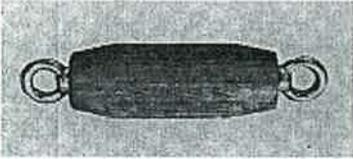


Verlege-Werkzeuge



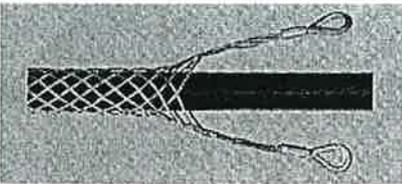
Druckluftblasgerät



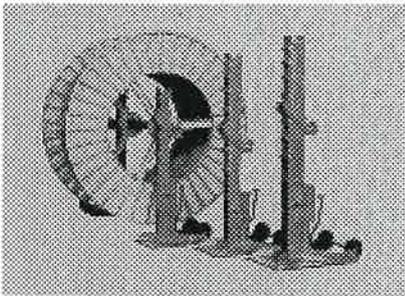
Rohrkaliber



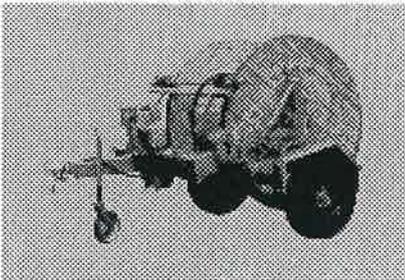
geschlossener Kabelziehschumpf



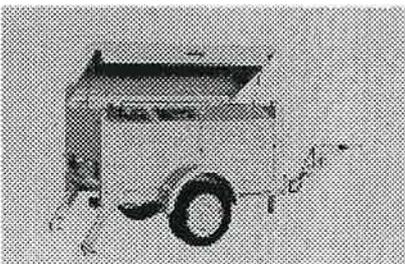
offener Kabelziehschumpf



Kabeltrommelwinden

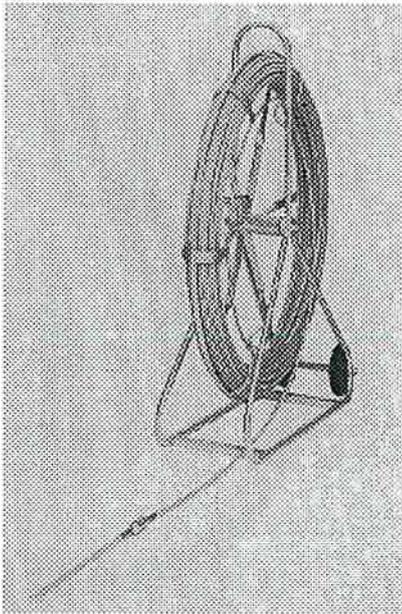


Kabel-Transportanhänger

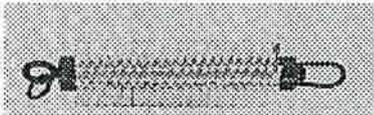


Zugmaschine

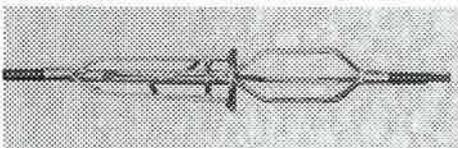
Verlege-Werkzeuge



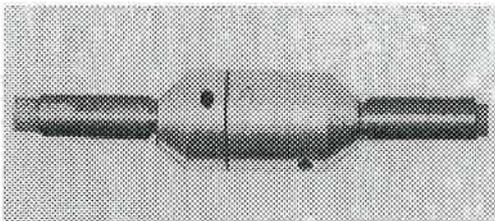
Kabelrute auf Rolle



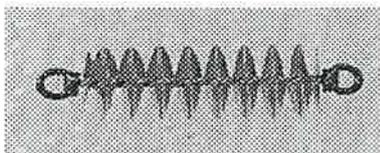
Rohrbürste



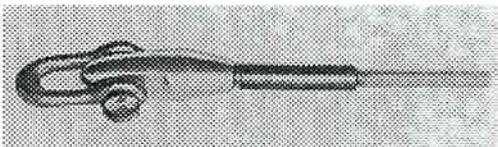
Kabelrutenfanggerät



Kupplungswinkel von Kabelrute



Rohrflachdrahtbürste



Führungskopf für Kabelrute mit Schäkel

3.3.2 Erkennungsmerkmale von Kabelleitungen und Kabelschutz

Kabelaufbau

Das Energiekabel umfasst 3 grundsätzliche Elemente:

- Einen Metall-Leiter (Kupfer oder Aluminium), welcher einen möglichst kleinen Widerstand beim Durchfluss des Stromes aufweist, was den Transport der elektrischen Energie mit einem minimalen Verlust erlaubt. Je höher der zu befördernde Strom ist, desto grösser muss der Querschnitt des Leiters sein.
- Eine Isolation, die den Leiter umgibt, welche einen möglichst hohen Widerstand aufweist, um zu verhindern, dass der Strom radial entweichen kann.
- Einen Mantel, welcher mehrere Funktionen mechanischer, elektrischer und chemischer Art erfüllen muss.

Der Leiter

Leitermaterialien: Kupfer, Aluminium

Leiterformen: Rund, sektorförmig

Aufbau: Massiv oder aus einzelnen Drähten verseilt

Die Kabel müssen flexibel sein, um die Verlegung und die Herstellung zu erleichtern. Die Leiter werden im Allgemeinen aus mehreren Adern gebildet.

Leiterabmessungen: Heute weitgehend normiert

Die Leiter-Isolation

Die Durchschlagsfestigkeit der Isolation, gemessen in kV pro Millimeter, muss sehr hoch sein, um möglichst wenig Isolationsstoff zu gebrauchen, jedoch ohne Risiko, diese Isolation zu beschädigen. Luft hat eine niedrige Durchschlagsfestigkeit. Es ist folglich für die Kabel, wo die Dicke der Isolation gering bleiben muss, unerlässlich, dass keine Luft in der Isolation vorhanden ist.

- Notwendigkeit die Papierkabel zu imprägnieren und einen dichten Mantel hinzuzufügen (Haftmassekabel).
- Notwendigkeit ein Isoliermittel ohne Luftblasen zu spritzen (Kunststoffkabel).

4. Auflage 03.2001

	Einführungskurse Netzelektriker	3.3.2	1
---	---------------------------------	-------	---

Mechanische Eigenschaften der Isolation: Der Isolierstoff muss gute mechanische Eigenschaften aufweisen, namentlich:

- einen Widerstand bei hohem Zug (Verlegung, kein Risiko der Rissbildung)
- guten Druckwiderstand ohne Flexibilität einzubüssen (X- und G-Kabel)
- Leichte Vorbereitung der Endverschlüsse

Thermische Eigenschaften der Isolation: Die Wärmeausdehnung muss wenn möglich gering sein, um allzu grosse Volumenänderungen bei Erhitzung von Kabeln während des Betriebes zu vermeiden.

Isolationsmaterialien:

- Papier ölimprägniert (Haftmassekabel)
- PVC (T-Kabel)
- vernetzte Isolation (X- und G-Kabel)

Mantel

Der Mantel hat die Aufgabe, die Isolation zu schützen. Man unterscheidet zwischen dichten Metallmänteln

- Bleimantel
- Aluminiummantel (extrudiert oder geschweisst und gewellt)
- Stahlmantel (geschweisst und gewellt)
- Kupfermantel (geschweisst und gewellt)

Thermoplastmäntel (PVC oder PE)

Metallschirme (Ceander-Systeme)

Für Niederspannungskabel werden hauptsächlich Bleimäntel bei papierisolierten Kabeln und Thermoplastmäntel bei kunststoffisolierten Kabeln verwendet. Das Ceanderkabel hat einen Mantel aus Rundkupferdrähten. Dieser dient gleichzeitig als PEN-Leiter.

Korrosionsschutz: Kabel mit Metallmänteln oder Metallabschirmungen erhalten einen Korrosionsschutz. Material: PE, PVC.

	Einführungskurse Netzelektriker	3.3.2	2
---	---------------------------------	-------	---

Armierung

Die Armierungen werden unterschieden nach Verwendungszweck und Material.

- Schutzarmierung: Zum mechanischen Schutz der Kabel, bitumierte verbleite oder verzinkte Stahlbänder.
- Zugarmierung: Für das mechanische Einziehen der Kabel: verzinkte Rund- und Flachstahlstränge, Flach- und Rundstränge aus Aludraht.

Kabelwahl

Hauptkriterien bei Netzkabeln

- Querschnittsdimensionierung auf Spannungsabfall
- Querschnittsdimensionierung auf Belastung
- Verlegungsmöglichkeiten
- Elektrischer und mechanischer Mantelschutz
- Montageeinfachheit
- Zuverlässigkeit
- Kabel- und Montagepreis

Vor- und Nachteile

- a. Papierisolation: sehr gute thermische Eigenschaften, teure Zubehöre, kostspielige und bestausgebildetes Personal erfordernde Montage.
- b. T-Isolation: sehr einfache Montage, preislich interessant, niedrige thermische Festigkeit.
- c. X- oder G-Isolation: sehr einfache Montage, gute thermische Eigenschaften.
- d. Kupferleiter: gute Anschlussmöglichkeiten.
- e. Aluminiumleiter: preislich günstig, speziell in sektorförmiger Ausführung, besondere Verbindungen und Anschlusselemente erforderlich.

Kabel und Zubehör

Niederspannungskabel

P	Papier
T	Thermoplast (PVC oder PE)
X	Vernetztes Polyäthylen
G	EPR (Ethylen Propylen Rubber)

Niederspannungs-Papierbleikabel (Papiermassekabel)

Alle Mehrleiterkabel sind als Gürtelkabel ausgeführt. Die miteinander verseilten Leiter sind mit einer imprägnierten Papierisolation versehen und werden von einer Gürtelisolierung, einem Bleimantel und einem T-Schutzmantel umgeben. Gürtel- und Leiterisolation sind durchwegs gleich stark.

