- Dünnere Isolation ergibt ein leichteres Kabel. Dies ist wichtig für ein selbsttragendes Luftkabel, wichtig für das Handling und reduziert die Zugkräfte.
- Die Kombination von Leiterquerschnitt und Isolationsdicke reduziert die Anzahl von Zubehörgrößen. Das wiederum vermindert Installationsfehler.
- Die Universalkabel sind mit höheren Forderungen bezüglich der Einhaltung von Abmaßen produziert. 4,0 mm ist eine Minimaldicke, die etwa 4,6 mm Nennstärke entsprechen würde. (gemessene nominale Dicke, wie im Standard).
- Der Trend ist eindeutig in Richtung dünnerer Isolation auch für Standard Erdkabel.

Um die mechanischen Merkmale des Kabels zu überprüfen, ist ein sehr umfassendes Testprogramm durchgeführt worden. Einige Tests werden in der Liste unten gegeben. Als ein Beispiel, um sicherzustellen, daß die Endspirallen das Kabel nicht beschädigen, fordern wir beim Zerreißttest, daß das Kabel bricht ohne irgendwelche Beschädigung unter oder dicht bei der Spirale. Dies gibt bessere Randbedingungen für das System im Falle von äußerst schlechten Wetterbedingungen

Folgerungen

Auf Grund der technischen Entwicklung und zur Optimierung des mechanischen und elektrischen Systems, haben wir uns entschieden die Isolationsdicke bei AXCES 24 kV zu verkleinert.

Feldbelastung ist heute kein einschränkender Faktor für die Leistung von Mittelspannungskabeln.

Universalkabel sind ein System, und die Kabel sind ein integrierter Bestandteil dieses Systems.

Die Universalkabel werden während der Fertigung und auch im Routinetest mit erhöhten Forderungen als in den Standards vorgegeben, geprüft.

Seit 1994 existieren aus der Lieferung von vielen Tausenden, in Betrieb befindlichen Kabelkilometern ganz hervorragende Betriebserfahrungen

Bo Rasmusson
 Manager of Technology
 Ericsson Network Technologies Energy

Beispiel von Prüfungen an Universalkabel ^{5[5]}

- Auswertung der Leistung von AXCES und EXCEL Kabel auf dem Shetland Testfeld.
EA Technology Report No. 5039, Oktober 1999.
- Extrem Wettertesten von AXCES Kabel im Deadwater Fell Testfeld.
EA Technology Report No T3550, November 2001.
- Feld Alterung von EXCEL 3 x10/10 12 kV Kabel in einem 24 kV Netz.
Das Kabel wurde in Wasser gelegt. Es war 4 Jahre mit doppelter Nennspannung in Betrieb.
Ergebnis: Das Kabel war nicht durch Alterung beeinträchtigt.
Die elektrische Durchschlagspannung war höher als 31 x U_o. Das entspricht 216-240 kV Phase- Erde. (Ref HSP566)
- Typ Test entsprechend schwedischem Standard SS 424 14 17
Getestet bei 24 kV AXCES™ 3 x95/25 Kabel.
Ergebnis: Das Kabel bestand die Prüfung erfolgreich. (Ref. 604808)
- Testen des EXCEL 3 x10/10 12 kV und 24 kV durch Baumfällungen bis zum Kabelbruch. Das Kabel wurde vor und nach den Baumfällungen gemessen.
Die Teilentladungsmessung wurde auf den zwei übrigen Kabelteilen (außer einem kurzen Stück am Bruch) durchgeführt.
Ergebnis: Die zwei Kabelteile waren voll funktionsfähig. Es wurde keine Zunahme des Teilentladungspegels festgestellt. (Ref. HSP385)
- Test des AXCES™ 3x95/25 24 kV in der Luft mit erhöhter Zugspannung und erhöhter Leitertemperatur. Das Kabel wurde sowohl elektrisch, als auch mechanisch nach dem Langzeittest mit erhöhten Temperaturen und Kräften als normal untersucht.
Ergebnis: Das Kabel hielt dem Prüfen stand. (Ref.606226)
- Nageltest beim EXCEL 3x10/10 und AXCES™ 3 x95/25 24 kV im Falcon Labor, England.
Das Kabel wurde mit einem Stahl Nagel durchschlagen und anschließend mit einem Kurzschlußstrom von 3 KA belastet.
Ergebnis: Es erwies sich, daß die Schirmkonstruktion dem Kurzschlußstrom ohne mehr als dem örtlicher Schaden standhielt. (Ref. Falcon Labor Report no. 6616)
- E Modul Messung beim Kabel AXCES™ 3 x95/25 24 kV.
Zum Gebrauch in den Regulierungstabellen ist der e Modul des Kabels gemessen und berechnet worden. (Ref. 604817)
- Mechanische Messungen am EXCEL 3x10/10 12 kV und 24 kV in einer Strecke.
Die Kabel wurden in der Luft aufgehängt und unterschiedlichen Kräften, Umgebungstemperaturen, Leiterströmen und simulierten Eislasten unterzogen.
Durchhang und e Modul wurden gemessen und berechnet. (Ref. 604779)

