

**KatS-LA 301/E 2**

**Leitungs- und Kabeltechnik**

**Ausgabe 1984**

**Bundesamt für Zivilschutz**  
KS 7-708-03/02 LA 301/E 2

5300 Bonn 2, im Juli 1984

Der Leitfaden für die Ausbildung im Katastrophenschutz – KatS-LA 301/E 2 – wird hiermit genehmigt.

Der Nachdruck ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung gestattet.

Bundesamt für Zivilschutz

## **Vorbemerkung**

Im Rahmen der gemäß STAN vorgegebenen Aufgaben führt die Elektrogruppe des I-Zuges unter Aufsicht und in Zusammenarbeit mit den Energieversorgungsunternehmen u. a.

- Kabelarbeiten im Niederspannungsnetz, z.B. Anfertigen von Muffen und Endverschlüssen sowie Sicherungsarbeiten
- Kunststoffkabelarbeiten im Mittelspannungsnetz
- behelfsmäßige Stromversorgung in Notunterkünften und Betreuungsstellen
- behelfsmäßige Stromversorgung bei gemeindlichen Versorgungsanlagen und öffentlichen Einrichtungen
- Stromversorgung von Schadstellen
- Instandsetzen von elektrischen Anschlüssen zum behelfsmäßigen Betrieb von Pumpen, Abwasseranlagen, Heizungen

durch.

Dieser KatS-Leitfaden soll die fachlichen Anweisungen zur Durchführung von Leitungs- und Kabelarbeiten vermitteln.

Insgesamt dient er dazu, in Verbindung mit den Musterausbildungsplänen und Curricula, die Ausbildung der Helfer in den Standorten bundesweit zu vereinheitlichen. Er soll darüber hinaus einen Einblick in die Probleme auf diesem Gebiet geben und Grundlagen auf diesem Gebiet für notwendige Fachgespräche bzw. für die Zusammenarbeit mit den zuständigen Energieversorgungsunternehmen schaffen.

Es ist erforderlich, mit diesem Leitfaden in den nächsten Jahren praktische Erfahrungen zu sammeln.

Konstruktive Hinweise, insbesondere auf dem Gebiet der behelfsmäßigen Instandsetzung, sind jederzeit erwünscht.



# Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1</b>	<b>Allgemeines</b> 13
<b>2</b>	<b>Isolierte Starkstromleitungen</b> 15
2.1	VDE-Bestimmungen/CEE- und IEC-Publikationen 15
2.2	Auswahl der Leitungen 19
2.2.1	Allgemeines 19
2.2.2	Erläuterung der Raumarten 22
2.3	Aderkennzeichnungen 23
2.3.1	Alte Aderkennzeichnung 23
2.3.2	Neue Aderkennzeichnung 24
2.4	Einsatz und Verlegung von Leitungen 26
2.4.1	Nennspannung/Betriebsspannung 26
2.4.2	Strombelastbarkeit und Absicherung 26
2.5	Hinweise für die Verlegung 28
2.5.1	Allgemeine Hinweise 28
2.5.2	Sonderfälle 29
<b>3</b>	<b>Starkstromkabel</b> 31
3.1	Allgemeines 31
3.2	Elektrische Grundlagen in der Kabeltechnik 31
3.3	Bauelemente der Starkstromkabel 32
3.3.1	Allgemeines 32
3.3.2	Der Leiter 33
3.3.3	Die Isolierung 34
3.3.4	Der Mantel 34
3.3.5	Die Bewehrung 35
3.3.6	Die Schutzhülle 35
3.3.7	Kennzeichnung der Adern und des Außenmantels 35
3.4	Kabelbauarten 36
3.4.1	Unterscheidungsmerkmale 36
3.4.2	Papierisolierte Kabel 36
3.4.3	Kunststoffisolierte Kabel 37
3.4.4	Spezialkabel für höhere Spannungen 37
3.4.5	Kabel älterer Bauart 38
3.5	Kabelkurzbezeichnung 39
3.6	Belastbarkeit der Kabel 42
3.6.1	Allgemeines 42
3.6.2	Richtlinien für die Belastbarkeit 42
3.6.3	Ermittlung des Belastungsstromes 44
3.6.4	Ermittlung des Spannungsunterschiedes 45
<b>4</b>	<b>Einordnen von Kabeln in den Straßenkörper</b> 47
4.1	Grundsätze der Unterbringung 47
4.2	Vorbereitende Arbeiten 48
4.3	Absperr- und Sicherheitsmaßnahmen an der Kabelbaustelle 48
4.4	Aufbrechen und Wiederherstellen der Erdoberfläche 48
4.5	Herstellen und Verfüllen von Kabelgräben und Baugruben 48
4.6	Kreuzungen von Verkehrswegen 51
4.6.1	Allgemeines 51

	Seite	
4.6.2	Näherungen und Kreuzungen mit Anlagen anderer Leitungsverwaltungen	51
<b>5</b>	<b>Kabelverlegung</b>	<b>53</b>
5.1	Behandlung der Kabel vor der Verlegung	53
5.1.1	Allgemeines	53
5.1.2	Kabelverlegung bei tiefen Außentemperaturen	53
5.1.3	Transport der Kabel zur Baustelle	53
5.1.4	Kabelkontrolle	56
5.2	Verlegungstechnik	56
5.2.1	Verlegungsmöglichkeiten	56
5.2.2	Behandlung der im Graben vorhandenen Kabel	64
5.3	Schutz der Kabel im Erdreich	65
5.3.1	Vermeiden von mechanischen Schäden	65
5.3.2	Kabelabdeckungen	65
5.3.3	Kennzeichnung der Kabellage	67
5.3.4	Kennzeichnung der Kabel	68
5.4	Kabelverlegung in Sonderfällen	68
5.4.1	Verlegen von Kabeln durch Wasserläufe	68
5.4.2	Verlegen von Kabeln in, unter und an Brücken	68
5.4.3	Verlegen von Kabeln in Räumen und Kabelkanälen	69
5.4.4	Auslegen von Einleiterkabeln	70
5.5	Ausbessern Reparatur beschädigter Außenhüllen	71
5.5.1	Kunststoff-Außenhüllen	71
5.5.2	Mehrschichtiger Korrosionsschutz bei Aluminiummantelkabel	72
5.5.3	Reparatur mit Schrumpfmanschette	72
<b>6</b>	<b>Kabelgarnituren</b>	<b>75</b>
6.1	Aufgaben und Anforderungen	75
6.2	Montagerichtlinien und -hinweise	75
6.3	Absetzen eines papierisolierten Gürtelkabels mit Bleimantel und Juteumhüllung	76
6.4	Endenzubereitung von Kabeln mit Aluminiummantel (NKLEY)	80
6.5	Lötverbindungen an Aluminiummänteln	80
6.6	Endenzubereitung von Kunststoffkabeln	81
<b>7</b>	<b>Leiterverbindungen und Leiterabzweige</b>	<b>85</b>
7.1	Allgemeines	85
7.2	Thermische Verfahren	85
7.2.1	Weichlötverbindungen an Kupferleitern	85
7.2.2	Weichlötverbindungen an Aluminiumleitern	86
7.2.3	Schweißverbindungen an Aluminiumleitern	86
7.3	Mechanische Verfahren	87
<b>8</b>	<b>Muffenverbindung</b>	<b>91</b>
8.1	Allgemeines	91
8.2	Verbindungsmuffen für Starkstromkabel	91
8.2.1	Verbindungsmuffen für Gürtelkabel	91
8.2.2	Verbindungsmuffen für Dreimantel-/Höchststädter Kabel	92
8.2.3	Verbindungsmuffen für Kunststoffkabel	92
8.2.4	Verbindungsmuffe für Einleiter-Massekabel	93
8.2.5	Verbindungsmuffe für Einleiter-Kunststoffkabel	93

	Seite	
8.2.6	Verbindungs muffen für Einleiter-Mittelspannungskabel bis 20kV	93
8.3	Kabelabzweige (Hausanschlußmuffen)	95
<b>9</b>	<b>Kabelabschlüsse</b>	<b>101</b>
9.1	Allgemeines	101
9.2	Hausanschlußkästen	101
9.3	Kabelverteilerschränke	102
9.4	Endverschlüsse	103
9.4.1	Endverschlüsse für Innenraumanlagen	103
9.4.2	Endverschlüsse für Freiluftanlagen	106
9.5	Vergußverfahren für Kabelgarnituren	109
9.5.1	Allgemeines	109
9.5.2	Heißvergußmasse	109
9.5.3	Kaltvergußmasse/Gießharz	109
9.5.4	Schrumpftechnik	110
<b>10</b>	<b>Kabelplan</b>	<b>111</b>
<b>11</b>	<b>Messen und Prüfen von Starkstromleitungs- u. Kabelanlagen</b>	<b>115</b>
11.1	Allgemeines	115
11.2	Besichtigung	115
11.3	Durchgangsmessung	115
11.4	Isolationswiderstandsmessung	115
11.5	Spannungsmessung	116
11.6	Prüfung der Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren	116
11.7	Meß- und Prüfgeräte	116
11.7.1	Spannungsprüfer	116
11.7.2	Schutzleiterprüfgerät	116
11.7.3	Schleifenmeßgerät	116
11.7.4	Isolationsmeßgerät	117
<b>12</b>	<b>Fehlerortbestimmung</b>	<b>119</b>
12.1	Allgemeines	119
12.2	Vormessungen	119
12.2.1	Prüfung auf Erd- und Aderschluß	119
12.2.2	Prüfung auf Leiterbruch durch Durchgangsmessung	120
12.3	Ortungsmessung mit dem Schieberkappensuchgerät	120
12.4	Neuzeitliche Fehlerortungstechnik	120
<b>13</b>	<b>Arbeitssicherheit und Unfallverhütung</b>	<b>121</b>
13.1	Allgemeines	121
13.2	Unfälle durch elektrischen Strom	121
13.3	Rettungsmaßnahmen	123
13.4	Wichtige Hinweise für die Erste Hilfe	124
13.5	Bedienen von und Arbeiten an Starkstromanlagen	125
13.6	Bestimmungen für den Betrieb von Starkstromanlagen	125
13.6.1	Elektrofachkraft/Elektrotechnisch unterwiesene Person	125
13.6.2	Einweisung der Arbeitskräfte	126
13.6.3	Bereitstellen und Vertrautmachen mit Einrichtungen zur Unfallverhütung und Brandbekämpfung	126

	Seite	
13.7	Herstellen und Sicherstellen des spannungsfreien Zustandes vor Durchführung von Arbeiten	126
13.7.1	Allgemeines	126
13.7.2	Freischalten	127
13.7.3	Gegen Wiedereinschalten sichern	127
13.7.4	Spannungsfreiheit feststellen	127
13.7.5	Erden und Kurzschließen	128
13.7.6	Benachbarte, unter Spannung stehende Anlageteile abdecken oder abschränken	129
13.8	Arbeiten in der Nähe von unter Spannung stehenden Teilen	129
13.9	Arbeiten an unter Spannung stehenden Anlageteilen	130
13.10	Gefahren durch Hilfs-/Arbeitsstoffe	130
13.11	Schutzausrüstung	131

## **Verzeichnis der Abbildungen**

Abb. 1	Leiterkennzeichnung bei der Schutzmaßnahme Nullung mit besonderem Schutzleiter (TN-C-S-Netz)
Abb. 2	Handbereich
Abb. 3	Vergleich der Feldverteilung bei dreiadrigen Kabeln Gürtelkabel – Höchststädter Kabel
Abb. 4	Aufbau eines NKBA
Abb. 5.1	Leiterformen
Abb. 5.2	Anordnung im Kabel
Abb. 6	Niederdruck-Ölkabel
Abb. 7	Hochdruck-Ölkabel
Abb. 8	Gasaußendruckkabel
Abb. 9	Gasinnendruckkabel
Abb. 10	Unterbringung von Versorgungsleitungen im Straßenkörper/ Zoneneinteilung
Abb. 11	Abfangen vorhandener Leitungen
Abb. 12	Kabeltransport in Ausnahmefällen
Abb. 13	Abladen einer Kabeltrommel
Abb. 14	Rollen einer Kabeltrommel
Abb. 15	Sichern einer Kabeltrommel
Abb. 16	Kabeltrommelhebe- und Transportgerät
Abb. 17.1	Spindelbock
Abb. 17.2	Kabeldrehscheibe (Haspel)
Abb. 18	Kabelverlegung
Abb. 19	Kabelrolle
Abb. 20	Abziehen des Kabels in eine Schleife
Abb. 21	Abziehen des Kabels in eine Acht
Abb. 22	Kabelziehstrumpf
Abb. 23	Vertiefung vor Rohr- oder Formsteinzügen
Abb. 24	Schutz der Kabel an den Rohrmündungen
Abb. 25	Hochbinden einer Muffe

Abb. 26	Abdecken von Kabeln
Abb. 27	Trassenwarnband und Kabel-Kennzeichnung
Abb. 28	Kabelschnellverleger
Abb. 29	Kabelpritschen
Abb. 30.1	Ausbessern beschädigter Außenhüllen
Abb. 30.2	
Abb. 30.3	
Abb. 30.4	
Abb. 31	Reparatur mit Schrumpfmanschette
Abb. 32	Kabelzelt
Abb. 33.1	Abbinden eines Kabels
Abb. 33.2	
Abb. 33.3	Einfleilen und Abwickeln der Eisenbandbewehrung
Abb. 33.4	
Abb. 33.5	Ablösen der Papierumwicklung und Anbringen der Erdungsleitung
Abb. 33.6	
Abb. 33.7	Abnehmen des Bleimantels
Abb. 33.8	
Abb. 33.9	Abwickeln der Papierisolation und Umwickeln der Adern mit Kor- del
Abb. 33.10	
Abb. 33.11	Bewicklung mit Isolierband
Abb. 33.12	
Abb. 33.13	
Abb. 33.14	Abgesetztes NKBA
Abb. 34.1	Reinigung des Aluminiummantels
Abb. 34.2	Auftragen von Reibelot
Abb. 34.3	Überbrückung mittels Kupferseil
Abb. 34.4	
Abb. 35	Zum Anschluß vorbereitete Kabelenden
Abb. 36.1	Aufschrumpfen der Aderschrumpfschläuche
Abb. 36.2	
Abb. 36.3	Überziehen und Schrumpfen der Aufteilungskappe
Abb. 36.4	
Abb. 36.5	Aderendenabschluß
Abb. 36.6	
Abb. 37	Verbindungs-Löthülsen
Abb. 38	Verschweißte angekuppte Leiter
Abb. 39	Lösbare Klemm-/Schraubverbindungen
Abb. 40	Nichtlösbare Preßverbindungen
Abb. 41.1	Kerb-Preßzange
Abb. 41.2	Werkzeug-Einsätze für die Kerb-Preßzange
Abb. 42	Abstandhalter
Abb. 43	Überbrückung bei Metallmänteln
Abb. 44.1	Dreimantelkabel-Verbindungsmuffe
Abb. 44.2	Reparatur mit Schrumpferbindungsmuffe
Abb. 45	Absetzen von Einleiter-Mittelspannungskabeln

Abb. 46		Verbindung von zwei Einleiter-Mittelspannungskabeln
Abb. 47.1	}	Abisolierung der Klemmstellen und Montage der abzweigenden Leitung
Abb. 47.2		
Abb. 48.1	}	Montage der Abzweigmuffe
Abb. 48.2		
Abb. 49.1		Kabelzweigklemmring und Distanzkeile
Abb. 49.2		Spreizen der Kabeladern
Abb. 49.3		Anbringen des Abzweigklemmringes
Abb. 49.4		Anschluß der Abzweigkabel/Netzkabelanschluß
Abb. 50.1	}	Vorbereiten der Muffenhalbschalen und des Kabelabzweiges
Abb. 50.2		
Abb. 50.3		
Abb. 50.4		
Abb. 50.5	}	Schließen und Abdichten der Abzweigmuffe
Abb. 50.6		
Abb. 50.7	}	Vergießen der Muffe und Entfernen der Gießharztrichter
Abb. 50.8		
Abb. 51		Hausanschlußkasten
Abb. 52		Kabelverteilerschrank
Abb. 53.1		Endverschluß mit Metallkappe
Abb. 53.2		Endverschluß mit Schelle AS, parallel
Abb. 54		Endenabschluß für Kunststoffkabel bis 1 kV
Abb. 55		Endverschluß für Kunststoffkabel bis 3,5/6 kV
Abb. 56.1		Endverschluß für Einleiterkabel
Abb. 56.2	}	Endverschluß für Dreileiterkabel
Abb. 56.3		
Abb. 57		Porzellanisolator
Abb. 58		Anschluß eines Kabels mit Endenabschluß
Abb. 59.1		Endverschluß (Dreileiterkabel 6 kV) fächerförmig
Abb. 59.2		Endverschluß (Einleiterkabel 10 kV)
Abb. 59.3		Endverschluß (Dreileiterkabel 10 kV) parallel
Abb. 60		Aufschiebe-Endverschluß aus Silikonkautschuk
Abb. 61		Endverschluß mit Porzellanisolator
Abb. 62		Kabelplan
Abb. 63		Quer- und Längsdurchströmung
Abb. 64		Mindestabstand
Abb. 65		Schrittspannung/Spannungstrichter

## **Verzeichnis der Tabellen**

Tabelle 1:	Kennzeichnung von isolierten Starkstromleitungen nach VDE 0250
Tabelle 2:	Nationale Leitungsbezeichnungen/Neue EG-Kurzzeichen
Tabelle 3:	Typenkurzzeichen-Schlüssel für (harmonisierte) isolierte Starkstromleitungen
Tabelle 4:	Neugliederung der Gummischlauchleitungen
Tabelle 5:	Leitungen für feste Verlegung

Tabelle 6:	Flexible Leitungen
Tabelle 7:	Aderkennzeichnung durch Farben
Tabelle 8:	Kennzeichnung isolierter und blanker Leitungen (alphanumerisch)
Tabelle 9:	Strombelastbarkeit $I_z$ isolierter Leitungen
Tabelle 10:	Max. zulässige Absicherung der Leiterquerschnitte
Tabelle 11:	Strombelastbarkeit (A) von Leiterquerschnitten
Tabelle 12:	Aderkennzeichnung (Kabel)
Tabelle 13:	Kurzzeichen für Starkstromkabel mit Papier-Isolierung
Tabelle 14:	Kurzzeichen für Starkstromkabel mit Kunststoff-Isolierung
Tabelle 15:	Strombelastbarkeit (A) von Niederspannungskabeln bei Erdverlegung
Tabelle 16:	Strombelastbarkeit (A) von Niederspannungskabeln bei Luftverlegung
Tabelle 17:	Trommeltabelle
Tabelle 18:	Zulässige Biegeradien
Tabelle 19:	Maximal zulässige Höhenunterschiede bei papierisolierten Kabeln
Tabelle 20:	Zulässige Zugkräfte
Tabelle 21:	Mindestabstände in Luft bei Freiluft- und Innenraumanlagen im Bereich 1–30 kV
Tabelle 22:	Symbole für Lagepläne/Maßpläne
Tabelle 23:	Erdungs- und KurzschlieÙgarnituren in Wechsel- und Drehstromanlagen
Tabelle 24:	Schutzabstände

## **Anhang**

Anlage 1:	VDE-/VBG-Bestimmungen
Anlage 2:	Kabel und zugehörige Garnituren



## 1 Allgemeines

Eine eindeutige Abgrenzung zwischen Leitungen und Kabeln hinsichtlich ihres Aufbaues und ihrer Verwendung ist durch die technische Weiterentwicklung überholt und daher nicht mehr möglich.

Als **Faustregel** gilt, daß

- Leitungen niemals in Erde verlegt werden dürfen und daß flexible Bauarten stets zu den Leitungen zählen, auch wenn die Nennspannung größer als 1 kV ist (z. B. Baggertrommelleitungen),
- Starkstromleitungen u. -kabel dienen der Fortleitung elektrischer Energie zum Zweck der Verrichtung von Arbeit. Die Kabel müssen allen Beanspruchungen im Erdreich gewachsen sein. Einzelangaben sind den jeweils nachfolgenden Tabellen zu entnehmen,
- Fernmeldekabel, Steuerkabel und Signalkabel sind nicht in die Reihe der Starkstromkabel einzuordnen, sie unterliegen eigenen VDE-Bestimmungen.



## 2

**ISOLIERTE STARKSTROMLEITUNGEN**

## 2.1

**VDE-BESTIMMUNGEN/CEE- und IEC-PUBLIKATIONEN**

Für die Installation von elektrischen Anlagen sind nur Leitungen zugelassen, die den jeweils gültigen VDE-Bestimmungen und CEE-/IEC-Publikationen entsprechen

Dabei bedeuten:

- IEC = Internationale Elektrotechnische Kommission  
 CEE = Internationale Kommission für Regeln zur Begutachtung elektrotechnischer Erzeugnisse  
 CENELEC = Europäisches Komitee für elektrotechnische Normung

IEC und CEE veröffentlichen Publikationen, also Normen.

Die CENELEC erstellt, unter teilweiser Übernahme der Publikationen,

1. Europäische Normen z. B. EN 50014 (= VDE 0170)
2. Harmonisierungsdokumente (HD)

**Tabelle 1:**

Buchstabe	Bedeutung	Beispiele
N	Norm-Bezeichnung	NYM, NYIF, NYIFY
A	Ader	NYA, NYAF, NAF AF
B	Bleimantel	NYBUY
F	flach; flexibel (feindrahtig); Fassungssader	NYIF NYAF NYFAZ
G	Gummi	NGFLGöu
2G	Silikonkautschuk mit erhöhter Wärmebeständigkeit	N2GAU
H	Handgeräteleitung (Schlauchleitung)	NLH, NMH
I	Imputzverlegung	NYIF
L	leichte Beanspruchung; Leuchtröhrenleitung	NLH, NLYZ NYL
M	Mantel; Mittlere Beanspruchung	NYM NMH
R	Rohrverlegung	NYRUZY
S	Sonder; Schnur; schwere Beanspruchung	NSYA NSA NSHöu
U	Umhüllung	NYRUZY
W	wetterfest	NSYAW
w	erhöht wärmebeständig	NYPLYw
Y	Kunststoffisolation (PVC); Kunststoffmantel	NYZ NYMHYrd. NYM
Z	Zwillingsleitung	NYZ
D	Drillingsleitung	NYD
rd	rund	NYMHYrd
öu	ölfest und unverbrennbar	NSHöu
k	kältebeständig	NSHök

**Kennzeichnung von isolierten Starkstromleitungen nach VDE 0250**

Die Harmonisierungsdokumente können CEE- bzw. IEC-Publikationen als verbindlich erklären. Da die HD in nationale Normen z. B. VDE-Bestimmungen umgewandelt werden, werden die dort erfaßten Publikationen automatisch in das deutsche Normenwerk eingehen. Nicht in HD oder EN gefaßte Publikationen sind unverbindlich.

Die Leitungen nach CEE und IEC sind in ihrem Grundaufbau den in den nachfolgenden Tabellen zusammengestellten Bauarten gleich.

Sie unterscheiden sich durch Abweichungen in den Abmessungen und Prüfanordnungen.

Starkstromleitungen werden mit Kurzbezeichnungen gekennzeichnet (siehe Tabelle 1).

Wegen der Zusammenarbeit von Firmen und Organisationen innerhalb der Europäischen Gemeinschaft über die Grenzen hinweg, war zwangsläufig auch eine Harmonisierung der Bezeichnungen für elektrische Leitungen notwendig. Nachstehende Tabelle zeigt einen Teil der Bezeichnungsvielfalt in den verschiedenen Ländern.

**Tabelle 2:**

Leitungsart	Kurzzeichen alt in den Ländern					Kurzzeichen neu
	D	F	B	NL	I	EG
PVC-Verdrahtungsleitung						
-eindräftig	NYFA, NYA	U-500V	–	VMD	UR/2	H06V-U
-feindräftig	NYFAF, NYAF	U-500SV	VDB	VMDS	FR/2	H06V-K
Mittlere PVC-Schlauchleitung	NYMHY	U-500SVV	VTMB	VMvL	FROR/2	H06VV-F
Leichte Gummischlauchleitung	NLH, NMH	U-500SC1C	CTLB	RMRL	FGG/2	H05RR-F

**Nationale Leitungsbezeichnungen/Neue EG-Kurzzeichen**

Um eine gemeinsame Kennzeichnung der verschiedenen Leitungstypen zu erreichen, wurde ein für alle gültiger Typenkurzzeichen-Schlüssel vereinbart.

Dieser wird für harmonisierte Leitungen und anerkannte nationale Ergänzungstypen verwendet und gliedert sich in 3 Teile.

Der **erste Teil** enthält die **Angaben über die Bestimmung, nach der eine Leitung gefertigt** worden ist, und die Nennspannung.

Der Buchstabe H besagt, daß die Leitung in allen Belangen den harmonisierten Bestimmungen entspricht und somit in den bezeichneten Ländern zulässig ist.

Der Buchstabe A besagt, daß die Leitung in Anlehnung den harmonisierten Bestimmungen entspricht, aber nur in einem bestimmten Land zulässig ist.

<b>Tabelle 3:</b>		1. Teil	2. Teil	3. Teil
<b>Kennzeichnung der Bestimmung</b>				
Harmonisierte Bestimmung _____	<b>H</b>			
Anerkannter nationaler Typ _____	<b>A</b>			
<b>Nennspannung <math>U_o/U</math></b>				
300/300 V _____	<b>03</b>			
300/500 V _____	<b>05</b>			
450/750 V _____	<b>07</b>			
<b>Isolierwerkstoff</b>				
PVC _____	<b>V</b>			
Natur- und/oder Styrol-Butadienkautschuk _____	<b>R</b>			
Silikon-Kautschuk _____	<b>S</b>			
<b>Mantelwerkstoff</b>				
PVC _____	<b>V</b>			
Natur- und/oder Styrol-Butadienkautschuk _____	<b>R</b>			
Polychloroprenkautschuk _____	<b>N</b>			
Glasfasergeflecht _____	<b>J</b>			
Textilgeflecht _____	<b>T</b>			
Textilbeflechtung mit flammwidriger Masse _____	<b>T2</b>			
<b>Besonderheiten im Aufbau</b>				
flache, aufteilbare Leitung _____	<b>H</b>			
flache, nicht aufteilbare Leitung _____	<b>H2</b>			
Kerneinlauf (kein Tragelement) _____	<b>D5</b>			
<b>Leiterart</b>				
eindrätig _____	<b>-U</b>			
mehrdrätig _____	<b>-R</b>			
feindrätig bei Leitungen für feste Verlegung _____	<b>-K</b>			
feindrätig bei flexiblen Leitungen _____	<b>-F</b>			
feinstdrätig bei flexiblen Leitungen _____	<b>-H</b>			
Lahnlitze _____	<b>-Y</b>			
<b>Aderzahl</b> _____		...		
<b>Schutzleiter</b>				
ohne Schutzleiter _____	<b>X</b>			
mit Schutzleiter _____	<b>G</b>			
<b>Nennquerschnitt des Leiters</b> _____		...		

Beispiele für Typenkurzzeichen:

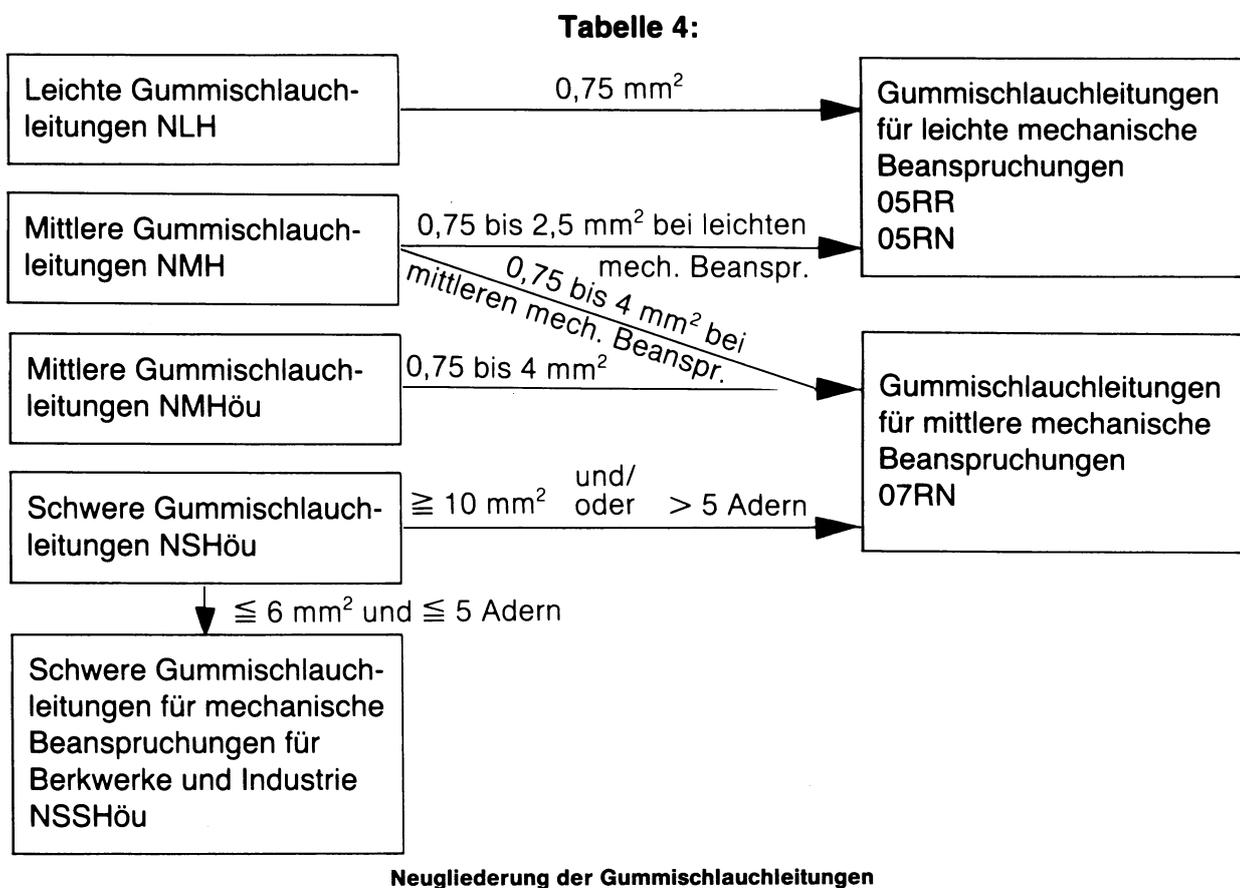
- |  |                  |
|--|------------------|
| 1. PVC-Aderleitung 1,5 mm <sup>2</sup> , schwarz mit eindrätigem Leiter  | – H07V–U 1,5 sw  |
| 2. Gummischlauchleitung 07RN für mittlere mechanische Beanspruchungen, 3adrig, 2,5 mm <sup>2</sup> , mit Schutzleiter grüngelb | – H07RN–F 3G2,5  |
| 3. PVC-Schlauchleitung 03VV für leichte mechanische Beanspruchungen, 2adrig, 0,75 mm <sup>2</sup>                              | – H03VV–F 2X0,75 |

### Typenkurzzeichen-Schlüssel für (harmonisierte) isolierte Starkstromleitungen

Im **zweiten Teil** sind die **Kurzzeichen für die Aufbauelemente** enthalten.

Aus den Angaben des **dritten Teils** gehen **Aderzahl und Nennquerschnitt** hervor sowie die Auskunft, ob eine grünelbe Ader vorhanden ist oder nicht. Bei den harmonisierten Leitungen wird das Vorhandensein einer grünelben Ader nicht mehr durch ein dem Buchstabenkurzzeichen angefügtes „J“ oder „O“ ausgedrückt (siehe Tabelle 3).

Für Gummischlauchleitungen hat sich im Rahmen der Harmonisierung folgende neue Typeneinteilung ergeben:



Hieraus ist auch eine Rationalisierung erkennbar, die durch vernünftige Abstimmung aus 4 Typen zwei Arten von Gummischlauchleitungen für die normalen Einsatzfälle macht.

Für Leitungen nach den VDE-Bestimmungen erteilt die VDE-Prüfstelle die Berechtigung, den **VDE-Kennfaden** zu führen. Dieser ist **schwarz-rot**, für Leitungen nach **VDE 0283 schwarz-rot-gelb gefärbt**.

Anstelle der Kennfäden oder zusätzlich zu diesen darf die VDE-Kennzeichnung durch **Prägen oder Drucken** auf mindestens eine Ader fortlaufend erfolgen.

**Sonder-Kunststoffaderleitungen** sind zusätzlich mit dem **Kurzzeichen NSYA** versehen.

## 2.2 **AUSWAHL DER LEITUNGEN**

### 2.2.1 **Allgemeines**

Für die Auswahl der Leitungen sind neben den VDE-Bestimmungen für das Errichten von Starkstromanlagen gegebenenfalls die technischen Anschlußbedingungen (TAB) der Energieversorgungsunternehmen oder der Überwachungsbehörden (Gewerbeaufsichtsämter, Oberbergämter u. a.) maßgebend.

Im **Ausland** sind VDE-gemäße Leitungen verwendbar, soweit ihre Eigenschaften den Betriebsverhältnissen und den Vorschriften des betreffenden Landes genügen.

In den Tabellen 5 und 6 sind die gebräuchlichen Leitungsausführungen und ihre Verwendungsbereiche angegeben.

Tabelle 5

Lfd. Nr.	Bezeichnung nach VDE 0281	Neues Typen-Kurzzeichen	Nennspannung $U_0/U_V$	Aderzahlen und Leiterquerschnitte $\text{mm}^2$	Abzulösende Typen gemäß VDE 0250	Verwendung in trockenen Räumen	in feuchten und nassen Räumen sowie im Freien	in feuergefährdeten Betriebsstätten und Lagerräumen	in explosionsgefährdeten Betriebsstätten und Lagerräumen
1	Mantelleitung	NYM	300/500	1 ... 7 x 1,5 bis 5 x 16 bis 4 x 35	NYM	auf, unter und im Putz			
2	Steg-Leitung	NYIF	920/380	2 x 1,5 – 5 x 2,5	NYIF	in und unter Putz	nicht zulässig	nicht zul.	nicht zul.
3	PVC-Verdrahtungsleitungen mit eindrahtigem Leiter mit feindrahtigem Leiter	HO5V-U HO5V-K	300/500	1 x 0,5 bis 1	NYFA (NYFAZ und NYFAD NYFAF ersatzlos gestrichen)	Für geschützte Verlegung in Geräten sowie in und an Leuchten. Ferner für Verlegung in Rohren auf und unter Putz, jedoch nur für Signalanlagen.	nicht zulässig		
4	PVC-Aderleitungen mit eindrahtigem Leiter mit mehrdrahtigem Leiter mit feindrahtigem Leiter	HO7V-U HO7V-R HO7V-K	450/750	1 x 1,5 bis 16 6 bis 400 1,5 bis 240	NYA (NSYA, NSYAF, NYA NSYAW sind NYAF ersatzlos gestrichen)	In Betriebsmitteln, Schalt- und Verteilungsanlagen in Rohren auf und unter Putz (in Bade- und Duschräumen von Wohnungen und Hotels nur in Kunststoffrohren) und auf Isolierkörpern über Putz außerhalb des Handbereiches	nicht zulässig	Verlegung in Kunststoffrohren auf und unter Putz	nur in Schalt- und Verteilungsanlagen entsprechend VDE 0165

Leitungen für feste Verlegung

Lfd. Nr.	Bezeichnung nach VDE 0282	Neues Typen-Kurzzeichen	Nennspannung $U_0/U$ V	Aderzahlen und Leiterquerschnitte $\text{mm}^2$	Abzülösende Typen gemäß VDE 0250	Charakteristische Anwendungsbeispiele	Alle Leitungen nach dieser als VDE-Bestimmung gekennzeichneten Norm sind nicht vorgesehen für die Verlegung im Erdreich	Anmerkungen
1	Leichte Zwillingsleitungen	HO3VH-Y	300/300	2 x etwa 0,1	NLYZ	Bei sehr geringen mechanischen Beanspruchungen für leichte Handgeräte, nicht für Wärmegeräte	Nur in trockenen Räumen	
2	Zwillingsleitungen	HO3VH-H	300/300	2 x 0,5 und 0,75	NYZ (NYD ersatzlos gestrichen)	Bei leichteren mechanischen Beanspruchungen für leichte Handgeräte	Nur in trockenen Räumen	
3	Leichte PVC-Schlauchleitungen runde Ausführung flache Ausführung	HO3VV-F HO3VVH2-F	300/300	2 x und 3 x 0,5 und 0,75 2 x 0,75	NYLHY rd NYLHY fd	Bei mittleren mechanischen Beanspruchungen für Haus- und Küchengeräte auch in feuchten Räumen		
4	Mittlere PVC-Schlauchleitungen	HO5VV-F	300/500	2 x bis 5 x 1 bis 2,5	NYMHY	Bei erhöhten Umgebungstemperaturen zur festen Verlegung in und an Leuchten und in Geräten, Leitungen mit Querschnitten von 1,5 mm <sup>2</sup> und darüber sind für Verlegungen in Rohren auf oder unter Putz zugelassen.		
5	Wärmebeständige Silikon-Gummiaderleitungen	HO5SJ-K	300/500	1 x 0,5 bis 16	N2GAFU	Bei geringen mechanischen Beanspruchungen in Haushalten, Küchen und Büroräumen für leichte Handgeräte (Tischlampen, Leuchten, Bügeleisen, Toaster usw.).	Nicht geeignet für die Anwendung im Freien, in gewerblichen oder landwirtschaftlichen Betrieben und zum Anschluß von Elektrowerkzeugen, jedoch zulässig in Schneidwerkstätten und dergleichen.	
6	Gummi-Aderschüre	HO3RT-F	300/300	2 x oder 3 x 0,75 bis 1,5	NSA	Bei geringen mechanischen Beanspruchungen in Haushalten, Küchen und Büroräumen für leichte Handgeräte (z. B. Staubsauger, Bügeleisen, Küchengeräte, LötKolben, Toaster usw.).	Nicht geeignet für die ständige Anwendung im Freien, in der Landwirtschaft und in gewerblichen oder landwirtschaftlichen Betrieben und zum Anschluß von gewerblich genutzten Elektrowerkzeugen, jedoch zulässig in Schneidwerkstätten und dergleichen.	
7	Leichte Gummi-Schlauchleitungen	HO5RR-F	300/500	2 x 5 x 0,75 bis 2,5	NLH/NMH	Bei mittleren mechanischen Beanspruchungen in trockenen und feuchten Räumen, im Freien, in explosionsgefährdeten Betrieben; z. B. für Geräte in gewerblichen und landwirtschaftlichen Betrieben; große Kochkessel, Heizplatten, Handleuchten, Elektrowerkzeuge wie Bohrmaschinen, Kreissägen, Heimwerkergeräte; auch für transportable Motoren oder Maschinen auf Baustellen oder in landwirtschaftlichen Betrieben usw.; verwendbar auch für feste Verlegung, z. B. auf Putz, in provisorischen Bauten und Wohnbaracken; zulässig für direkte Verlegung auf Bauteilen von Hebezeugen, Maschinen usw.	Zugelassen bis 1000 V für geschützte feste Verlegung in Rohren oder Geräten und als Läuferanschlußleitungen von Motoren.	
8	Schwere Gummi-Schlauchleitungen	HO7RN-F	450/750	1 x 1,5 bis 400 2 x und 5 x 1 bis 25 3 x und 4 x 1 bis 95	NMH/NMHöu/NSHöu			

Tabelle 6:

### 2.2.2 Erläuterung der Raumarten

Für die Auswahl der zu verlegenden Leitungen ist die Art der Räume, die installiert werden sollen, maßgebend.