Je nach Verwendungszweck und Verlegeart kann dieses Kabel als Ein- oder Mehrleiterkabel vorgesehen werden.

Niederspannungs-Kunststoffkabel (T / X / G)

Bei diesem Kabel besteht die Leiterisolation und der Beilauf aus Thermoplast, vernetztem Polyäthylen oder EPR.

Für die Verlegung im Erdboden ist bei Kunststoffkabeln eine metallische, leitende Umhüllung vorgeschrieben. Diese besteht aus einer metallischen Umhüllung, welche mit einem äusseren T-Mantel nahtlos umspritzt ist.

Man unterscheidet ebenfalls Ein- und Mehrleiterkabel.

Um das Eindringen von Wasser zwischen die Leiterisolation zu verhindern, werden Endverschlüsse montiert.

Kabelkennzeichnung

Zwei Längsstriche auf dem Aussenmantel oder ein plastifizierter Flachdraht in der Armierung.

Gelb	=	Niederspannungsnetz-kabel mit konzentrischem Neutralleiter
Blau	=	Niederspannungsnetz-kabel
Rot	=	Hochspannungskabel
Grün	=	Schwachstromkabel
Orange	=	Glasfaser (LWL)

Kabelbezeichnungen

Kabel mit Kupfer oder Aluminiumleiter

Leiterisolation

T	Thermoplast (PVC od. PE)
X	Vernetztes Polyäthylen
G	Gummi (EPR)
P	Papier (Haftmasse)
PO	Papier (Oelprägniert)
PEZ	Polyäthylen-Zellulose (Telefloc)
SP	Spezialaufbau
R	vernetztes Polyäthylen (recyklierbar)

Kabelmantel

T	Thermoplast (PVC oder PE)
PB	Bleimantel
X	vernetztes Polyäthylen
N	Mantel halogenfrei
Z	zäher PE Mantel
FEW	Stahlwellmantel
CUW	Kupferwellmantel
ALW	Aluminiumwellmantel
AL	glatter Alu-Mantel
K	konzentrischer Aussenleiter
	NS Kabel: PEN-Leiter, Ceander
	MS- und HS-Kabel: Drahtschirm

Schutzhülle, Armierung

T	Thermoplast (PVC od. PE)
F	Zugarmierung
	verzinkte Flachstahldrähte
FF	doppelte Zugarmierung
FG	wie F mit Gegenspirale
R	Zugarmierung, verzinkte Rundstahldrähte
CL	Armierung aus zwei verbleiten
	Stahlbändern
CLCU	Armierung aus zwei Kupferbändern
FAL	Armierung aus Flach-ALDREY-Drähten
J	Polypropylengarn
M	Metallfolie (Querwasserdicht)
D	Quellfliessband (Längswasserdicht)
Z	integriertes Zugelement

Leiterzahl und Querschnitt

3x95	Dreileiterkabel
3x1x95	Dreimantel-/Dreileiterkabel
1x240/35	Einleiterkabel (240mm ²) mit konzentrischem Aussenleiter (35mm ²)

Ergänzungen

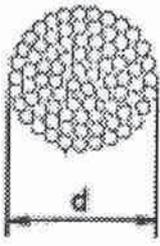
Cu	Kupferleiter
Al	Aluminiumleiter
se	sektorförmig eindrätig
rm	rund mehrdrätig
h	mit radialem elektrischem Feld, Typ Höchsttaedter
y	drei Einleiter verseilt
20/12 kV	Nennspannung
mm ²	Leiterquerschnitt
ø	Leiterdurchmesser (z.B. Fernmeldekabel)
L	Polleiter
N	Neutralleiter
PE	Schutzleiter
PEN	Neutral-, Schutzleiter

Je nach Hersteller existieren noch weitere Bezeichnungen.

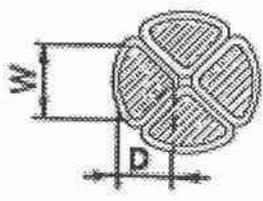
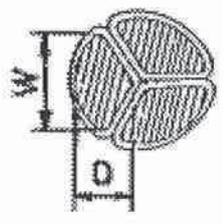
Ist für die LAP auswendig zu lernen

Leiterabmessung

Rundverseilte Leiter

Querschnitt mm ²	Leiter normal (Alte Ausführung) d (mm)	Leiter "geglättet" (neue Ausführung) d (mm)	Leiter "verdichtet" (vorwiegend HS-Kabel) d (mm)	
6	2,76	2,76 *	-	
10	3,57	3,57 *	-	
16	5,10	4,90	4,90	
25	6,40	6,10	6,20	
35	7,60	7,30	7,30	
50	8,90	8,50	8,10	
70	10,70	10,20	9,70	
95	12,60	12,00	11,30	
120	14,30	13,80	12,70	
150	15,70	15,30	14,20	
185	17,60	17,20	15,80	
240	20,30	19,50	18,00	
300	22,70	21,30	20,30	
400	25,70	24,50	23,40	
500	28,80	27,70	26,20	
630	32,80	31,60	29,80	
800	37,10	35,80	36,00	

Sektorleiter

Querschnitt mm ²	W mm	Toleranz W mm	D mm	Toleranz D mm	<p>4-Leiterkabel</p> 
50	10,21	-0,14/+0,24	7,17	-0,10/+0,20	
70	12,23	-0,14/+0,26	8,63	-0,12/+0,20	
95	14,40	-0,15/+0,27	10,19	-0,12/+0,20	
120	16,16	-0,15/+0,29	11,43	-0,12/+0,22	
150	17,90	-0,16/+0,30	12,70	-0,14/+0,22	
185	20,03	-0,18/+0,30	14,22	-0,14/+0,24	
240	23,02	-0,20/+0,30	16,33	-0,15/+0,21	
50	11,36	-0,14/+0,26	6,30	-0,10/+0,20	<p>3-Leiterkabel</p> 
70	13,61	-0,15/+0,27	7,59	-0,12/+0,22	
95	15,96	-0,15/+0,29	8,99	-0,14/+0,22	
120	17,91	-0,16/+0,30	10,08	-0,14/+0,24	
150	19,79	-0,16/+0,32	11,20	-0,15/+0,25	
185	22,17	-0,20/+0,30	12,53	-0,15/+0,27	
240	25,42	-0,20/+0,32	14,40	-0,15/+0,29	

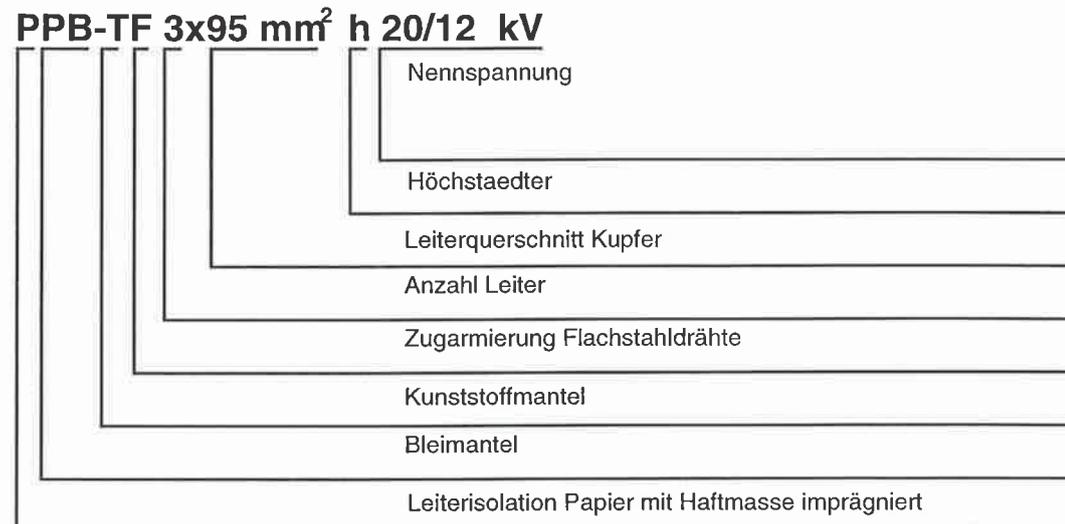
4. Auflage 03.2001

So liest man die Kabelbezeichnungen

4-Leiter-Niederspannungs-Thermoplastkabel mit PEN-Leiter

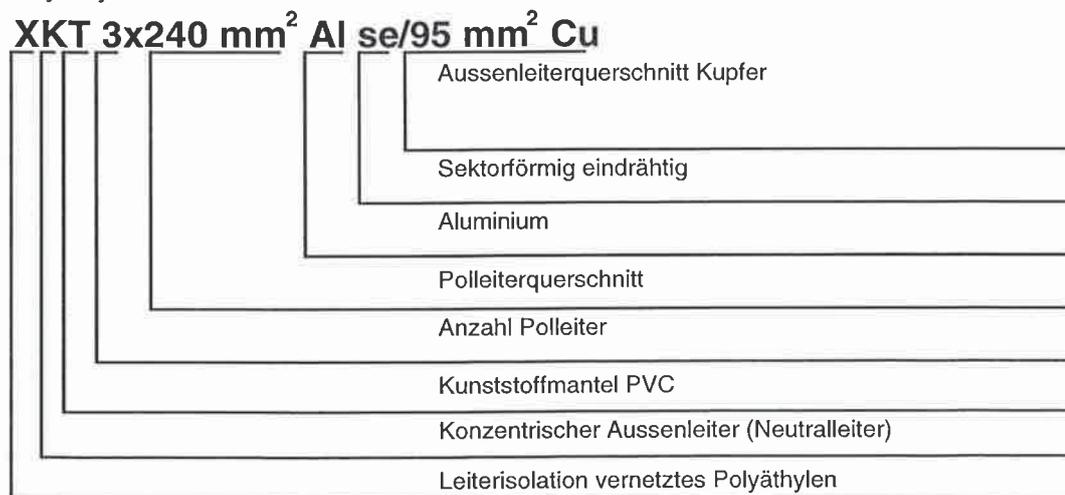


3-Leiter-Hochspannungs-Haftmasse-Papierbleikabel



Ceanderkabel

4-Leiter-Niederspannungs-Kunststoffkabel mit konzentrischem Aussenleiter und vernetzter Polyäthylenisolation