- Statisches Testen von Aufhängetechnik mit integrierten Kabelauszugsrollen
Typ ECH14
Test durchgeführt bei Daltek Probator AB. (Ref. Testbericht Nr. 990135)

¹[1] HD620 S1 Teil 5 M: 1996

²[2] extrudierte Mittelspannungskabel und Zubehör mit erhöhter elektrischer Belastung
Jicable 99, B2.3 2

²] extrudierte Mittelspannungskabel und Zubehör mit erhöhter elektrischer Belastung
Jicable 99, B2

³[3] EDF Spezifikation für die Lieferung von Mittelspannungskabel

⁴[4] HD620 S1/1996: prA2/2002, Teil 5, Sec. G2, französischer Standardwert

⁵[5] Universalkabelhandbuch, Ericsson Network Technologies, Energie.

Abhängung ECH14 für EXCEL FXCEL



ECH14 ist speziell für die Universalkabel Typen EXCEL und AXCES™ konstruiert. Es dient gleichzeitig als hervorragendes Montagehilfsmittel für den Kabelzug und Fixierung, ohne das das Kabel hochgehoben werden muss..

Das Kabel wird einfach über die Rolle gezogen. Nach Abspannen des Kabels werden die Gummihülsen um das Kabel gelegt. Die Klemmen werden hochgeklappt. Das Kabel wird durch lösen der Rollenschraube abgesenkt und hiernach erfolgt Fixierung der Klemmen und der Rolle mit einem Drehmoment von 10 Nm.

Material: Druckgussaluminium
 Gewicht: 3,1 kg
 zul. Belastung: 14 kN

Alle Arbeiten werden ohne zusätzliche Zug- und Hebeeinrichtungen durchgeführt. Das Kabel ist während der gesamten Montage in der Aufhängung gelagert und gewährleistet so auch eine erhöhte Sicherheit für die Monteure. Die Klemmen in Verbindung mit den Gummihülsen gewährleisten eine gleichmässige Druckverteilung auf das Kabel auch bei grösseren Winkeln.