Räume können in eine der nachstehenden Raumarten häufig nur nach genauer Kenntnis der örtlichen und betrieblichen Verhältnisse eingeordnet werden. Wenn z. B. in einem Raum nur an einer bestimmten Stelle hohe Feuchtigkeit auftritt, der übrige Raum aber infolge regelmäßiger Lüftung trocken ist, so braucht nicht der gesamte Raum als feuchter Raum zu gelten.

Raumarten	Erläuterung der Raumarten	Beispiele
Elektrische Betriebsstätten	Sie dienen im wesentlichen zum Betrieb elektrischer Anlagen und werden in der Regel nur von unterwiesenen Personen betreten.	Schalträume, Schaltwarten, Verteilungsanlagen in abgetrennten Räumen, abgetrennte elektrische Prüffelder und Laboratorien, Maschinenräume von Kraftwerken und dgl., deren Maschinen nur von elektrotechnisch unterwiesenen Personen bedient werden.
Abgeschlossene elektrische Betriebsstätten	Sie dienen ausschließlich zum Betrieb elektrischer Anlagen und werden unter Verschuß gehalten. Der Verschuß darf nur von beauftragten Personen geöffnet werden. Der Zutritt ist nur unterwiesenen Personen gestattet.	Abgeschlossene Schalt- und Verteilungsanlagen, Transformatorzellen, Schalterzellen, Verteilungsanlagen in Stahlblechgehäusen oder in anderen abgeschlossenen Anlagen, Maststationen, Triebwerksräumen von Aufzügen.
Trockene Räume	In der Regel tritt kein Kondenswasser auf und die Luft ist nicht mit Feuchtigkeit gesättigt.	Wohnräume (auch Hotelzimmer), Büros, weiterhin können hierzu gehören: Geschäftsräume, Verkaufsräume, Dachböden, Treppenhäuser, beheizte und belüftbare Keller. Küchen in Wohnungen und Baderäume in Wohnungen und Hotels gelten in bezug auf die Installation als trockene Räume, da in ihnen nur zeitweise Feuchtigkeit auftritt.
Feuchte und nasse Räume	Die Sicherheit der Betriebsmittel kann durch Feuchtigkeit, Kondenswasser, chemische oder andere Einflüsse beeinträchtigt werden.	Spülküchen, Kornspeicher, Düngerschuppen, Milchkamern, Futterküchen, Großküchen, Waschküchen, Backstuben, Kühlräume, Pumpenräume, unbeheizte oder unbelüftbare Keller, Orte im Freien. Falls Fußböden, Wände und möglicherweise auch Einrichtungen zu Reinigungszwecken abgespritzt werden, gehören hierzu z. B. auch: Bier- und Weinkeller, Naßwerkstätten, Wagenwaschräume, Gewächshäuser, ferner Räume in Bade- und Waschanstalten, Käsereien, Molkereien, Brauereien, Metzgereien, Gerbereien, chemische Fabriken, galvanische Betriebe.
Feuergefährdete Betriebsstätten	In ihnen besteht Gefahr, daß sich nach örtlichen und betrieblichen Verhältnissen leicht entzündliche Stoffe in gefahrdrohender Menge den elektrischen Betriebsmitteln so nähern können, daß höhere Temperaturen an diesen Betriebsmitteln oder Lichtbögen eine Brandgefahr bilden.	Arbeits-, Trocken-, Lagerräume oder Teile von Räumen sowie derartige Stätten im Freien, z. B. Papier-, Textil- oder Holzverarbeitungsbetriebe, Heu-, Stroh-, Jute-, Flachsager, Garagen und deren Nebenräume zur Unterstellung von Kraftfahrzeugen für Vergaserkraftstoffe, Räume für Ölfeuerungsanlagen für Zentralheizungen.
Explosionsgefährdete Betriebsstätten	Je nach örtlichen und betrieblichen Verhältnissen können sich Gase, Dämpfe, Neben oder Staub in gefahrdrohender Menge ansammeln, die mit Luft explosible Gemische bilden.	Arbeits-, Trocken-, Lagerräume oder Teile solcher Räume, Behälter und Apparate sowie Betriebsstätten im Freien.

Raumarten	Erläuterung der Raumarten	Beispiele
Elektrische Anlagen auf Baustellen	Es gelten die zur Durchführung von Arbeiten auf Hoch- oder Tiefbaustellen, sowie bei Stahlbaumontagen benötigten elektrischen Einrichtungen.	Bauwerke und Teile von solchen, die ausgebaut, umgebaut, instand gesetzt oder abgebrochen werden. Als Baustellen gelten nicht Stellen, in denen lediglich Handleuchten, Lötkolben, Schweißgeräte, Elektrowerkzeuge nach VDE 0740, z. B. Bohrmaschinen, Teller-schleifer, Polierer und andere Geräte einzeln verwendet werden.
Landwirtschaftliche Betriebsstätten	Durch Einwirkung von Feuchtigkeit, Staub, stark chemisch angreifenden Dämpfen, Säuren oder Salzen auf die Isolierung der elektrischen Betriebsmittel kann eine Unfallgefahr auch für Nutztiere (Großvieh) bestehen; bei Vorhandensein leicht entzündlicher Stoffe kann erhöhte Brandgefahr gegeben sein.	Ställe (auch Räume für Geflügelhaltung), Scheunen, Häcksellager, Heu- und Strohböden, Tennen (Dielen), Körnertrocknungsanlagen, Schrotmühlenräume u. dgl.; sie gelten zugleich als feuchte und nasse Räume und feuergefährdete Betriebsstätten.

## 2.3 ADERKENNZEICHNUNGEN

### 2.3.1 Alte Aderkennzeichnung

In **mehradrigen Leitungen**, das sind Leitungen bis zu fünf Adern, wurden die einzelnen Adern bisher gekennzeichnet:

- 2 Adern: hellgrau/schwarz
- 3 Adern: hellgrau/schwarz/rot
- 4 Adern: hellgrau/schwarz/rot/blau
- 5 Adern: hellgrau/schwarz/rot/blau/schwarz

Bei **vieladrigen Leitungen**, das sind Leitungen mit mehr als fünf Adern, waren in jeder Verseillage zwei nebeneinanderliegende Adern (Zähl- und Richtungsadern) blau bzw. gelb, die übrigen Adern hellgrau.

Bei **beweglichen Leitungen** mit vier oder fünf Adern, von denen eine, bzw. zwei als Mittel- oder Schutzleiter geringeren Querschnitt hatten, wurden diese nach den Forderungen der Errichtungsvorschriften hellgrau bzw. rot gekennzeichnet. Diese beiden Ausführungsarten unterschieden sich in ihrem Kurzzeichen, daß der Mittelleiterquerschnitt durch einen Schrägstrich – z. B. NSH x 50/25, der Schutzleiterquerschnitt durch Klammer – z. B. NSH 3 x 50 (25) – angegeben wurde.

**Die Zuordnung der verschiedenen Farben zur Funktion des Leiters ist abhängig von der Verlegungsart.**

**Feste Verlegung:** Außenleiter sw, rt, bl  
Nulleiter gr

**Flexible Verlegung:** 1phasig  
Außenleiter sw  
Mittelleiter gr  
Schutzleiter rt

3phasig  
Außenleiter sw, rt, bl  
Nulleiter gr

### 2.3.2 Neue Aderkennzeichnung

Die Adern in mehr- und vieladrigen Leitungen werden in Übereinstimmung mit internationalen Vereinbarungen entsprechend

- durch Farben (Tab. 7) und
- alphanumerisch (Tab. 8)

gekennzeichnet.

**Tabelle 7:**

	Anzahl der Adern	Leitungen mit grüngelb gekennzeichneter Ader (mit Kurzzeichen <b>J</b> nach VDE 0250 bzw. <b>G</b> nach VDE 0281/0282)	Leitungen ohne grüngelb gekennzeichnete Ader (mit Kurzzeichen <b>O</b> nach VDE 0250 bzw. <b>X</b> nach VDE 0281/0282)
Leitungen für feste Verlegung <sup>1)</sup>	1	gnge, hbl, andere Farben <sup>2)</sup>	sw <sup>3)</sup>
	2	–	sw/hbl
	3	gnge/sw/hbl	sw/hbl/br
	4	gnge/sw/hbl/br	sw/hbl/br/sw
	5	gnge/sw/hbl/br/sw	sw/hbl/br/sw/sw
Flexible Leitungen <sup>1)</sup>	1	–	sw <sup>3)</sup>
	2	–	br/hbl
	3	gnge/br/hbl	sw/hbl/br <sup>4)</sup>
	4	gnge/sw/hbl/br	sw/hbl/br/sw <sup>4)</sup>
	5	gnge/sw/hbl/br/sw	sw/hbl/br/sw/sw <sup>4)</sup>
	6	gnge/weitere Adern sw mit Zahlenaufdruck, fortlaufend von innen beginnend mit 1, gnge in der Außenlage	Adern sw mit Zahlenaufdruck, fortlaufend von innen beginnend mit 1

- 1) Die Farbkurzzeichen bedeuten gnge = grüngelb, sw = schwarz, hbl = hellblau, br = braun.
- 2) Die Einzelfarben grün und gelb sowie jede andere Mehrfarbigkeit außer grüngelb sind nicht zugelassen. Leitungen für die Verdrahtung von Verbrauchsmitteln und FSK dürfen jedoch grün und gelb sowie zweifarbig gekennzeichnet sein mit Ausnahme von Farbkombinationen mit grün oder gelb.
- 3) Die Aderfarbe 1adriger Leitungen mit Mantel ist stets schwarz.
- 4) 3- bis 5adrige Leitungen ohne grüngelbe Adern sind noch nicht harmonisiert.

**Aderkennzeichnung durch Farben**

**ACHTUNG!**

**Für Leiter mit Schutzfunktion (Schutz- oder Nulleiter)** nur die **grüngelb** gekennzeichnete Ader verwenden. Diese darf für keinen anderen Zweck benutzt werden.

**Für Mittel- oder Sternpunktleiter** die **blaue** Ader verwenden. Diese kann beliebig eingesetzt werden, **jedoch nicht als Schutz- oder Nulleiter**.

Leitungen mit der alten Aderkennzeichnung dürfen nicht mehr verlegt werden.

Tabelle 8:

Leiterbezeichnung		Kennzeichnung			
		nach DIN 40 705	früher	Farbe	Bildzeichen
Wechselstromnetz	Außenleiter 1	L 1	R	nicht zugeordnet*)	
	Außenleiter 2	L 2	S	nicht zugeordnet*)	
	Außenleiter 3	L 3	T	nicht zugeordnet*)	
	Mittelleiter	N**)	Mp	hellblau	
Gleichstromnetz	Positiv	L +	P	nicht zugeordnet*)	+
	Negativ	L -	N	nicht zugeordnet*)	-
	Mittelleiter	M		hellblau	
Schutzleiter, Erdungsleiter mit Schutzfunktion		PE***)	SL	grüngelb	
Nulleiter (Mittelleiter mit Schutzfunktion)		PEN	Mp/SL od. NL	grüngelb	
Erde		E	E	nicht festgelegt	

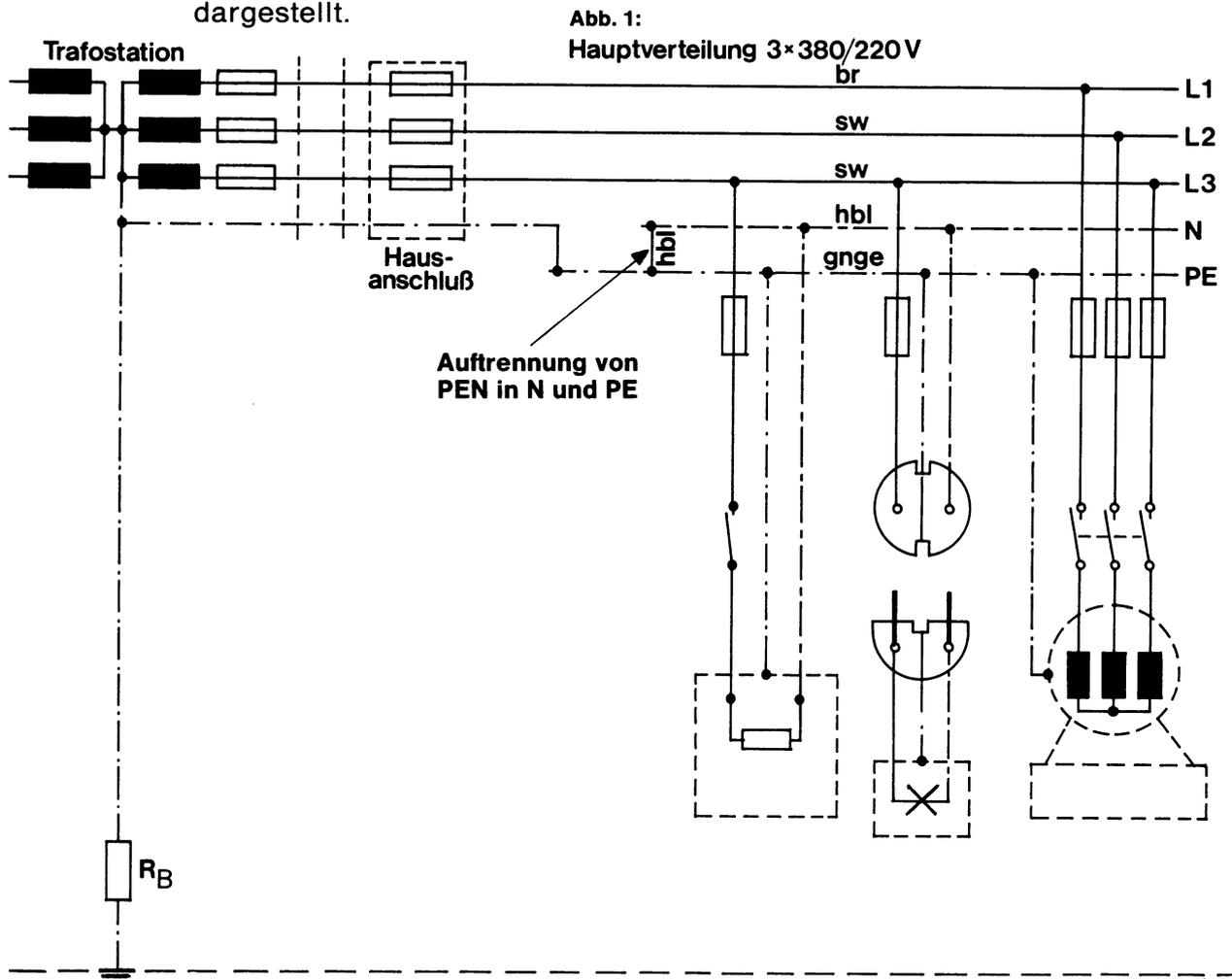
\*) empfohlen schwarz, ersatzweise braun

\*\*) N = neutral

\*\*\*) PE = protective earth

**Kennzeichnung isolierter und blanker Leiter (alphanumerisch)**

Die Anwendung der Tabelle ist in nachstehender Abbildung beispielhaft dargestellt.



4446

## 2.4 EINSATZ UND VERLEGUNG VON LEITUNGEN

### 2.4.1 Nennspannung/Betriebsspannung

**Nennspannung** ist diejenige Spannung, nach der eine Leitung benannt wird und auf die bestimmte Betriebseigenschaften bezogen werden.

**Betriebsspannung** ist die jeweils örtlich zwischen den Leitern einer Anlage herrschende Spannung.

Die im ungestörten Betrieb dauernd zulässige Betriebsspannung darf die Nennspannung der Leitungen um höchstens 10–15 %, abhängig vom Leitungstyp, überschreiten.

Leitungen können daher verwendet werden:

- in Drehstromanlagen, deren Betriebsspannung (Dreieckspannung) nicht höher als die 1,15fache Nennspannung der Leitung sind.
- in Einphasen- und Gleichstromanlagen mit symmetrischer Spannungsverteilung (in ungestörtem Betrieb), deren Betriebsspannungen nicht höher als die 1,15fache Nennspannung der Leitung sind.
- in einpolig geerdeten Einphasen- und Gleichstromanlagen, deren Spannungen gegen Erde betriebsmäßig nicht höher als die 0,63–0,66fache Nennspannung der Leitung sind.

### 2.4.2 Strombelastbarkeit und Absicherung

Für Umgebungstemperaturen bis zu 30 °C kann die zulässige Strombelastbarkeit der Leiter und die Zuordnung der Leitungsschutzsicherungen und Leitungsschutzschalter den Tabellen 9 und 10 entnommen werden (gemäß VDE 0100 Teile 430 und 523).

Die Belastbarkeitsangaben der Gruppe 1 und 2 in Tabelle 9 gelten nicht nur für ein- bis dreiadrige Systeme, sondern auch für Vierleiteranordnungen in Drehstromsystemen. Ebenso sind sie in solchen Systemen für Fünfleiteranordnung zulässig, wenn ein Leiter davon als Schutzleiter verwendet wird.

Dabei bedeuten:

- Gruppe 1: Eine oder mehrere im Rohr verlegte Leitungen
- Gruppe 2: Mehraderleitungen, z. B. Mantel-, Bleimantel-, Stegleitungen, Rohrdrähte, bewegliche Leitungen
- Gruppe 3: Einadrige, frei in Luft verlegte Leitungen und Kabel, wobei diese mit einem Zwischenraum, der mindestens ihrem Durchmesser entspricht, verlegt sind

Stromsicherungen sind an allen Stellen anzubringen, an denen sich der Querschnitt nach der Verbraucherseite hin verjüngt. In Ausnahmefällen, in denen mit dem Auftreten von Überlastströmen nicht zu rechnen ist z. B. in Hilfsstromkreisen, Verbindungsleitungen zwischen elektrischen Maschinen, Anlassern, Trafo's usw., kann auf ein Schutzorgan zum Schutz bei Überlast verzichtet werden (VDE 100 Teil 430). An den Stellen, an denen davorliegende Stromsicherungen auch den verjüngten Querschnitt schützen, sind weitere Sicherungen nicht erforderlich.

Tabelle 9:

Nennquerschnitt mm <sup>2</sup>	Gruppe 1		Gruppe 2		Gruppe 3	
	Cu A	Al A	Cu A	Al A	Cu A	Al A
0,75	—	—	12	—	15	—
1	11	—	15	—	19	—
1,5	15	—	18	—	24	—
2,5	20	15	26	20	32	26
4	25	20	34	27	42	33
6	33	26	44	35	54	42
10	45	36	61	48	73	57
16	61	48	82	64	98	77
25	83	65	108	85	129	103
35	103	81	135	105	158	124
50	132	103	168	132	198	155
70	165	—	207	163	245	193
95	197	—	250	197	292	230
120	235	—	292	230	344	268
150	—	—	335	263	391	310
185	—	—	382	301	448	353
240	—	—	453	357	528	414
300	—	—	504	409	608	479
400	—	—	—	—	726	569
500	—	—	—	—	830	649

<sup>3)</sup> Eine international abgestimmte Fassung ist in Vorbereitung (siehe z.B. VDE 0100 h/...70).

#### Strombelastbarkeit $I_Z$ isolierter Leitungen

**Stromsicherungen zum Kurzschlußschutz einer Leitung dürfen bis zu drei Sicherungsstufen höher gewählt werden, als der Zuordnung zu den Querschnitten nach Tabelle 10 entspricht.**

Zum Schutz bei Überlast von Leitungen müssen jedoch die Bedingungen

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$I_2 \leq 1,45 I_Z$$

erfüllt sein (VDE 0100 Teil 430).

Dabei bedeuten

$I_B$  zu erwartender Betriebsstrom des Stromkreises

$I_Z$  Strombelastbarkeit der Leitung oder des Kabels (s. Tabelle 9)

$I_N$  Nennstrom des Schutzorganes

$I_2$  Der Strom, der eine Auslösung des Schutzorganes unter den in den Gerätebestimmungen festgelegten Bedingungen bewirkt

Bei zu erwartender langdauernder Belastung der Leiterquerschnitte über die in der Tabelle 9 genannten Werte ist unter Berücksichtigung der Streu-

werte der Überstromschutzorgane gegebenenfalls eine geringere Sicherungsstufe als angegeben zu wählen. Schutzschalter sind entsprechend unter dem Wert der zulässigen Belastbarkeit einzustellen.

Tabelle 10

Nennquerschnitt mm <sup>2</sup>	Gruppe 1		Gruppe 2		Gruppe 3	
	Cu A	Al A	Cu A	Al A	Cu A	Al A
0,75	—	—	6	—	10	—
1	6	—	10	—	10	—
1,5	10	—	10 <sup>1)</sup>	—	20	—
2,5	16	10	20	16	25	20
4	20	16	25	20	35	25
6	25	20	35	25	50	35
10	35	25	50	35	63	50
16	50	35	63	50	80	63
25	63	50	80	63	100	80
35	80	63	100	80	125	100
50	100	80	125	100	160	125
70	125	—	160	125	200	160
95	160	—	200	160	250	200
120	200	—	250	200	315	200
150	—	—	250	200	315	250
185	—	—	315	250	400	315
240	—	—	400	315	400	315
300	—	—	400	315	500	400
400	—	—	—	—	630	500
500	—	—	—	—	630	500

<sup>1)</sup> Für Leitungen mit nur 2 belasteten Adern kann bis zur endgültigen internationalen Festlegung von deren Strombelastbarkeit weiterhin ein Schutzorgan von 16 A gewählt werden.

#### Max. zulässige Absicherung der Leiterquerschnitte

Die Belastbarkeit bei Umgebungstemperaturen über 30° C bis 55° C und von Leitungen mit einer zulässigen Leitertemperatur von 60° C bzw. 70° C ist nach Tabelle 11 zu ermitteln.

Tabelle 11:

Umgebungstemperatur in °C	Strombelastbarkeit I <sub>Z</sub> in %	
	Gummiisolierung (zulässige Leiter- temperatur 60 °C)	PVC-Isolierung (zulässige Leiter- temperatur 70 °C)
über 30 bis 35	91	94
über 35 bis 40	82	87
über 40 bis 45	71	79
über 45 bis 50	58	71
über 50 bis 55	41	61

#### Strombelastbarkeit (A) von Leiterquerschnitten

## 2.5

### HINWEISE FÜR DIE VERLEGUNG

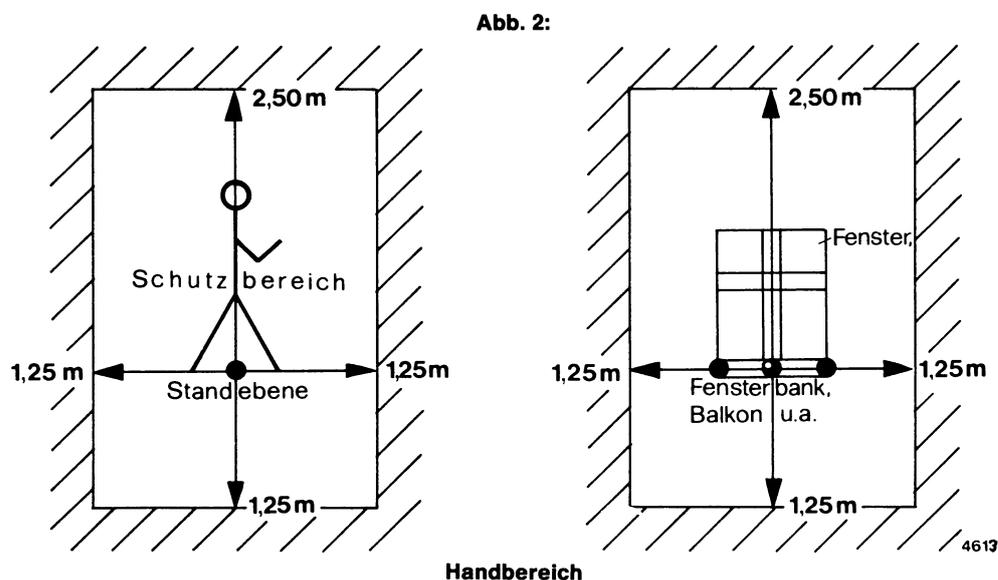
#### 2.5.1

#### Allgemeine Hinweise

Leitungen sollen nur senkrecht oder waagrecht verlegt werden. Sie müssen gemäß VDE 0100 durch ihre Lage oder durch Verkleidung vor mechani-

scher Beschädigung geschützt sein. Im Handbereich ist daher stets eine Verkleidung erforderlich.

Als **Handbereich** gilt der Bereich, der sich, von der Standfläche (auch z. B. Fensterbank) aus gemessen, nach oben bis zu 2,50 m, in seitlicher Richtung sowie nach unten bis zu 1,25 m erstreckt. Der Handbereich ist an solchen Stellen zu vergrößern, an denen nichtisolierte lange Gegenstände bewegt werden. Leitungen, die im oder unter dem Putz verlegt sind, gelten als außerhalb des Handbereichs angeordnet.



Als ausreichend verkleidet gelten z. B. alle Feuchtraumleitungen. An besonders gefährdeten Stellen ist für einen zusätzlichen mechanischen Schutz zu sorgen, z. B. durch übergeschobene Kunststoff- oder Stahlrohre oder durch sonstige Verkleidungen, die sicher befestigt sein müssen. Die Leitungen müssen auch den am Einbauort gegebenenfalls vorhandenen chemischen und thermischen Einwirkungen widerstehen oder von diesen ausreichend geschützt werden.

**Im Erdreich und in nicht zugänglichen unterirdischen Kanälen außerhalb von Gebäuden dürfen keine Leitungen, sondern nur Kabel verlegt werden.**

Bei der Wahl der Befestigungsmittel ist auf die Leitungsausführung und ihre Form Rücksicht zu nehmen. Stegleitungen kann man durch Gipsputz, der Leitungsform angepaßten Schellen aus Isolierstoff oder Metall mit isolierender Zwischenlage, durch Nageln mit Stahlnägeln mit Isolierstoffunterlegscheibe oder auch durch Kleben einwandfrei befestigen.

Bei Richtungsänderungen sind scharfe Knicke zu vermeiden.

Maßgebend für die kleinsten noch zulässigen Biegeradien sind neben dem Leitungsaußendurchmesser der Leitungsaufbau, die Verlege- und die Betriebsart.

## 2.5.2

### Sonderfälle

Leitungen für ortsveränderliche Stromverbraucher müssen an den Anschlußenden von Zug und Schub entlastet werden.

Die Schutzleitungsader muß länger als die übrigen stromführenden Adern sein, so daß sie beim Versagen der Zugenlastung erst nach dieser auf Zug beansprucht wird.

Durch Tüllen oder Abrunden der Einführungsstelle sind die Leitungen vor Knicken zu schützen.

**Metallhüllen sowie etwa vorhandene blanke Beidrähte dürfen weder als stromführende Leiter noch als Mittel- oder Schutzleiter benutzt werden.**

### 3. STARKSTROMKABEL

#### 3.1 ALLGEMEINES

Für Aufbau, Einsatz und Prüfung von Starkstromkabelanlagen sind die wichtigsten Bestimmungen in der Anlage 1 aufgeführt. Sie dienen als Grundlage zur Erarbeitung dieser Vorschrift.

#### 3.2 ELEKTRISCHE GRUNDLAGEN IN DER KABELTECHNIK

Ein Kabel, einmal im Erdreich fachgerecht verlegt, hat unter normalen Betriebsbedingungen nachweislich eine Lebensdauer bis zu 50 Jahren. Es unterliegt unterschiedlichen Beanspruchungsarten. Eine besondere Beanspruchung der Kabelisolierung ist durch das bei Betrieb im Kabel vorhandene **elektrische Feld** gegeben.

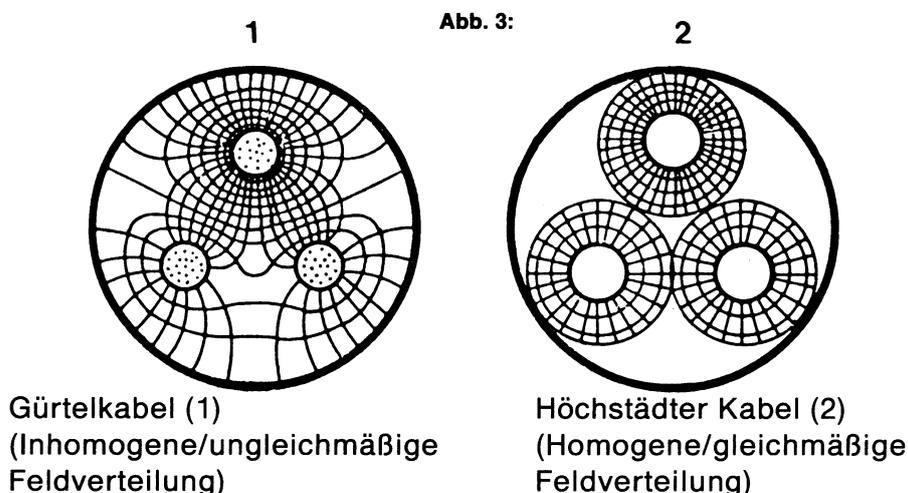
Ein unter Spannung stehender Leiter baut um sich herum ein elektrostatisches Feld – oder einfach gesagt: ein elektrisches Feld – auf. Dieser Vorgang ist nicht zu verwechseln mit dem elektromagnetischen Feld, aufgebaut durch den elektrischen Strom im Leiter.

Das elektrische Feld unterschiedlicher Feldstärke wird durch eine unterschiedliche Anzahl elektrischer Feldlinien dargestellt.

Dies ist eine ähnliche Darstellungsweise wie beim elektromagnetischen Feld, bei dem die Flußlinien mit Hilfe von Eisenfeilspänen sichtbar gemacht werden können.

Eine **hohe elektrische Spannung** bedeutet ein **starkes elektrisches Feld**, eine **große Anzahl von elektrischen Feldlinien** und eine **hohe elektrische Feldliniendichte**.

Eine **niedrige elektrische Spannung** bedeutet ein **schwaches elektrisches Feld**, eine **kleine Anzahl von elektrischen Feldlinien** und eine **niedrige elektrische Feldliniendichte**.



Vergleich der Feldverteilung bei dreiadrigen Kabeln

Ein Isolator oder die Isolierung eines Kabels kann auf die Dauer nur einer bestimmten Spannungshöhe standhalten. Wird diese Spannung überschritten, kommt es zu einem Durchschlag, zum Kurzschluß mit all seinen be-

kannten Auswirkungen sowie Zerstörung der Isolierung. Man spricht von der Durchschlagfestigkeit einer Isolierung in kV/mm. Die Durchschlagfestigkeit ist ein Maß für die Güte der Isolierung. Elektrische Feldlinien treten aus einem runden Leiter immer radial aus und suchen den direkten Weg zum anderen Potential. Wird ein **Leiter** von **ein- und demselben Isolierstoff** umschlossen, bildet sich **dieses Feld gleichmäßig aus**. Man spricht von einem **homogenen Feld**.

Werden aber um den **Leiter herum unterschiedliche Isolierstoffe** oder **unterschiedliche Isolierticken** aufgebracht, so kommt es zu **ungleichmäßigen Feldern**, zu **ungleichmäßiger Belastung der Isolierung**, zur **Feldlinienhäufung**, d. h. zu **Bereichen stärkerer und schwächerer Feldliniendichte**. Das **elektrische Feld** wird **inhomogen**. Der Durchschlag findet an Schwachstellen der Isolierung, an inhomogenen Stellen, statt.

Für den Katastrophenfall kann man daraus ableiten, daß durch gewaltsame Veränderungen im Erdreich, durch Erdbeben, durch Explosionen, Verschiebungen u.a.m. mechanische Schäden und somit Schwachstellen in der Isolierung auftreten, die das Kabel durchschlagen lassen, obwohl rein äußerlich diese Schäden nicht einmal sichtbar sind.

Schon bei der Behandlung von Kabeln und Armaturen bei der Verlegung, beim Absetzvorgang und beim Transport sollte aus dieser Erkenntnis heraus größte Sorgfalt und Umsicht herrschen. Das trifft für alle Kabel zu, besonders aber für Starkstromkabel über 1 kV.

Beim **Gürtelkabel** (Abb. 3) kann es zu Zonen hoher Feldlinienhäufung kommen. An dieser Stelle unterhalb der Gürtelisolierung können Durchschläge erfolgen. Deshalb ist das Gürtelkabel etwa nur bis zu einer Spannung von 10 kV einsetzbar.

Beim **Dreimantelkabel** (Höchstädter-Kabel) (Abb. 3) bleiben die Felder durch besondere äußere Leitschichten homogen, obwohl es unter den einzelnen Kabeladern Unterschiede in der Feldliniendichte gibt. Das hängt von der Frequenz der Drehspannung ab, die in der Bundesrepublik Deutschland allgemein 50 Hz beträgt.

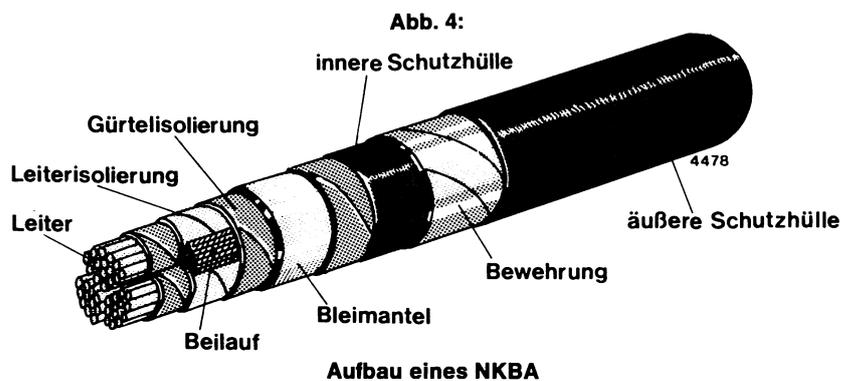
### 3.3 BAUELEMENTE DER STARKSTROMKABEL

#### 3.3.1 Allgemeines

Bauelemente der Starkstromkabel (Konstruktionselemente) sind:

- die Leiter
- die Isolierungen
- der Mantel
- die Bewehrung
- die Schutzhüllen

Das folgende Bild zeigt den Aufbau eines Kabels am Beispiel eines Gürtelkabels (NKBA):



## 3.3.2

**Der Leiter**

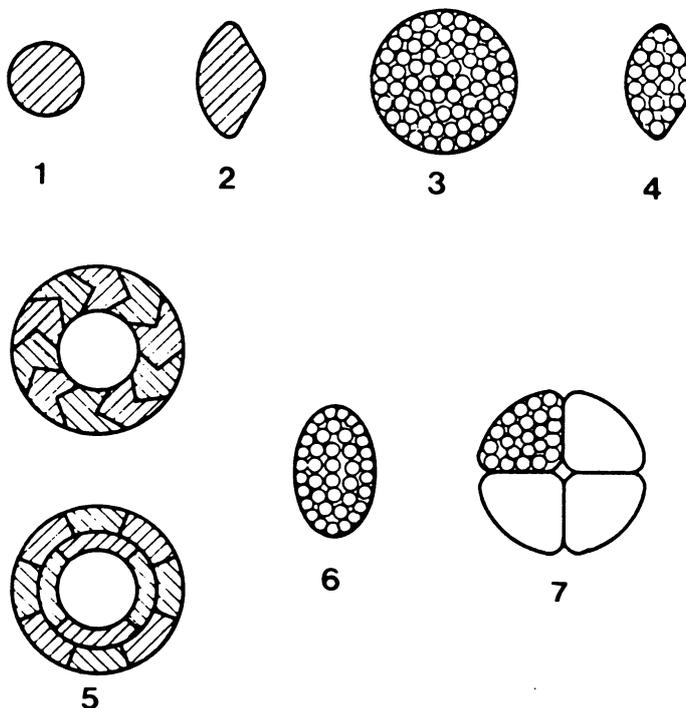
Die für die Elektrotechnik aus Kupfer (E-Cu) oder Aluminium (E-Al) hergestellten Leiter bestehen bei kleinen Querschnitten (0,75 – 1,0 – 1,5 – 2,5 – 4 – 6 – 10 und 16 mm<sup>2</sup>) aus einem (1) Draht.