4. Auflage 03.2001

Niederspannungs - Netzkabel



verseilte Kupferleiter

G = Leiterisolation, Gummi (EPR)

N = Schutzmantel PE halogenfrei

CL = leichte Schutzarmierung (zwei verzinkte Stahlbänder)

N = Aussenmantel PE halogenfrei

→ blau

XT-CLT 4x95 mm² 3 LPE alte Schutz

GN-CLN 4x 95/95 mm² 1/0,6 kV



Al se = massiver, sektorförmiger Alu-Leiter

G = Leiterisolation, Gummi (EPR)

N = Schutzmantel PE halogenfrei

F = Zugarmierung, verzinkte Flachstahldrähte

N = Aussenmantel PE halogenfrei

TT-FT-4x95 mm² Al se 3 LPE

GN-FN 4x 95 Al se mm² 3 LPE 1/0,6 kV

Niederspannungs - Netzkabel



versilte Kupferleiter

G = Leiterisolation, Gummi (EPR)

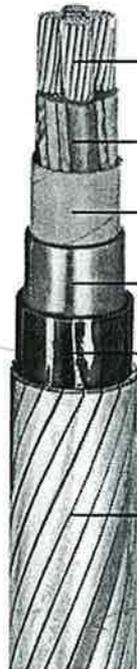
Polster Gummiregenerat

K = Konzentrischer Neutralleiter (Cu-Drähte)

N = Außenmantel PE halogenfrei

selb

GKN 3x95/95 mm² 1/0,6 kV



versilte Kupferleiter

P = Leiterisolation, imprägnierte Papierbänder

Gürtelisolation, imprägnierte Papierbänder

Pb = Bleimantel

T = Außenmantel (PVC oder PE)

blei

F = Zugarmierung, verzinkte Flachstahldrähte

blei

PPB-TF 4x95 mm² 1/0,6 kV

Aufbau der Mittelspannungs-Haftmassepapierbleikabel



verseilte Kupferleiter

Halbleiterpapiere

P= Papier-Isolation, imprägniert m. Haftmasse

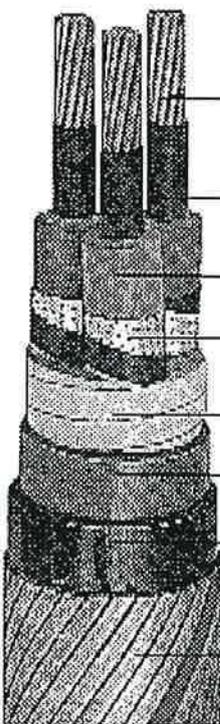
Höchstleiter- und Halbleiterpapiere

Pb- Bleimantel

T= Kunststoffmantel (PVC oder PE)

mit 2 roten Längstreifen

PPB-T 1x800 mm² / 20/12 kV



verseilte Kupferleiter

Halbleiterpapiere

P= Papier-Isolation, imprägniert m. Haftmasse

Höchstleiter- und Halbleiterpapiere

Baumwollbänder m. CU- Einlage

Pb- Bleimantel

T= Kunststoffmantel (PVC oder PE)

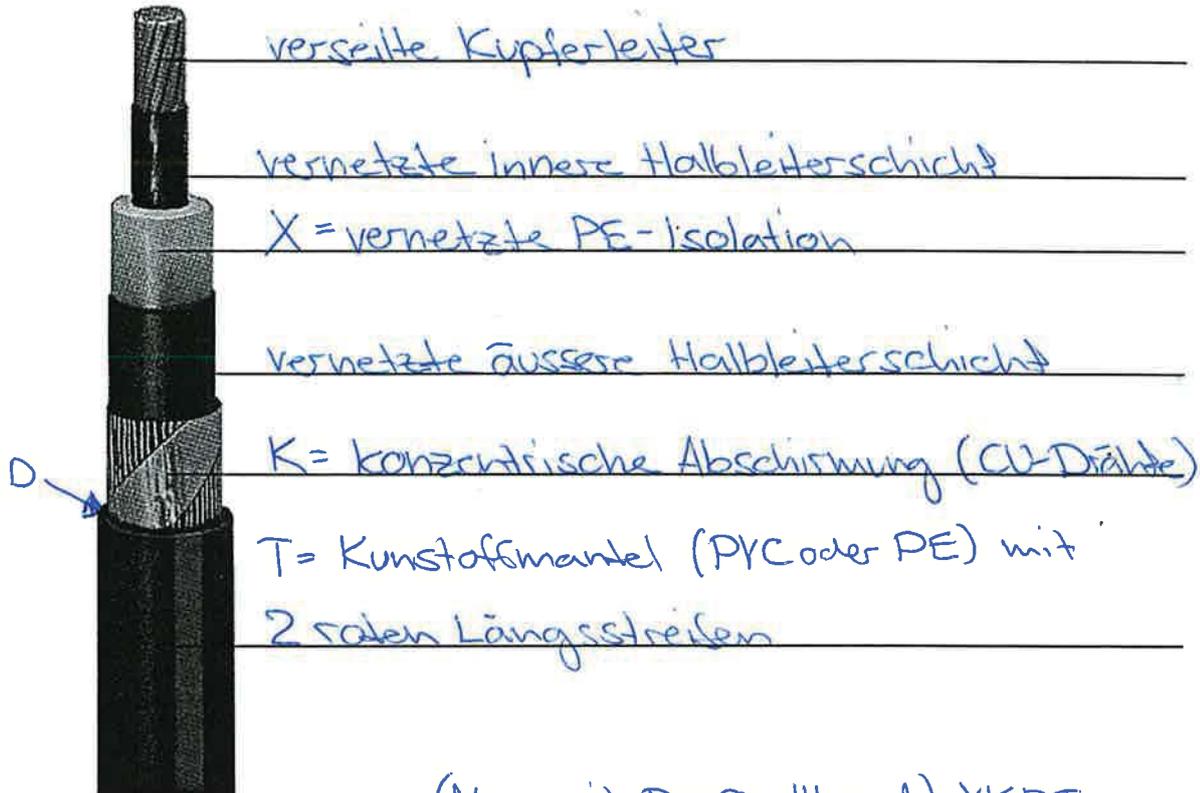
F= Zugarmierung, verzinkte Flachstahl-
drähte mit rotem Kerndraht

PPB-TF 3x95 mm² / 20/12 kV

4. Auflage 03.2001

	Einführungskurse Netzelektriker	3.3.2	10
---	---------------------------------	-------	----

1-Leiter-Mittelspannungs-Polymerkabel



verseilte Kupferleiter

vernetzte innere Halbleiterschicht

X = vernetzte PE-Isolation

vernetzte äussere Halbleiterschicht

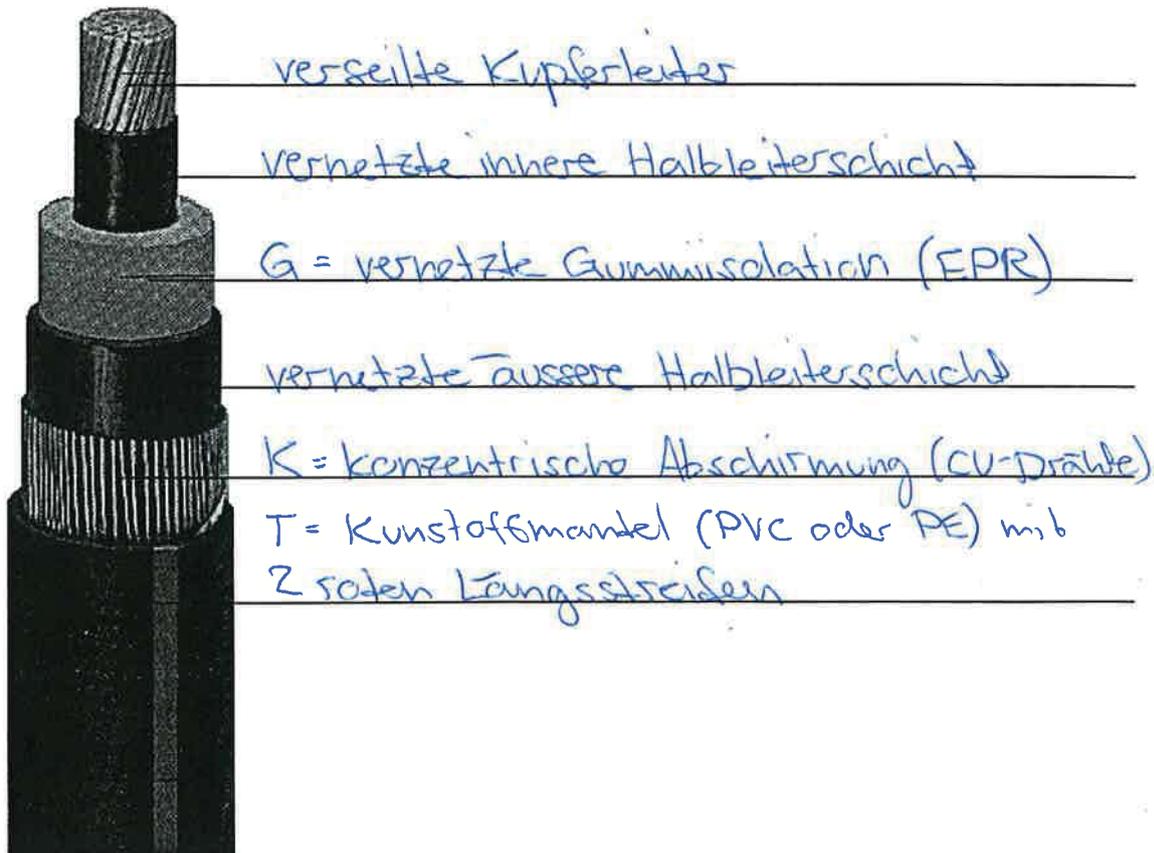
K = konzentrische Abschirmung (Cu-Drähte)