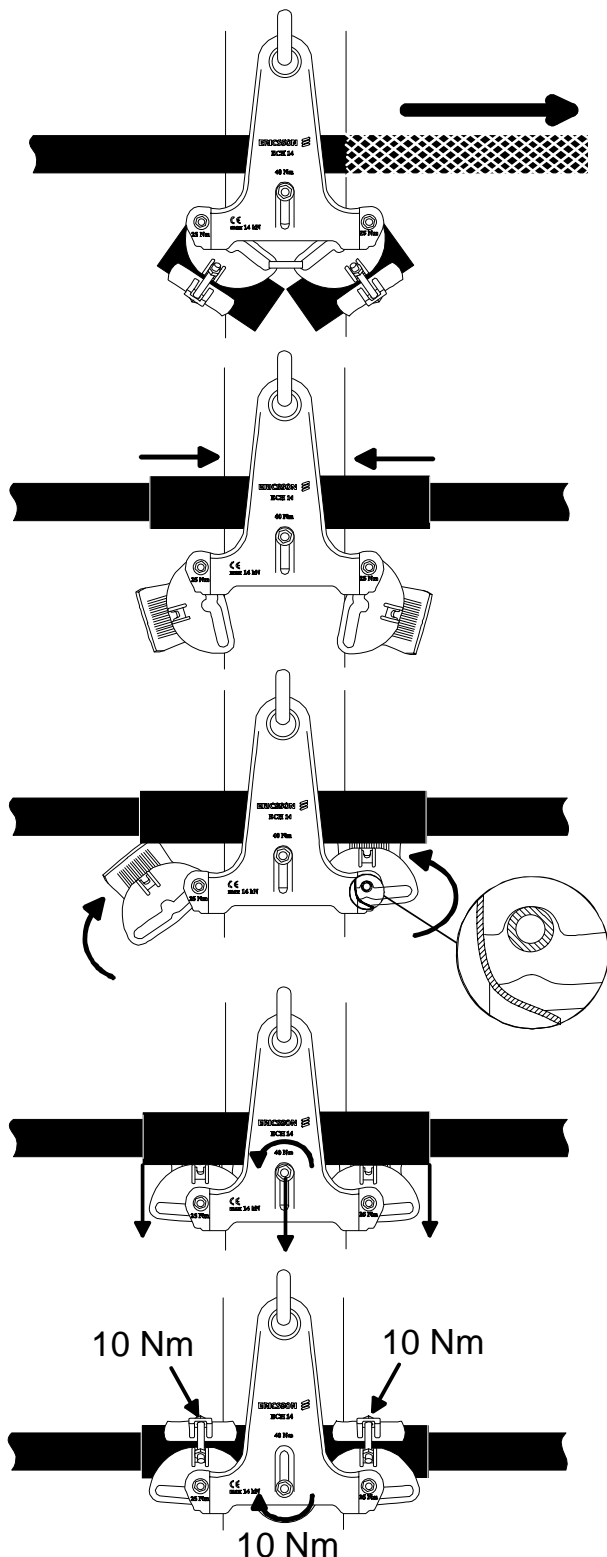
E-nr	Bezeichnung	Beschreibung
06 480 50	ECH14 70-24 & 95-12/24	Abhängung mit AXCES™ 3x95/25 12-24 kV und 3x70/16 24 kV max. 35°. Komplett mit Gummihülsen.
06 480 51	ECH14 10-24 & 70-12	Abhängung mit AXCES™ 3x70/16 12 kV max 35° und EXCEL 3x10/10 24 kV max. 45°. komplett mit Gummihülsen.

Montageanweisung

Abhängung ECH 14

Application procedure

Suspension Clamp ECH 14



Ziehen Sie das Kabel durch die Aufhängung. Ziehen Sie es mit der korrekten Zugspannung.

Wichtig! Entfernen Sie nicht das Plastikband vor Auszug des Kabels.

Pull out the cable in the suspension-clamp. Tighten it to the correct tension.

Important: Do not remove the strap before pulling out the cable.

Montieren Sie die Gummihülsen und schieben Sie diese in Richtung Rolle.

Mount the elastomer inserts on the cable and push them towards the wheel.

Klappen Sie die Klemmbacken hoch in die Mittelnut.

Fold up the contact surfaces so the cut-in portion fits to the shafts.

Lösen Sie vorsichtig die Schraube für die Rolle und senken Sie langsam das Kabel in die Klemmbacken. Überprüfen Sie, ob die Klemmbacken noch ordnungsgemäss in der Mittelnutposition liegen.

Carefully release the bolt for the wheel and slowly lower the cable towards the contact surfaces. Check that the contact surfaces do not move from their position on the shafts.

Fixieren Sie die Klemmbacken und den Bolzen für die Rollen mit 10 Nm Drehmoment.

Mount the clamps and tighten the bolts. Also tighten the bolt for the wheel in its

ERICSSON - Taking You Forward



Ericsson Network Technologies AB
Box 731
S 79129 Falun
Schweden
Tel +46 23 68400
Fax +46 23 68596
www.ericsson.com/networktechnologies
www.riv-kabel.de

22.Feb.2007