Bei größeren Querschnitten (16 – 25 – 35 – 50 – 70 – 95 – 120 – 150 – 185 – 240 und 300 mm<sup>2</sup> – in Sonderfällen bei Einleiterkabeln auch bis 1000 mm<sup>2</sup>) werden zur Erzielung der erforderlichen Biegsamkeit die Leiter aus mehreren verseilten Drähten hergestellt.

Im allgemeinen unterscheidet man folgende Leiterformen und deren Anordnung im Kabel (Abb. 5.1/5.2):

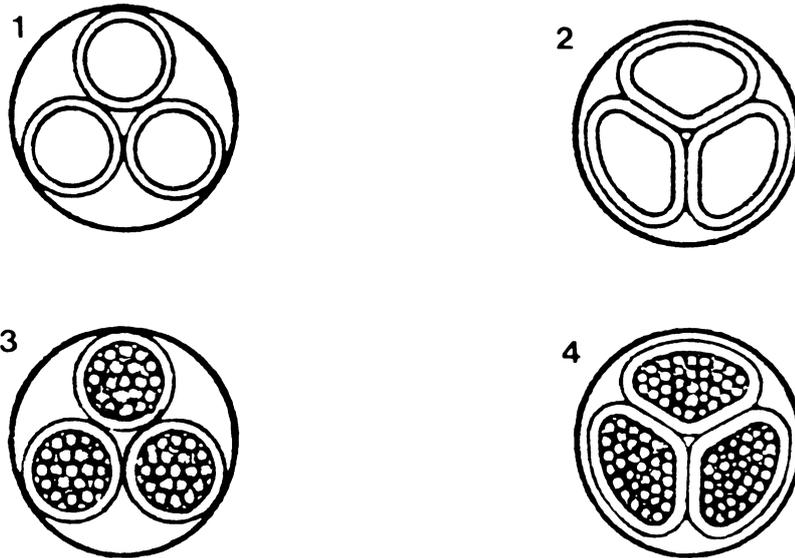
- Rundleiter, eindrahtig (re) (1)
- Sektorleiter, eindrahtig (se) (2)
- Rundleiter, mehrdrähtig (rm) (3)
- Sektorleiter, mehrdrähtig (sm) (4)
- Hohlleiter (5)
- Ovalleiter (6)
- Segmentleiter (7)

Abb. 5.1:



Leiterformen

Abb. 5.2:



Anordnung im Kabel

Mehrdrätige Leiter werden vielfach während der Fertigung verdichtet. Somit werden kleinere Durchmesser und dünnere Kabel erzielt.

Hochleistungskabel-Systeme werden mit einadrigen Kabeln je Phase aufgebaut. Die Querschnitte der einadrigen Kabel reichen dann bis zu 1000 mm<sup>2</sup>.

### 3.3.3 Die Isolierung

Die seit Jahrzehnten bewährte Isolierung aus geschichteten und mit Isolieröl getränkten Papierlagen wird für sämtliche Spannungsbereiche der Starkstromkabel angewendet.

Leiterisolierungen aus Gummimischungen werden vorwiegend für Nieder- und Mittelspannungen bei besonderen Betriebsverhältnissen vorgesehen, z. B. bei ortsveränderlichen Anlagen.

Die Erforschung der thermoplastischen Kunststoffe und die Entwicklung ihrer Aufbereitungs- und Verarbeitungstechnik führte mehr und mehr zu ihrer Anwendung in der Kabeltechnik. Auf Grund vieler guter Eigenschaften finden vorwiegend „Polyvinylchlorid-Mischungen“ (PVC) und „Polyethylen“ (PE) als Leiterisolierung für Kabel in Niederspannungsnetzen und im Mittelspannungsbereich Verwendung. Für Hochspannungskabel ist PVC wegen seiner verhältnismäßig großen dielektrischen Verluste ungeeignet. Dieser Spannungsbereich war bisher dem Ölkabel oder Druckgaskabel vorbehalten. Inzwischen wurde auch PE-Kabel für diesen Spannungsbereich entwickelt.

### 3.3.4 Der Mantel

Seit Beginn der Kabeltechnik wird Blei für die Herstellung von Kabelmänteln verwendet. Seit einigen Jahren gewinnt Aluminium als Mantelmaterial zunehmend an Bedeutung. Bei anderen Verfahren werden Stahl- oder Kupferblech zur Herstellung der Kabelmäntel benutzt. Nichtmetallische Mäntel

finden bisher nur bei gummi- bzw. kunststoffisolierten Kabeladern oder als Schutzhülle gegen mechanische Beschädigung und Korrosion für Metallmängel Anwendung.

### 3.3.5 **Die Bewehrung**

Die Bewehrung soll das Kabel gegen mechanische Schäden schützen. Sie ist je nach zu erwartender Belastung (Berg-, Fluß- oder Seekabel) auszuwählen. Bei Papierbleikabeln ist im allgemeinen eine Stahlbandbewehrung, bestehend aus zwei überlappt gewickelten, mit Masse überzogenen Stahlbändern ausreichend. Für größere Zugbeanspruchungen sind Bewehrungen aus Stahldrähten je nach Beanspruchung als Flach-, Rund- oder Z-Draht vorgesehen.

### 3.3.6 **Die Schutzhülle**

Gegen chemische und elektrolytische Korrosionsschäden erhalten Metallmantelkabel eine besondere Schutzhülle. Man unterscheidet eine innere und eine äußere Schutzhülle.

Die innere Schutzhülle liegt zwischen Mantel und Bewehrung und besteht aus mehreren Lagen Faserstoff-, Gummi- oder Kunststoffbändern mit Zwischenschichten aus zähflüssiger Masse.

Die äußere Schutzhülle besteht bei Papierbleikabeln noch überwiegend aus vorgetränkter Jute. Um ein Festkleben der Kabel auf der Kabeltrommel zu vermeiden, erhält die äußere Schutzhülle einen nichtklebenden Überzug, im allgemeinen aus Schlämmkreide.

Einige Ausführungen von Papierbleikabeln haben eine Schutzhülle aus PVC wie die Kunststoffkabel.

Bei bewehrten Kabeln ohne äußere Schutzhülle ist die Bewehrung mit einem Rostschutzanstrich versehen.

### 3.3.7 **Kennzeichnung der Adern und des Außenmantels**

Die Adern eines Kunststoffkabels werden in Übereinstimmung mit internationalen Vereinbarungen bei Spannungen bis 1 kV mit Farben gem. Tab. 12 gekennzeichnet.

Bei Kunststoffkabeln über 1 kV bei Papierbleikabeln sind die Adern im allgemeinen naturfarben.

Für Starkstromkabel der Spannungsreihe 1 kV mit PVC-Außenmantel ist dieser schwarz eingefärbt.

Bei Kabeln mit höherer Nennspannung ist der Außenmantel rot.

Tabelle 12:

Aderzahl	Aderkennzeichnung mit Schutzleiter Kennzeichen – I	Aderkennzeichnung ohne Schutzleiter Kennzeichen – 0
1	gnge*	sw
2	gnge/sw	sw/hbl
3	gnge/sw/hbl	sw/hbl/br
4	gnge/sw/hbl/br	sw/hbl/br/sw
5	gnge/sw/hbl/br/sw	sw/hbl/br/sw/sw
mehr als 5	gnge, übrige Adern sw mit weißen Ziffern	sw mit weißen Ziffern

\* Die Farbkurzzeichen bedeuten: gnge = grüngelb, sw = schwarz  
hbl = hellblau, br = braun

#### Aderkennzeichnung (Kabel)

### 3.4 KABELBAUARTEN

#### 3.4.1 Unterscheidungsmerkmale

Die jeweilige Bauart eines Kabels hängt einmal ab von den Umgebungsbedingungen denen das Kabel ausgesetzt ist, zum anderen von der elektrischen Beanspruchung.

Nach den Umgebungsbedingungen richtet sich die Wahl der Schutzhüllen und Bewehrungen, nach der elektrischen Beanspruchung die Wahl der Isolierdicke und die Art der Abschirmung.

Alle Kabel sind grundsätzlich nach

- der Nennspannung
- den zu erwartenden Anforderungen im Betrieb
- wirtschaftlichen Gesichtspunkten

auszuwählen.

Um dem Helfer einen Anhalt zu geben sind in Anlage 2 zunächst die verschiedenen Bauarten der Kabel sowie die Kabelausführungen mit den dazugehörigen Garnituren erläutert.

#### 3.4.2 Papierisolierte Kabel

**Papierisolierte Kabel**, die mit einer zähflüssigen Isoliermasse (Öl) getränkt sind, bezeichnet man auch als Massekabel. Die papierisolierten Adern werden miteinander verseilt; die dabei entstehenden Zwischenräume füllt eine mitlaufende Papierschnur (Beilauf) aus.

**Gürtelkabel** sind Mehrleiterkabel, die eine gemeinsame Isolierung (Gürtel) aus mehreren Papierlagen und darüber einen Metallmantel haben.

**Hochstädter-Kabel (H-Kabel)** unterscheiden sich vom Gürtelkabel durch eine äußere Lage mit metallisiertem Papier auf den einzelnen Adern. Diese leitende Papierlage schirmt das elektrische Feld der Adern gegeneinander ab.

**Dreimantelkabel** bestehen aus drei einzeln mit einem Bleimantel versehenen Adern, die miteinander verseilt sind. Sie werden für Spannungen über 10 bis 30 kV verwendet.

**Einleiterkabel** sind wie die Einzeladern eines Mehrmantelkabels aufgebaut, haben aber zusätzlich eine äußere Schutzhülle.

### 3.4.3 Kunststoffisolierte Kabel

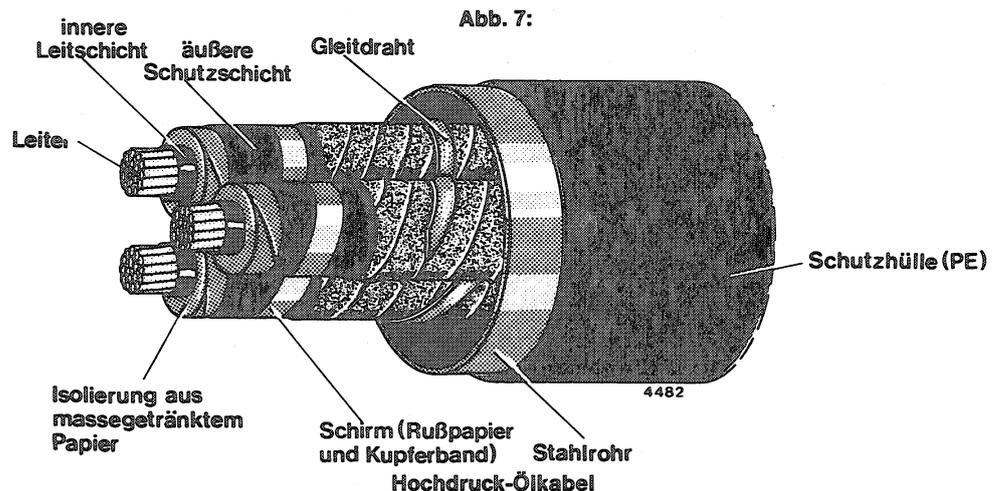
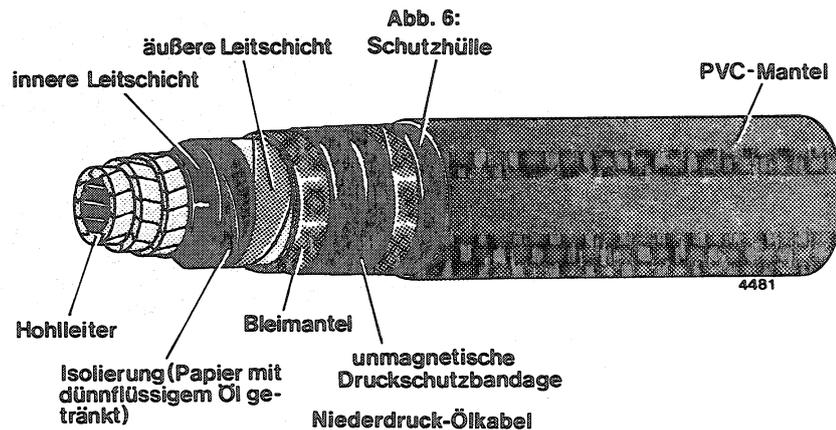
**Kunststoffisolierte Kabel mit Metallmantel** haben für ihre Leiter eine Isolierung aus Kunststoff. Bei Mehrleiterkabeln sind die Einzeladern miteinander verseilt und mit einer gemeinsamen Hülle aus Kunststoff umhüllt. Darauf folgt ein Metallmantel, der – wie bei den papierisolierten Kabeln – mit innerer Schutzhülle, Bewehrung und äußerer Schutzhülle versehen ist.

**Kunststoffisolierte Kabel ohne Metallmantel** haben einen inneren Aufbau wie Kabel mit Metallmantel. Anstelle des Metallmantels befindet sich ein nahtloser Mantel aus Kunststoff, darüber die Schutzhülle und die Bewehrung wie beim papierisolierten Kabel. Zur Ummantelung wird vor allem PVC oder PE verwendet. Diese Kabel werden auch als Einleiterkabel ausgeführt.

### 3.4.4 Spezialkabel für höhere Spannungen

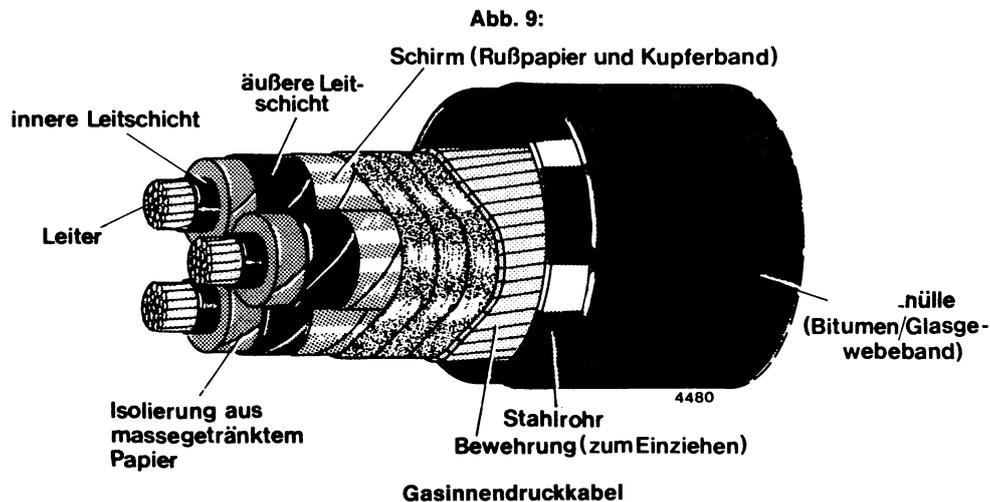
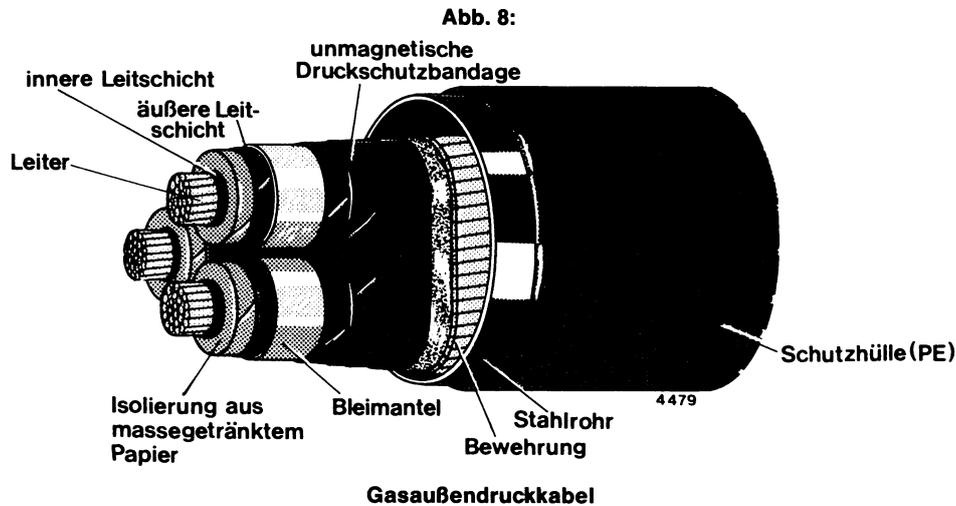
**Ölkabel** werden zur Übertragung elektrischer Energie höherer Spannung verwendet. Die Papierisolierung dieser Kabel ist mit Isolieröl getränkt, vorhandene Hohlräume sind mit Öl ausgefüllt. Das Öl im Kabel muß stets unter Druck gehalten werden, damit sich keine neuen Hohlräume bilden können. Ölkabel können elektrisch wesentlich höher belastet werden als Massekabel.

...



**Gasaußen- und -innendruckkabel** werden neben den Ölkabeln auch als Hochleistungskabel verwendet. Als Gas wird meist Stickstoff mit Drücken von 10 bis 15 bar benutzt.

Arbeiten an Öl- und Gasdruckkabeln werden aus Gründen der speziellen Verarbeitung vom THW nicht durchgeführt.



### 3.4.5 Kabel älterer Bauart

Die Dicke der Isolierung und Nennwanddicke des Bleimantels sind in den Jahren 1928 bis heute verschiedentlich geändert worden.

Während durch die Kriegsvorschriften bei den 1-kV-Niederspannungskabeln die Dicke der Isolierung und des Bleimantels stark vermindert wurde, entsprechen die derzeitigen Bestimmungen bezüglich dieser Werte wieder den ursprünglichen. Die Umstellung von Hochspannungs-Verteilungsnetzen aus Gründen der gestiegenen Stromabnahme auf eine höhere Betriebsspannung setzt voraus, daß die vorhandenen Kabel bereits für die erhöhte Spannung beschafft worden sind. Unter bestimmten Voraussetzungen können jedoch auch Kabel mit einer gegenüber ihrer Nennspannung erhöhten Spannung betrieben werden. So wurden z. B. Kabelnetze von 3 kV auf 6 kV oder von 6 kV auf 10 kV umgestellt, ohne daß hierdurch die Betriebssicherheit der Kabelnetze gefährdet wurde.

Durch die Erhöhung der Nennspannung erhöht sich die Beanspruchung der Papierisolierung. In solchen Fällen wird eine Verkürzung der Lebensdauer der Kabel in Kauf genommen.

### 3.5 KABELKURZBEZEICHNUNG

Grundsätzlich unterscheidet man Kabel nach ihrem Aufbau.

Abhängig davon, ob es sich um Masse-(Papierblei-) oder Kunststoffkabel handelt, werden unterschiedliche Kurzbezeichnungen verwendet, die den jeweiligen Kabeltyp beschreiben.

Tabelle 13:

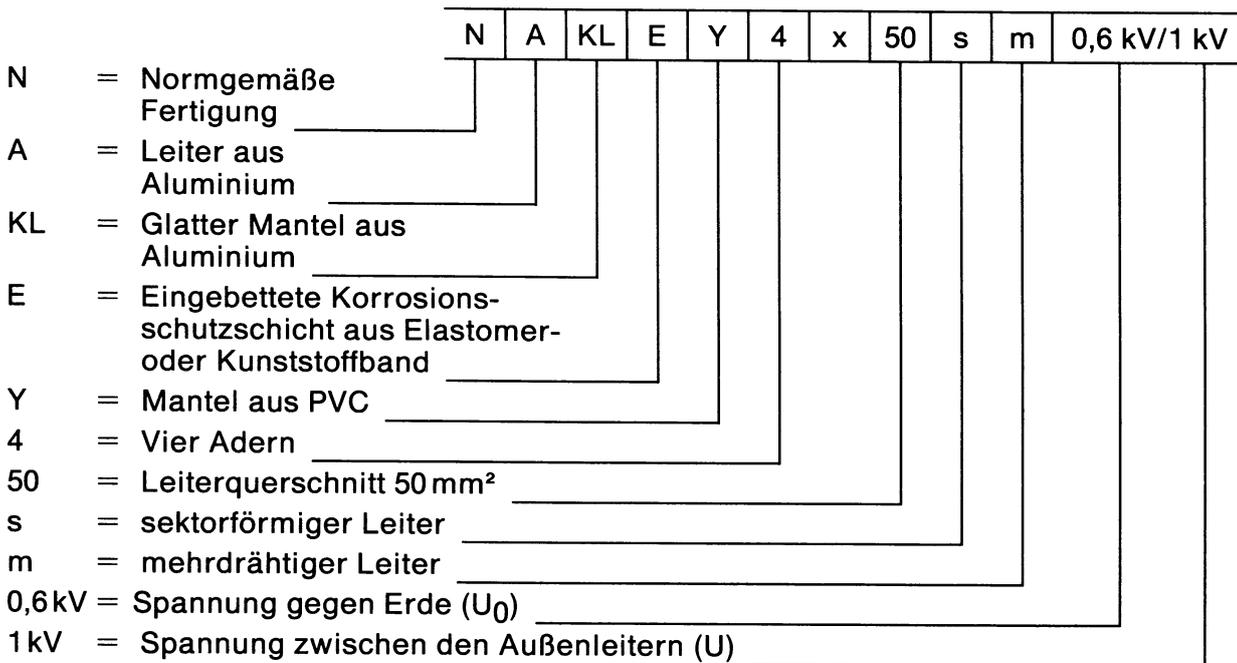
Vom Leiter ausgehend	Kurzzeichen	Zeichenerklärung
Ader	N	Erster Buchstabe eines Kurzzeichens bedeutet normgemäße Fertigung und Prüfung nach VDE
	A	Leiter aus Aluminium
	H	Schirmung über Isolierung mit Höchstädter-Folie beim Höchstädter-Kabel
	E	Einzeln mit Metallmantel und Korrosionsschutz umgebene und verseilte Ader
Metallmantel	K	Bleimantel
	KL	Glatter Aluminiummantel
Schutzhülle	E	Eingebettete Korrosionsschutzschicht aus Kunststoffolie
	Y	Schutzhülle aus thermoplastischem Kunststoff auf PVC-Basis
Bewehrung Mantel	B	Stahlbandbewehrung
	A	Äußere Schutzhülle aus bitumierten Faserstoffen
	Y	Äußere Schutzhülle in Form eines Mantels aus thermoplastischem Kunststoff auf PVC-Basis

Kurzzeichen für Starkstromkabel mit Papier-Isolierung

Wird keine Angabe über den Leiter gemacht, so besteht der Leiter immer aus Kupfer (z. B. NKBA).

**Beispiel:** Ein Kabel hat die Kabelkurzbezeichnung NAKLEY 4 x 50 sm 0,6/1 kV.

Das bedeutet:



**Tabelle 14:**

Vom Leiter ausgehend	Kurzzeichen	Zeichenerklärung	
Ader	N	Erster Buchstabe eines Kurzzeichens bedeutet normgemäße Fertigung und Prüfung nach VDE	
	A	Leiter aus Aluminium	
	Y	PVC-Isolierung	
	2Y	Isolierhülle aus Polyäthylen	
	2X	Isolierhülle aus vernetztem Polyäthylen	
	H	Feldbegrenzende leitfähige Schichten über dem Leiter und über der Isolierung	
	Konzentrischer Leiter Schirme	C	Konzentrischer Leiter aus Kupfer als Mittelpunkt, Sternpunkt, Schutz- oder Nulleiter
		CW	Konzentrischer Leiter aus Cu, wellenförmig aufgebracht (Ceander)
		CE	Konzentrischer Leiter bei mehradrigen Kabeln über jeder einzelnen Ader (Bergbau unter Tage)
		S	Schirm aus Cu, mindestens 6 mm <sup>2</sup> als Berührungsschutz oder zur Fortleitung von Ableit- oder Erdschlußströmen
SE		Bei mehradrigen Kabeln feldbegrenzende Schichten über Leiter und Isolierung und Kupferschirm über jeder einzelnen Ader (H entfällt hier)	

noch: Tabelle 14

Vom Leiter ausgehend	Kurzzeichen	Zeichenerklärung
Bewehrung	Y	Innere Schutzhülle aus PVC zwischen Schirm oder konzentrischem Leiter und der Bewehrung (Polster)
	F	Flachdrahtbewehrung
	FF	Flachdrahtbewehrung, doppelt
	R	Runddrahtbewehrung
Mantel	Gb	Halte- bzw. Gegenwandel aus Stahlband
	Y	PVC-Außenmantel

Kurzzeichen für Starkstromkabel mit Kunststoff-Isolierung

Bei Kabeln mit U gleich 1 kV, die keinen konzentrischen Leiter haben, werden zusätzlich gekennzeichnet mit

- J Kabel enthält eine grüngelb gekennzeichnete Ader – mit Schutzleiter –
- O Kabel enthält keine grüngelb gekennzeichnete Ader – ohne Schutzleiter –

**Beispiel:** Ein Kabel hat die Kabelkurzbezeichnung NYFGbY-J 19 x 1,5 re 0,6/1 kV.

Dabei bedeuten:

	N	Y	F	Gb	Y	-J	19 x	1,5	re	0,6/1 kV
N	= Normgemäße Fertigung									
Y	= Leiterisolierung aus PVC									
F	= Flachdrahtbewehrung									
Gb	= Halte- bzw. Gegenwandel aus Stahlband									
Y	= Außenmantel aus PVC									
-J	= grüngelbe Ader (= Schutzleiter)									
19	= Anzahl der Adern									
1,5	= Leiterquerschnitt 1,5 mm <sup>2</sup>									
re	= runder, eindrätiger Leiter									
0,6 kV	= Spannung gegen Erde (U <sub>0</sub> )									
1 kV	= Spannung zwischen den Außenleitern (U)									

Kurzzeichen für Starkstromkabel mit Kunststoff-Isolierung

Zu einer kompletten Typenangabe für ein Kabel gehören neben den Kurzzeichen Anzahl, Querschnitt und Aufbau der Hauptleiter – Außenleiter – (re, rm, se, sm) und ggf. des Mittelleiters sowie die Nennspannung.

Bei konzentrischen Leitern bezieht sich der wirksame Querschnitt immer auf den jeweiligen Werkstoff des Außenleiters, bei Schirmen immer auf Kupfer.

Die Anwendbarkeit der Kabelbauarten ist teilweise auf einzelne Spannungsbereiche beschränkt, sie können aber auch im gleichen Spannungsbereich nebeneinander angewendet werden und dort nach ihren individuellen technischen Vorzügen oder nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten ausgewählt werden.

### 3.6 BELASTBARKEIT DER KABEL

#### 3.6.1 Allgemeines

Bei Verwendung in Drehstromsystemen darf unter normalen Betriebsbedingungen die **Betriebsspannung** die Nennspannung der Kabel um **nicht mehr als 20 %** übersteigen.

**Beispiel:**

Nennspannung 6/10 kV

Höchste zulässige Betriebsspannung 12 kV

#### 3.6.2 Richtlinien für die Belastbarkeit

Die Strombelastung der Kabel muß so begrenzt werden, daß an jeder Stelle einer Kabelanlage die im Kabel erzeugte Wärme unter den vorgegebenen Verhältnissen sicher in die Umgebung abfließen kann.

Entsprechende Richtwerte für Niederspannungskabel sind der Tabelle zu entnehmen, dabei wird für die dauernd zulässige Belastung in Ampere (A) von Erdverlegung und einer Umgebungstemperatur von 20° C ausgegangen.

Tabelle 15:

Nennquerschnitt mm <sup>2</sup>	Einleiterkabel		Einleiterkabel		Drei- und Vierleiterkabel	
	Cu 	Al	Cu   	Al	Cu	Al
1,5	/				26	
2,5	/				34	
4	/				44	
6	/				56	
10	/				75	
16	107		127		98	
25	137		163		128	99
35	165	127	195	151	157	118
50	195	151	230	179	185	142
70	239	186	282	218	228	176
95	287	223	331	261	275	211
120	326	254	367	294	313	242
150	366	285	402	325	353	270
185	414	323	443	361	399	308
240	431	378	488	406	464	363
300	542	427	529	446	524	412
400	624	496	571	491	600	475
500	698	562	603	529	—	—

Strombelastbarkeit (A) von Niederspannungskabeln bei Erdverlegung

Bei höheren Umgebungstemperaturen ist von niedrigeren Werten gem. Tab. 11 auszugehen.

Die Voraussetzung für die Tabellenwerte sind:

- Belastungsgrad 0,7 (EVU-Last)
- Erdboden-Wärmewiderstand 1,0 K m/W
- Erdbodentemperatur 20° C
- Anzahl der Kabel/Systeme 1
- Verlegetiefe 70 cm

Als EVU-Last bezeichnet man den 10-stündigen Vollastbetrieb im Wechsel mit einem 10-Stunden-Betrieb bei 60 % Vollast. Dauerlast = 75 % Vollast.

Die angegebenen Stromstärken gelten für ein direkt in die Erde verlegtes Kabel, das in eine Sandschicht eingebettet ist.

Weiterhin wird vorausgesetzt, daß der Erdboden in begrenztem Maße austrocknen kann, wenn die für die Austrocknung des Bodens notwendige Oberflächentemperatur des Kabels erreicht wird.

Tabelle 16:

Nennquerschnitt mm <sup>2</sup>	Einleiterkabel		Einleiterkabel		Drei- und Vierleiterkabel	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
1,5	20		25		18,5	
2,5	27		34		25	
4	37		45		34	
6	48		57		43	
10	66		78		60	
16	89		103		80	
25	118		137		106	83
35	145	113	169	131	131	102
50	176	138	206	160	159	124
70	224	174	261	202	202	158
95	271	210	321	249	244	190
120	314	244	374	291	282	220
150	361	281	428	333	324	252
185	412	320	494	384	371	289
240	484	378	590	460	436	339
300	549	433	657	530	481	377
400	657	523	734	627	560	444
500	749	603	786	687	—	—

Strombelastbarkeit (A) von Niederspannungskabeln bei Luftverlegung

Bei luftverlegten Kabeln gilt die Dauerlast – Belastungsgrad 1,0 – als normale Betriebsweise. Die angegebenen Werte gelten für **frei in Luft verlegte Kabel bei einer Temperatur von 30° C** unter folgenden Voraussetzungen:

- Abstand der Kabel von Wand, Boden oder Decke 2 cm
- Abstand zwischen nebeneinander liegenden Kabeln 2 x D
- Abstand zwischen übereinander verlegten Kabeln 2 x D
- Abstand zwischen übereinander verlegten Kabelanlagen 20 cm
- Schutz gegen direkte Sonnenbestrahlung
- ausreichend große und belüftete Räume oder
- Berücksichtigung der durch Verlustwärme der Kabel zunehmenden Umgebungstemperatur
- keine Behinderung der Wärmeabgabe durch Konvektion und Strahlung
- keine fremden Wärmequellen

Sind bei Verwendung von Schutzabdeckungen Lufteinschlüsse zwischen Kabel und Umgebung nicht auszuschließen, ist die Belastung auf **90 %** des Nennstroms zu begrenzen.

Bei Verlegung in Rohrsystemen muß auf **85 %** des Nennstroms reduziert werden.

Darüber hinaus gibt es weitere Umgebungsbedingungen, die eine Reduktion der Belastung erfordern, hierzu sind die Tabellen der VDE 0298 Teil 2 heranzuziehen.

Diese Berechnungen sind durch das EVU vorzunehmen.

### 3.6.3 Ermittlung des Belastungsstromes

Leitungen und Kabel dienen der Übertragung elektrischer Leistung. Der Belastungsstrom  $I$  (A) ergibt sich bei vorgegebener Leistung  $P_w$  (kW) und Betriebsspannung  $U$  (kV) nach folgenden Formeln:

$$\text{Für Einphasen-Wechselstrom: } I = \frac{P_w}{U \cdot \cos \varphi}$$

$$\text{Für Drehstrom: } I = \frac{P_w}{\sqrt{3} U \cos \varphi}$$

Im allgemeinen wird es sich um Drehstromsysteme handeln.

Als Leistungsfaktor wird als Faustwert  $\cos \varphi = 0,8$  angenommen, der Wert  $\sqrt{3} = 1,73$

Eine abgelegene Mühle soll mit elektrischer Energie versorgt werden.

Die Anschlußleistung sei 156 kW und die Mühle habe einen Leistungsfaktor  $\cos \varphi$  von 0,8. Die Betriebsspannung ist 380 V Drehstrom. Im Kabelgraben ist das Kabel mit Formsteinen abgedeckt.

#### Lösung:

$$1. \text{ Nennstrom } I_N = \frac{156 \text{ kW}}{\sqrt{3} \cdot 0,380 \text{ kV} \cdot 0,8} = 296 \text{ A}$$

2. Reduktionsfaktor  
Verlegung in Formsteinen (Kabelschutzhauben) 0,9

3. Der für die Auslegung des Kabels maßgebende Strom ergibt sich aus

$$I = \frac{I_N}{\text{Reduktionsfaktor}}$$

$$I = \frac{I_N}{0,9} = \frac{296 \text{ A}}{0,9} = 329 \text{ A}$$

4. Verwendetes Kabel NYY-J (Vierleiterkabel)  
 Erforderlicher Nennquerschnitt gemäß Tabelle 15: 150 mm<sup>2</sup>  
 Es wird ein Kabel NYY-J 3 x 150/70 sm 0,6/1 kV vorgeschlagen.

## 3.6.4

**ERMITTLUNG DES SPANNUNGSUNTERSCHIEDES**

Die Belastung von Leitungen und Kabeln durch den Strom ergibt in Abhängigkeit von der Länge, dem spezifischen Widerstand des Leiters und dem Querschnitt der Leitung einen Spannungsfall.

Die an die Leitungs- und Kabelsysteme angeschlossenen Verbraucher lassen aus Gründen der Versorgungssicherheit einen Spannungsfall von max. 5% zu.

Neben der Bestimmung des Leiterquerschnittes nach der zulässigen Erwärmung ist daher die Überprüfung des Querschnittes im Hinblick auf den Spannungsfall notwendig.

Der Querschnitt für Wechselstrom errechnet sich aus:

$$A = \frac{I_N \times 2l \times \cos \varphi}{\kappa \times U_v}$$

Der Querschnitt für Drehstrom errechnet sich aus:

$$A = \frac{I_N \times l \times \cos \varphi \times \sqrt{3}}{\kappa \times U_v}$$

A = Querschnitt des Leiters in mm<sup>2</sup>

I<sub>N</sub> = Belastungsstrom in Amp

l = Länge des Kabels in m

κ = spezifische Leitfähigkeit in  $\frac{\text{m}}{\Omega \text{ mm}^2}$

bei Aluminium = 36

bei Kupfer = 56

U<sub>v</sub> = Spannungsverlust in V

**Beispiel:**

Das Kabel zur abgelegenen Mühle (s. 3.6.3) soll hinsichtlich des Spannungsfalls überprüft werden. Dabei wird die Länge des Kabels mit 500 m festgestellt

**Lösung:**

$$U_v = 380 \cdot 0,05 = 19 \text{ V}$$

$$A = \frac{296 \cdot 500 \cdot 0,8 \cdot \sqrt{3}}{56 \cdot 19} = 192 \text{ mm}^2$$

Daher muß aus Gründen des Spannungsfalls ein Kabel NYY-J 3 x 240/120 sm 0,6/1 kV verlegt werden, obwohl die Strombelastbarkeit einen kleineren Leiterquerschnitt zuläßt.

Zur Ermittlung des Kabelquerschnittes sind daher beide Rechnungen unerläßlich.



## 4 EINORDNUNG VON KABELN IN DEN STRASSENKÖRPER

### 4.1 Grundsätze der Unterbringung

Hinweise für die „Unterbringung von Leitungen und Anlagen in öffentlichen Flächen“ sind in der DIN 1998 festgelegt.