T = Kunststoffmantel (PVC oder PE) mit 2 roten Längsstreifen

XKT 1x95/25 mm² 20/12 kV

(Neu, mit D = Quellband) XKDT

1-Leiter-Hochspannungskabel



verseilte Kupferleiter

vernetzte innere Halbleiterschicht

G = vernetzte Gummiisolation (EPR)

vernetzte äussere Halbleiterschicht

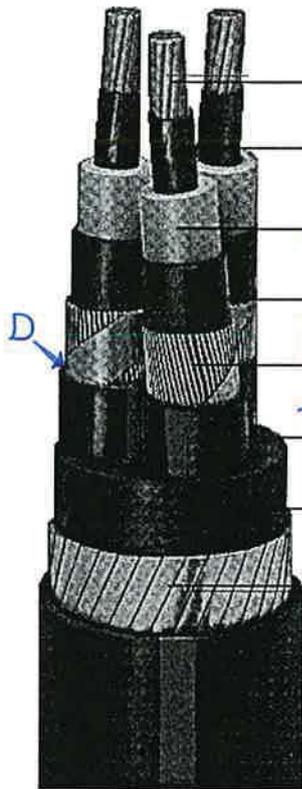
K = konzentrische Abschirmung (Cu-Drähte)

T = Kunststoffmantel (PVC oder PE) mit 2 roten Längsstreifen

GKT 1x400/50 mm² 60/35 kV

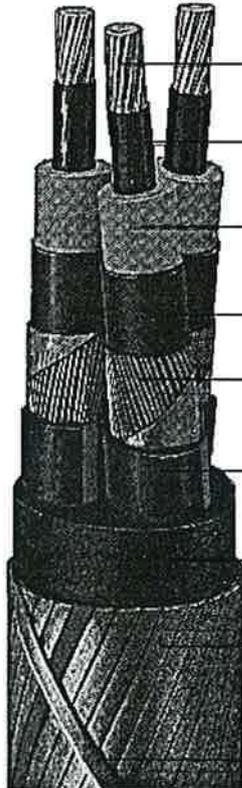
4. Auflage 03.2001

3-Leiter-Mittelspannungs-Polymerkabel



XKT-FT 3x1x50/16 mm² 20/12 kV

- verseilte Kupferleiter
- vernetzte innere Halbleiterschicht
- X = vernetzte PE-Isolation
- vernetzte äussere Halbleiterschicht
- K = konzentrische Abschirmung (Cu-Drähte)
- T = Kunststoffmantel (PVC, PE) mit 2r Längsstreifen
- Spickelfüllung
- F = Zugarmierung aus verzinkten Flachstahl.
- T = Kunststoffmantel (PVC oder PE) mit 2r Längsstreifen
- (D = Quellband)



GKT-FG 3x1x95/25 mm² 20/12 kV

- verseilte Kupferleiter
- vernetzte innere Halbleiterschicht
- G = vernetzte Gummiisolation (EPR)
- vernetzte äussere Halbleiterschicht
- K = konzentrische Abschirmung
- T = Kunststoffmantel (PVC oder PE)
- Spickelfüllung
- F = Zugarmierung
- G = Gegenschpirale

Kabelschutz

Siehe auch LeV Art. 67 bis 69

Offener Kabelgraben

Eher selten werden heute Kabel im offenen Kabelgraben verlegt. Wenn es dennoch geschieht, ist darauf zu achten, dass ein Sohlebett mit Sand erstellt wird. Die Kabel werden im Sand eingebettet. Als Kabelschutz dienen bei offener Verlegung meistens Decksteine oder Deckhauben aus Kunststoff.

Rohranlage mit Zementrohren oder Zementkanälen

Die Rohranlage soll möglichst kurz sein und keine Bögen aufweisen. Richtungsänderungen sollen im offenen System gebaut werden. Zementrohranlagen eignen sich wegen dem hohen Reibungskoeffizient schlecht für Kabelzüge.

Richtlinien

für die Verlegung von Kabelschutzrohren aus Kunststoff

(inkl. Transport, Lagerung, Handhabung und Entsorgung)

1. Ziel und Zweck

Diese Richtlinien wurden durch eine Arbeitsgruppe bestehend aus Vertretern des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE) sowie Delegationen des Verbandes Kunststoff-Rohre und Rohrleitungsteile (VKR), der Vereinigung Schweizerischer Kahelfabrikanten (VKF) und der Swisscom erstellt.

Diese Gemeinschaftsarbeit zwischen Anwendern und Herstellern bietet den Verantwortlichen für den Kabelleitungsbau anwendbare Richtlinien für den Bau von Kabelleitungen sowie für die Erstellung werkseigener Vorschriften an.

1.1 Grundlagen

- Sammlung der bundesrechtlichen Vorschriften über Elektrische Anlagen
- Empfehlungen des Eidgenössischen Starkstrominspektorates (ESTI)
- Richtlinien der Schweizerischen Unfallversicherungsanstalt (SUVA)
- Normen und Empfehlungen des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins (SIA)
- Schweizer-Normen (SN)
- Normpositionenkatalog der Schweizerischen Bauwirtschaft (NPK)
- Richtlinien über den Schutz der Gewässer
- Technische Verordnung über Abfälle des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft (TVA des BUWAL)
- Güteanforderungen des VKR betreffend Kabelschutzrohrleitungen aus PE (c+s)
- Bestehende Werkvorschriften von VSE-Mitgliedwerken und der Swisscom.

1.2 Geltungsbereich

Diese Richtlinien gelten für die Verlegung von Kabelschutzrohren und Zubehör aus den folgenden thermoplastischen Kunststoffen:

- Polyethylen (PE)

- Polypropylen (PP)
- Polyvinylchlorid (PVC-U/Hart-PVC)

Wo keine besonderen Hinweise gegeben werden, gelten die Richtlinien für alle diese Materialien.

2. Transport und Lagerung

Die Rohre werden standardmässig in Stangen von 5 m und 10 m, gemufft und ungemufft sowie zum Teil in Rollen von 50 m und 100 m geliefert.

Die Rohre können lose, gebündelt, oder in Palettenrahmen verpackt sowie in Rollen angeliefert werden.

2.1 Transport

Die Rohre sind sorgfältig und schonend auf- und abzuladen. Während des Transportes müssen sie auf der ganzen Länge aufliegen und seitlich genügend abgestützt sein, um bleibende Verformungen zu verhindern.

2.2 Lagerung

Die Lagerung der Rohre hat so zu erfolgen, dass keine Verformungen und Beschädigungen eintreten. Rohrstackel sind deshalb auf einer in Längsrichtung der Rohre möglichst ebenen horizontalen oder schrägen Fläche zu errichten und sollen max. 1,5 m hoch sein. Sie sind gegen Umkippen und/oder Herunterfallen einzelner Rohre zu sichern (Bild 1).

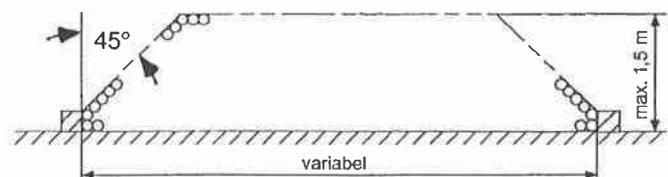


Bild 1: Rohrstackel

Durch versetztes Anordnen der Muffen (mindestens um Muffenlänge) wird eine annähernd volle Auflage der einzel-

nen Rohrlagen erreicht. Die Abstände der Auflagen sollen max. 1,5 m betragen. Die aussenliegenden Unterlagen sollen in einem Abstand von ca. 5 bis 10 mal der Nennweite des Rohres (DN) vom Stapelende angeordnet werden (Bild 2).



Bild 2: Rohre in Stangen

Stapel mit Zwischenräumen, bzw. Zwischenhölzern sind zu vermeiden. Wird diese Lagerungsart dennoch angewendet, sollen die Auflagehölzer möglichst breit sein. Rohrpakete sind so zu stapeln, dass die Rahmenhölzer aufeinander zu liegen kommen (Bild 3).

Rollenrohre sind liegend zu lagern (Bild 4).

Muffen und Rohrenden sind mit Endkappen zu schützen.

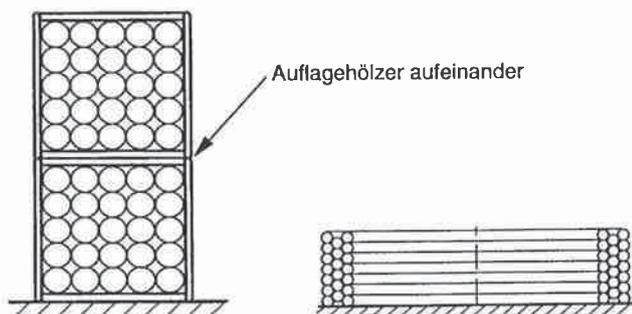


Bild 3: Rahmenhölzer

Bild 4: Rohre in Rollen

Das Schleifen der Rohre und Formteile über grössere Strecken oder auf hartem Untergrund ist zu vermeiden. Grobe Schleifspuren an Spitzenden können Undichtheiten der Verbindung verursachen.

3. Verlegung

3.1 Verlegen von Kabelschutzrohren in Stangen

3.1.1 Vorbereiten der Rohre

Die entsprechende Anzahl Rohre inkl. Muffenstopfen auf der Graben- oder Betonsohle auslegen.

Die Muffen und Spitzenden sind folgendermassen vorzubereiten:

- Spitzende mit Putzlappen reinigen (Bild 5)
 - Muffenstopfen entfernen
 - Bei Verbindungen mit Gummidichtungen das Spitzende (angeschrägte Fläche) mit Gleitmittel bestreichen
- Kabelschutzrohre können mit oder ohne Dichtungen verlegt werden (Werksvorschriften beachten).

Es ist empfehlenswert, die Rohre fortlaufend auf den geforderten Innendurchmesser zu kontrollieren (Rohrkontrolle/Kalibrierung).

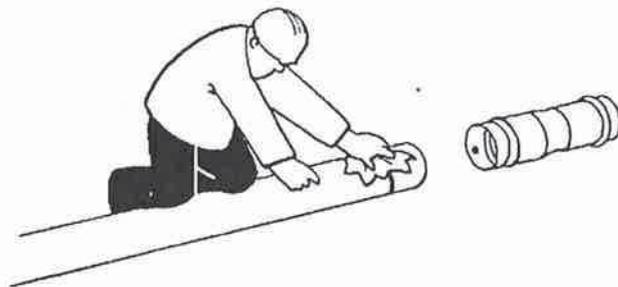


Bild 5: Spitzende aussen und Muffe innen gut reinigen.

3.1.2 Rohrverbindungen

Nach dem Vorbereiten der Rohre gemäss 3.1.1 wird die Rohrverbindung folgendermassen ausgeführt:

- Rohre und Muffen axial ausrichten
- Spitzende in Muffenhals einführen
- Spitzende und Muffe gegen Auslenken festhalten
- Rohr am Ende anheben und von Hand bis zur Markierung einschieben (Bild 6, 7)



Bild 6: Rohrende anheben und ...

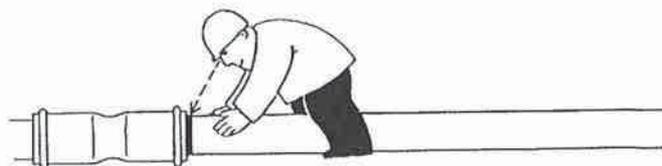


Bild 7: ... bis zur Markierung einschieben

Bei richtig erfolgter Verbindung kann das eingeschobene Rohr gegenüber der Muffe gedreht werden (Bild 8).

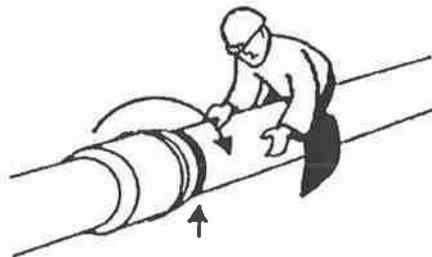


Bild 8: Drehung möglich ?

Bei höheren Einschubkräften:

- am anderen Rohrende Kantholz anlegen (Bild 9)
- mit Stemmeisen durch Hebelwirkung zusammenschieben (Bild 9)
- keine Schlagwerkzeuge verwenden (Bild 10)

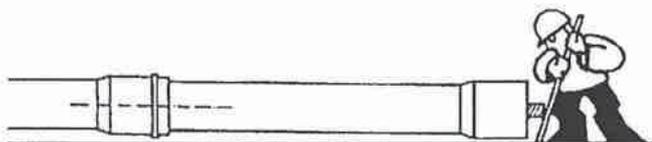


Bild 9: Kantholz und Stemmeisen

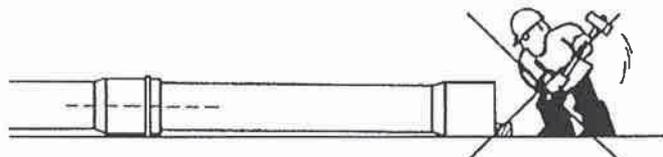


Bild 10: Keine Schlagwerkzeuge

Bei jedem Arbeitsunterbruch die Rohrenden und die Muffen mit Muffenstopfen verschliessen.

3.1.3 Längenausdehnung (Dilatation) der Rohre

Infolge des relativ hohen linearen Ausdehnungskoeffizienten von thermoplastischen Kunststoffen ist der Längenänderung bei grossen Temperaturschwankungen während der Verlegephase Beachtung zu schenken.

Beispiel: Eine Temperaturdifferenz von 10°C ergibt auf 10 m Länge folgende Dilatationen:

- bei PE ca. 20 mm
- bei PP ca. 15 mm
- bei PVC ca. 8 mm

Bei ungenügender Einstecktiefe besteht wegen der Dilatation die Gefahr, dass sich die Rohre aus der Muffe zurückziehen.

3.1.4 Einmessen der Rohre

Das Einmessen der Rohre hat vor dem Einfüllen des Grabens zu erfolgen.

3.1.5 Richtungsänderungen

Bei Richtungsänderungen sind die Rohre (vorgeformte, flexible Bogen oder auf der Baustelle kaltgebogene Rohre) einzubetonieren.

In Bogen sollen keine Muffenverbindungen plaziert werden.

Bei kaltgebogenen Rohren sind die in der Tabelle 1 aufgeführten minimalen Biegeradien einzuhalten.

Die durch das Kaltbiegen auftretende Ovalität des Rohres darf die nachfolgende Kalibrierung nicht behindern.

Tabelle 1 Minimale Verlegeradien für Kabelschutzrohre

Gebogen bei Umgebungstemperatur von ca. 20 °C

Rohr-Nennwerte DN (mm)	PE-LD/HD c + s Radius (m)	PP Radius (m)	PVC-U Radius (m)
40	1,5		
50	1,5		
60	1,5		3,0
80	2,0		3,5
100	3,0	5,5	6,0
120	4,5	9,0	10,0
150	7,5	13,5	15,0
200	18,0		20,0

3.1.6 Rohrablängung auf der Baustelle

Das Ablängen der Rohre soll so erfolgen, dass Reste unter Verwendung einer Doppelmuffe wiederverwendet werden können:

- gewünschtes Mass anzeichnen und mit feinzahziger Säge ablängen (Bild 11).

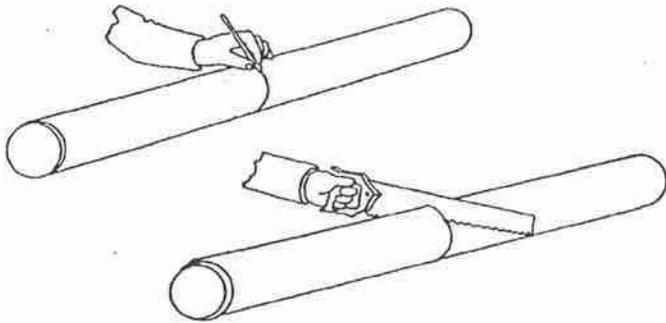


Bild 11: Anzeichnen und ablängen

- Rohr mit Raspel oder Anfasgerät anschrägen (Bild 12).
Masse gemäss Güteanforderungen VKR.

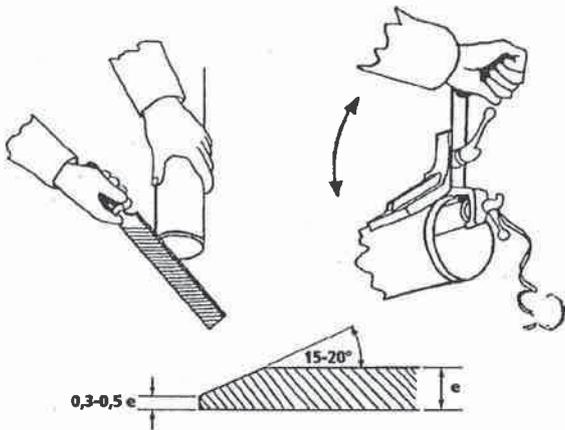


Bild 12: Rohr anschrägen

Die Einstecktiefen sind gemäss der Tabelle 2 anzuzeichnen:

Tabelle 2 Minimale Einstecktiefe

Rohr-Nennweite DN	PE	PP	PVC-U
	Einstecktiefe (mm)	Einstecktiefe (mm)	Einstecktiefe (mm)
40*	120		
50*	130		
60	110		110
80	110		110
100	134	134	134
120	158	158	
150	196	196	
200	257		

* Einsatz vorwiegend für Kommunikationskabel (Lichtwellenleiter)

3.2 Verlegen von Kabelschutzrohren in Rollen

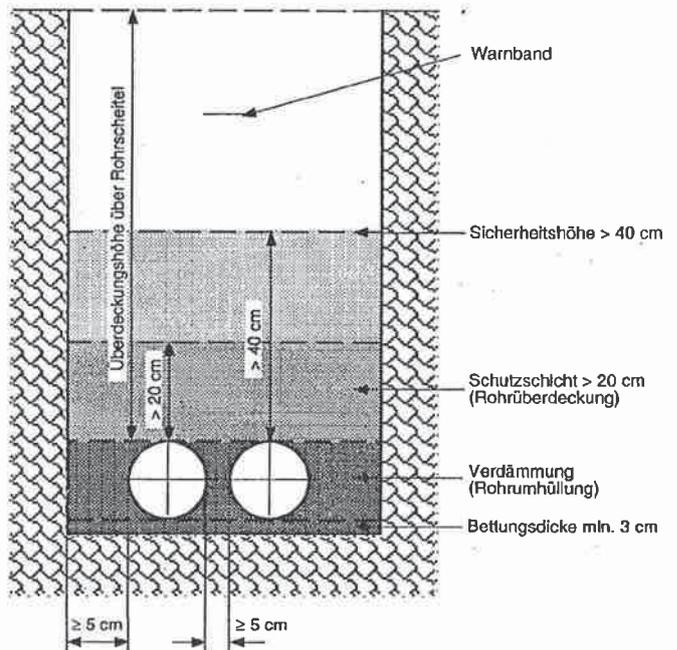
Bevor die Rohre ins Grabenprofil verlegt werden, sind sie abzurollen und einige Zeit geradlinig auf dem Boden ausgelegt liegen zu lassen. Dadurch können sich die durch das Aufrollen im Material entstandenen Spannungen wieder abbauen.