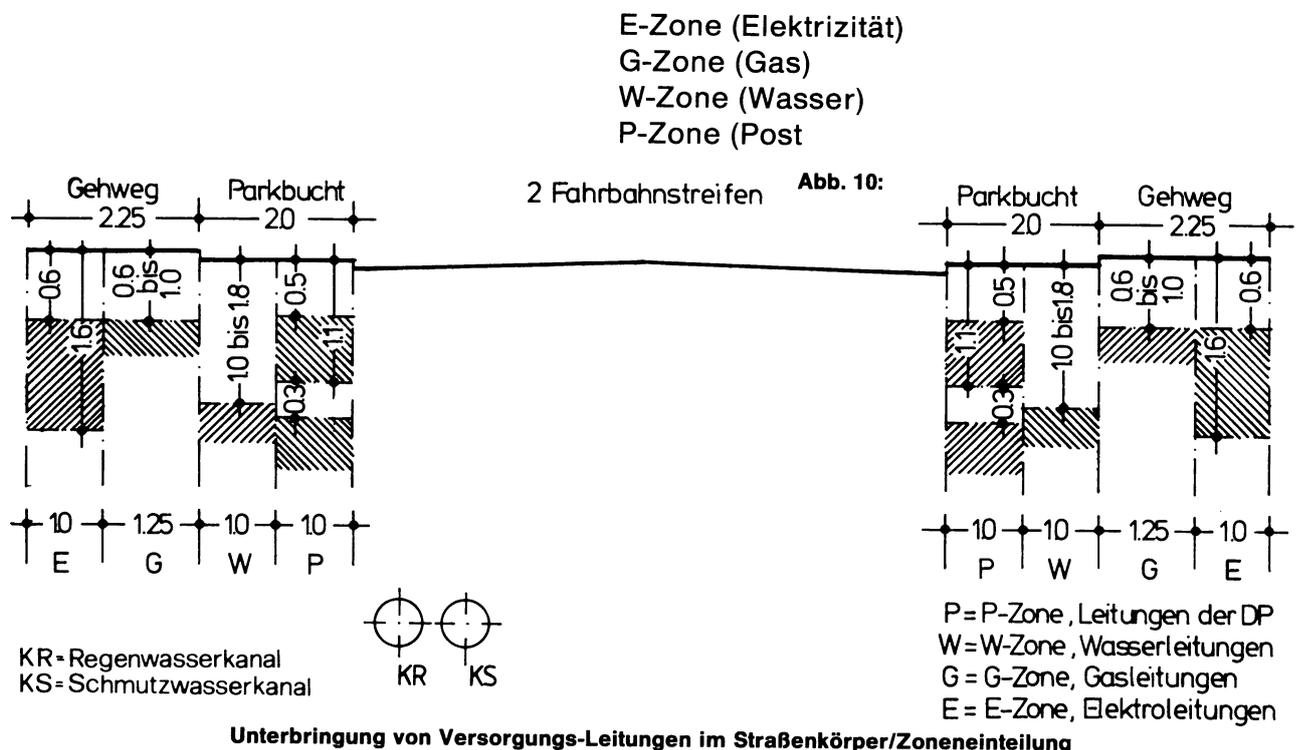
Leider sind die vorhandenen Anlagen in den wenigsten Fällen normgerecht ausgeführt. Darauf muß der Helfer bei Erdarbeiten achten.

Viele Kabel (auch andere Leitungen, z. B. Gas usw.) liegen schon 50 Jahre im Erdboden, und es gibt vielfach keine Unterlagen mehr.

In der Regel sollen **Versorgungseinrichtungen außerhalb** der Fahrbahn, **Entsorgungsleitungen in** der Fahrbahn untergebracht werden. Soweit der Raum außerhalb der Fahrbahn nicht ausreicht, sind in erster Linie Haupt- und Fernleitungen in der Fahrbahn vorzusehen. Bei der Aufteilung des Unterbringungsraumes sind die gegenseitige Beeinflussung und der notwendige Arbeitsraum für Bau und Betrieb der Anlage zu berücksichtigen. Bei Verlegung in der Fahrbahn soll der dem Fahrbahnrand benachbarte Fahrstreifen verwendet werden.

Die Ver- und Entsorgungs-Leitungen sind nach Möglichkeit so zu legen, daß dem Verkehr bei Arbeiten nur ein Fahrstreifen entzogen werden muß. Schächte sollen so angeordnet werden, daß durch Arbeiten der Fahrverkehr möglichst nur auf einem Fahrstreifen behindert wird und sie nach Möglichkeit nicht in die Rollspur eines Fahrstreifens fallen.

Zur Unterbringung der Leitungen und Anlagen außerhalb der Fahrbahn wird in Gehwegen, Radwegen, Parkbuchten, Grünstreifen (ohne Baumpflanzungen) usw. der erforderliche Raum in Zonen eingeteilt. Grundsätzlich sollen diese Zonen auf beiden Straßenseiten vorgesehen werden. In der Regel wird der Gehweg, beginnend an der Straßenbegrenzungslinie, in folgende Zonen eingeteilt:



Aus örtlichen Verhältnissen, insbesondere mit Rücksicht auf vorhandene Anordnungen, kann eine davon abweichende Zoneneinteilung festgelegt werden.

Alle Leitungen, Schächte und sonstigen Einbauten sollen innerhalb der Zonen im Bereich der Fahrbahn und an Kreuzungsstellen so angeordnet werden, daß gegenseitige Behinderungen, auch bei Hausanschlüssen, möglichst vermieden werden. Durch Einbauten oder Überbauten (z. B. Einsteigöffnungen, Kabelschächte, Anschlagsäulen, Maste) dürfen andere Zonen nur im Einverständnis mit dem jeweils betroffenen Versorgungsträger in Anspruch genommen werden. Leitungen sollen, abgesehen von Kreuzungen, nicht unter Gleisanlagen geführt werden.

#### 4.2 **Vorbereitende Arbeiten**

Vor Beginn der Baumaßnahme hat sich der Einsatzleiter (GF/ZF) vom EVU in die erforderlichen Streckenpläne einweisen zu lassen. Evtl. erforderliche Absprachen mit anderen Behörden sind in Zusammenarbeit mit dem EVU zu treffen.

Die Bereitstellung des erforderl. Materials ist hierbei ebenfalls abzuklären.

#### 4.3 **Absperr- und Sicherheitsmaßnahmen an der Kabelbaustelle**

Absperr- und Sicherheitsmaßnahmen sind gem. KatS-LA 303/A 2 Anhang 3 durchzuführen.

#### 4.4 **Aufbrechen und Wiederherstellen der Erdoberfläche**

Die Oberfläche ist mit geeigneten Werkzeugen und Geräten aufzubrechen. Alle aufgebrochenen Oberflächenmaterialien sind sorgfältig und vom Bodenaushub gesondert zu lagern. Dies gilt vor allem für Gehweg- und Pflaster-Unterbettungsmaterial, die Decklage, Kies und dergleichen.

Nach Beendigung der Verlegungsarbeiten ist die Erdoberfläche sofort provisorisch wiederherzustellen, damit die Straßen so schnell wie möglich für den öffentlichen Verkehr wieder freigegeben werden können.

#### 4.5 **Herstellen und Verfüllen von Kabelgräben und Baugruben**

Bevor mit den Erdarbeiten (Ausheben von Leitungsgräben) begonnen wird, ist zu ermitteln, ob im vorgesehenen Grabenbereich bereits Leitungen liegen, durch die die Helfer gefährdet werden können. Werden Leitungen oder ihre Schutzabdeckungen angetroffen, so muß sofort der Einsatzleiter verständigt werden.

Wenn nötig, so sind zunächst auf der Baustelle Quergrabungen herzustellen, um zu ermitteln, ob die vorgesehenen und von den zuständigen Behörden festgelegten Trassen auch tatsächlich frei von Anlagen anderer Leitungsverwaltungen sind. Die Probelöcher müssen breit und tief genug sein, um feststellen zu können, ob der erforderliche Raum für die einzubauenden Anlagen vorhanden ist.

Dementsprechend ist der auszubauende Kabelgraben anzulegen. Breite und Tiefe des Grabens werden normalerweise durch die Nennspannung und Anzahl der zu legenden Kabel bestimmt. Abweichende Tiefen können sich beim Kreuzen etwa im Erdreich vorhandener Anlagen ergeben.

Im Stadtgebiet können folgende Legungstiefen als Anhalt dienen:

bis	1-kV-Kabel	0,6 m
bis	10-kV-Kabel	0,8 m
bis	30-kV-Kabel	1,0 m
ab	110-kV-Kabel	1,2 m
	Fernmelde-Kabel	0,5 . . . 0,8 m

Das Aufnehmen der Straßenoberfläche und die Erdarbeiten sind mit großer Sorgfalt auszuführen. Um Beschädigungen vorhandener Leitungen zu vermeiden, ist der Einsatz von Baggern bis zu einer Tiefe von max. 40 cm zulässig. Ausnahme: Wenn durchgeführte Quergrabungen ergeben haben, daß keine anderen Versorgungsleitungen, Kabel usw. im Boden liegen.

Auflockerung und Aushub des Erdreiches ab 40 cm sollen möglichst mit Schaufel und Spaten geschehen. Der Gebrauch der Spitzhacke ist nur zum Auflockern nicht stichfähigen Bodens zulässig; in unmittelbarer Nähe von vorhandenen Leitungen ist ihre Verwendung in jedem Fall verboten. Der ausgehobene Graben bzw. die Baugrube ist allseitig mindestens 60 cm von Bodenaushub und Material freizuhalten.

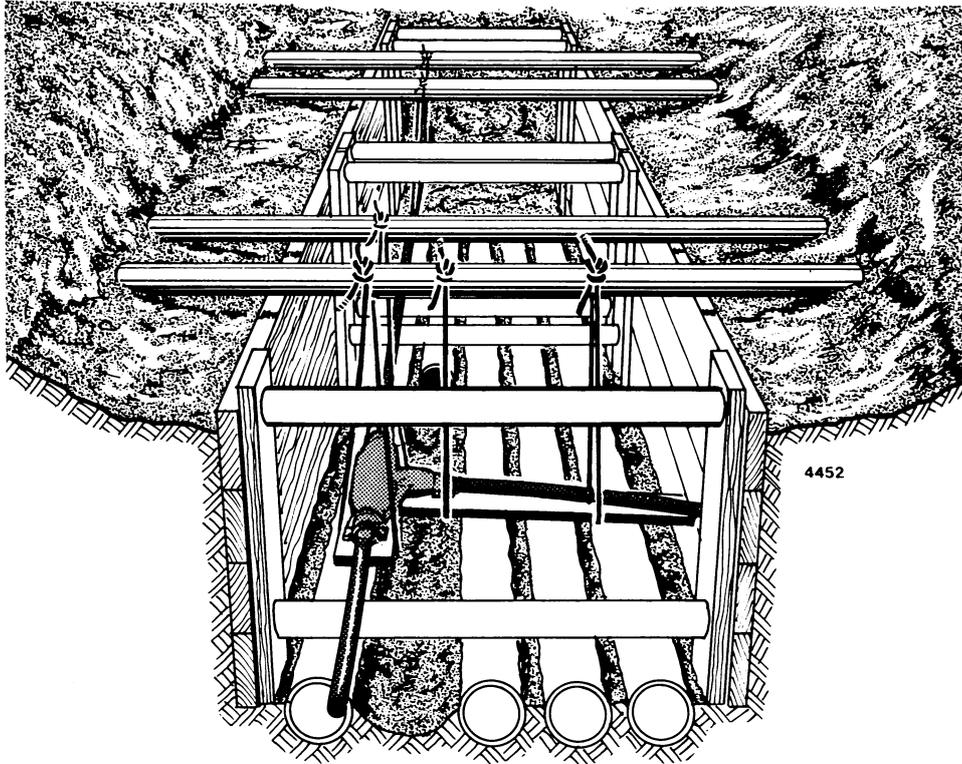
Gruben und Gräben von mehr als 1,25 m Tiefe, die betreten werden, müssen den Bodenverhältnissen und den Auflasten entsprechend abgebösch oder fachgerecht verbaut werden. In standfestem, gewachsenem Boden können die Grabenkanten von Leitungsgräben, die nicht tiefer als 1,75 m sind, entweder auf mindestens 0,50 m Tiefe ausreichend abgebösch oder durch Saumböhlen gesichert werden. Wo Erschütterungen zu erwarten sind (z. B. Straßenverkehr) oder der Boden schon bei früheren Bauarbeiten aufgegraben worden ist, müssen auch Gräben geringerer Tiefe verbaut oder abgebösch werden. Einzelheiten zum Ausschachten, Verbau von Gruben und Kabelgräben sind der KatS-LA 303/A 2 sowie der Unfallverhütungsanweisung THW (UVA-THW) zu entnehmen.

Hindernisse im Kabelgraben (Mauerwerk, Anlagen anderer Verwaltungen, historische Funde usw.) sind mit Vorsicht zu behandeln. Grenzsteine und Vermessungspunkte dürfen in keinem Fall entfernt werden. Grundsätzlich sind alle den Graben kreuzenden Leitungen anderer Verwaltungen, soweit sie bis zur Grabensohle freigelegt werden, von den neu hinzukommenden Leitungen zu unterfahren. Gleiches gilt auch für Baumwurzeln.

Die den Graben kreuzenden Leitungen müssen während der Dauer der Bauarbeiten ordnungsgemäß abgefangen werden. Hierzu sind besondere Lagerhölzer anzubringen (vgl. Abb. 11).

Eingebaute Steifen und Anlagen aller Art, wie Rohre, Kabelformstücke, Kanäle und dergleichen, dürfen nicht zum Abfangen benutzt werden. Müssen in Sonderfällen Teile des Straßenkörpers unterquert werden, so darf dies nur unter Anwendung aller Sicherheitsmaßnahmen geschehen.

Abb. 11:



Abfangen vorhandener Leitungen

Bäume, Straßenleuchten, Verteilerkästen und dergleichen sind, falls nötig, durch Bohlenverkleidung zu schützen. Mörtel, Lehm, Kalk und ähnliche Baumaterialien dürfen nur auf einer besonderen Unterlage gelagert werden, die von Bohlen allseitig eingeschlossen ist. Beton soll nur auf geeigneter Unterlage hergestellt werden.

Das Verfüllen der Gräben und Baugruben hat bis etwa 20 cm oberhalb der Kabel nur mit ausgesiebt, steinfreiem Boden zu erfolgen. In Moor, Torf, Sumpf, Asche, Trümmerschutt und in durch aggressive Abwässer oder Chemikalien verseuchtem Boden dürfen Kabel nicht unmittelbar eingebettet werden. Die Auswechslung derartigen Bodens gegen einwandfreien Füllboden in der Umgebung der Kabel (ca. 20 cm nach allen Seiten) ist unerlässlich. Gegebenenfalls ist das Kabel durch Verlegung in Rohr zu schützen. Der eingefüllte Boden ist sorgfältig zu verdichten. Dies soll in unmittelbarer Nähe, besonders oberhalb der Kabel und aller mit besonderer Vorsicht zu behandelnder Anlagenteile, wie Ausdehnungsgefäße und deren Rohrleitungssysteme für Ölkabel, durch Handstampfung geschehen. Oberhalb einer Mindestüberschüttung der Kabel von 30 cm können maschinelle Bodenverdichter eingesetzt werden.

Beim Bodenaushub muß die Straßenrinne zum Wasserdurchlaß freigehalten werden. Hierzu sind entweder Rohre einzeln oder die Rinnen durch Gehbahnplatten, Bohlen o. ä. Material zu überdecken. Regeneinlässe, Absperrschieber für Gas und Wasser, Tiefbrunnen der Feuerwehr, Hydranten, Kabelschächte der Post und alle anderen Anlagen gleicher Art sind von ausgehobenem Erdreich freizuhalten, frostempfindliche Anlagenteile gegebenenfalls zu schützen.

## 4.6 Kreuzungen von Verkehrswegen

### 4.6.1 Allgemeines

Kreuzen Kabel Fahrbahnen, Gleisanlagen u. ä. stark befahrene Wege und Plätze, müssen die Kabel durch Rohre geschützt werden. Zur Vermeidung einer Totsperrung des vorhandenen Verkehrs an dieser Stelle sind die Rohre durch halbseitige Aufgrabungen bei Beibehaltung des eingeschränkten Verkehrs einzubringen.

Für Überwege werden Rohre aus Stahl, PVC, Ton, Asbestzement u. ä. in Längen bis 5 m mit Steck-, Überschiebmuffen oder Kabelformstücken von 1 m Länge, die mit Zementmörtel verfugt werden, verwendet. Bei der Wahl der Rohre ist darauf zu achten,

- daß die Art der Rohre vom Träger der zu kreuzenden Anlage festgelegt wird
- daß für Einleiter-Kabel eines Wechsel- oder Drehstromsystems zur Vermeidung magnetischer Verluste und unzulässiger Erwärmung keine Stahlrohre verwendet werden.

Darüber hinaus gibt es maschinelle Verfahren, die eine Kreuzung von Straßen und Bahnlinien ohne Aufbruch ermöglichen. Hierauf wird jedoch in diesem Leitfaden nicht näher eingegangen.

Rohre und Kabelformstücke sind so zusammzusetzen und an den Enden so abzudichten, daß ein Versanden oder Verschlammern nicht möglich ist. Sie sollen möglichst geradlinig und auf festen Untergrund gelegt werden, um die Kabel leicht durchziehen zu können.

Beim Einbringen der Rohre ist gleichzeitig ein Vorseil zum späteren Einziehen des Kabels einzulegen.

### 4.6.2 Näherungen und Kreuzungen mit Anlagen anderer Leitungsverwaltungen

Durch das Legen von Kabeln sollen vorhandene Anlagen anderer Verwaltungen nicht gestört, beschädigt und auch möglichst nicht eingeengt werden. Bei Näherungen und Kreuzungen mit Kabeln, Anlagen oder Bauteilen anderer Leitungsbetreiber sind die nachfolgend festgelegten Mindestabstände einzuhalten:

#### **Näherungen (einschl. Parallelführungen)**

Mindestabstand von Kabeln, Anlagen oder Bauteilen der Post, Polizei, Feuerwehr, Gas- Wasserwerke, Stadtentwässerung, Eisenbahn oder Wasser- und Schifffahrtsverwaltung

30 cm

Wenn der Abstand nicht eingehalten werden kann, sind die zu legenden Kabel mit einem wärmebeständigen Näherungsschutz zu versehen, der über den Streckenabschnitt der Annäherung oder Parallelführung **nach beiden Seiten mindestens 50 cm** hinausgehen muß.

Mindestabstand von Bauteilen der Straßenbahn

20 cm

#### Mindestabstand von Fernheizleitungen

a) bei Parallelführung bis 5 m Länge für 1-kV-, Signal- und Meßkabel	30 cm
für 10-kV-Kabel oder ein 30-kV-Kabel	60 cm
für mehrere 30-kV-Kabel oder Kabel über 60-kV	100 cm
b) bei Parallelführung über 5 m Länge für 1-kV-, Signal- und Meßkabel	30 cm
für 10-kV-Kabel oder ein 30-kV-Kabel	70 cm
für mehrere 30-kV-Kabel oder Kabel über 60-kV	150 cm

Alle Anlagenteile, an denen häufig gearbeitet wird, wie z. B. Rohrmuffen der Gas- und Wasserrohre, müssen zur Durchführung dieser Arbeiten zugänglich bleiben. Die hierfür bestehenden Richtlinien der einzelnen Betreiber sind vorher zu erfragen.

#### Kreuzungen

Mindestabstand von Kabeln, Anlagen oder Bauteilen der Post, Polizei, Feuerwehr, Gas- und Wasserwerke sowie Stadtentwässerung 30 cm

Wenn der Abstand nicht eingehalten werden kann, sind die zu legenden Kabel mit einem wärmebeständigen Näherungsschutz zu versehen, der über die Kreuzungsstelle nach beiden Seiten mindestens 50 cm hinausgehen muß.

Mindestabstand von Kabeln der Eisenbahn oder Wasser- und Schifffahrtsverwaltung 50 cm

Hierbei ist beiderseits 50 cm über die Kreuzungsstelle hinaus ein feuerbeständiger Näherungsschutz vorzunehmen.

Unter Gleisanlagen der Straßen- und Eisenbahn sowie Fahrbahnen der Autobahn sind die Kabel in Rohren oder Kabelkanälen unterzubringen.

Mindestabstand bei Gleisanlagen zwischen Schienenunterkante und Rohr- oder Kanaloberkante 100 cm

Bei Wasserstraßen sind die Kabel mindestens 100 cm unter der Sohle in eine Baggerrinne zu legen und mit Kies oder Geröll zu bedecken.

#### Mindestabstand von Fernheizleitungen

für 1-kV-, Signal- oder Meßkabel	30 cm
für 10-kV-Kabel oder ein 30-kV-Kabel	60 cm
für mehrere 30-kV-Kabel oder Kabel über 60 kV	100 cm

## **5 KABELVERLEGUNG**

### **5.1 Behandlung der Kabel vor der Verlegung**

#### **5.1.1 Allgemeines**

Der Behandlung der Kabel bei Lagerung, Transport und Verlegung ist besondere Sorgfalt beizumessen. Ein beim Transport, beim Abwickeln von der Trommel oder während des Legens beschädigtes Kabel kann leicht zu Betriebsstörungen führen. Die Beseitigung der durch solche Schäden früher oder später einsetzenden Kabelfehler verursacht häufig umfangreiche Instandsetzungsarbeiten.

#### **5.1.2 Kabelverlegung bei tiefen Außentemperaturen**

Kabel, die längere Zeit Temperaturen von  $+ 3^{\circ}\text{C}$  und weniger ausgesetzt waren, dürfen ohne vorherige Erwärmung nicht verlegt werden, da bei diesen niedrigen Temperaturen die getränkte Papierisolierung und der Korrosionsschutz beim Biegen der Kabel beschädigt werden können. Gleiches gilt für Kunststoffkabel und Aluminiummantelkabel mit PVC-Hülle.

Die erforderliche Erwärmung kann erreicht werden, indem man die Kabeltrommel in einem gut beheizten Raum mindestens 24 Stunden unterstellt. Beim anschließenden Transport ist das Kabel gegen Abkühlung zu schützen.

Das gleiche Ziel kann erreicht werden, wenn man die auf Trommelböcken drehbar gelagerte Trommel mit einem Zelt überspannt und das Kabel dann mit Hilfe von Propanheizkörpern, Infrarotstrahlern oder beiderseits der Trommel in etwa 1 m Abstand aufgestellten Koksöfen erwärmt. Hierbei muß die Trommel gleichmäßig gedreht werden, damit sich das Kabel an allen Stellen erwärmen kann. Bei dieser Art der Erwärmung ist dafür zu sorgen, daß die entstehenden Gase abziehen können. Sobald das Kabel handwarm ist, kann es gelegt werden. Es ist je nach Außentemperatur anschließend möglichst schnell zu legen, wobei zu beachten ist, daß sich das Kabel im ausgerollten Zustand wesentlich schneller abkühlt als auf der Trommel.

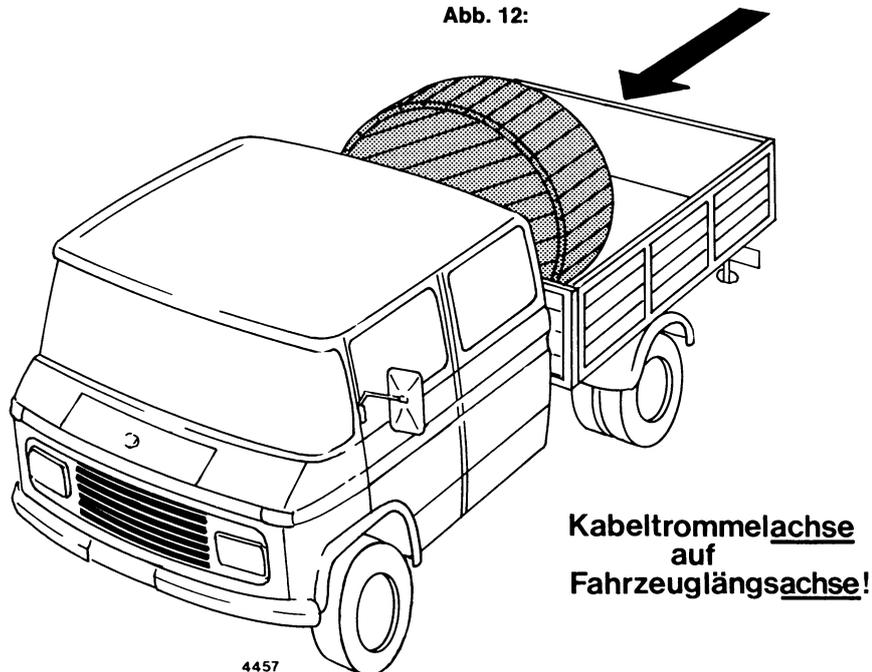
#### **5.1.3 Transport der Kabel zur Baustelle**

Sofern ein Spezialwagen nicht zur Verfügung steht, ist in Ausnahmefällen ein Kabeltransport auf normalen Lastwagen zulässig. Um die Sicherheit des Transportes zu gewährleisten und um Beschädigungen des Kabels zu vermeiden, ist die Kabeltrommel auf dem Fahrzeug quer zur Fahrtrichtung zu transportieren (siehe Abb. 12).

Zum Auf- und Abladen der Trommeln sind der jeweiligen Belastung entsprechende, starke Bohlen ggf. mit Unterstützung zu benutzen, deren Länge mindestens das Vierfache der Pritschenhöhe betragen muß und die mit einer zum Wagen passenden Haltevorrichtung versehen sein müssen. Außerdem ist durch Vorlegehölzer dafür zu sorgen, daß die Trommeln gefahrlos vom Wagen heruntergerollt werden können (siehe Abb. 13).

Nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht über Maße und Gewichte von Kabeltrommeln.

Abb. 12:



Kabeltransport in Ausnahmefällen

Tabelle 17:

Trommeln Nenngröße	Flansch- (Scheiben-) durchmesser mm	Kern- durchmesser mm	größte Breite mm	Gewicht ca. kg
061	630	315	420	17
071	710	355	530	27
081	800	400	530	33
091	900	450	690	45
101	1000	500	690	57
121	1250	630	890	143
141	1400	710	890	172
161	1600	800	1100	256
162	1600	1000	1100	271
181	1800	1000	1100	334
182	1800	1250	1100	352
201	2000	1250	1350	524
202	2000	1400	1350	544
221	2240	1400	1480	704
222	2240	1600	1480	738
250	2500	1400	1480	839
251	2500	1600	1480	872
252	2500	1800	1480	909
281	2800	1800	1650	1152
282	2800	2000	1650	1197

Trommeltabelle

Kabeltrommeln sind möglichst an der Stelle abzuladen, an der später das Kabel abgezogen werden soll. Das Rollen der Trommeln ist auf das Nötigste zu beschränken; sie dürfen nur in der auf der äußeren Trommelscheibe angegebenen Pfeilrichtung bewegt werden, und zwar derart, daß das Kabel auf der Trommel festgewickelt bleibt. Das äußere freiliegende Kabelende muß ausreichend an der Trommelscheibe befestigt sein. Beim Transport und auf der Baustelle sind Kabeltrommeln gegen unbeabsichtigtes und unbefugtes Weiterrollen zu sichern (siehe Abb. 14 und Abb. 15).

Abb. 13:  
Kabeltrommel beim Abladen sichern!

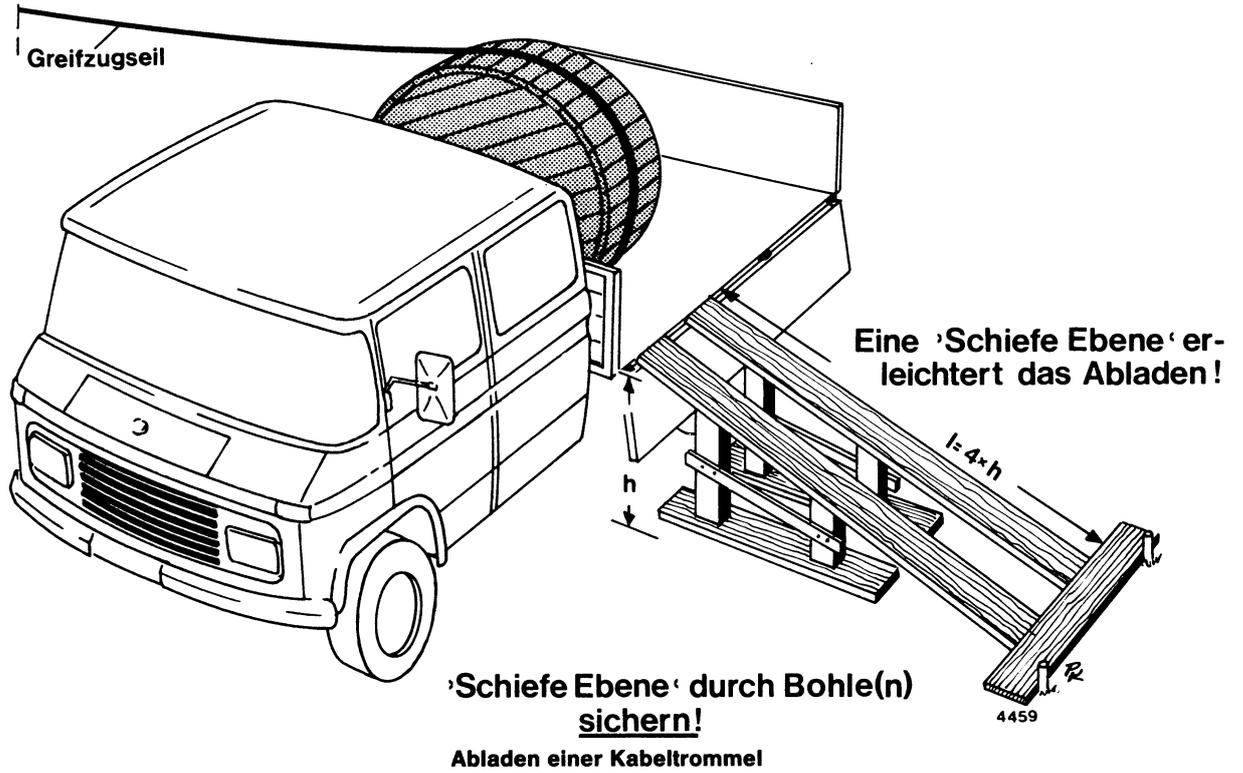


Abb. 14:

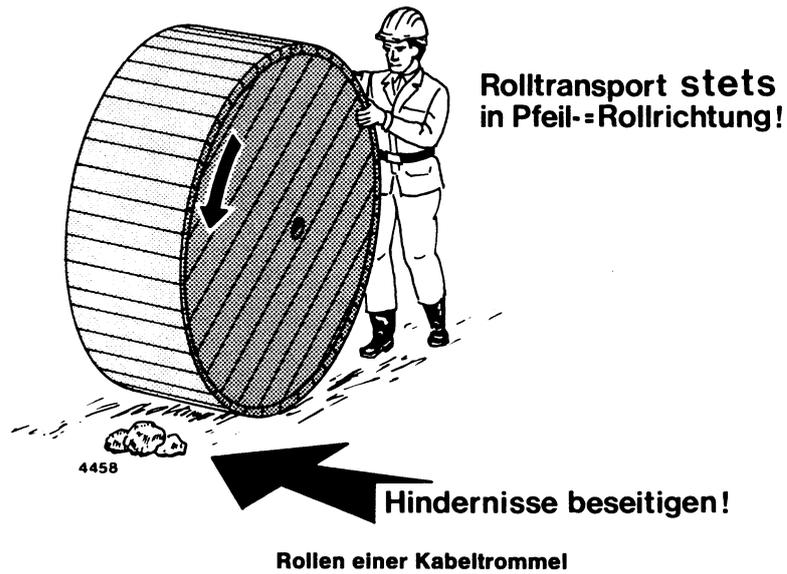
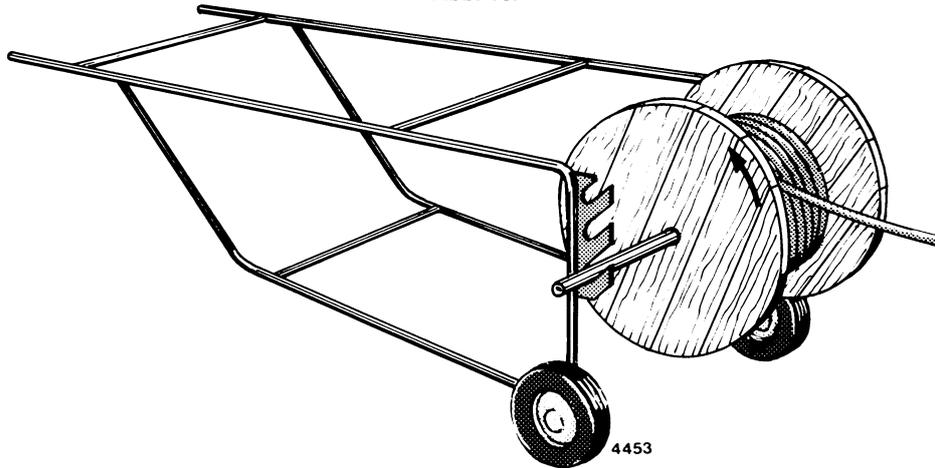


Abb. 15



Das Abwerfen von (auch leeren) Kabeltrommeln oder von Kabelringen vom Transportwagen ist unzulässig, da hierdurch leicht Kabelbeschädigungen und Unfälle entstehen können. Kabelringe sollen nicht stehend gelagert oder transportiert werden. Der Transport auf Baustellen sollte mittels eines Kabeltrommelhebe- und Transportgeräts oder auf Handwagen (Plattformwagen) erfolgen.

Abb. 16:



Kabeltrommelhebe- und Transportgerät

#### 5.1.4 Kabelkontrolle

Vor dem Verlegen sind die angelieferten Kabel (zunächst) genau zu kontrollieren.

Neben der Sichtkontrolle auf äußerliche Beschädigungen sind bei Kabeln, die auf Trommeln angeliefert werden, die dort angegebenen Daten (Trommel-Nr., Kabel-Nr., Querschnitt, Betriebsspannung u. Länge) mit dem Kabel zu vergleichen, um mögl. Verwechslungen auszuschließen.

Vor dem Auslegen von Kabeln ist darauf zu achten, daß die aufgelöteten Blei- oder Schrumpfkappen dicht sind. Zeigen die Kappen schon bei der Anlieferung Fehler oder Verformungen, so sind die Kabel auf einwandfreie Beschaffenheit elektrisch zu prüfen.

Dies erfolgt durch eine Isolationsprüfung mit einer Meßspannung von max. 2 kV Gleichspannung (nur bei PE- und VPE-Kabeln), die vom EVU durchzuführen ist.

Es ist ein Übergangswiderstand von mindestens 20 M $\Omega$  zu erreichen. Wird dieser Wert unterschritten, kann mit einer Beschädigung des Kabels mit kurzfristiger oder späterer Störungsfolge gerechnet werden.

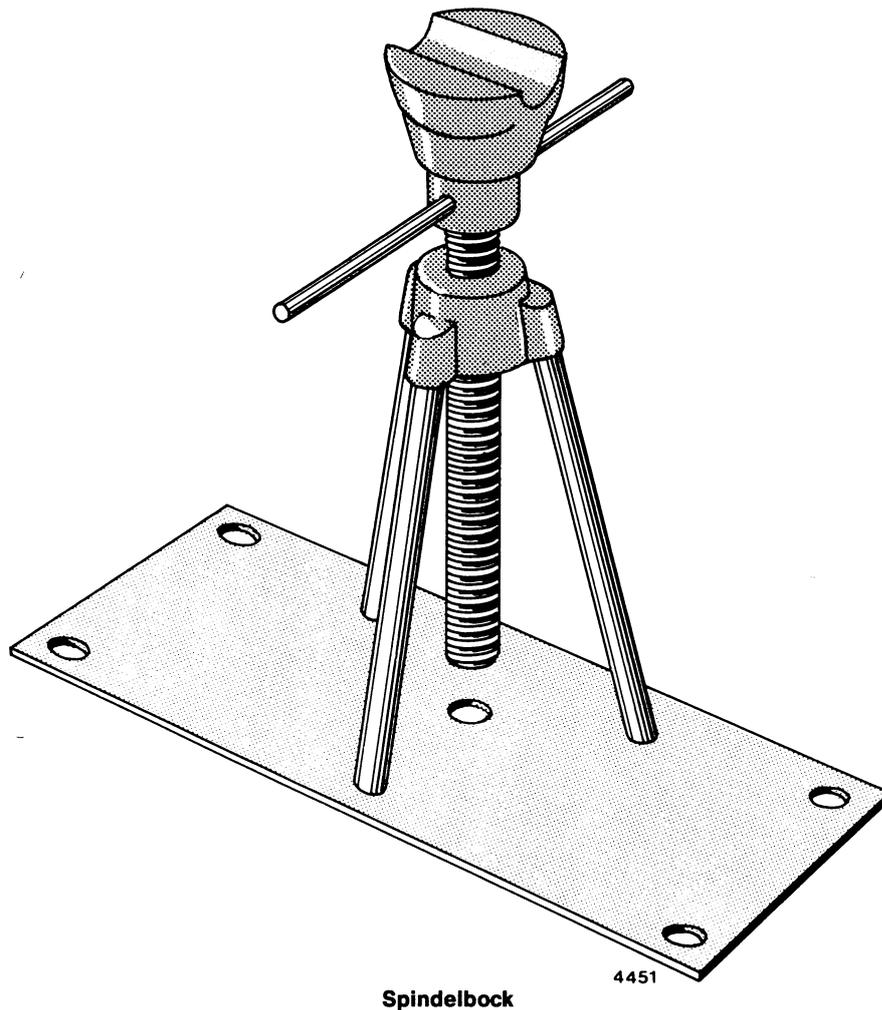
## 5.2 VERLEGUNGSTECHNIK

### 5.2.1 Verlegungsmöglichkeiten

Verschaltungen von Trommeln sind erst unmittelbar vor dem Legen der Kabel zu entfernen. Hierzu, wie auch für das Lösen des äußeren Kabelendes, sind nur geeignete Werkzeuge zu verwenden.

Zum Abziehen der Kabel werden die Kabeltrommeln durch Trommelböcke, bestehend aus zwei Spindelböcken mit einer Stahlwelle oder auch hydraulischen Böcken angehoben und drehbar gelagert.

Abb. 17.1:

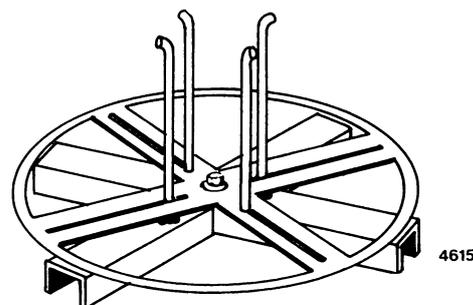


Spindelbock

Die Trommelböcke müssen beim Drehen der Trommel feststehen. Die Trommel ist unter gleichzeitigem Drehen beider Spindeln so hochzuheben, daß sie stets waagrecht liegt.

Kabelringe sollten auf eine Kabeldrehzscheibe (Haspel) gelegt und von dieser abgezogen werden.

Abb. 17.2:



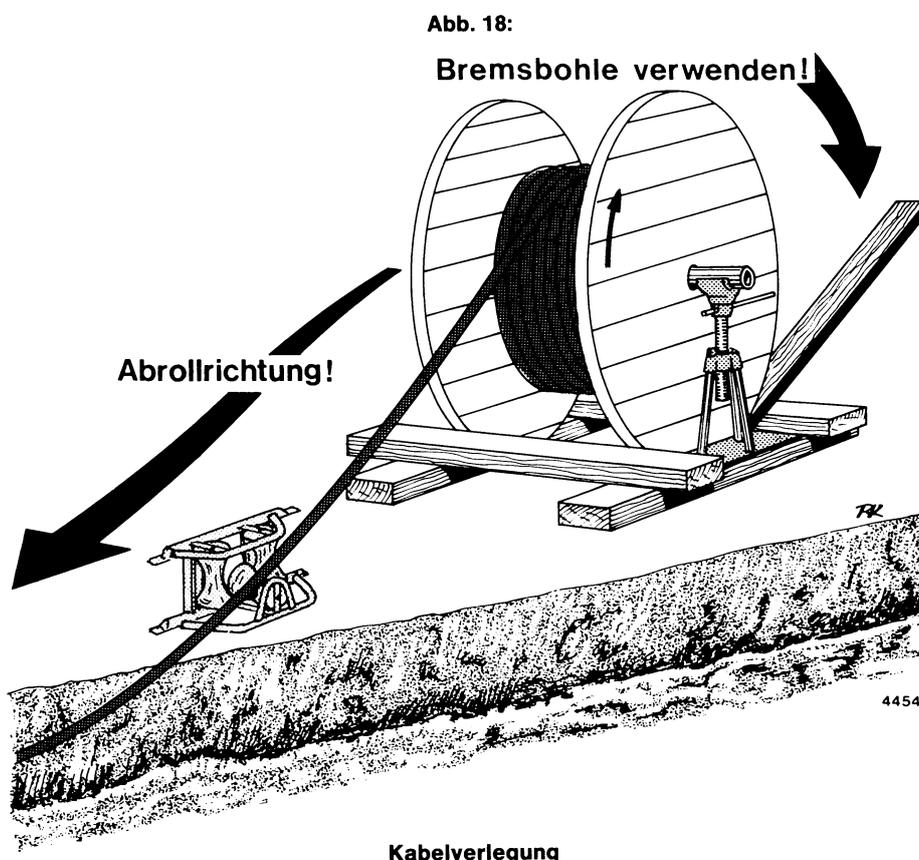
Kabeldrehzscheibe (Haspel)

Beim Abtrommeln ist die Trommel entsprechend dem Kabelzug zu drehen, d. h. sie darf weder durch das Kabel mitgerissen werden noch dürfen durch zu schnelles Drehen der Trommel zu starke Stauchungen des Kabels verursacht werden. Das Drehen der Kabeltrommel muß deshalb durch eine Bremsvorrichtung, die durch eine einfache Hebelvorrichtung geschaffen

werden kann, beeinflusst werden können. Während des Abziehens des Kabels ist auf etwaige äußere Beschädigungen (Knicke, Quetschungen, Verformungen des Materials u. a.) zu achten. Gegebenenfalls ist eine Überprüfung zu veranlassen.

Bei der Kabelverlegung sind das Kabel und der Kabelgraben ständig zu kontrollieren.

Das Abziehen des Kabels von der Trommel muß entgegen der auf der Trommel angegebenen Pfeilrichtung (= Rollrichtung) erfolgen.



Beim Auslegen von Kabeln sollen folgende Richtwerte für die Biegeradien für Kabel mit dem Außendurchmesser  $D$  nicht unterschritten werden:

Tabelle 18:

Kabel	Mindestbiegeradius $r$ papierisoliertes Kabel mit Bleimantel oder gewelltem Metallmantel		Kunststoffkabel
	mit glattem Aluminiummantel bis 50 mm $\varnothing$		
mehradrig	15 x $D$	25 x $D$	15 x $D$
einadrig	25 x $D$	30 x $D$	15 x $D$

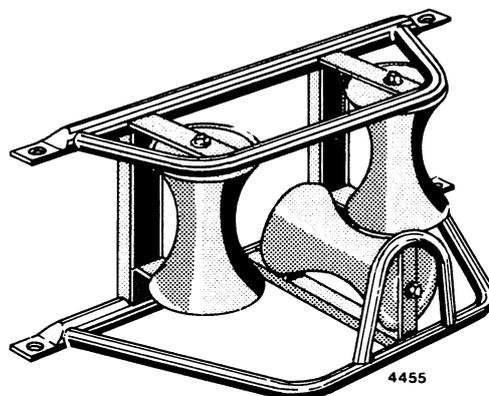
Zulässige Biegeradien

Bei einmaligem Biegen zur Montage von Endverschlüssen können diese Radien äußerstenfalls auf die Hälfte verringert werden, wenn eine fachgemäße Bearbeitung – Erwärmen auf etwa 30° C, Biegen über Schablone – sichergestellt ist.

Das Kabel darf nicht über harte und scharfe Gegenstände oder Kanten gezogen werden, da es hierdurch beschädigt werden kann. Deshalb sind innerhalb und außerhalb des Grabens im Abstand von etwa 3–4 m Kabelrollen aufzustellen, über die das Kabel leicht hinweggleiten kann. Fehlen Kabelrollen oder sind diese nicht ausreichend vorhanden, müssen Helfer zum Tragen des Kabels eingesetzt werden.

Besonders wichtig ist der Einsatz von Helfern als Kontrollposten an Grabenkurven und Rohreinmädelungen.

Abb. 19:



Kabelrolle

An schwer zu überwindenden Stellen, wie Krümmungen, oder auch beim Einziehen in Rohre sind zusätzliche Rollen anzuordnen.

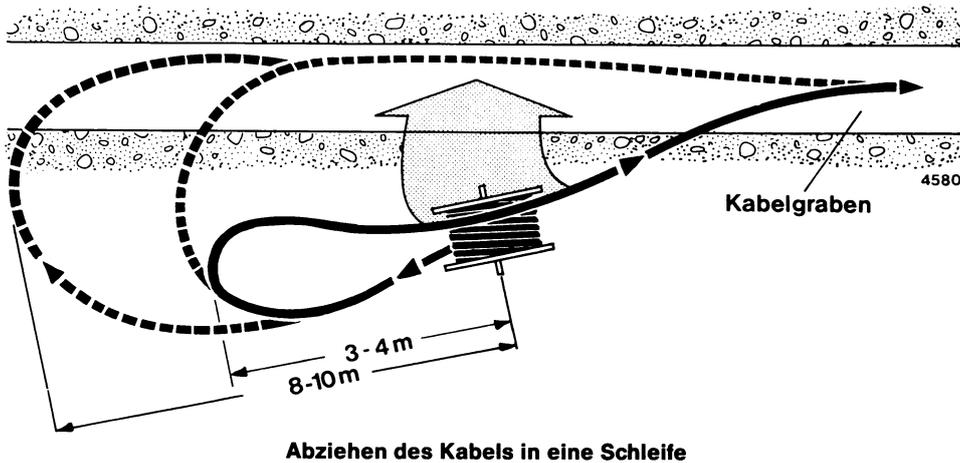
Der Aufstellungsort der Kabeltrommeln oder der Kabeldrehscheiben (Haspeln) ist gemäß den örtlichen Verhältnissen und der vorgesehenen Legungsart in unmittelbarer Nähe des Grabens zu wählen. Hierbei ist der Graben, falls erforderlich, an dieser Stelle abzusteißen, um seinen Einsturz zu verhindern.

Das Verfahren, das beim Abziehen des Kabels von der Trommel oder beim Einlegen in den Graben anzuwenden ist, hängt von der Örtlichkeit, den Hindernissen im und am Graben und den zur Verfügung stehenden Geräten ab.

Wenn im Graben und in seiner Umgebung keinerlei Hindernisse sind, kann das Kabel unmittelbar von dem am Graben entlangfahrenden Transportwagen abgezogen und von Hand in den Graben eingelegt werden. Der Transportwagen muß natürlich eine Aufbockvorrichtung für die Kabeltrommel haben.

Steht bei gleichen örtlichen Verhältnissen ein Transportwagen nicht zur Verfügung oder ist nicht genügend Personal vorhanden, um das Kabel in seiner ganzen Länge in einer Richtung abzuziehen und in den Graben zu legen, so wird die Trommel beim ersten Drittel der Grabenlänge aufgebockt. Die Kabellänge für das erste Drittel des Grabens wird von oben von der Trommel abgezogen, alsdann eine weitere Länge von ca. 3–4 m, die in großem Bogen über die Trommelscheibe gehoben wird und auf 8–10 m verlängert wird. Die restliche Kabellänge wird unten von der Trommel abgezogen und laufend in den Graben eingelegt.

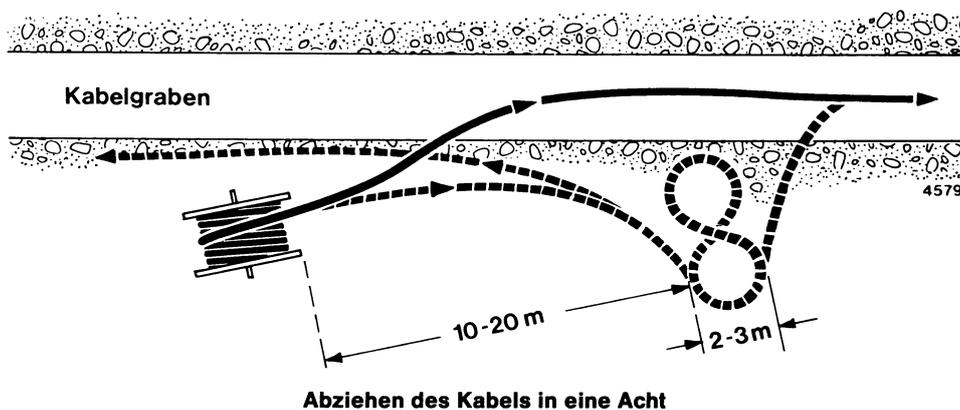
Abb. 20:



Sind Hindernisse am Graben vorhanden, welche die vorgenannten Legeverfahren nicht zulassen, oder wird der Graben von vorhandenen Anlagen gekreuzt, die unterquert werden müssen, ist die Kabeltrommel in Streckenmitte des Grabens aufzubocken.

Die halbe Kabellänge wird in den Graben eingezogen und der Rest zunächst außerhalb des Grabens in einer Schleife oder einer Acht abgelegt. Darauf wird das Kabelende der Schleife oder der Acht in entgegengesetzter Richtung in den Graben eingezogen.

Abb. 21:



Beim Aufschließen in Form einer Acht sind die Überschneidungsstellen der einzelnen Lagen zu versetzen, damit in den unteren Lagen keine Druckstellen infolge des auf ihnen lastenden Kabelgewichtes entstehen. Beim Einziehen von abgelegten Schleifen oder Achten muß darauf geachtet werden, daß keine Schlingen entstehen. Eine Schlinge kann nur durch Zurückziehen und richtige Einführung ausgeglichen werden.

Ein zum Einlegen in den Graben ausgelegtes Kabel darf nicht überfahren werden. Es ist durch Posten o. a. geeignete Maßnahmen zu sichern.

Beim Ausziehen des Kabels von Hand ohne Rolleneinsatz ist für je 5 bis 10 m Kabel mindestens 1 Helfer einzusetzen.

Das Kabel darf dabei nicht auf der Schulter, sondern muß immer vor dem Körper getragen werden, damit es nicht zu stark durchgebogen wird.

Zweckmäßigerweise werden das Kabelende der Trommel 1 mit dem Kabelanfang der Trommel 2 etwa 1–1,5 m überlappt verlegt, um bei der Muffenmontage mechanische Verdrehungen der Adern auszuschließen.

Um Beschädigungen der Kabelisolierung durch Drehen des Kabels zu vermeiden, ist der Hauptzug beim Einziehen in den Graben an der Kabelspitze anzusetzen. Ist bei größeren Kabellängen an besonders schwierigen Stellen ein Zwischenzug erforderlich, so kann hierzu ein Hanfseil benutzt werden.

Beim Ziehen des Kabels von Hand sind größere Bögen zwischen den Kabelrollen, die eine Kabeldrehung begünstigen, zu vermeiden. Das Ablegen der Kabel von den Rollen nach Ende der Verlegung soll von den Trommeln aus in Richtung auf die eingezogene Spitze erfolgen. Kleine Kabelbögen sind bewußt in Kauf zu nehmen, um Beschädigungen durch Zugkräfte, die bei Erdbewegungen auftreten können, zu vermeiden.

Um eine einwandfreie Muffenmontage zu gewährleisten, sind die zu verbindenden Kabelenden mit einer Überlappung von 1–1,5 m zu legen. Bei Hindernissen, z. B. Hauseingängen, Einfahrten und dergleichen, die einen Einbau der Muffe dort nicht zulassen, müssen die Verbindungsstellen entsprechend verschoben werden. Bei mehreren nebeneinanderliegenden Kabeln sind die einzelnen Verbindungsstellen gegeneinander zu versetzen.

Alle Kabelschnittstellen sind sofort mit einer wasserdichten Blei- oder Schrumpfkappe zu versehen. Hierauf ist ganz besonders bei Kabeln, die mit ungetränktem Papier isoliert sind, zu achten, da diese schon durch geringe Luftfeuchte gefährdet sind. Hilfsweise ist auch eine Umwicklung des Kabelendes mit einer „Matschbinde“ (z. B. Desobinde) möglich.

Sollen in einen Graben Kabel verschiedener Spannungen gelegt werden, dann sind die Kabel höherer Spannungen und hochwertige Fernmeldekabel tiefer zu legen.

Mehrere Hochspannungskabel in einer Lage erfordern einen Achsenabstand von mindestens 15 cm.

Werden papierisolierte Kabel mit normaler Massetränkung auf Steilstrecken verlegt, kann die Isoliermasse zu den tiefer gelegenen Stellen abwandern. Dies führt einmal zu einer Isolationsminderung an den hoch gelegenen Kabelabschnitten mit der Gefahr von elektrischen Durchschlägen. Zum anderen kann der statische Druck zu Rissen in Metallmänteln führen.

Die in Tabelle 20 angegebenen Werte dürfen bei senkrechter Verlegung und Verwendung druckfester Endverschlüsse nicht überschritten werden.

Bei Steilstrecken sind für alle Massekabel bis max. 4% Gefälle ohne Einschränkung in der Länge zulässig.

Müssen diese Werte überschritten werden, sind Kunststoffkabel oder Haftmassekabel zu verwenden.

Bei Verlegung von Kabeln in Steilstrecken besteht die Gefahr, daß die eingesandeten Kabel mit der Sandfüllung langsam abwandern. Da die zunehmende Zugbelastung zu einem Kabelabriß führen kann, sind die hier zu verlegenden Kabel in Lehm einzuschlämmen. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, den Kabelgraben in Serpentina zu ziehen, das Kabel in Losen einzulegen, und es durch Einschlagen von Pflöcken zu sichern.

Tabelle 19:

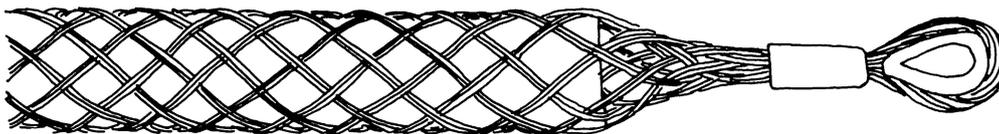
Kabelart	Nennspannung $U_{0OU}$ kV	Maximal zulässiger Höhenunterschied m
Gürtelkabel	bis 3.6/6	50
	6/10	15
Dreimantelkabel	6/10 bis 8.7/15	30
	12/20 bis 18/30	15

Maximal zulässige Höhenunterschiede bei papierisolierten Kabeln

Ziehen sich die Kabellegungen über mehrere Tage hin, so sind Trommeln, von denen das Kabel teilweise abgezogen wurde, gegen unbefugtes Drehen zu schützen, indem die Spindelböcke heruntergeschraubt und die Trommeln durch Vorlegeklötze gesichert werden.

Für das Durchziehen der Kabel durch Rohre ist auf das einzuziehende Kabelende ein Ziehstrumpf aufzusetzen, an dessen Öse das Zugseil befestigt wird.

Abb. 22:



Kabelziehstrumpf

Tabelle 20:

Ziehart	Kabelbauart	Zugkraft
mit Ziehkopf an den Leitern	alle Kabeltypen	$F = q \cdot 50 \text{ N/mm}^2$ (Kabel mit Cu-Leiter) $F = q \cdot 30 \text{ N/mm}^2$ (Kabel mit Al-Leiter)
mit Ziehstrumpf	alle drahtbewehrten Kabel (z. B. NYFGbY, NAYFGbY usw.)	$F = K \cdot D^2$ ( $K = 9 \text{ N/mm}^2$ )
	Kabel mit Metallmantel, ohne zugfeste Bewehrung (z. B. NKBA, NYKY, NAKLEY) (z. B. NEKBA, NAEKBA usw.)	$F = K \cdot D^2$ Einmantelkabel $K = 3 \text{ N/mm}^2$ (Dreimantelkabel $K = 1 \text{ N/mm}^2$ )
	Kunststoffkabel ohne Metallmantel, Kunststoff- kabel ohne Bewehrung (z. B. NYY, NYSY, NYSEY, NYCWY usw.)	$F = q \cdot 50 \text{ N/mm}^2$ (Cu-Leiter) $F = q \cdot 30 \text{ N/mm}^2$ (Al-Leiter)

Zulässige Zugkräfte

Bei Massekabeln ist darauf zu achten, daß vom Kabelziehstrumpf neben dem Außenmantel ein kurzes Stück der abisolierten Adern erfaßt wird, um die Zugkräfte auf Adern und Mantel zu verteilen.

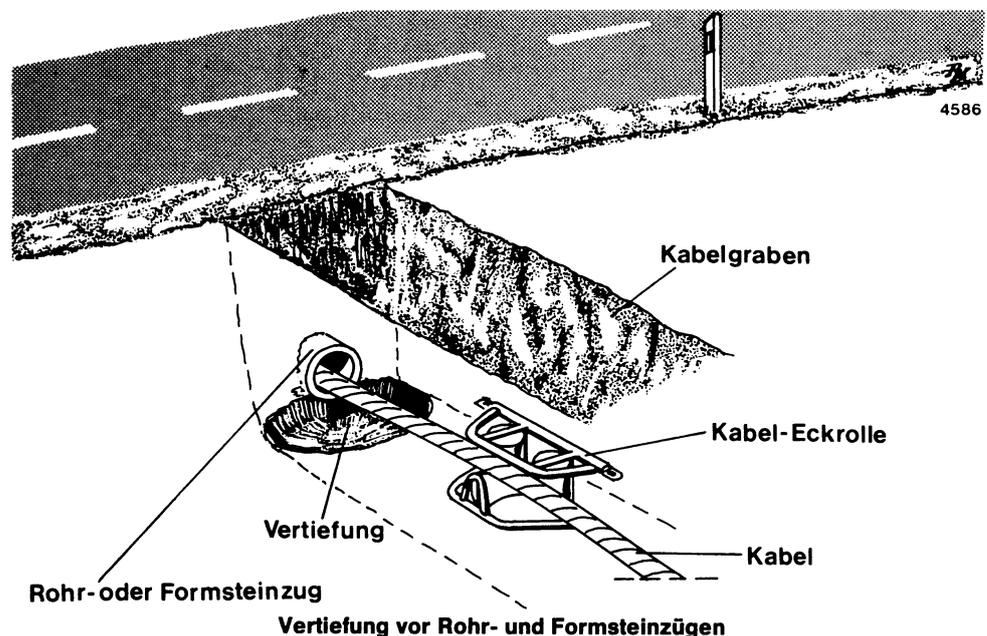
Zulässige Zugkräfte sind der Tabelle 20 zu entnehmen. Dabei bedeuten:

- F = zulässige Zugkraft
- q = Gesamtleiterquerschnitt in mm<sup>2</sup>  
(ohne Schirm und konzentrischen Schutzleiter)
- D = Kabelaußendurchmesser in mm

Das Einziehen der Kabel in Rohre gegen die Rohrstöße ist möglichst zu vermeiden, da dabei leicht die äußere Schutzhülle verletzt und das Kabel festgeklemmt werden kann. Zweckmäßigerweise sind hierzu Einführtüllen auf die Rohre aufzusetzen.

Vor Rohr- oder Formsteinzügen, die in Höhe der Grabensohle liegen, sind Vertiefungen im Kabelgraben auszuheben, damit beim Kabeleinziehen keine Steine oder grobe Erdreichbrocken mit in die Rohre gezogen werden und sich dort verklemmen.

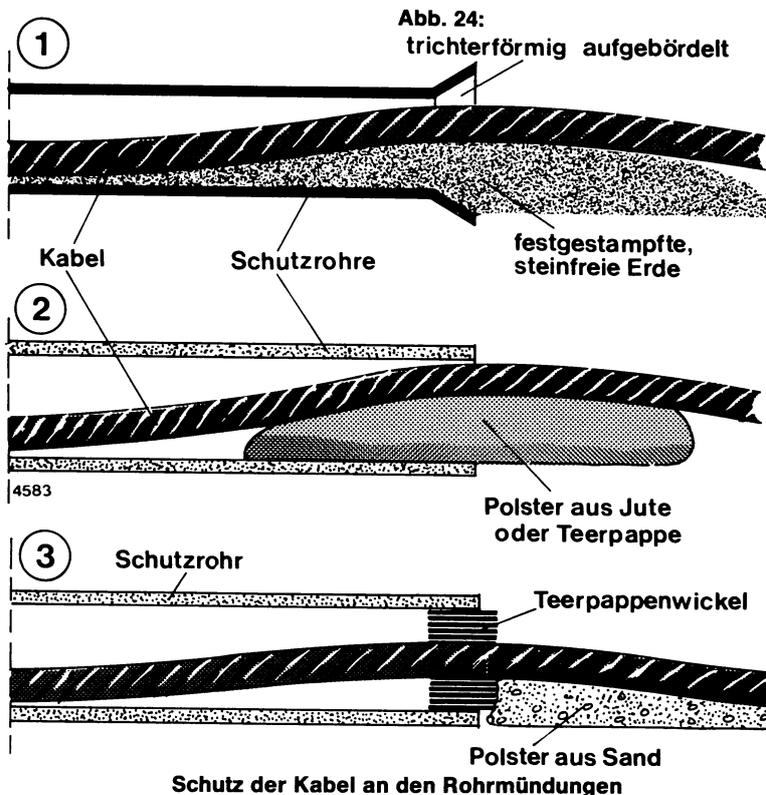
Abb. 23:



Beim Kreuzen von Straßen werden die Kabel in Rohre oder Kabelkanal-Formsteine (gem. DIN 457) eingelegt, die bis in die Gehbahnen hineinragen sollen.

Es ist ratsam, stets für Reserve-Rohrzüge zu sorgen, damit die Straße bei späterem Legen weiterer Kabel nicht wieder aufgerissen werden muß. Nicht sofort in Anspruch genommene Rohrzüge sind zu verstopfen. Die Kabel dürfen am Anfang und Ende der Rohre bzw. Formsteine nicht auf der scharfen Rohrkante aufliegen. Stahlrohre sind möglichst trichterförmig aufzubördeln.

Nach dem Einziehen sind die Kabel mit Pappe oder Erde so zu unterpolstern, daß sie an der oberen Rohrkante anliegen.

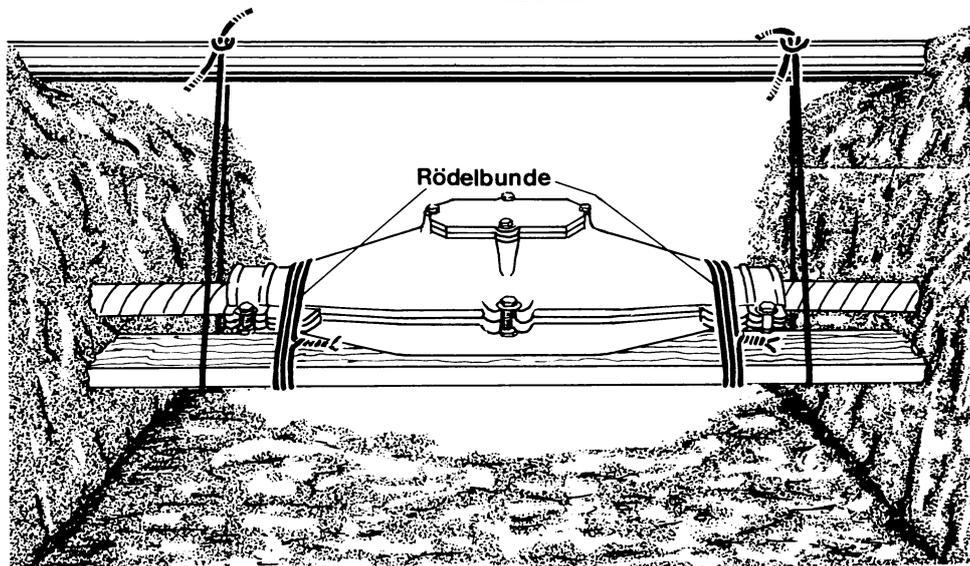


## 5.2.2

**Behandlung der im Graben vorhandenen Kabel**

Kabellegungen, Umlegungen, Beseitigung von Störungen und dergleichen erfordern häufig das Hochbinden vorhandener Kabel. In der Regel stehen diese unter Spannung und sind daher mit großer Vorsicht zu behandeln. Zum Hochbinden sind Bindeleinen oder andere geeignete Aufhängevorrichtungen zu verwenden, mit denen die aufgenommenen Kabel an Rundhölzern in Abständen von ca. 1,5 m aufzuhängen sind. Zwischen Bindeleine und Kabel kann z. B. ein Kabelschutzstein so eingefügt werden, daß das Kabel in diesem ruht (keine Punkt- sondern Flächenauflagerung). Während Starkstromkabel einzeln aufzunehmen und hochzubinden sind, können bei

Abb. 25:



Hochbinden einer Muffe

Fernmelde-, Steuer- und Signalkabeln mehrere Kabel beim Hochbinden zusammengefaßt werden. Vorhandene Verbindungsmuffen dürfen nicht auf Zug beansprucht werden. Sie sind zugentlastet hochzubinden.

Freigelegte, insbesondere hochgebundene Muffen sind im Sommer vor unmittelbarer Sonneneinstrahlung (Wärmeeinwirkung) zu schützen.

### 5.3 **SCHUTZ DER KABEL IM ERDREICH**

#### 5.3.1 **Vermeiden von mechanischen Schäden**

Vor Beginn der Arbeiten ist eine Einweisung des Einsatzleiters vor Ort unabdingbar. Die genaue Lage bereits verlegter Energieleitungen ist durch Quergrabungen festzustellen (s. 4.5).

#### 5.3.2 **Kabelabdeckungen**

Obgleich allseitig vom Erdreich umgebene Kabel am höchsten belastbar sind, erscheint es insbesondere in Stadtgebieten wegen der vielen im Erdreich liegenden verschiedenen Anlagen und der damit verbundenen häufigen Aufgrabungen angebracht, die Kabel zum Schutze gegen mechanische Beschädigungen abzudecken.

Die Verwendung von Kabelschutzhauben bedingt auch bei guter Ausfüllung der Hohlräume mit Sand eine Verringerung der Belastbarkeit um etwa 10 %, bei schlecht ausgefüllten Hohlräumen bis etwa 15 % des Nennwertes. Die zu schützenden Kabel sind vor dem Aufbringen des Schutzes auszurichten, wo auf Einhaltung der vorgeschriebenen Abstände von parallel laufenden Anlagen anderer Betreiber zu achten ist.

Liegen mehrere Kabel in einem gemeinsamen Kabelgraben oder -kanal, so kann ein zusätzlicher Schutz durch zwischengelegte Mauersteine oder Asbestzementplatten erreicht werden. Damit werden Stromübergänge (insbesondere bei Gleichstromkabel) sowie Beschädigungen durch Lichtbögen verhindert.

Bei Häufung von Kabeln setzen VDE-Bestimmungen einen lichten Abstand von mindestens 7 cm zwischen den einzelnen Kabeln voraus.

Zum Schutz gegen mechanische Beschädigungen der gelegten Kabel können u. a. Mauersteine, Betonplatten, Kabelschutzhauben aus PVC oder hartgebranntem Ton und Stahl- bzw. Kunststoffplatten verwendet werden.

#### **Mauersteine**

Vor dem Auflegen ist das Kabel zunächst mit einer 5–10 cm dicken Schicht aus steinfreiem Boden/Sand zu bedecken. Dies zwingt zu besonderer Sorgfalt beim Auflegen der Steine, damit sie auch tatsächlich über und nicht neben dem zu schützenden Kabel liegen.

In neuerer Zeit werden vermehrt Kunststoffplatten aus Hart-PVC verlegt.

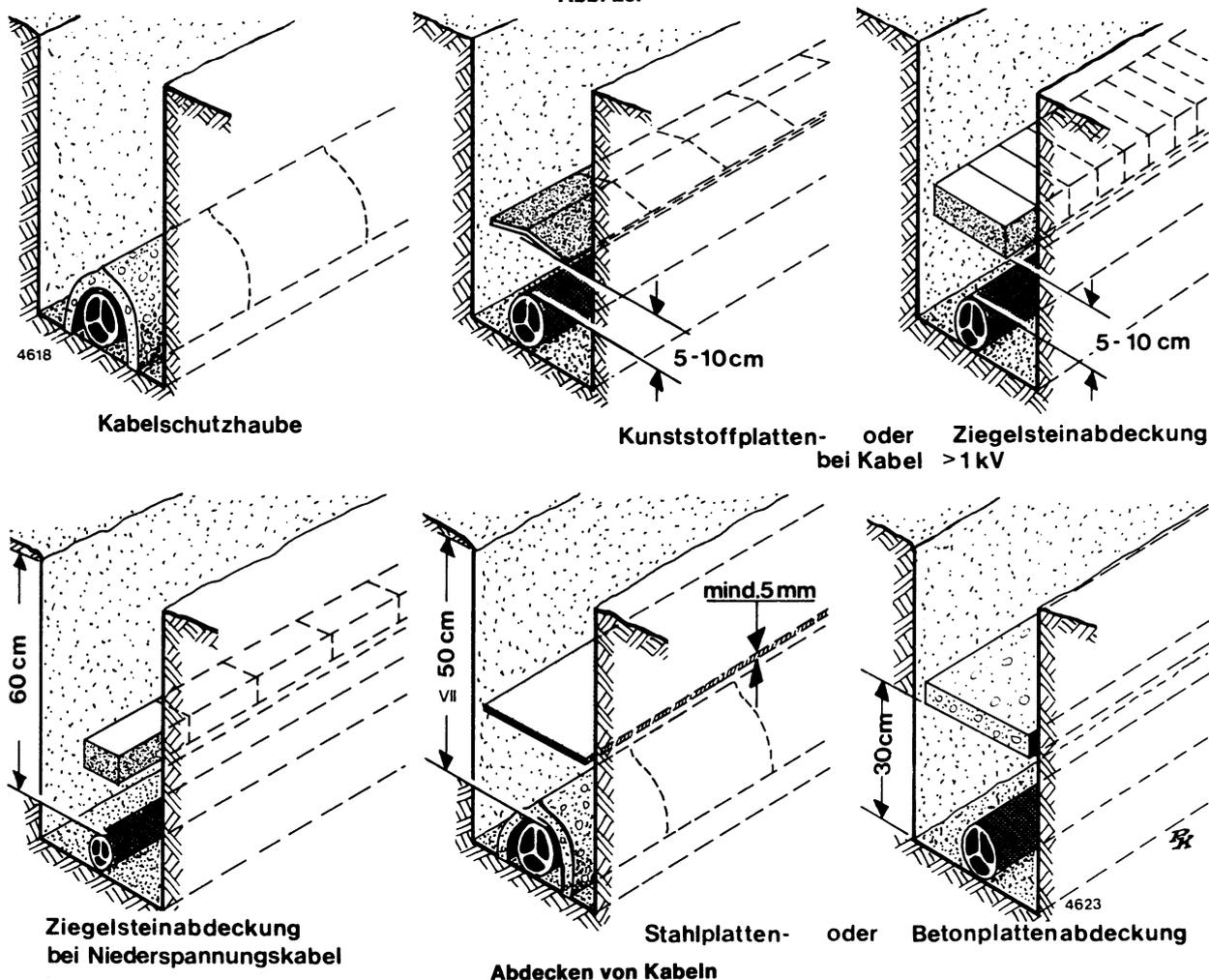
### Betonplatten:

Sie sollen dort angewendet werden, wo für die zu schützenden Kabel volle Ausnutzung ihrer Belastbarkeit erforderlich und Raum zum Einbau der Platten vorhanden ist. Vor dem Auflegen der Betonplatten sind die Kabel mit etwa 10–20 cm hohem steinfreiem Boden/Sand zu bedecken.

### Kabelschutzhauben:

Diese sollen so auf das zu schützende Kabel aufgelegt werden, daß Luftpolster zwischen Kabel und Schutzhauben wegen der schlechten Wärmeableitung vermieden werden. Aus diesem Grunde sind die Kabel auch hier vor dem Auflegen der Hauben mit steinfreiem Boden/Sand zu bedecken. Dadurch soll außerdem verhindert werden, daß Gas durch die sonst bestehenden Hohlräume fortgeleitet werden kann. Die Kabelschutzhauben werden ohne Abstand auf den zu schützenden Kabeln aneinandergereiht. Jedes Kabel ist gesondert mit Kabelschutzhauben abzudecken. Jedoch können auch mehrere Fernmeldekabel durch eine Kabelschutzhaube gemeinsam geschützt werden. Kabelschutzhauben bieten einen guten mechanischen Schutz beim Aufgraben, da sie im Gegensatz zu Mauersteinen schon durch ihre äußere Form ihren eigentlichen Zweck zu erkennen geben.

Abb. 26:



### Stahlplatten:

Als mechanischen Schutz sollten sie dort verwendet werden, wo die Kabel aus örtlich bedingten Gründen weniger als 50 cm tief liegen und dadurch besonders gefährdet sind. Die Platten müssen mindestens 5 mm dick sein.

Soweit räumlich möglich, soll außerdem eine der vorgenannten Abdeckungen angewendet und die Stahlplatte nur als zusätzlicher Schutz benutzt werden.

Kann aus Raummangel nur die Stahlplatte verwendet werden, so ist ihre Berührung mit dem zu schützenden Kabel durch eine dazwischenliegende Erdschicht/Sand zu verhindern.