Um Drallbildungen zu verhindern, dürfen die Rohre nicht aus der Rolle gezogen werden.

3.3 Einbettung

3.3.1 Einlagig nicht einbetoniert

Gilt nur für Kabelschutzrohre aus PE.



- Über der Sicherheitshöhe sind Warnbänder einzulegen.
- Bis zur Sicherheitshöhe von 40 cm ist von Hand zu verdichten.
- Für die Bettung, Verdämmung und Schutzschicht ist feinkörniges, nichtbindiges Material (z. B. geeignetes Aushubmaterial oder Fremdmaterial mit 0-16 mm Korngrösse) einzubringen.
- Distanzhalter aus quellfähigem Material müssen entfernt werden.
- Verdämmungsabstand ≥ 5 cm bei nicht gefrästen Gräben.
- Die min. Überdeckungshöhe soll in Strassen und Plätzen 70 cm und in Gehwegen 50 cm betragen.

Bild 13: Einlagig nicht einbetoniert

3.3.2 Zwei- und mehrlagig nicht einbetoniert

Wie bei 3.3.1

Die Abstände zwischen den Lagen müssen mindestens 5 cm betragen.

3.3.3 Einlagig einbetoniert

Kabelschutzrohre aus PP und PVC-U sind in jedem Fall einzubetonieren.

Die minimale Betonüberdeckung soll 10 cm nicht unterschreiten. Seitlich muss die Betonstärke mindestens 5 cm betragen.

Beton: B 25/15 PC 200 kg/m³ oder B PC 150 kg/m³ (0-16 mm)

Je nach Erfordernis ist die Sohle zu armieren.

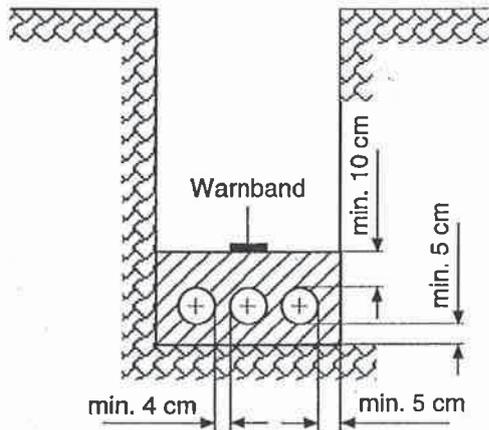


Bild 14

3.3.4 Zwei- und mehrlagig einbetoniert

Wie bei Punkt 3.3.3

Die Abstände zwischen den Lagen müssen mindestens 4 cm betragen.

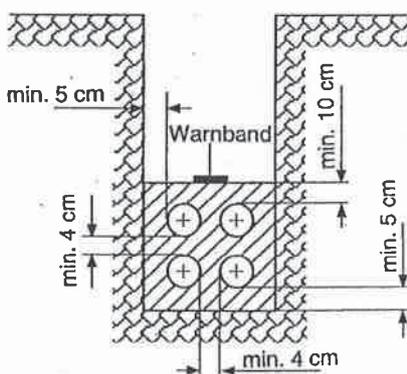


Bild 15

Die verletzten Rohre sind mit Distanzhaltern im Abstand von ca. 2,5 m zu fixieren. Diese dienen gleichzeitig für das Abziehen des Betons auf die richtige Stärke. Nach dem Einbetonieren der Rohre sind quellfähige Distanzhalter zu entfernen und die entstandene Öffnung mit Beton auszufüllen. Dies ergibt die Unterlage für die nächste Rohrlage.

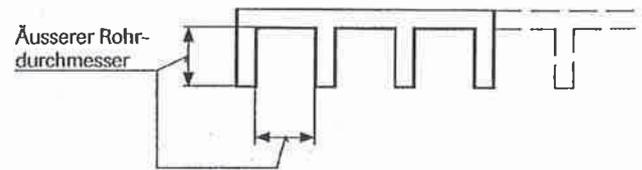


Bild 16: Distanzhalter aus Holz oder Eisen

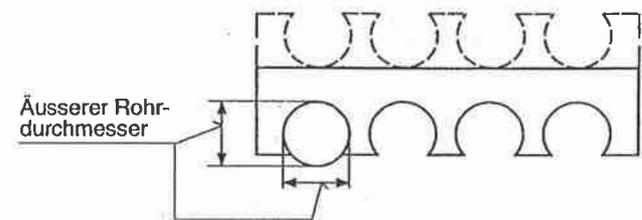


Bild 17: Distanzhalter aus Kunststoff

3.4 Einfüllen und Verdichten

3.4.1 Strassen und Plätze

Die Minimalüberdeckung von Rohren richtet sich nach der Leitungsverordnung (Sammlung der bundesrechtlichen Vorschriften über Elektrische Anlagen). Bei Minderüberdeckung sind angemessene Schutzmassnahmen (Beton, Abdeckung mit Stahlplatten oder ähnliches) zu treffen und diese in den Plänen zu vermerken.

Auch bei Terrainverschiebungen/Strassenbauten ist die Minimalüberdeckung über bestehenden Rohranlagen einzuhalten. Bei Unterschreitung der Minimalüberdeckung ist die Trasse von Hand freizulegen und angemessen zu schützen.

Beim Einfüllen des Grabens sind die einschlägigen Normen und die Richtlinien des Strasseneigentümers zu befolgen.

3.4.2 Kultur- und Wiesland

Die Leitungen sind so tief zu verlegen, dass die Oberkante bei Ackerland mindestens 80 cm und bei Dauergrünland mindestens 60 cm unter Terrain liegt.

Wasserführende Schichten sind zu beachten. Der Graben soll weder Entwässerung noch Wassersperre sein.

3.4.3 Flur- und Waldwege

Um Setzungen zu vermeiden ist es in Flur- und Waldwegen empfehlenswert, die Kabeltrassen zwischen den Fahrinnen anzuordnen.

3.4.4 Rohranlagen im Gefälle

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

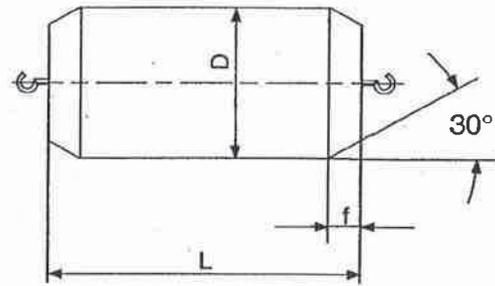


Bild 18: Kaliber

Tabelle 3 Masse

DN	D Kaliber- durchmesser mm	L Kaliber- länge mm	f Anfangung mm
40	35	95	15
50	39	95	15
60	54	120	10
80	72	160	15
100	90	200	20
120	108	240	25
150	133	300	30
200	175	400	30

4. Kalibrierung

4.1 Abnahmeprüfung

Sämtliche Rohranlagen müssen unmittelbar nach Erstellung in Anwesenheit der Bauleitung nach SIA 118 (Art. 157If) abgenommen werden. Durch die Abnahme wird der fachlich richtige Einbau der Rohranlage überprüft und sichergestellt, so dass

- die maximal zulässige Verformung der Rohre nicht überschritten ist
- die Rohranlage frei von Verunreinigungen ist (Sand, Kies, Fremdkörper)

Für die Kalibrierung muss der Graben vorschriftsgemäss eingedeckt sein, Rohranfang und Rohrende jedoch offen bleiben. Beanstandete Rohranlage-Teile müssen zu Lasten des Unternehmers in Ordnung gebracht werden. Die Abnahme ist durch ein beidseitig unterzeichnetes Protokoll zu bestätigen. Es empfiehlt sich, im Anschluss an die Abnahme die Rohrenden mit Endkappen oder Muffenstopfen zu verschliessen.

4.2 Kalibermasse

Das Kaliber hat einen vorgeschriebenen Durchmesser, der eine maximale Verformung des Rohres von 10% zulässt.

4.3 Kalibrierungsmethoden

Als Kalibrierung werden folgende Methoden empfohlen:

- Einziehen des Kalibers mittels einer anlässlich der Rohrverlegung eingebrachten Kunststoffschnur.
- Einziehen oder einblasen einer Kunststoffschnur mit Manschettenkolben, welcher mit Kalibrierscheiben ausgerüstet ist. Die einschlägigen werksinternen Unfallverhütungs-Vorschriften sind dabei zu beachten (Siehe SUVA-Merkblatt).

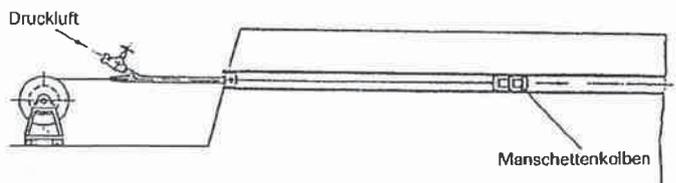


Bild 19: Einblasen der Kunststoffschnur

5. Entsorgung

Die Entsorgung der Bauabfälle ist gemäss Technische Verordnung über Abfälle (TVA) durchzuführen.

Die Bauabfälle mit Kunststoffmaterialien wie Restrohre fallen unter die Kategorie «andere Bauabfälle» oder «Bausperrgut» (TVA Art. 9/12). Das Bausperrgut muss nach folgenden Möglichkeiten entsorgt werden:

- wiederverwenden
- verwerten
- verbrennen in Kehrichtverbrennungsanlagen.

Die Wiederverwertung von Rohrstücken mit Doppelmuffen ist aus wirtschaftlichen Gründen anzustreben. Kleinere Rohrabschnitte, die auf den Baustellen keine Verwendung mehr finden, werden von den Rohrherstellern zurückgenommen und recycelt.

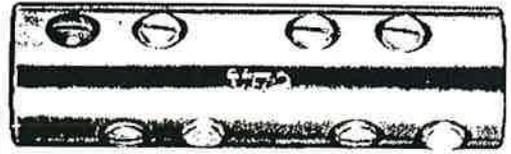
Die Entsorgung von ausgedienten Kunststoffrohren ist jeweils zwischen den Werken und den entsprechenden Lieferanten abzuklären (siehe auch Rücknahmekonzept des VKR).

3.3.3 Kabelverbindungen, Endverschlüsse

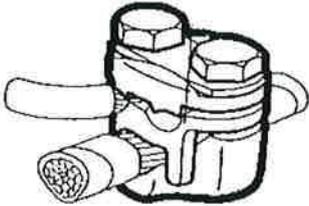
Verbindungsklemmen, Abzweigklemmen



Verbindungsklemme (Messing)

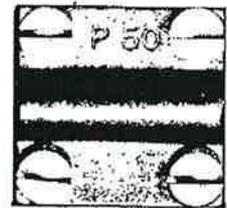


Abzweigklemme (Messing)

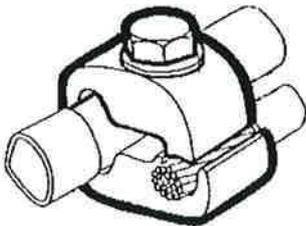


Presskabelschuh

Abzweigklemme



Abzweigklemme

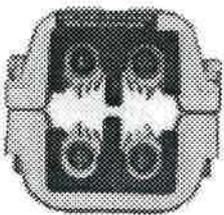


Abzweigklemme



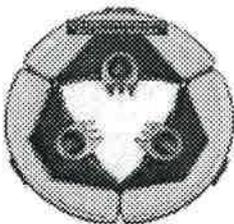
Abzweigklemme

Pressverbinder

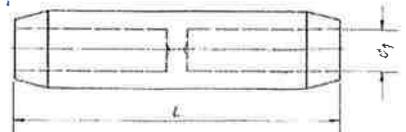


Kompakt-Abzweigklemme für 4-Leiter Kabel

HS-Pressverbinder



Al-Pressverbinder längsdicht

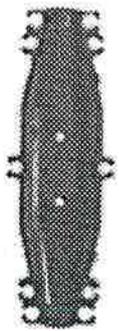


Kompakt-Abzweigklemme für 3-Leiter Kabel

4. Auflage 03.2001

Zubehör zu Niederspannungs-Polymer- und Papierkabel

Verbindungs-muffen

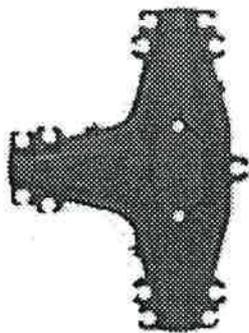


M... SUM

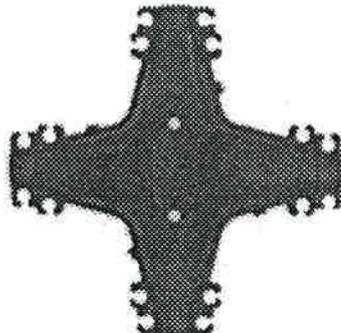


M... (Cellpack)

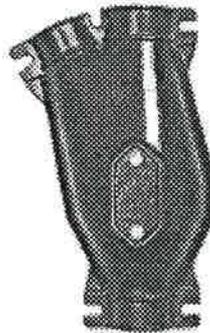
Abzweigmuffen



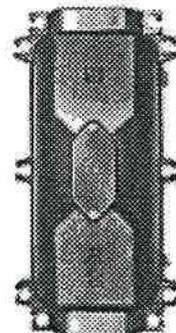
D...



K...

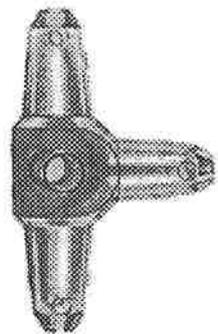


YA...



DP...

Abzweigmuffen

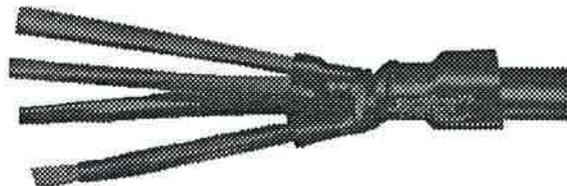


T...



Y... (Cellpack)

Innenraum-Endverschlüsse



VEIK / SEH4 (Cellpack)

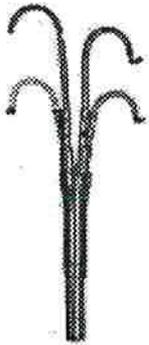
Montagerichtlinien beachten

4. Auflage 03.2001

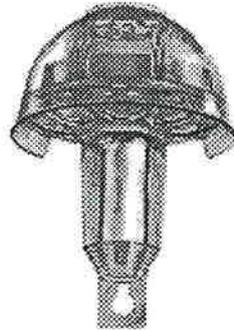
	Einführungskurse Netzelektriker	3.3.3	2
--	---------------------------------	-------	---

Zubehör zu Niederspannungs-Polymer- und Papierkabel

Freiluft-Endverschlüsse

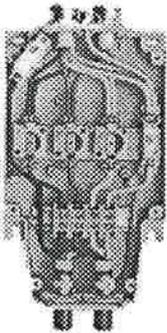


VEFK/ SEH4

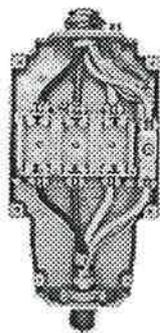


Gießharz- Endverschluss
S...

Hausanschlusskasten



WEBER 60A



WEBER DIN 160

Montagerichtlinien beachten

4. Auflage 03.2001

Zubehör zu Mittelspannungs-Polymerkabel

Innenraum Endverschlüsse

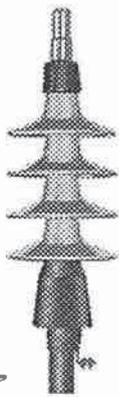


IXSU-F →



IXOSIL M..

Freiluft Endverschlüsse



OXSU-F



F

IXOSIL F..



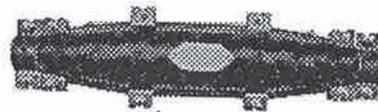
Verbindungs-muffen



EPKS



MGE...

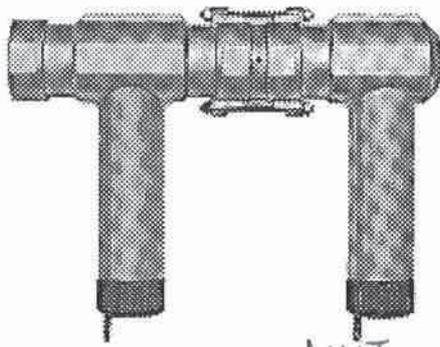


M...

Steckendverschlüsse



SEHDW



SEHDT

MUT



RSSC



RSES

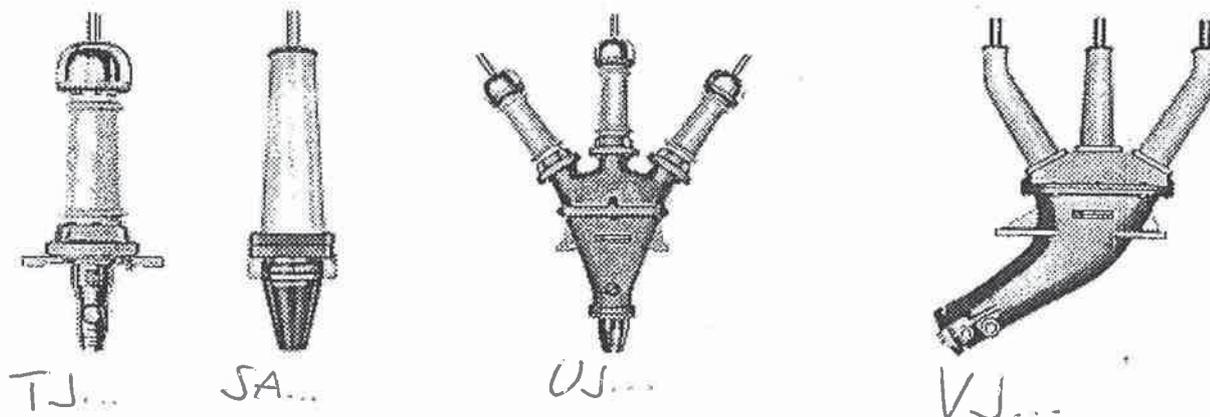
Montagerichtlinien beachten

4. Auflage 03.2001

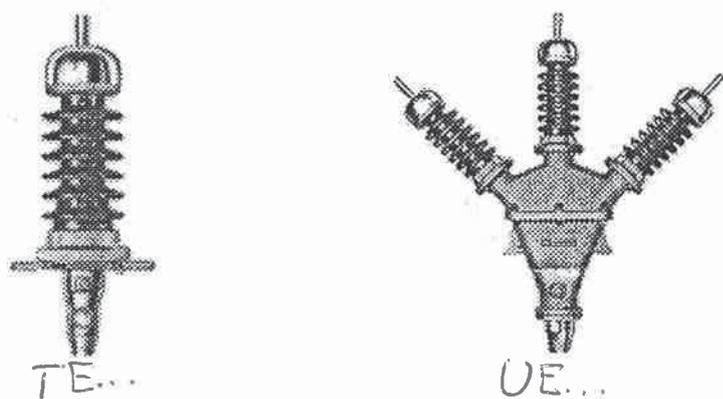
	Einführungskurse Netzelektriker	3.3.3	4
--	---------------------------------	-------	---