### 5.3.3 Kennzeichnung der Kabellage

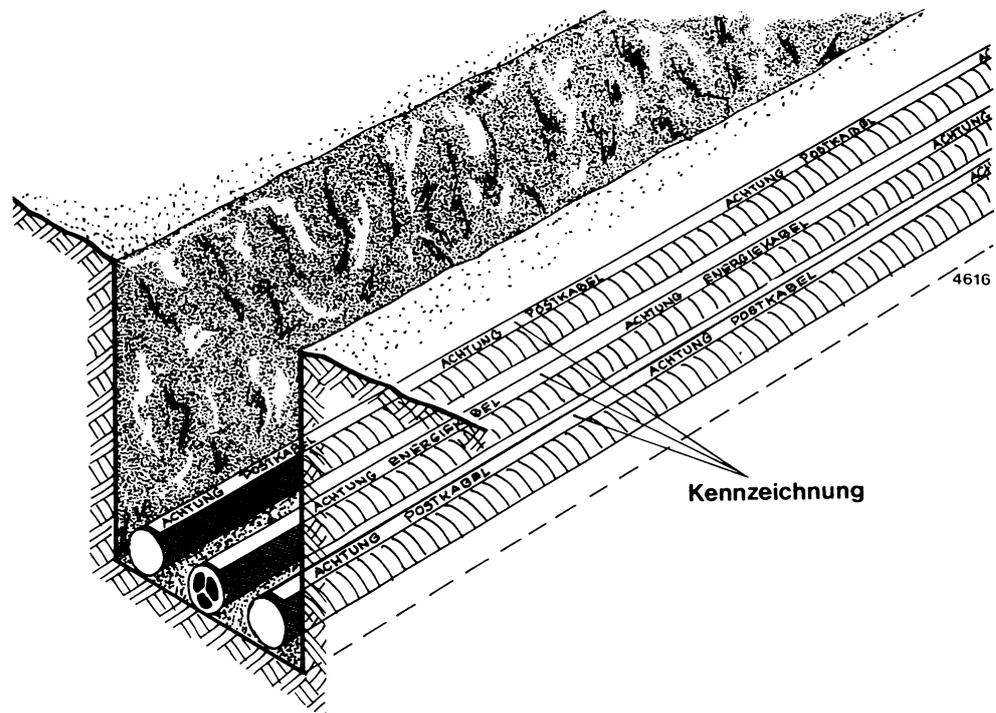
Wo ein genaues Einmessen der Kabellage nur schwer möglich ist, z. B. auf nichtöffentlichem Gelände, Eisenbahngelände bei Richtungsänderungen und dgl., ist der Ort der gelegten Kabel durch Kabelmerksteine oder Hinweisschilder zu kennzeichnen. Hierdurch soll erreicht werden, daß bei Ausschachtungen oder Errichten von Bauwerken auf die vorhandenen Kabel weitgehend Rücksicht genommen werden kann.

Außerdem werden auch dort Kabelmerksteine gesetzt, wo besonders hochwertige Anlagen, wie z. B. 110-kV-Kabel, gelegt wurden. Dadurch sollen Fremde schon vor Beginn einer Aufgrabung auf die genaue Lage solcher Anlagen hingewiesen werden.

Die Kabelmerksteine sollen gut im Erdboden verankert werden, um ihr Entfernen durch Unbefugte zu verhindern.

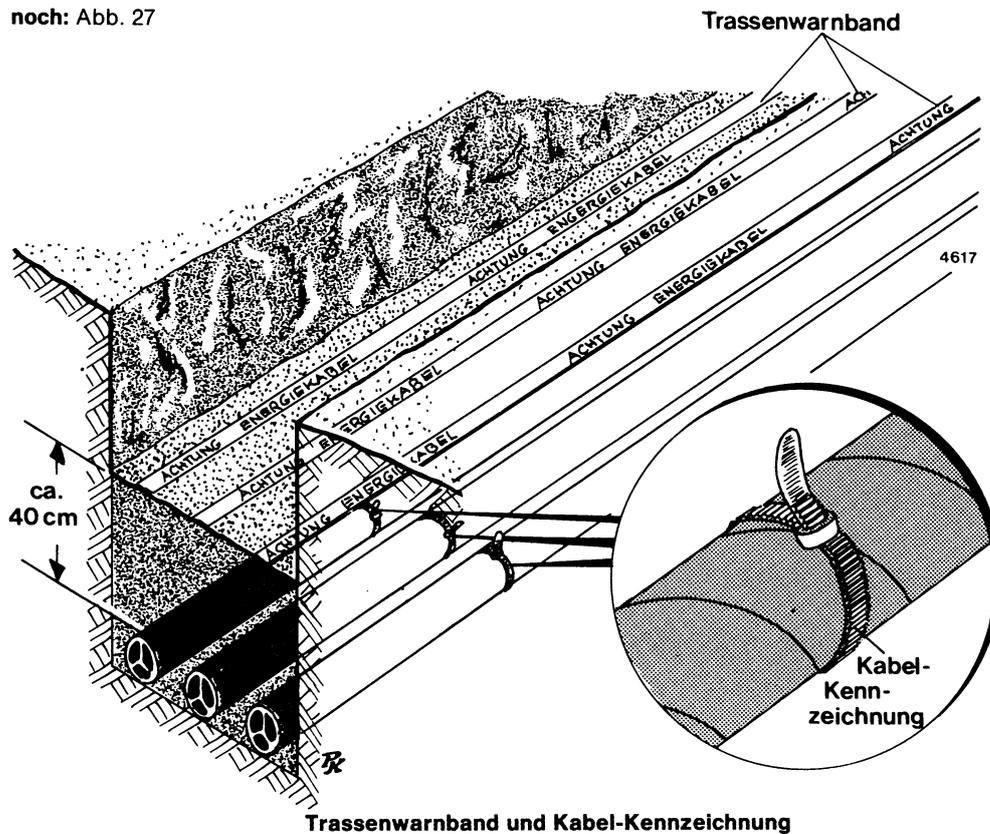
Zur Kabelwarnung ist zusätzlich ein Trassenwarnband oberhalb des Kabels zu verlegen.

Abb. 27:



Trassenwarnband und Kabel-Kennzeichnung

noch: Abb. 27



Trassenwarnband und Kabel-Kennzeichnung

#### 5.3.4 Kennzeichnung der Kabel

Bei späteren Aufgrabungen zur Beseitigung von Störungen, Umschaltungen und ähnlichen Arbeiten können Kabelverwechslungen schwere Unfälle zur Folge haben. Um eine Kabelverwechslung zu verhindern, ist es notwendig, jedes der nebeneinanderliegenden Kabel durch Anbringen von Kabelzeichen (z. B. Blei- oder Kunststoffstreifen) zu kennzeichnen. Das Kabelzeichen kann Angaben über Querschnitt, Spannung, Leiterwerkstoff und Kabelnummer enthalten. Die Kabelzeichen sollten in Abständen von etwa 2 m sowie beiderseits der Muffen und Überwege angebracht werden. Liegen mehrere Kabel nebeneinander, so sind die Kabelzeichen der verschiedenen Kabel versetzt anzuordnen.

### 5.4 KABELVERLEGUNG IN SONDERFÄLLEN

#### 5.4.1 Verlegen von Kabeln durch Wasserläufe

Kabel durch Wasserläufe sind mindestens 1 m unterhalb der normalen Sohle zu legen. Die Vorschriften der zuständigen Wasserstraßenverwaltung sind zu beachten.

Eine solche Legung kann durch Einbaggern oder nach dem Einspülverfahren erfolgen. Diese Arbeiten werden in der Regel von Spezialfirmen ausgeführt.

#### 5.4.2 Verlegen von Kabeln in, unter und an Brücken

Die Art der Kabellegung in Eisenbahn-, Straßen- oder Wasserstraßenbrücken richtet sich nach den gegebenen Verhältnissen. Häufig sind in den

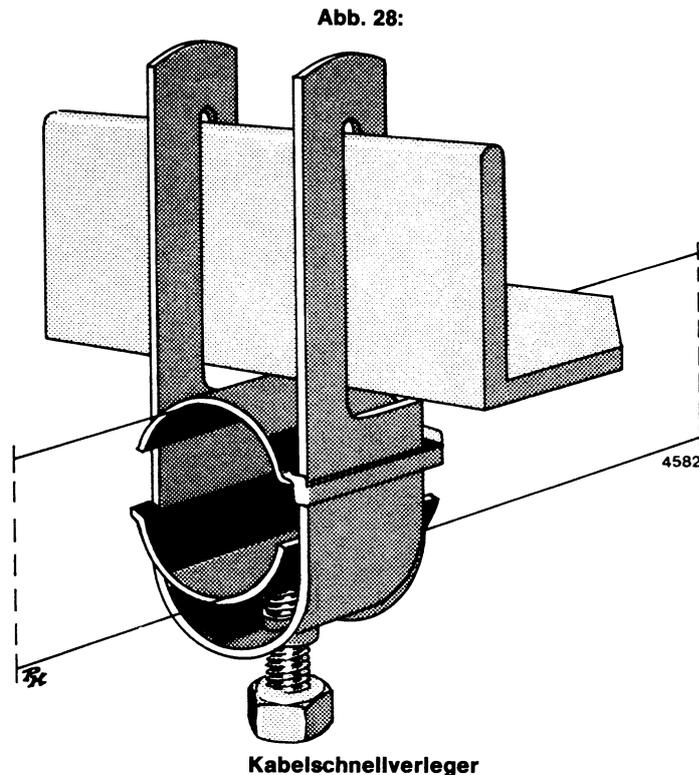
Brücken zur Aufnahme von Kabeln Kanäle vorgesehen. Die Kabel sind hierbei lose zu verlegen, damit es nicht zu Kabelbrüchen (Schwingungsbrüche) kommt.

#### 5.4.3

#### **Verlegen von Kabeln in Räumen und Kabelkanälen**

In Kabelkanälen und Räumen wird das Kabel durch besondere Befestigungsschellen, die den jeweiligen Möglichkeiten angepaßt sein müssen, gehalten.

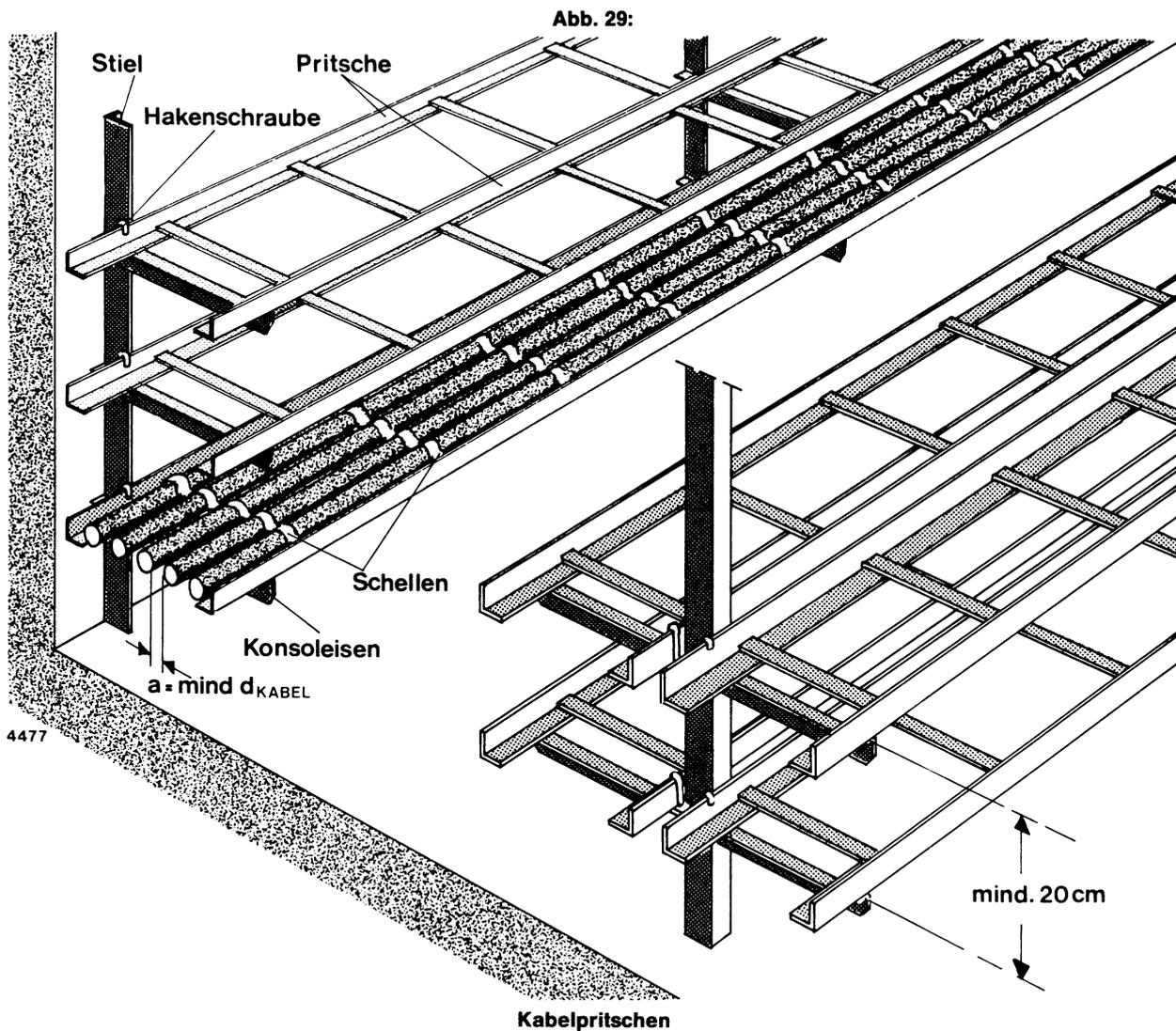
Der Abstand dieser Schellen soll ca. 50 bis 80 cm betragen.



Außerdem können Kabel in Gebäuden sehr gut auf Kabelpritschen (Kabelböden), die entweder an einer Wand oder an eigens dafür vorgesehenen Gestellen befestigt sind, gelegt werden. Um eine gute Belüftung der Kabel zu erreichen, darf der Pritschenboden nicht mit einem luftundurchlässigen Material belegt sein. Der Abstand der übereinander angeordneten Pritschen soll bei Starkstromkabeln mindestens 20 cm betragen. Der Abstand der Starkstromkabel gegeneinander soll mindestens dem Durchmesser der Kabel entsprechen.

Aus Brandschutzgründen ist bei Massekabeln die Umhüllung aus Jute oder Asphalt zu entfernen.

Die Verlegung richtet sich nach Art der Räume.



#### 5.4.4 Auslegen von Einleiterkabeln

Bei der Verlegung von Einleiterkabeln ist besonders im Hochspannungsbereich das Auftreten von Induktionsspannungen durch parallel verlegte Kabel zu beachten. Diese Induktionsspannungen können durch Erdung der leitenden Umhüllungen an beiden Enden vermieden werden. Hierbei ist aber die Herabsetzung der Strombelastbarkeit des Kabels durch erhöhte Verluste zu beachten.

Bei kleineren Kabellängen (unter 500 m) kann man sich durch einseitige Erdung der leitenden Umhüllung behelfen.

Zusätzliche Erdungen lassen sich vermeiden, wenn man die Leiter eines Drehstromsystems zyklisch dreimal bzw. ein Vielfaches von 3 auf der gesamten Länge auskreuzt.

Werden mehrere Drehstromsysteme parallel nebeneinander verlegt, empfiehlt sich nachstehende Phasenfolge:

$L_1L_2L_3$ ;  $L_3L_2L_1$ ; usw.

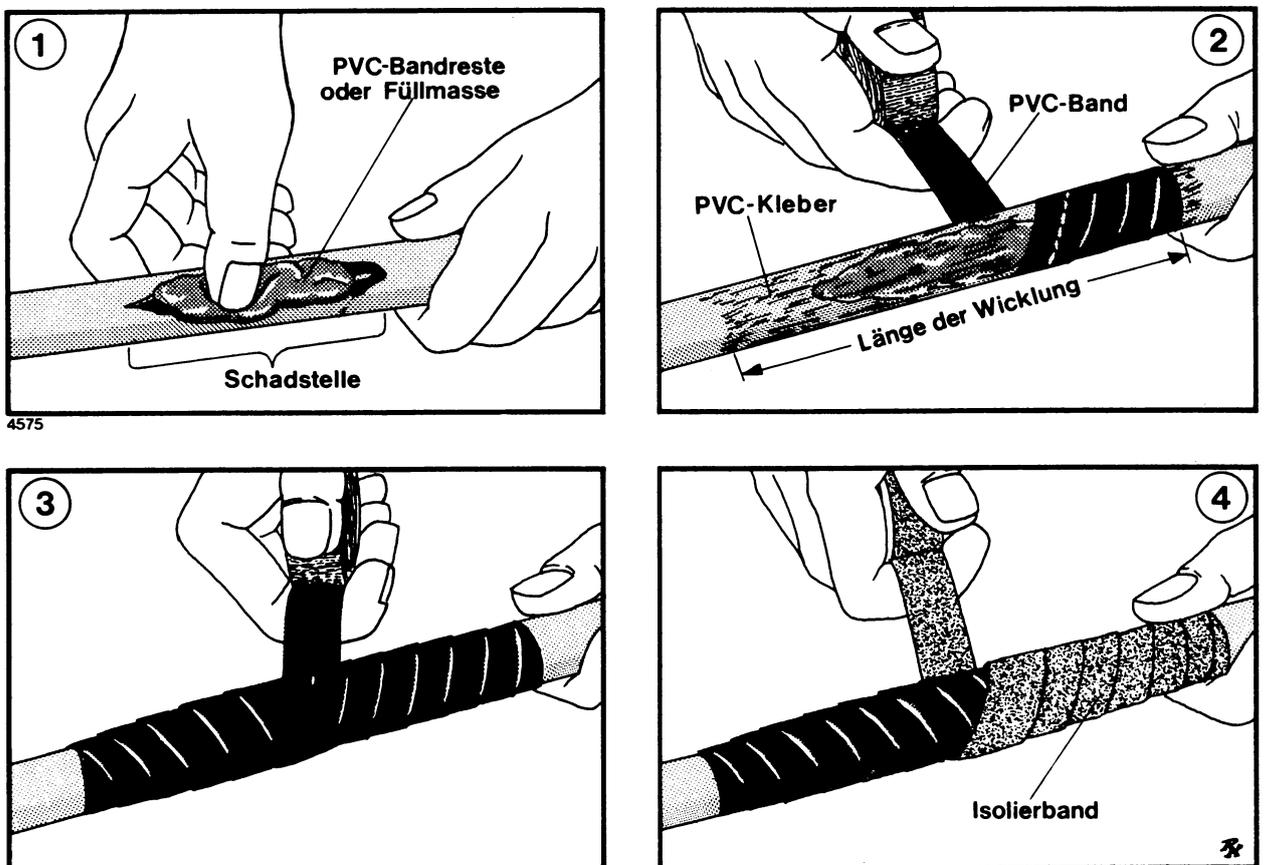
Bei dieser Anordnung sind die Induktivitäten der parallelen Kabel einer Phase annähernd gleich groß. Auch eine gebündelte Verlegung ist möglich.

## 5.5 AUSBESSERN/REPARATUR BESCHÄDIGTER AUSSENHÜLLEN

### 5.5.1 Kunststoff-Außenhüllen

Bei kleinen Mantelbeschädigungen werden die Ränder des Mantels an der Schadstelle vorsichtig mit dem Messer schräg abgeschnitten und der entstandene Hohlraum mit Stücken von PVC-Band oder Füllmasse ausgefüllt. Mit einem heißen Streicheisen (notfalls Kabelmesser) wird das verformbare PVC-Band an die Ränder der Schadstelle angestrichen und fest eingedrückt, bis der Hohlraum vollständig ausgefüllt ist. Anschließend ist der gesamte Kunststoffmantel auf beiden Seiten der Schadstelle auf je etwa 50 mm Breite mit Lösungsmittel (Methylenchlorid) zu reinigen und nach dem Trocknen mit PVC-Kleber zu bestreichen. Danach wird unter leichtem Zug ein PVC-Band halb überlappend aufgewickelt. Mit dem Aufwickeln ist etwa 20 mm vor der Schadstelle zu beginnen und weiter bis etwa 20 mm über den anderen Rand der Schadstelle hinaus, von dort wieder zurück und so fort. Dabei ist jede weitere Bandage an den Lagenenden um eine Bandbreite weiterzuentwickeln als die vorhergehende Lage. Damit die Lagen gut zusammenkleben, wird jede Bandlage vor dem Weiterwickeln mit PVC-Kleber bestrichen.

Abb. 30.1 – 30.4:



Ausbessern beschädigter Außenhüllen

Die Schutzwicklung soll etwa die Dicke des Kunststoffmantels erreichen, wobei die letzten Lagen die Ränder der Schadstelle etwa 100 mm überdecken. Alle Schadstellen, die mit PVC-Band und Kleber ausgebessert wurden, sind abschließend mit einer Lage selbstklebendem PVC-Band halb überlappt zu überwickeln.

Bei größeren Mantelbeschädigungen ist an der Schadstelle die Kunststoff-Außenhülle ganz abzunehmen, und die Schnittstellen sind anzuschrägen. Der Anfang des PVC-Bandes wird mit einem heißen Streicheisen mit dem unteren Teil des abgeschrägten Mantels verschweißt. Danach ist das Band halb überlappt in so vielen Lagen aufzuwickeln, bis der Durchmesser der Außenhülle erreicht ist. Jede Lage ist dabei mit PVC-Kleber einzustreichen und jedes zweite oder dritte Lagenende mit den konisch abgeschrägten Mantelenden zu verschweißen. Darüber sind Schutzlagen, wie oben angegeben, bis etwa Manteldicke aufzuwickeln. Sie sollen von den Enden der Schadstelle noch bis zu 100 mm Länge konisch auf dem Mantel auslaufen.

Bereitet das Verschweißen Schwierigkeiten (z. B. bei ungeübten Helfern), dann kann auch wie folgt verfahren werden:

Die abgeschrägten Mantelenden werden mit PVC-Kleber eingestrichen. Mit dem Aufwickeln des PVC-Bandes, halb überlappt, beginnt man in der Mitte der Fehlerstelle, wickelt bis etwa  $\frac{1}{2}$  Bandbreite auf den abgeschrägten Mantel usw., bis der Durchmesser des Kunststoffmantels erreicht ist. Dabei ist jede Bandlage mit PVC-Kleber einzustreichen. Darüber sind die Schutzlagen, wie angegeben, zu wickeln.

#### **Ausbessern mit Streichharz**

Die vorstehend beschriebenen Ausbesserungen können bei kleinen Schäden statt mit PVC-Band auch mit Streichharz, wie folgt, durchgeführt werden:

Schadstellen müssen sauber ausgeschnitten, die Kanten abgeschrägt, aufgeraut und mit Lösungsmittel (Methylenchlorid) gereinigt werden. Das Streichharz (Grundmasse und Härter) wird etwa im Verhältnis 1 : 1 gemischt und die Schadstelle damit ausgestrichen. Nach dem Aushärten (5–6 Stunden bei 20° C) kann die Fehlerstelle befeilt und geglättet werden.

#### **5.5.2 Mehrschichtiger Korrosionsschutz bei Aluminiummantelkabeln**

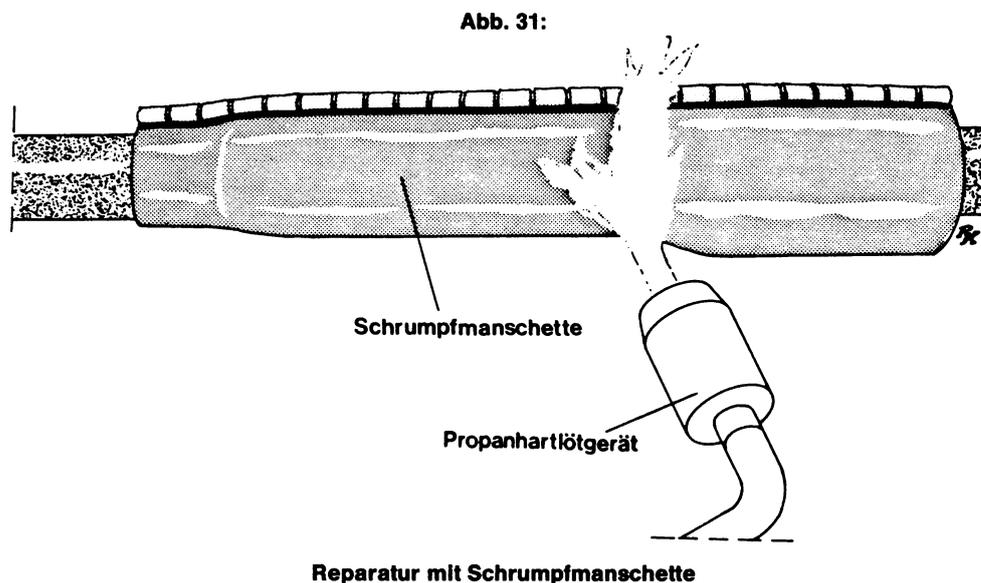
Beim Ausbessern der Kunststoffaußenmäntel von Aluminiummantelkabeln ist darauf zu achten, daß die über dem Metallmantel befindliche Lage Kunststoffband nicht beschädigt ist. Gegebenenfalls ist der äußere Kunststoffmantel in vollem Umfang und so weit abzunehmen, daß die darunterliegende Bandlage beiderseits des abgesetzten Kunststoffmantels etwa 20–30 mm unbeschädigt hervorsteht. Wird die Kunststoffaußenhülle entsprechend den vorher genannten Erläuterungen ausgebessert, ist zu beachten, daß die auf dem Aluminiummantel vorhandene Lage Kunststoffband auf jeder Seite mindestens 20 mm überdeckt wird. Beim Ausbessern mit Streichharz ist vor dem Aufbringen des Streichharzes die Lage Kunststoffband mit 2 bis 3 Lagen PVC-Band zu bewickeln.

#### **5.5.3 Reparatur mit Schrumpfmanschette**

Zur Reparatur von metall- oder kunststoffummantelten Kabeln werden längsgeteilte Schrumpfmanschetten verwendet (z. B. Thermofit Schrumpfmanschette Fa. Raychem).

Diese Schrumpfmanschetten bestehen aus modifiziertem, vernetztem und dadurch unschmelzbarem Polyolefin.

Ihre Innenseite ist mit einem thermoplastischen Kleber beschichtet. Im Lieferzustand sind die Manschetten soweit gedehnt, daß sie bequem um den zu reparierenden Kabelabschnitt gelegt werden können. Mittels Schnappverschluß (Fa. Siemens) oder einer flexiblen Schiene aus Chrom-Nickel-Stahl (Fa. Raychem) wird die Manschette zu einem Schlauch geschlossen. Bei Erwärmung, z. B. mit einer offenen Gasflamme, schrumpft die Manschette, der Kleber schmilzt und wird in Hohlräume und Unebenheiten gepreßt.



Nach Abkühlung ist die Reparaturstelle in einem Temperaturbereich von  $-30^{\circ}\text{C}$  bis  $+70^{\circ}\text{C}$  bis mindestens 1,5 bar innendruckdicht. Sie widersteht hohen mechanischen Belastungen und hat sich durch sehr gute Beständigkeit gegenüber Wetter- und chemischen Einflüssen sowie UV-Strahlung, Erdalkalien usw. bewährt.

Bei Gebrauch dieser fertigen Reparaturmanschetten sind die Handhabungshinweise der jeweiligen Hersteller genau zu beachten.

Auch zur Reparatur von flexiblen, kunststoff- oder gummiummantelten Kabeln und Leitungen gibt es Schrumpfmanschetten, die in der Handhabung den vorstehenden beschriebenen Manschetten entsprechen.



## 6 KABELGARNITUREN

### 6.1 Aufgaben und Anforderungen

Unter dem Sammelbegriff „Kabelgarnituren“ faßt man Verschluß- und Verbindungsteile der Endverschlüsse und Muffen als Kabelzubehör zusammen. Kabelgarnituren in einer Kabelanlage dienen zur Herstellung von Verbindungen, Abzweigen und Endverschlüssen. Die Garnitur darf keine schwache Stelle innerhalb der gesamten Kabelanlage darstellen; sie muß mindestens so betriebssicher sein wie das Kabel selbst.

Neben Spannungs- und Kurzschlußfestigkeit, Dauerbelastbarkeit, mechanischer Festigkeit und chemischer Beständigkeit soll die Garnitur das Kabelinnere gegen das Eindringen von Fremdstoffen, insbesondere gegen Feuchtigkeit sicher abschließen und zum andern ein Austreten der Tränkmassse verhindern.

Die Garnitur kann weiter als Vorrats- oder Ausgleichsbehälter oder auch als Sperre für die Tränkmassse dienen.

Während die Spannungs- und Kurzschlußfestigkeit auch von der Güte der Montage abhängt, ist die mechanische Festigkeit und chemische Beständigkeit vorwiegend eine Frage der Konstruktion und des verwendeten Werkstoffes.

Für die Spannungsfestigkeit ist in erster Linie die Einhaltung der vorgeschriebenen Isolierstärken unter Vermeidung von Hohlräumen (feste Wickelkeulen) maßgebend, während die Belastbarkeit weitgehend von der Güte der Verbindung abhängt.

Die Leiter in der Garnitur sind durch geeignete Maßnahmen so abzustützen, daß dynamische Beanspruchungen durch Kurzschlußströme nicht zu Schäden führen.

### 6.2 Montagerichtlinien und -hinweise

Mit der Ausführung von Kabelmontagearbeiten sollen nur hierfür besonders ausgebildete Helfer betraut werden.

Vor Beginn einer Montage

- sind die Garniturteile auf etwaige Mängel zu untersuchen
- darf das Kabel nur bewegt werden, wenn seine Temperatur über + 3° C liegt (beim Zurechtbiegen des Kabels sind die zulässigen kleinsten Krümmungsradien zu beachten),
- sind der einwandfreie Zustand des Kabels und der Verschlußkappen festzustellen.

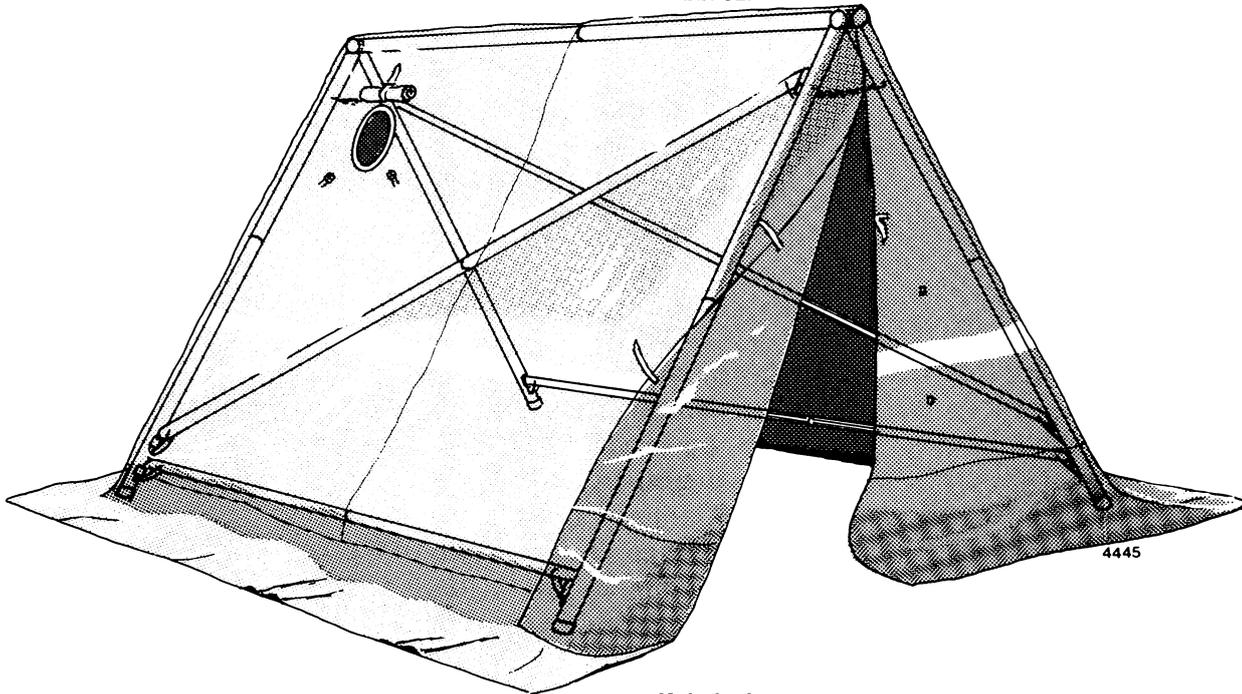
Insbesondere ist die Isolierung papierisolierter Kabel auf Feuchtigkeit zu untersuchen (Spratzprobe). Das geschieht in folgender Weise:

Der äußeren Papierlage der Gürtelisolierung und der innersten am Leiter liegenden Lage der Aderisolierung sind Proben zu entnehmen und anzuzünden. Feuchtes Papier bildet beim Brennen deutlich sichtbaren Schaum. Das zu prüfende Papier ist dabei nur mit trockenen Händen an den

Kanten zu berühren. Bei Hochspannungskabeln soll diese Prüfung durch Eintauchen in 120° C heiße Ölmasse geschehen. Kabelenden, die Feuchtigkeit zeigen, sind soweit zurückzuschneiden, bis sie einwandfrei sind, d. h. es darf sich bei der Prüfung kein Schaum bilden.

Montage im Freien erfordert stets das Verwenden eines Kabelzettes, um Staub und Feuchtigkeit von der Montagestelle fernzuhalten.

Abb. 32:



Kabelzelt

Ist bei einem papierisolierten Kabel die empfindliche Isolierung einmal freigelegt, so soll die Arbeit nicht mehr unterbrochen werden. Falls dies wegen besonderer Umstände unvermeidbar ist, muß das offene Kabelende durch geeignete Maßnahmen, z. B. Aufsetzen und Verschrauben einer Schutzmuffe, geschützt werden.

Die Papierisolierung darf weder durch Einschnitte noch beim Spreizen beschädigt werden. Bei Lötarbeiten am Kabelmantel und Löt- und Schweißarbeiten am Leiter ist die zuzuführende Wärmemenge so gering wie möglich zu halten.

Für Lötungen an Bleimänteln ist Schmierzinn mit etwa 33% Zinngehalt zu verwenden im Gegensatz zu Lötzinn für Kupferlötungen mit einem Zinngehalt von 50%.

Sofern es die örtlichen Verhältnisse zulassen, empfiehlt es sich, vor und hinter den Muffen eine Kabelreserve durch einem S-förmigen Boden zu schaffen. Die Muffe ist dadurch zugentlastet.

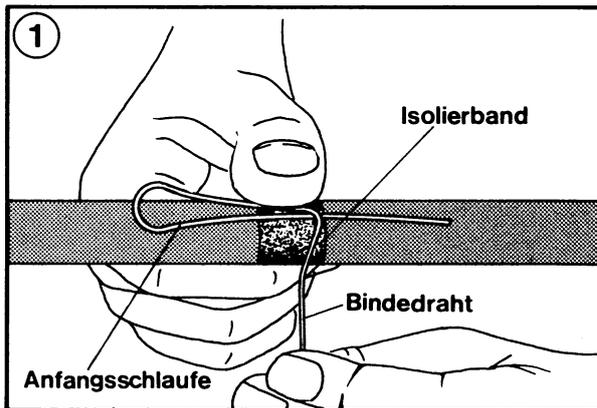
### 6.3

#### **Absetzen eines papierisolierten Gürtelkabels mit Bleimantel und Juteumhüllung (NKBA)**

Als Absetzen bezeichnet man das Freilegen der Adern eines Kabels für die Montage der verschiedenen Garnituren. Garnituren sind Schutzhüllen für

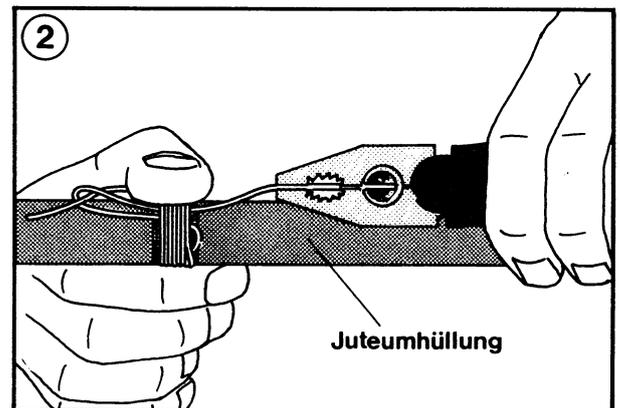
die Verbindungsstellen und für die Endverschlüsse der Kabel und Leitungen. Das Absetzmaß ergibt sich aus der Größe der Garnitur. Die Größe richtet sich nach dem Querschnitt und der Art des Kabels oder der Leitung.

Abb. 33.1:



4484

Abb. 33.2:



Abbinden eines Kabels

Zuerst ist in ausreichendem Abstand vom Kabelende die Juteumhüllung mit Isolierband zu umwickeln und mit Bindedraht abzubinden.

Abb. 33.3:

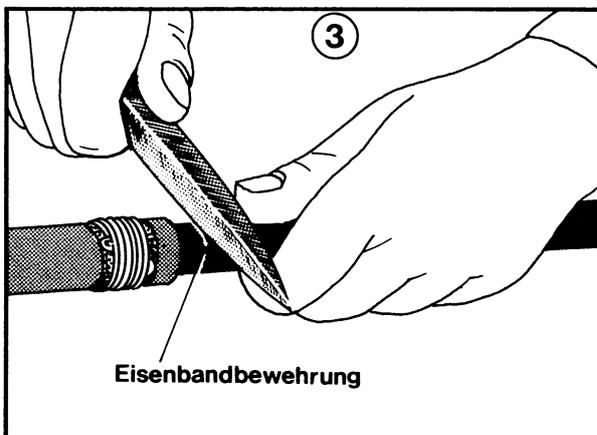
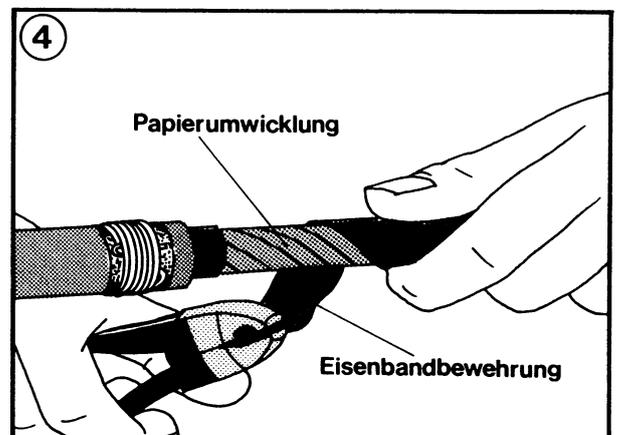


Abb. 33.4:



Einfleilen u. Abwickeln der Eisenbandbewehrung

Nach Entfernen der Juteumhüllung ist die Eisenbandbewehrung rundherum einzufeilen und abzuwickeln.