Zubehör zu Mittelspannungs-Papierbleikabel

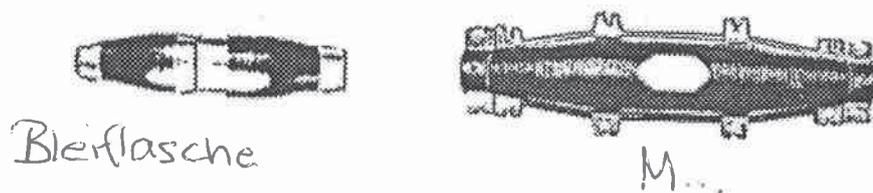
Innenraum-Endverschlüsse



Freiluft-Endverschlüsse



Verbindungs-muffen



Montagerichtlinien beachten

4. Auflage 03.2001

3.4 Öffentliche Beleuchtung



3.4.1 Mess- und Steuereinrichtungen

3.4.2 Montage

3.4.3 Anschluss und Inbetriebnahme

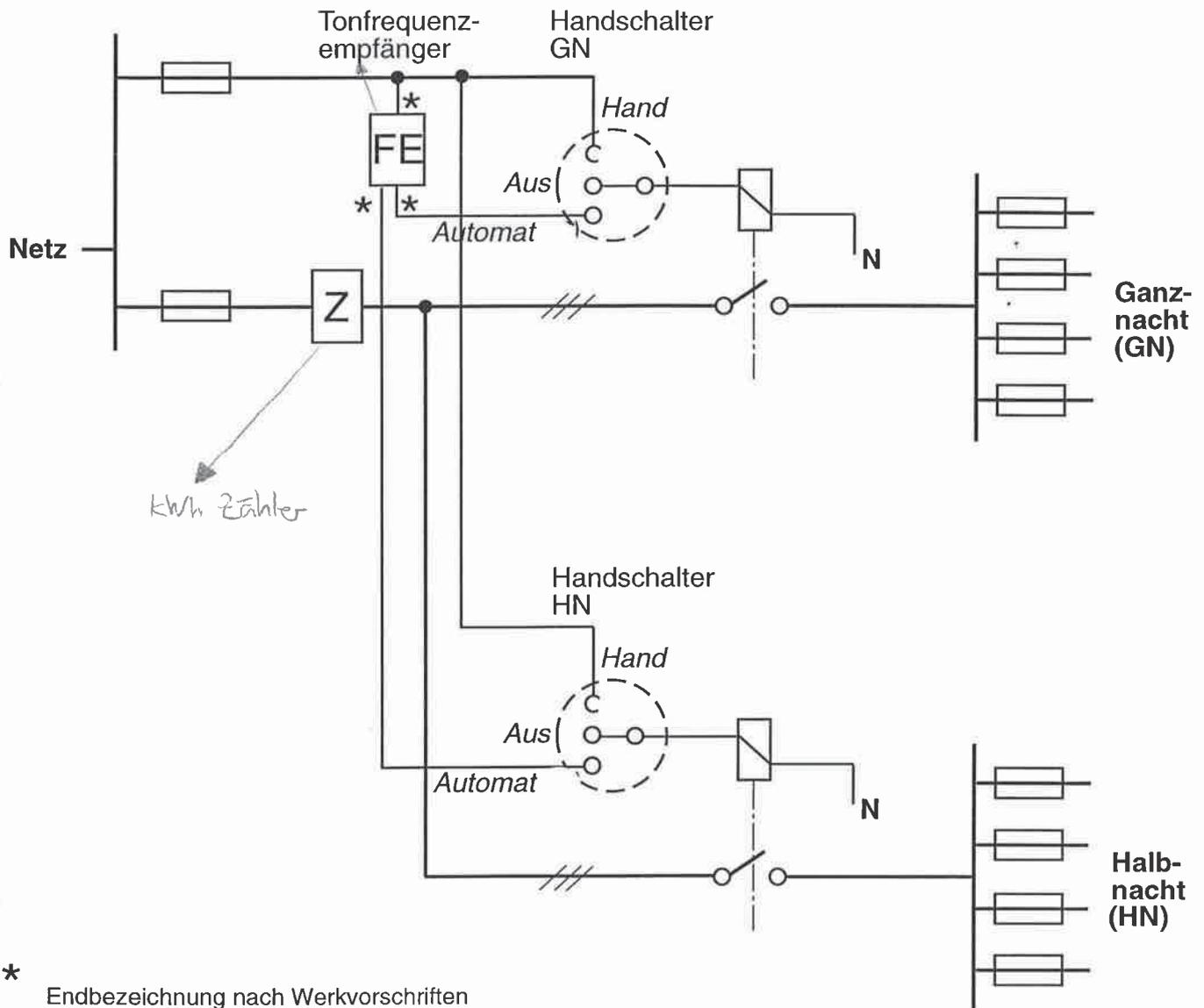
3.4.4 Steuerungen öffentlicher Beleuchtungsanlagen

4. Auflage 03.2001

3.4.1 Mess- und Steuereinrichtungen

Steuerung der Beleuchtungsanlagen

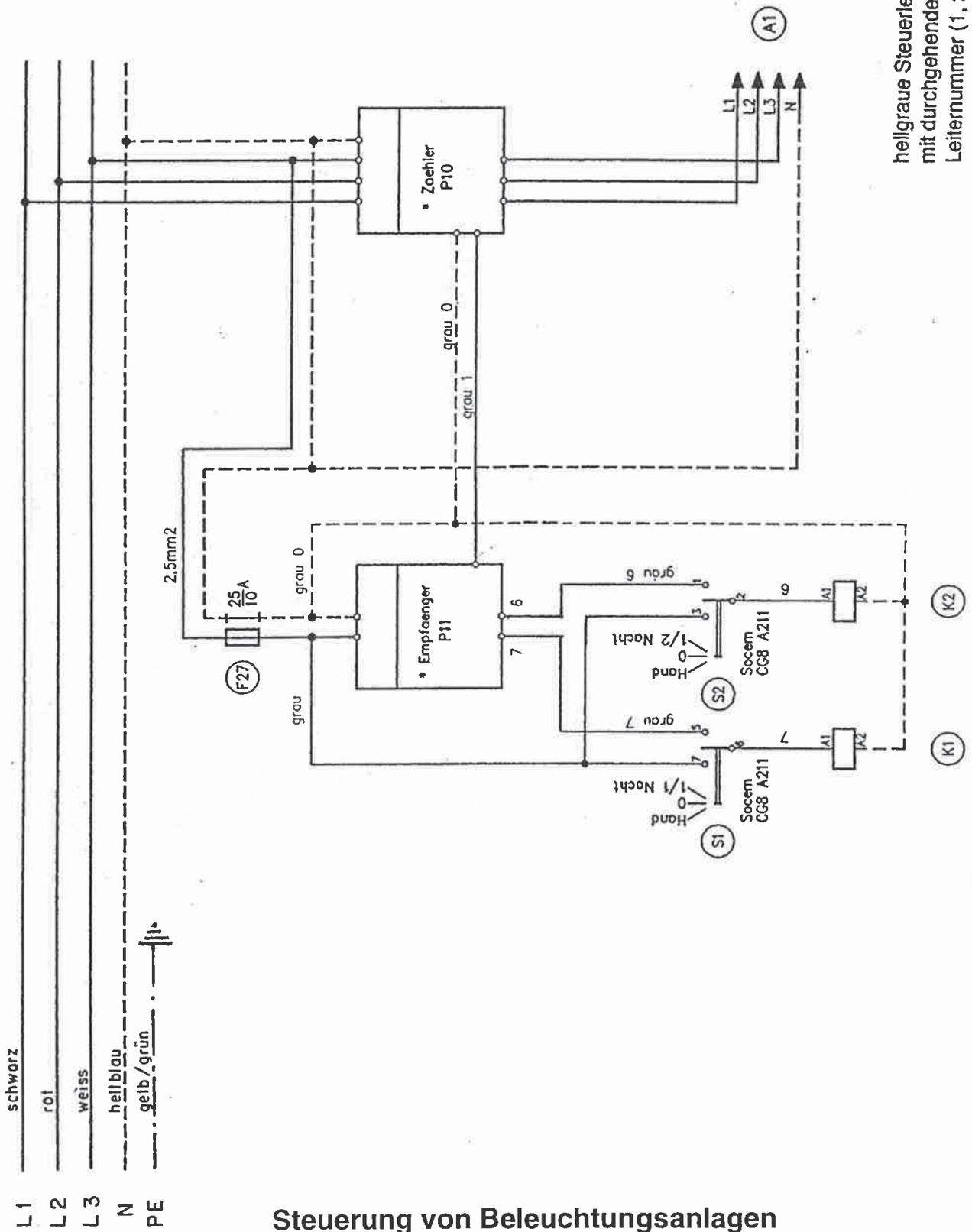
Prinzipschema



In den älteren Kabelanlagen und in Freileitungssystemen ist nur ein Polleiter für Beleuchtungszwecke vorhanden. Aus diesem Grund kann die gesamte Beleuchtung an einem Strang nur Ganznacht oder Halbnacht betrieben werden.

4. Auflage 03.2001

Strassenbeleuchtung



hellgraue Steuerleiter
mit durchgehender
Leiternummer (1, 2, ..., od. 9)

Steuerung von Beleuchtungsanlagen Beispiel eines Verdrahtungsschema

4. Auflage 03.2001