Abb. 33.5:

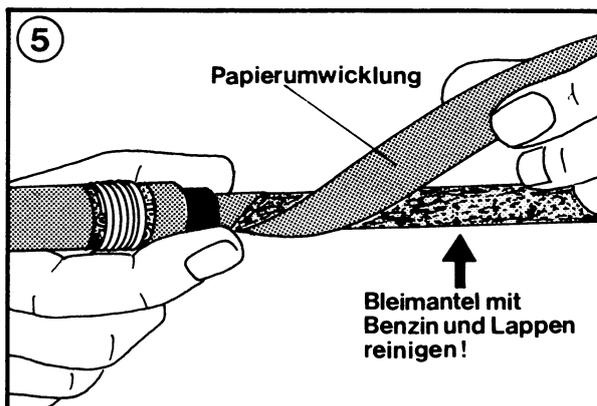
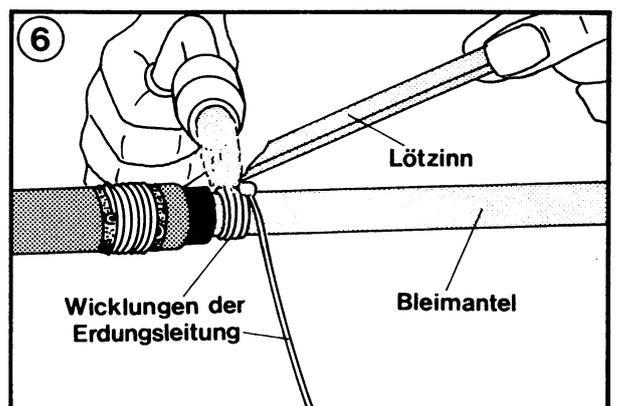


Abb. 33.6:



Ablösen der Papierumwicklung und Anbringen der Erdungsleitung

Die darunterliegende getränkte Papierumwicklung ist abzulösen und der Bleimantel zu reinigen, damit anschließend das Erdungsseil aufgewickelt und verlötet werden kann.

Vorsicht! Blei schmilzt leicht, daher die Lötflamme nicht lange an der gleichen Stelle lassen.

Nach Aufbringen der erforderlichen Menge Lötzinn ist dieses im teigigen Zustand mittels eines Talglappens um den Erdungsseilwickel zu schmieren und gut mit dem Bleimantel zu verbinden.

Abb. 33.7:

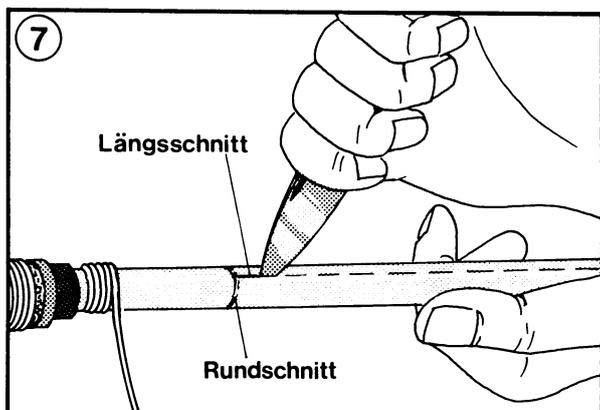
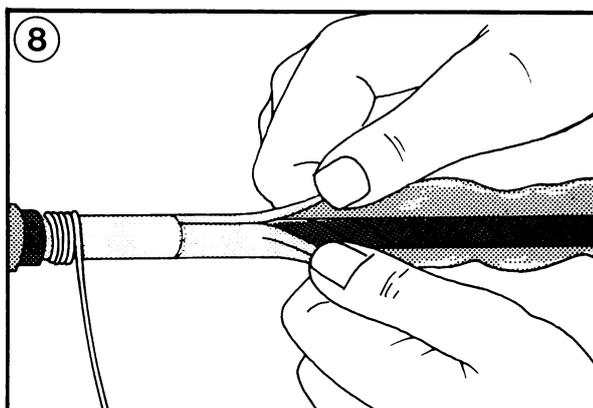


Abb. 33.8:



Abnehmen des Bleimantels

Der Bleimantel ist rund und danach längs einzuschneiden und abzunehmen.

Vorsicht! Beim Einschneiden nicht die Isolation beschädigen.

Abb. 33.9:

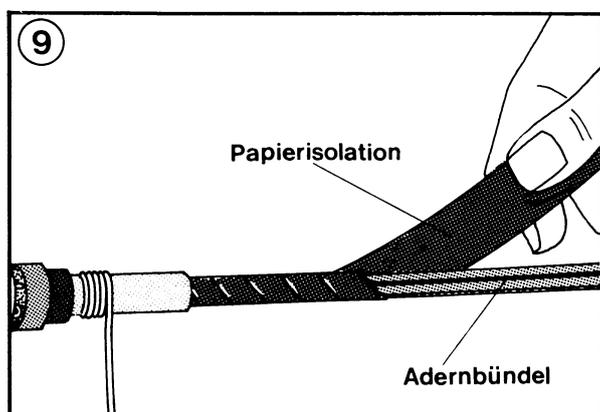
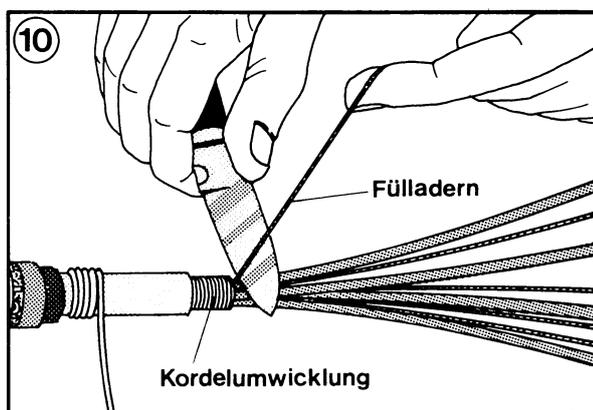


Abb. 33.10:



Abwickeln der Papierisolation u. Umwickeln der Adern mit Kordel

Nach Abwickeln der Papierisolation ist das Adernbündel mit Kordel abzubinden (Durchführung wie Abb. 33.1 und 33.2).

Die Fülladern sind anschließend auszuschneiden.

Von der Kordelabbindung ausgehend ist jede Ader gleichmäßig und sorgfältig mit Lackleinenband (Isolierband) zu bewickeln. Die folgende Wicklung soll die vorige immer etwa zu einem Drittel bedecken.

Abb. 33.11:

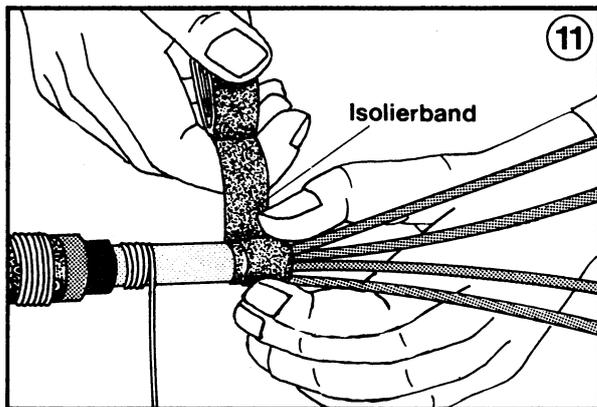


Abb. 33.12:

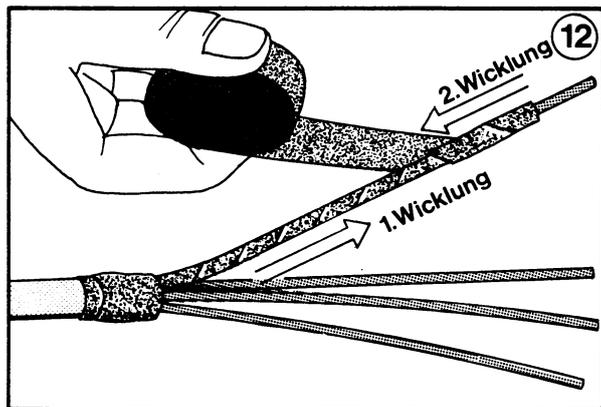
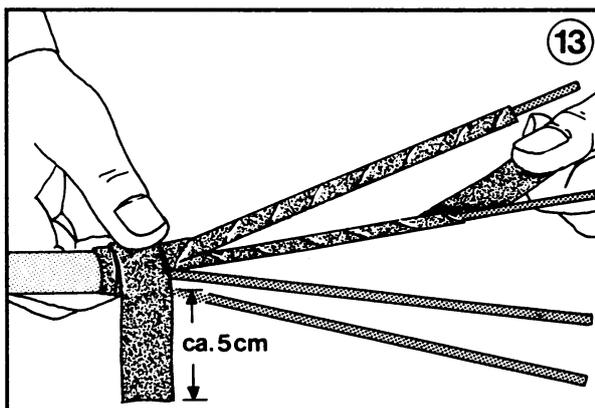
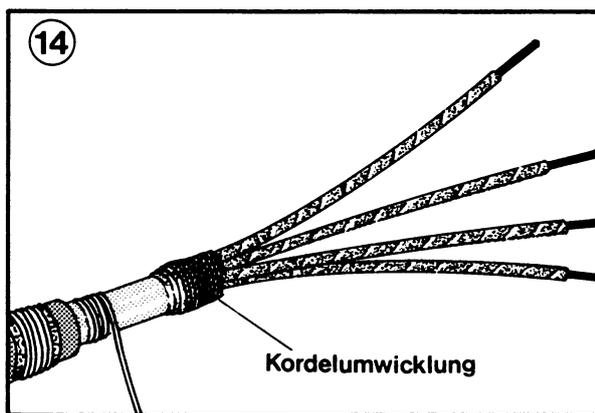


Abb. 33.13:



Bewicklung mit Isolierband

Abb. 33.14:



Abgesetztes NKBA

4497

Nach zweifacher Bewicklung jeder Ader – einmal hinauf und auf der gleichen Ader zurück – wird das Mittelteil nochmals mehrfach bandagiert und mit Kordel umwickelt. Danach sind die Aderenden abzuisolieren und zum Einklemmen vorzubereiten.

So bandagierte Kabelenden werden in Hausanschlußkasten eingebaut bzw. in Kabelendverschlüssen und Muffen eingebaut und vergossen.

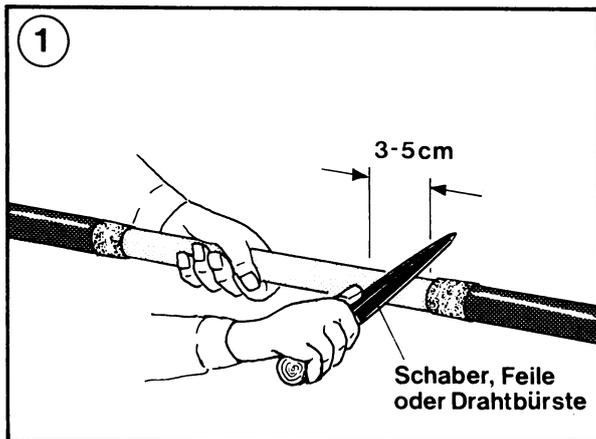
### 6.4 Endzubereitung von Kabeln mit Aluminiummantel (NKLEY)

Bei Kabeln mit Aluminiummantel besteht hinsichtlich der Garniturmontage kein wesentlicher Unterschied gegenüber Kabeln mit Bleimantel. Es können die gleichen Garnituren wie für Papierbleikabel verwendet werden. Auch die Zubereitung der Enden ist – abgesehen vom Vorverzinne des Aluminiummantels mit Reibelot – die gleiche. Durch den Fortfall der Stahlbandbewehrung wird die Montage leichter.

### 6.5 Lötverbindungen an Aluminiummänteln

Nach Entfernen des Korrosionsschutzes wird der Aluminiummantel gereinigt und an der zu verzinnenden Stelle auf ausreichender Breite (etwa 5–7 cm) blankgeschabt.

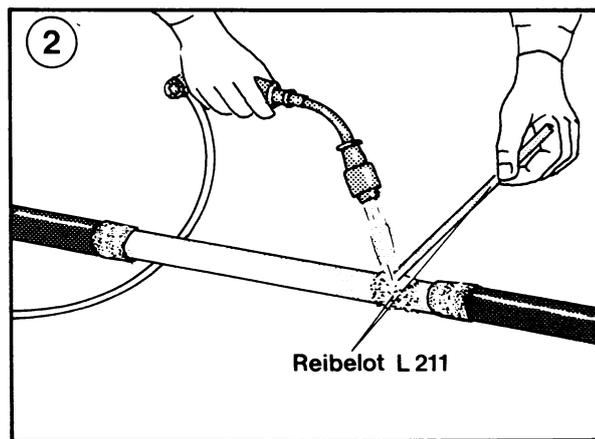
Abb. 34.1:



4460

Reinigung des Aluminiummantels

Abb. 34.2:



Auftragen von Reibelot

Unter dauerndem Erhitzen des Aluminiummantels wird das Reibelot mit leichtem Druck (zum Zerstören der erneut gebildeten Oxidhaut) aufgerieben, bis eine gut haftende Lötsschicht entstanden ist.

Anschließend wird ein dem Aluminiummantel leitwertgleiches Kupferseil auf ausreichende Länge aufgedrallt u. zur Begrenzung der Aufdrallung abgebunden. Beide Seilstränge sind nun beiderseits möglichst breit um den Kabelmantel zu legen und zusammenzuwürgen. Unter Anwärmung des Mantels sind dabei die Seildrähte in die Zinnschicht einzubetten.

Abb. 34.3:

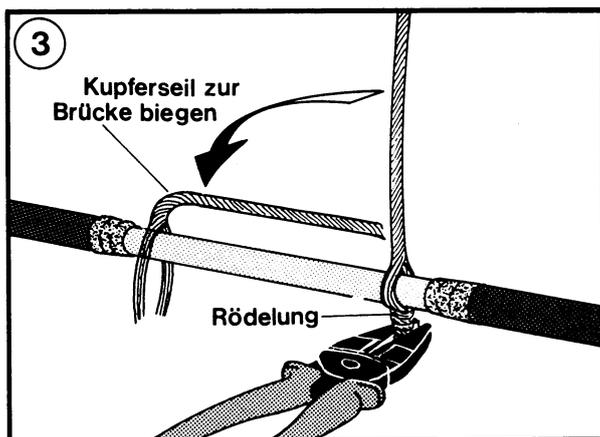
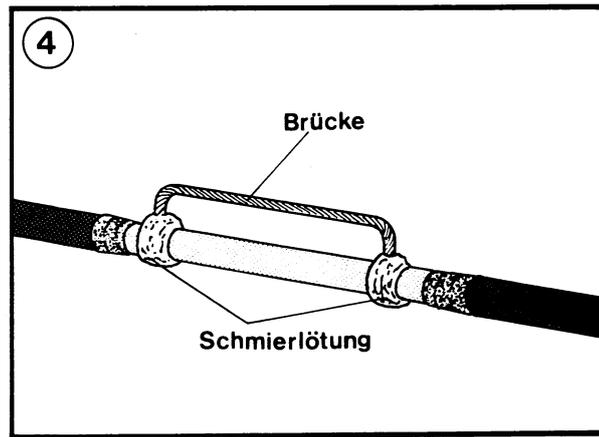


Abb. 34.4:



Überbrückung mittels Kupferseil

4592

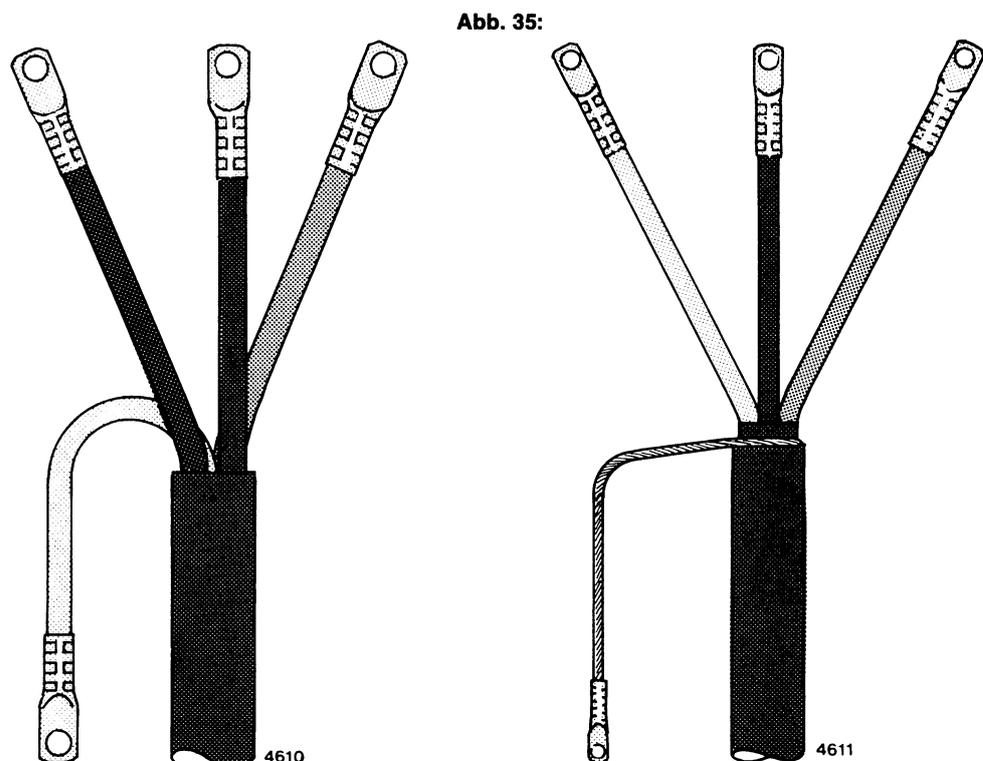
Danach können Plomben wie auf einem Bleimantel mit Zinnlot unter Zuhilfenahme eines Talklappens aufgelötet werden.

Das Absetzen des Aluminiummantels erfolgt wie das Absetzen des Bleimantels.

## 6.6 Endenzubereitung von Kunststoffkabeln

Kunststoffkabel enthalten weder Tränkmasse noch eine feuchtigkeitsempfindliche Isolierung. Daher werden für Niederspannung in trockenen Innenräumen keine Endverschlüsse benötigt. Die Endenzubereitung dieser Kabel ist dadurch besonders einfach. Der Kunststoffaußenmantel wird mit der Mantelschneidezange oder einem Messer mit Anschlag abgesetzt. Durch einen Längs- und Rundschnitt wird der Außenmantel bis auf den Innenmantel bzw. die Bandumwicklung aufgetrennt. Dabei ist zu beachten, daß die Adern nicht angeschnitten werden. Der Mantel läßt sich dann leicht abnehmen. Danach wird der Innenmantel entfernt. Hierbei ist ein stumpfes Werkzeug zu verwenden, damit die Aderisolierung nicht verletzt wird. Bei Kunststoffkabeln mit Sektorleiter befindet sich unter dem Außenmantel eine Lage Band, das entsprechend abgesetzt wird. Zusätzliche Kordelbandagen an Zwickelstellen und Aderenden sind nicht erforderlich.

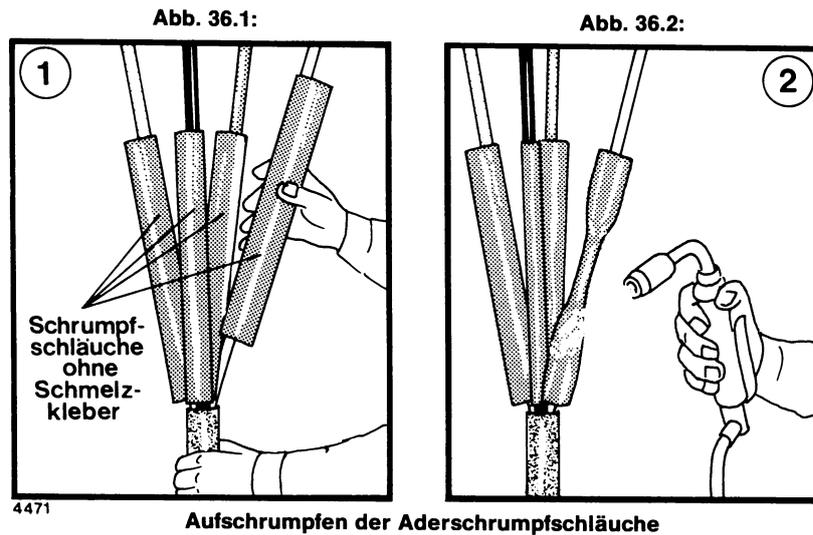
Für Hochspannungs-Kunststoffkabel ist zusätzlich die Freilegung der leitfähigen Schicht notwendig.



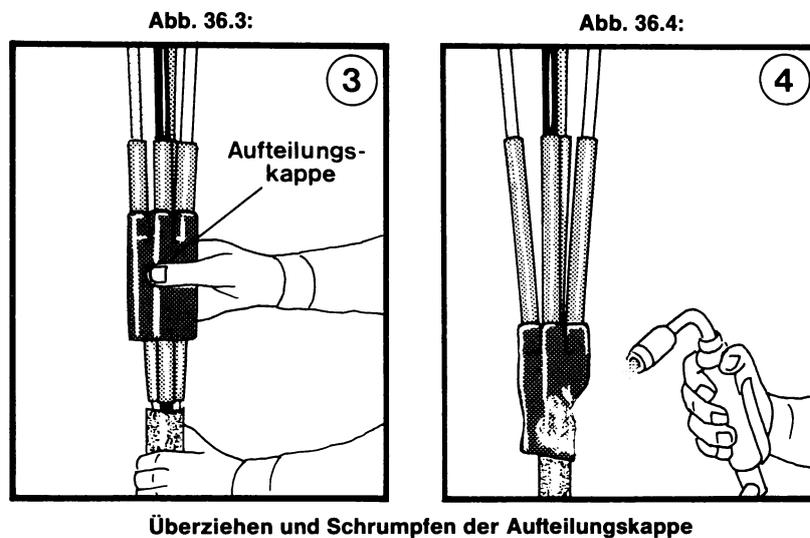
Zum Anschluß vorbereitete Kabelenden (Innenräume)

Um zu vermeiden, daß bei feuchten Räumen bzw. Freiluftanlagen, Wasser in das Kabel eindringen kann, ist es erforderlich, Kabel und Leiter abzudichten. Eine problemlose Abdichtung bietet das heute weit verbreitete Schrumpfverfahren.

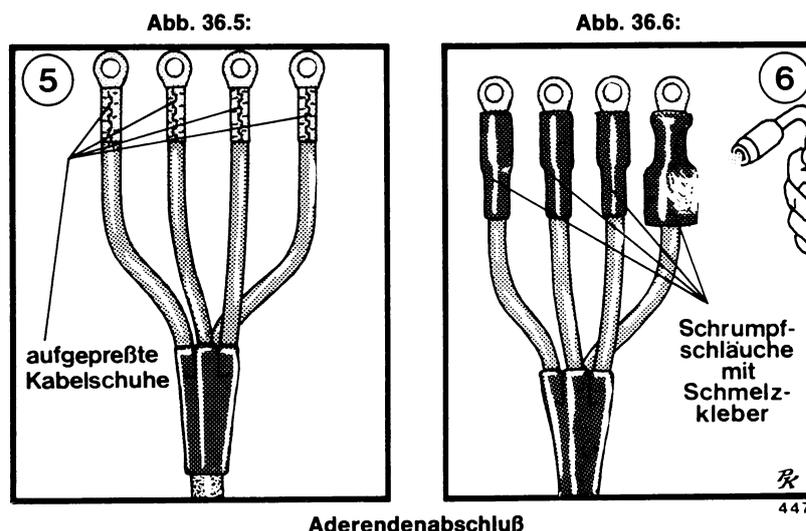
Hierzu sind 3 oder 4 Schrumpfschläuche ohne Schmelzkleber, 3 oder 4 Abdichtungs-Schrumpfschläuche sowie 1 Aufteilungskappe mit Schmelzkleber erforderlich.



Zunächst sind auf die Adern die Schrumpfschläuche ohne Kleber aufzuziehen und von der Mitte aus nach oben und unten aufzuschrumphen.



Nach Überziehen der Aufteilungskappe ist diese aufzuschrumphen, bis sie fest anliegt und der Schmelzkleber an den Rändern austritt.



Hiernach werden die Kabelschuhe aufgepreßt, die Abdichtungs-Schrumpfschläuche (mit Schmelzkleber) übergezogen und die Aderenden durch den Schrumpfvorgang dauerhaft wasser- und feuchtigkeitsdicht verschlossen.



## 7 LEITERVERBINDUNGEN UND LEITERABZWEIGE

### 7.1

#### Allgemeines

Einwandfreie Verbindungen und Abzweige der Leiter innerhalb der Kabelgarnituren sind für die Betriebssicherheit der gesamten Kabelanlage wichtig. Die Verbindungen und Abzweige müssen neben dem Nennstrom auch dem betrieblich größtmöglichen Kurzschlußstrom gewachsen sein und einen geringen Übergangswiderstand haben, um Spannungsfall und Erwärmung so klein wie möglich zu halten.

Als Leitermaterial ist Kupfer und Aluminium gebräuchlich. Die Art der anzuwendenden Verbindung richtet sich nach dem jeweiligen Leiterwerkstoff.

Grundsätzlich können die Verbindungen thermisch oder mechanisch hergestellt werden. Bei allen Verbindungsarten ist der Leiter gründlich zu reinigen, da verhindert werden muß, daß sich eine Oxidschicht auf den Kontaktstellen bildet.

### 7.2

#### Thermische Verfahren

Bei den thermischen Verfahren unterscheidet man Weichlöten, Hartlöten und Schweißen.

Für Kupferleiter wird vorwiegend die Weichlötung angewendet. Hartlöten ist möglich, jedoch wenig gebräuchlich.

Für Aluminiumleiter sind verschiedene brauchbare Weichlötverfahren entwickelt worden. Während Aluminium-Hartlötungen in der Kabeltechnik ungebrauchlich sind, werden Schweißverbindungen wegen ihrer Zuverlässigkeit häufig angewendet.

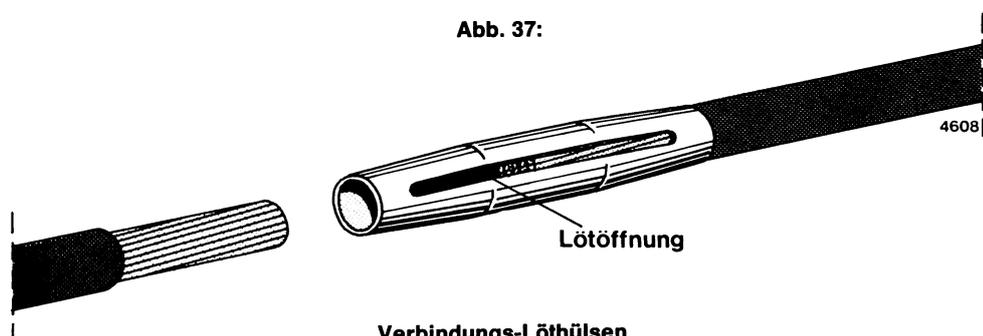
Bei allen thermischen Verbindungen verhindert das Flußmittel auf chemischem Wege die Bildung einer störenden Oxidschicht auf den Kontaktstellen. Die Flußmittel müssen säurefrei NEUTRAL SEIN. Ihre Überreste sind nach dem Verbinden zu entfernen, um Korrosionen zu vermeiden.

Verbindungen von Kupferleitern mit Aluminiumleitern werden zweckmäßig mit Alcu-Hülsen hergestellt. Diese Verbindungsglieder bestehen aus einer Kupferlöthülse und einem Aluminiumschweißende.

### 7.2.1

#### Weichlötverbindungen an Kupferleitern

Kupferleiter verbindet man am besten durch Löten unter Verwendung von Löthülsen.



Gelötet wird durch Anwärmen der Löthülse und der Leiterenden mit Lötlampe oder Propanbrenner und Einschmelzen von Zinn in die Lötöffnung der Hülse bzw. durch Übergießen der Verbindungsstelle (prov. Gießform) mit flüssigem Zinn mittels Gießlöffel.

Die Leiterisolierung ist vor Verbrennungen und Verschmutzungen zu schützen. Hierzu ist der blanke Leiter dicht an der abgesetzten Isolierung sowie die anschließende Aderisolierung fest mit feuerfestem Band zu umwickeln.

### 7.2.2 Weichlötverbindungen an Aluminiumleitern

Weichlötverbindungen an Aluminiumleitern sind wegen der immer vorhandenen Oxidhaut wesentlich schwieriger herzustellen als an Kupferleitern.

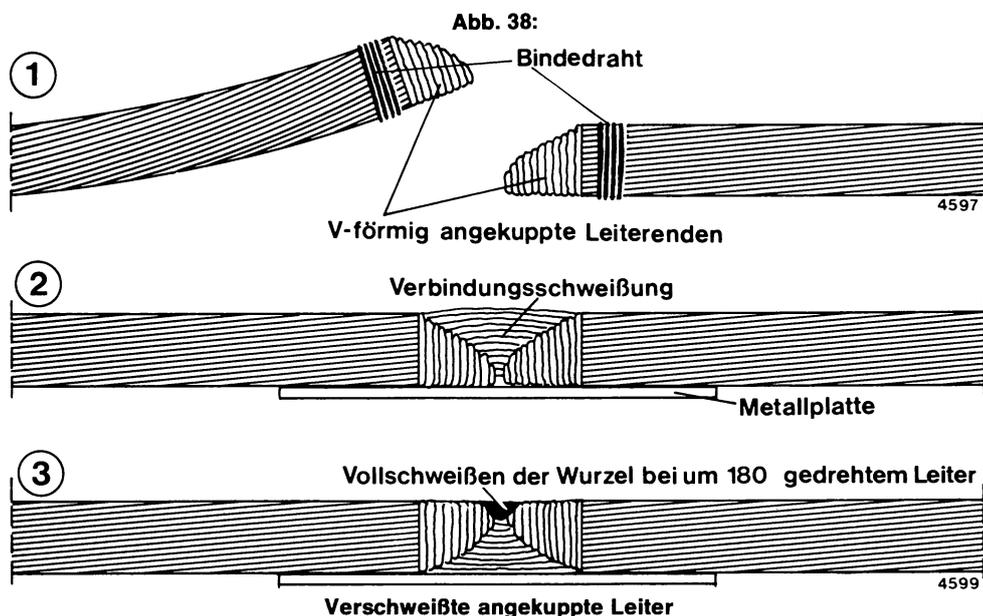
Beim Reibelotverfahren muß jeder einzelne Draht mit dem Reibelot vorverzinnt werden (s. Abb. 34.2). Das Reibelot wird auf den blank geschabten Leiterdraht nach Erwärmung auf die Verarbeitungstemperatur fest aufgerieben. Hierdurch wird die Oxidhaut zerstört und eine gute Verzinnung erreicht. Nach dieser Vorbehandlung kann wie an Kupferdrähten weitergelötet werden.

Da dieses Verfahren bei mehrdrätigen Leitern umständlich ist, wird man es hauptsächlich bei eindrätigen Leitern und bei Aluminiummängeln anwenden.

Beim Reaktionslötverfahren wird die Oxidhaut unter dem Einfluß von Wärme auf chemischem Wege aufgelöst, während gleichzeitig die im Reaktionslot enthaltenen Lötmetalle den Leiter lötfähig machen.

### 7.2.3 Schweißverbindungen an Aluminiumleitern

Für die Verbindung von Aluminiumleitern gewährleistet das Schweißverfahren einen einwandfreien Kontakt; es setzt allerdings eine gewisse Fertigkeit voraus.



Zum Schweißen wird eine Azetylen-Sauerstoffflamme benutzt (oder wenn vorhanden eine reduzierende Wasserstoff-Sauerstoffflamme mit sichtbarem leichtem Wasserstoffüberschuß). Mehrdrätige Rund- bzw. Sektorleiter (s. Abb. 5.1) sind vorher anzukuppen, d. h. durch Auftragsschweißung sind zuerst Kuppen zu bilden, damit beim Schweißvorgang selbst die Einzeldrähte nicht verlaufen. Vorher sind die Einzeldrähte mit Rödeldraht abzubinden (siehe Abb. 38).

Bei eindrätigen Rund-/Sektorleitern können die Querschnitte auch stumpf miteinander verschweißt werden. Eine Vorbereitung durch Abschrägen für eine V- oder X-Naht kann entfallen. Durch Verwendung von Flußmitteln wird beim Schweißvorgang die Oxidhaut des Aluminiums an der Schweißstelle gelöst und eine neue Oxidation verhindert.

Da beim Schweißen als Zusatzwerkstoff nur Reinaluminium verwendet werden darf, ist die chemische Beständigkeit der Verbindungsstelle sehr gut. Korrosionserscheinungen sind nicht zu befürchten.

Durch Unterlegen von Blechen o. ä. ist für eine gleichmäßige Wärmeab-  
leitung zu sorgen, damit die Isolierung nicht beschädigt wird.

**Achtung!** Papier-Blei-Kabel nicht mit Wasser kühlen!

### 7.3

#### Mechanische Verfahren

Bei den mechanischen Verfahren ist zwischen **lösba-**ren Klemmen- und Schraubverbindungen (Verb.-Schraubhülsen, Tatzten-Abzw.-Klemmen) und **nichtlösba-**ren Preßverbindungen (Preßkabelschuh, Preßverbindungshülse) zu unterscheiden.

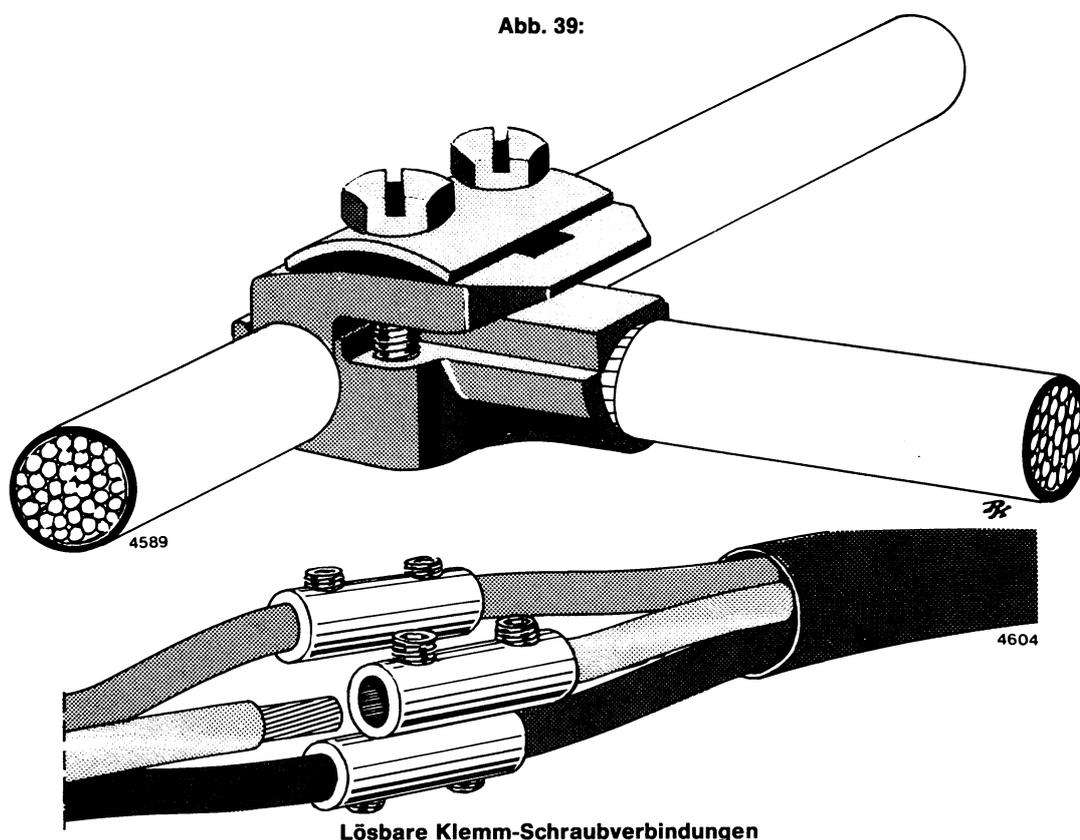
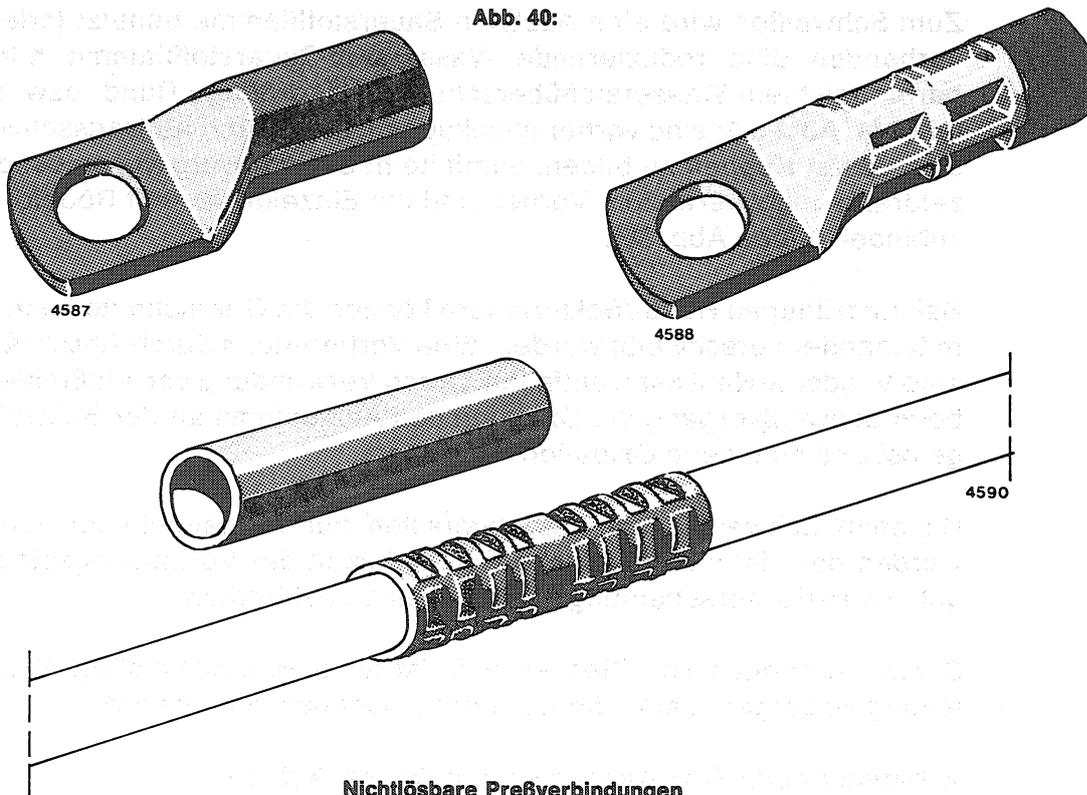


Abb. 40:



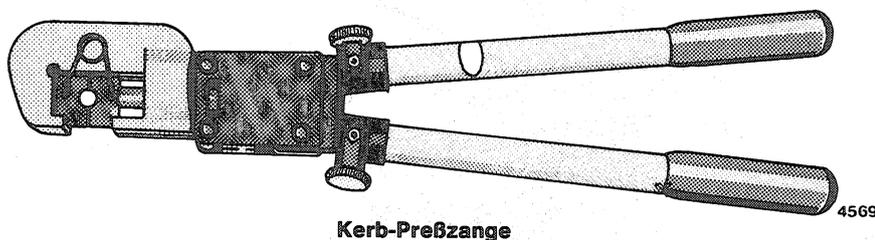
Nichtlösbare Preßverbindungen

Die Güte der mechanischen Verbindung hängt vor allem von dem gleichbleibend starken Kontaktdruck und der ständig oxidfrei bleibenden Kontaktfläche ab.

Grundsätzlich lassen sich mechanische Verbindungen bei Kupferleitungen wegen der günstigeren physikalischen und chemischen Eigenschaften des Kupfers leichter dauerhaft herstellen als bei Aluminiumleitern.

Zur Herstellung nichtlösbarer Preßverbindungen sind in der Elektro-Gruppe des I-Zuges 2 Kerb-Preßzangen mit einem Preßbereich von 16 bis max. 150 mm<sup>2</sup> und einem Preßdruck von 6 to vorhanden.

Abb. 41.1:

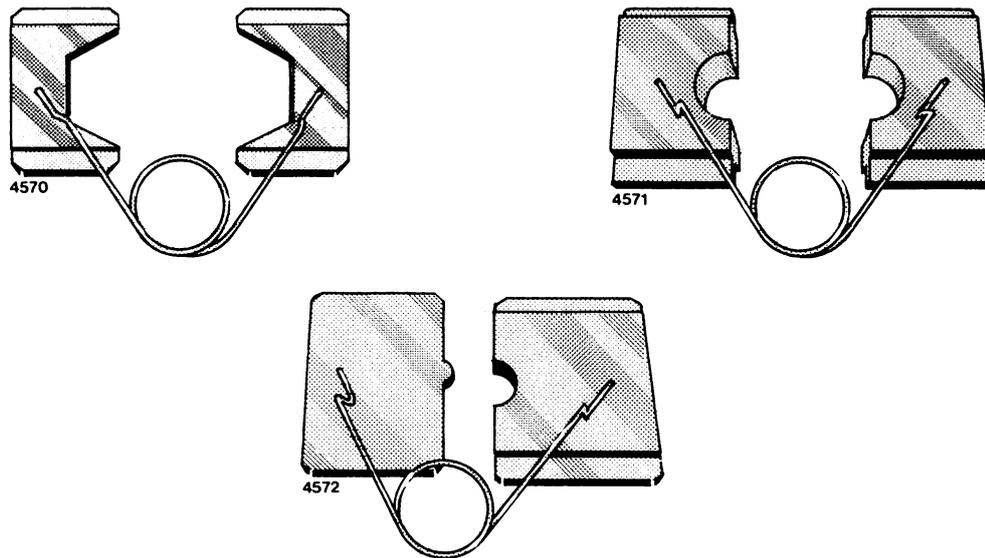


Kerb-Preßzange

Die jeweiligen Werkzeug-Einsätze sind je nach Querschnitt auszuwählen und bei geöffneter Preßzange einzusetzen.

Die Preßtiefe wird, da die Einsätze auf Anschlag arbeiten, automatisch bei geschlossener Preßzange erreicht.

Abb. 41.2:



Werkzeug-Einsätze für die Kerb-Preßzange

Aus Korrosionsgründen darf zum Pressen von Aluminium kein Einsatz benutzt werden, der vorher zum Pressen von Kupfer verwandt wurde, es sei denn er ist vorher gründlich gereinigt worden.



## 8 MUFFENVERBINDUNGEN

### 8.1 Allgemeines

Kabelverbindungen werden durch Muffen hergestellt. Die Auswahl der Muffen richtet sich nach der Bauart der Kabel, der Spannung und den örtlichen Gegebenheiten.

Neben die bisher üblichen Muffen, die ein gußeisernes Gehäuse und als Feuchtigkeitsschutz eine Füllmasse benötigen, sind Kunststoff-, Gießharz- und Schrumpfmuffen getreten. Sie werden in erster Linie bei der Verbindung von Kunststoffkabeln verwendet. Montageanleitungen sind den jeder Packung beiliegenden Firmen-Anweisungen zu entnehmen.

### 8.2 Verbindungsmuffen für Starkstromkabel

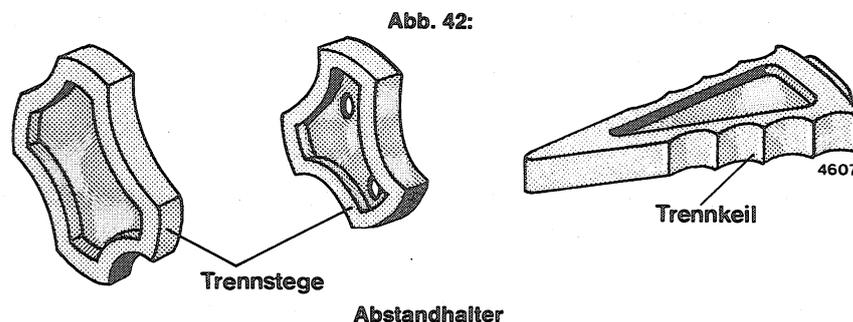
#### 8.2.1 Verbindungsmuffen für Gürtelkabel

Für die Verbindung von Gürtelkabeln bis 1 kV verwendet man Gußmuffen und Kunststoffmuffen und in Sonderfällen Gießharzmuffen. Letztere bevorzugt bei der Verbindung von Gürtelkabeln mit Kunststoffkabeln.

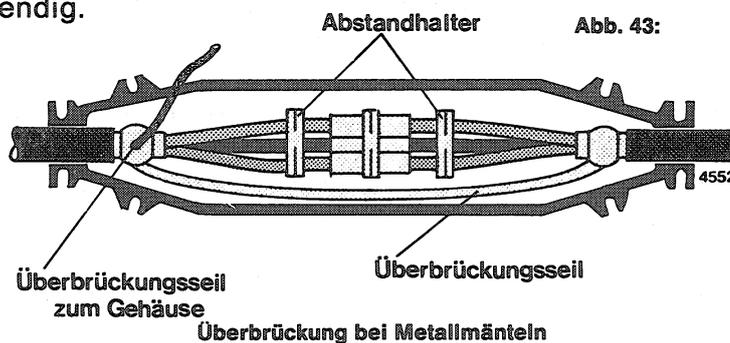
Im Spannungsbereich über 1 kV werden ausschließlich Gußmuffen verwendet.

Bei Verwendung der Muffen in Überschwemmungsgebieten, an Flußufern und im Sumpfgelände werden zusätzlich Innenmuffen aus Blei oder verzinnem Stahlblech eingebaut, die den Abschluß der Verbindungsstelle gegen Feuchtigkeit gewährleisten.

Die Leiter sind mit massegetränktem Papier nach Herstellung der elektrisch-leitenden Verbindung zu bewickeln und die Adern durch Papierwickel oder Abstandhalter in eine fixierte Lage zu bringen.



Die Metallmäntel müssen durch eine gelötete Seilverbindung überbrückt werden, darüber hinaus ist bei Gußmuffen eine Verbindung zum Gehäuse notwendig.

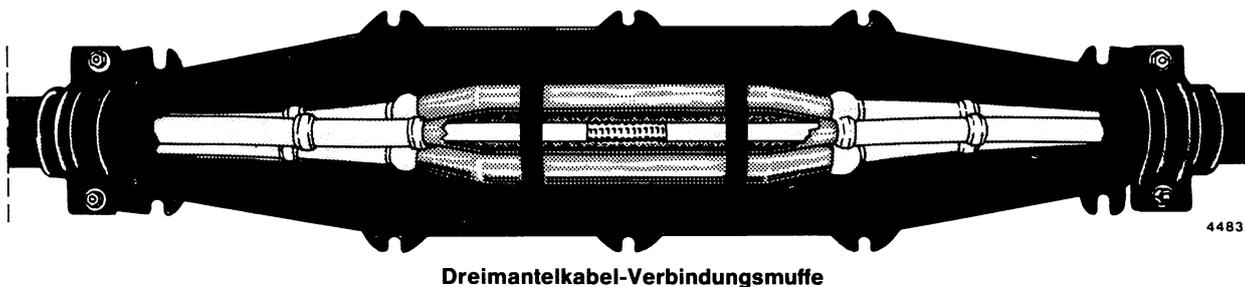


Bei Gürtelkabeln mit Aluminium- oder Kupferwellmantel wird dieser vielfach als 4. Leiter im Niederspannungsnetz verwendet. Zur leitfähigen Verbindung ist hier ebenfalls ein Seil mit leitwertgleichem Querschnitt aus Aluminium oder Kupfer zu verarbeiten.

### 8.2.2 Verbindungsmuffen für Dreimantel-/Höchstädterkabel

Für die Verbindung dieser Kabel sind Spezialmuffen mit Bleiinnenmuffen erforderlich, bei H-Kabeln eine gemeinsame, bei Dreimantelkabeln für jede Ader eine gesonderte Innenmuffe.

Abb. 44.1:



Die Montagevorschriften entsprechen denen für Gürtelkabel.

### 8.2.3 Verbindungsmuffen für Kunststoffkabel

Kunststoffkabel können wie Massekabel mit Gußmuffen verbunden werden, darüber hinaus bis zu 30 kV mit Gießharzmuffen, bis 20 kV mit Schrumpfmuffen und bis 1 kV mit Kunststoff- oder Wickelmuffen. Die Behandlung der Leiterenden und die Verbindung erfolgt wie bei Gürtelkabeln beschrieben.

Die Bewicklung der Leiterenden, soweit zur Isolation erforderlich, wird mit PVC-Band durchgeführt.

Für die Montage sind beiliegende Firmenanleitungen zu beachten.

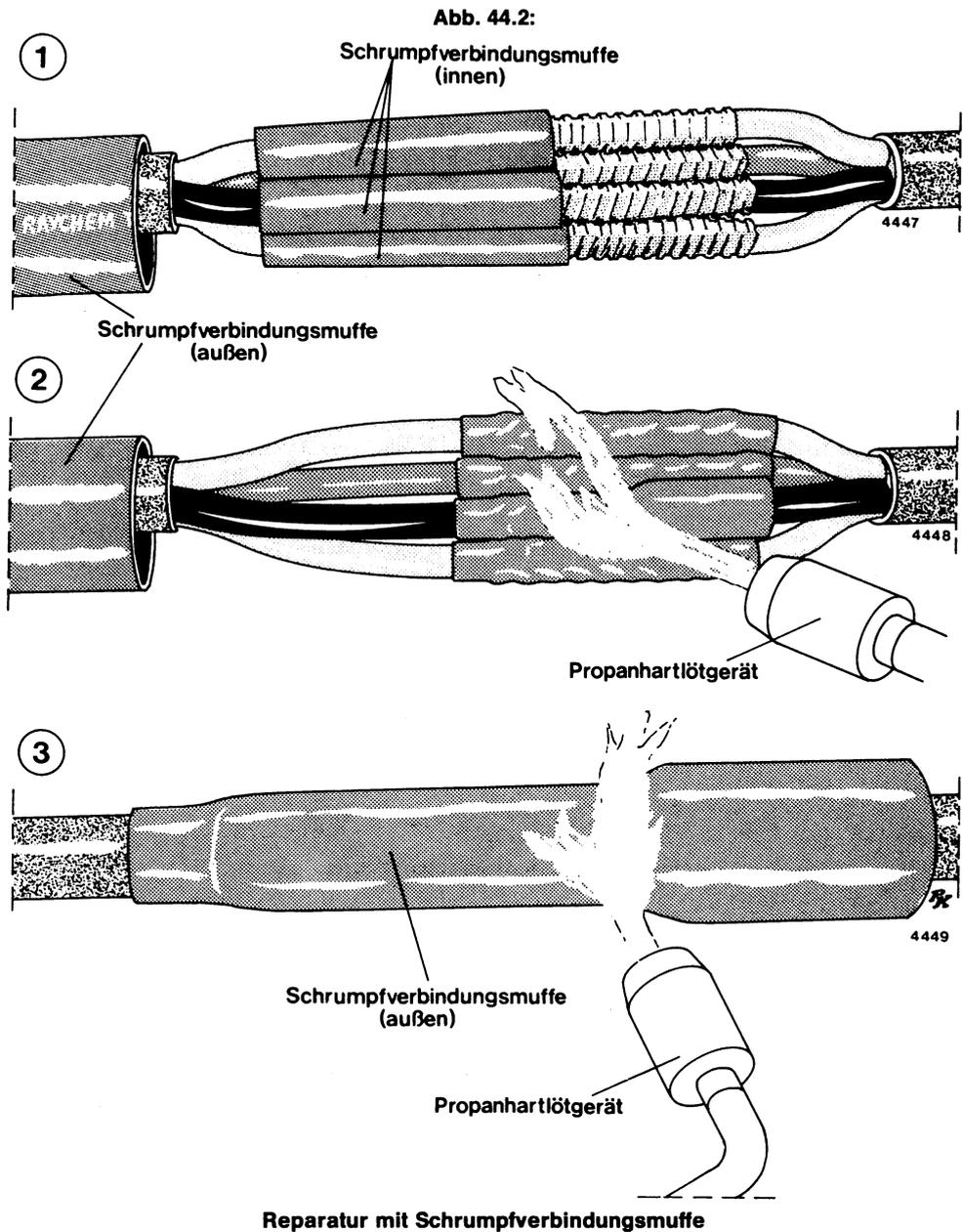
Als einfachste Verbindung für dringende Arbeiten im Katastrophenfall bietet sich die Schrumpfmuffe an.

Die im Handel erhältlichen schrumpfbaren Verbindungsmuffen bestehen, je nach Anzahl der zu isolierenden Adern, aus mehreren Innenmuffen und der gemeinsamen Außenmuffe.

Sie sind aus unerschmelzbarem Polyolefin hergestellt und auf der Innenseite mit einem Heißschmelzkleber beschichtet.

Während des Schrumpfvorganges schmilzt durch die Wärmeeinwirkung z. B. einer Gasflamme der Kleber und wird so in die Hohlräume und Unebenheiten gepreßt. Dadurch wird die Verbindung wasserdicht verklebt und kann sofort verlegt werden.

Die Leiter der Kabel sind vorher durch Preß- oder Löthülsen bzw. Schraubklemmen zu verbinden.



#### 8.2.4 Verbindungsmuffe für Einleiter-Massekabel

Das Material der zweiteiligen rohrförmigen Muffe besteht aus Messing und wird vor der Montage über die Kabelenden geschoben. Der Leiter wird mit massegetränktem Papier bewickelt, welches in Form einer Wickelkeule zur Isolation gleichmäßig ausläuft. Darüber wird die Abschirmung vollflächig miteinander verbunden. Die Muffenhälften sind miteinander und mit dem Bleimantel durch Plomben aus Schmierzinn zu verlöten.

#### 8.2.5 Verbindungsmuffe für Einleiter-Kunststoffkabel

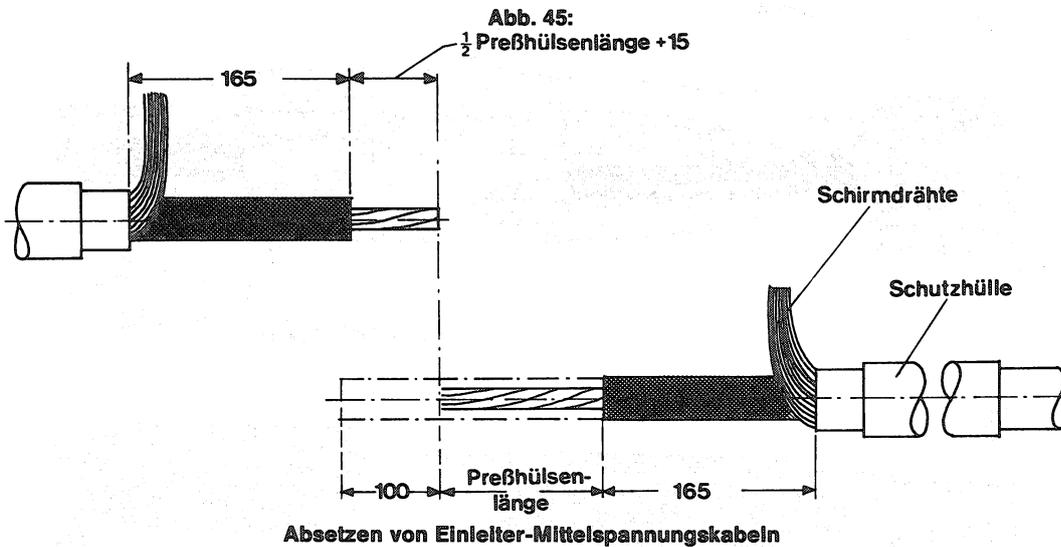
Hierfür werden die gleichen Muffen und Verbindungsverfahren wie bei Einleiter-Massekabeln angewendet.

#### 8.2.6 Verbindungsmuffen für Einleiter-Mittelspannungskabel bis 20 kV

Die Arbeitsanweisung zur Herstellung von Verbindungsmuffen für Mittelspannungskabel bis 20/30 kV sind je nach Kabeltyp unterschiedlich.

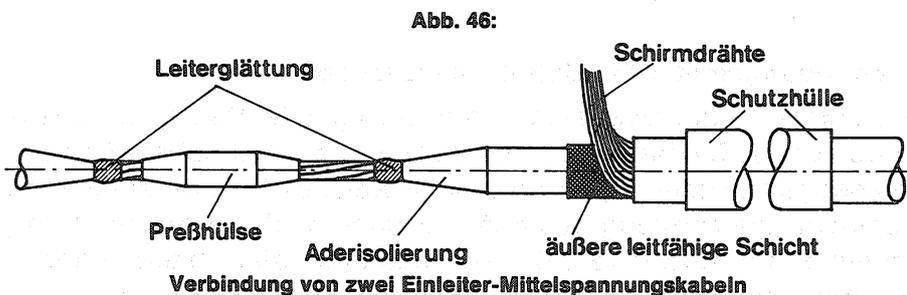
Vor Beginn der Arbeiten ist zunächst auf ein Kabelende eine äußere Schutzhülle (Schrumpfschlauch) aufzuschieben.

Die Kabelenden sind mit einer Überlappungslänge von 100 mm abzuschneiden. Nach Absetzen der Kabelmäntel ist dabei ein Kabelende um die Überlappungslänge von 100 mm länger abzusetzen und nach Zurückschlagen der Schirmdrähte um 100 mm so zu kürzen, daß die Stirnflächen der Leiter bündig zusammenstoßen. Hierdurch entsteht die für die spätere Schirmverbindung notwendige Mehrlänge der Schirmdrähte.



Nach Abisolierung beider Kabeladern ist die Preßverbindung mittels Sechskantpreßeinsatz herzustellen (6 Pressungen pro Seite) und anschließend der ggf. vorhandene Preßgrad durch Schmirgeln zu entfernen.

Nach konischem Absetzen der Leiterglättung und Aderisolierung ist der jeweilige Übergang Leiter/Leiterglättung mit Schmirgelleinen so zu bearbeiten, daß die Konusflächen glatt sind. Danach ist die leitfähige Schicht abzusetzen und die Graphitierung z. B. mit Spiritus abzuwaschen.



Zur Isolation sind zunächst freiliegende Kabelleiter und Preßhülse mit 4 Lagen Leitband 50 % überlappend zu bewickeln. Danach ist die Muffenwicklung aus Schweißband herzustellen, das ebenfalls mit 50 % Überlappung aufzubringen ist. Beim Wickeln ist die Schutzfolie zu entfernen und das Schweißband bis zum fühlbaren Anschlag straff zu ziehen. Die letzte Lage der Wicklung ist mit geringerer Verspannung zu wickeln und das Ende festzudrücken.

Die so entstandene Wickelkeule ist mit einer Lage Leitband 50 % überlappend zu bewickeln, und darüber ist eine Bewicklung aus einer Lage CU-

Gewebeband 50 % überlappend bis an den Kabelmantel aufzubringen. Unmittelbar vor den Schirmdrähten sind zusätzlich 2 Lagen CU-Gewebeband in Bandbreite aufzubringen. Anschließend sind die Schirmdrähte zurückzuklappen und gleichmäßig am Umfang zu verteilen. Das CU-Gewebeband ist zwischen den Drähten hindurchzuführen und über den Drähten am Kabelmantel in Bandbreite 3lagig aufzuwickeln, straff zu ziehen und mit 3 Lagen PVC-Band festzulegen.

Abschließend sind die Schirmdrähte am Takel zusammenzufassen und die Enden durch eine Preßhülse zu verbinden. Falls erforderlich, sind die Drähte so zu kürzen, daß sie an der Wicklung anliegen.

Nach Säuberung des Kabelmantels ist dieser mit Schmirgelpapier aufzurauen, dabei ist auf Fettfreiheit zu achten. Anschließend ist die Schutzhülle in eine mittige Lage zu bringen und mit einer weich eingestellten Flamme von der Muffenmitte her beginnend aufzuschrumpfen.

Bei der Herstellung von Verbindungsmuffen an Mittelspannungskabeln sind nur hierzu besonders ausgebildete Helfer (Elektrofachkräfte) einzusetzen, die über eine einschlägige Praxis verfügen.

### 8.3 **Kabelabzweige (Hausanschlußmuffen)**

Die am häufigsten auftretende Art von Kabelabzweigen dient zur Versorgung der Abnehmer aus dem Niederspannungsnetz. Hierzu verwendet man Hausanschlußmuffen (DIN 47630), die das Kabel vor Feuchtigkeitstritt und mechanischer Beschädigung schützen sollen.

Kennzeichnend für die Hausanschlußmuffen ist der geringe Leiterquerschnitt des abzweigenden Kabels gegenüber dem Durchgangskabel. Die Verbindung kann durch Tatenabzweigklemmen, die man auf den Leiter des Durchgangskabels klemmt, hergestellt werden.

Sie kann auch mit Kabelabzweigklemmrings (Kunststoffkabel) erfolgen, mit dem Vorteil einer leichteren Montage.

In den folgenden 3 Beispielen ist die Montage von Abzweigmuffen in einzelnen Arbeitsschritten beschrieben.

#### **Beispiel 1 (papierisolierte Kabel NKBA und NAKLEY):**

Zunächst sind nach Unterlegen des Muffenunterteiles und Markieren der Kabel die verbleibenden Kabelenden mit Isolierband zu bewickeln und mit einer fachgerechten Drahtbandage zu versehen (vergleiche Abbildung 33.1 und 33.2).

Nach Einschnitten und Entfernen der Umhüllungen wird die Eisenbandarmierung jeweils eingefeilt und entfernt sowie die oberste Isolationsschicht abgenommen und der Bleimantel mit Benzin gereinigt (vergl. Abbildung 33.3 bis 33.5).

An den drei freiliegenden Kabelenden sind anschließend die Erdungsleitungen mittels Schmierlötung anzubringen und die Bleimäntel sowie da-

nach die Papierisolierung einzuschneiden und zu entfernen (vergl. Abbildung 33.6 bis 33.9).

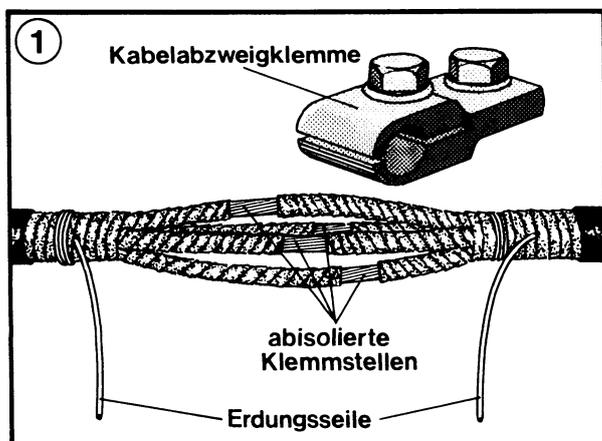
Die freiliegenden Adern sind auseinanderzuziehen, zu reinigen und mit Kunststoffkeilen zu spreizen.

Bei der nun beginnenden Bandagierung mittels Lackleinenband ist besonders im „Herz des Kabels“ sorgsam zu arbeiten. Jede Ader ist doppelt zu bewickeln. Hierbei ist zu beachten, daß die vier Adern nicht gleich weit bewickelt werden dürfen, damit die Klemmen versetzt angeordnet werden können. Die letzten Wickelungen um das „Herzstück“ des Kabels sind durch eine Kordelbandage zu sichern (vgl. Abbildung 33.10 – 33.13).

Nach Abisolierung der jeweiligen Klemmstelle ist diese sauber zu reinigen, bei Aluminiumkabel mit Spezialfett zu fetten und mit Klemmen zu versehen.

Nach Aufpressen von Kabelschuhen auf die Adern der abzweigenden Leiter werden die Adern auf die jeweiligen Klemmen aufgeschraubt und anschließend mit Lackleinenband fertig bandagiert.

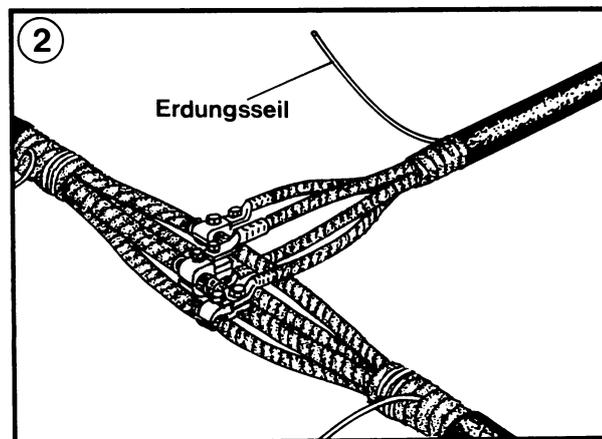
Abb. 47.1:



4600

Abisolierung der Klemmstellen und Montage der abzweigenden Leitung

Abb. 47.2:



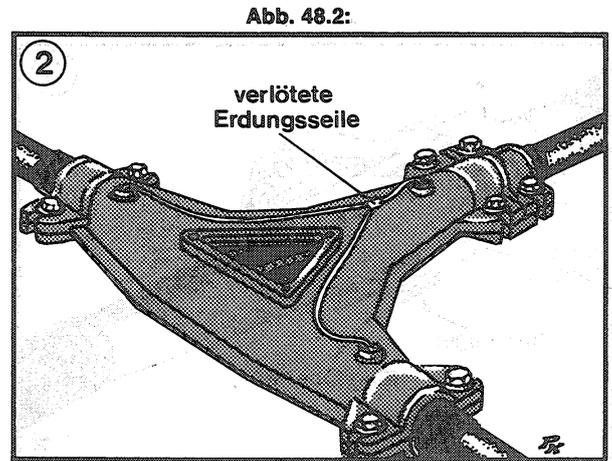
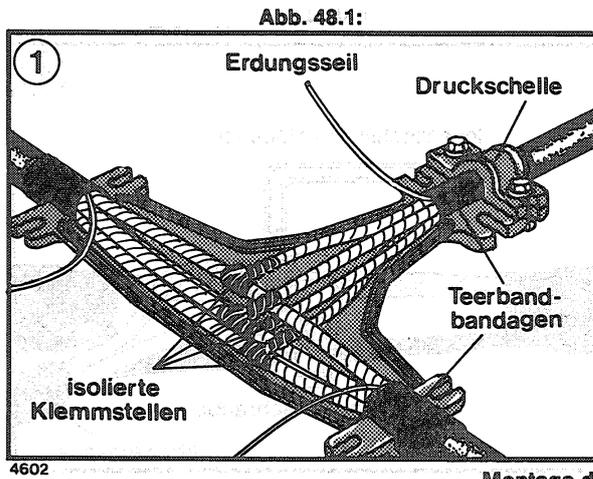
Nach Einlegen der Kabelabzweigung in das Muffenunterteil sind

- die Druckschellen an den jeweiligen Enden der Muffenunterteile festzuschrauben
- die Messingbuchsen im Muffenoberteil blank zu feilen,
- die Erdungsleitungen in die Messingbuchsen einzuziehen und
- das Muffenoberteil aufzulegen und zu verschrauben.

Anschließend sind die Erdungsseile untereinander und mit dem Durchführungs-(Messing)buchsen zu verlöten (siehe Abb. 48.1 und 48.2).

Zum Vergießen wird die Vergußmasse in einem geeigneten Topf erwärmt. Starke Blasenbildung deutet hierbei auf großen Wassergehalt hin, der in der Muffe zu Durchschlägen führen kann. Eine solche Vergußmasse ist unbrauchbar.

Die heiße Vergußmasse ist bis zur Muffendeckelunterkante einzufüllen. An kalten Tagen sollte das Muffengehäuse vorher mit der Lötlampe erwärmt werden.

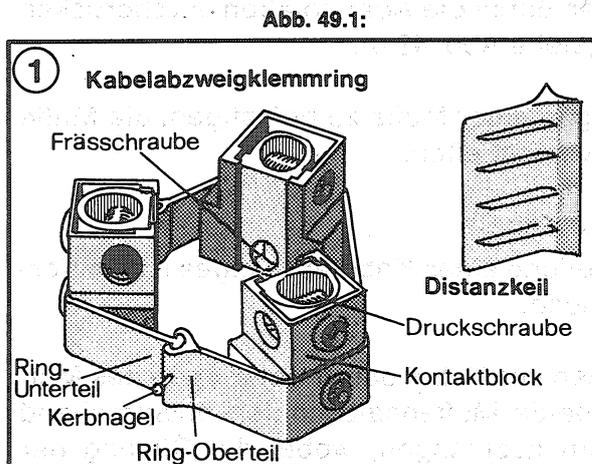


Montage der Abzweigmuffe

Beim Erkalten der Vergußmasse bildet sich eine Mulde, in die nochmals Masse nachzugießen ist, bevor der Deckel der Muffe verschraubt wird.

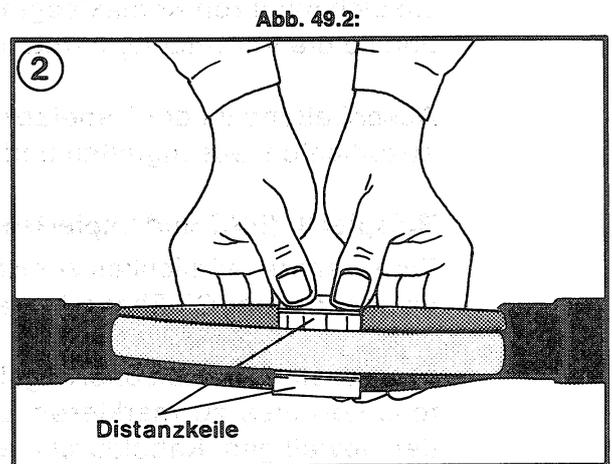
### Beispiel 2:

Bei PVC-isolierten Kabeln mit 3 oder 4 Leitern (NYCWY, NAYCWY, NYY und NAYY), die ungeschnitten und nicht abisoliert sind, werden zur Herstellung von Kabelabzweigen auch Kabelabzweigklemmringe verwendet.



4593

Kabelabzweigklemmring und Distanzkeile



Spreizen der Kabeladern

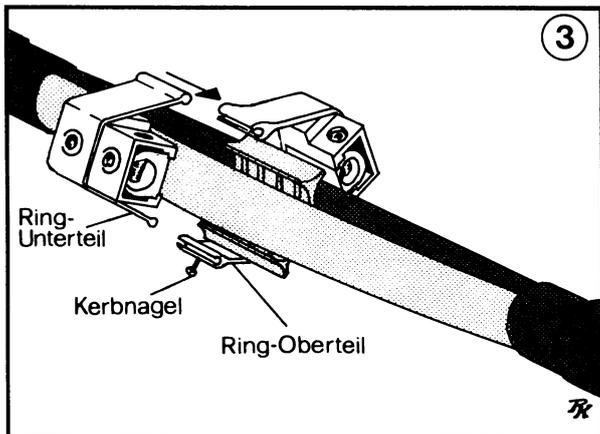
Hierbei ist

- der Kabelaußenmantel ebenfalls nach Abzweigmuffen-Innenmaß abzumanteln
- der Blei- oder Aluminiummantel abzusetzen und
- die Gürtelisolierung zu entfernen.

Danach sind die Kabeladern durch Eindrücken der konischen Distanzkeile auseinanderzuspreizen. Die Keile müssen sich gegenüberliegen (siehe Abb. 49.2).

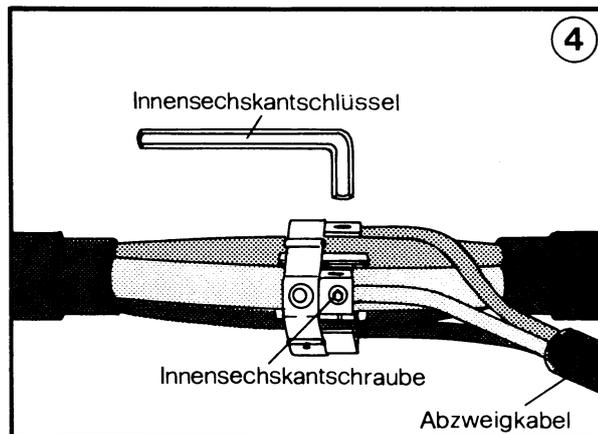
Anschließend wird der Klemmring neben den Isolierkeilen auf das Kabel aufgesetzt, durch Zusammendrücken beider Klemmringhälften geschlossen und von der Schmalseite der Keile her aufgeschoben, bis er fest sitzt und jede Frässhraube zwischen zwei Keilen zentriert ist (siehe Abb. 49.3).

Abb. 49.3:



Anbringen des Abzweigklemmringes

Abb. 49.4:



Anschluß der Abzweigkabel/Netzkabelanschluß

4596

Nach Beendigung der Vorbereitungsarbeiten am Hauptkabel ist das Abzweigkabel abzumanteln, die Adern sind passend zu schneiden und die Isolation der Leiterenden ist auf Länge von 25 mm zu entfernen. Die blanken Leiterenden sind von der offenen Seite in die Abzweigbohrungen des Klemmringes einzuführen, bis die Leiterenden auf der anderen Seite leicht gegen die Begrenzung stoßen. Danach sind die Schrauben fest anzuziehen. Nach nochmaliger genauer Überprüfung des Sitzes des Klemmringes sind die Frässchrauben wechselseitig bis zum Anschlag anzuziehen, damit sie sich mit ihren Kontaktsegmenten durch die Aderisolation durchdrücken und so die Verbindung herstellen (siehe Abb. 49.4).

Abschließend ist der Kabelabzweig in einer Muffe zu befestigen, die Muffe abzudichten, auszugießen und zu verschließen.

### Beispiel 3: (PVC und papierisolierte Kabel)

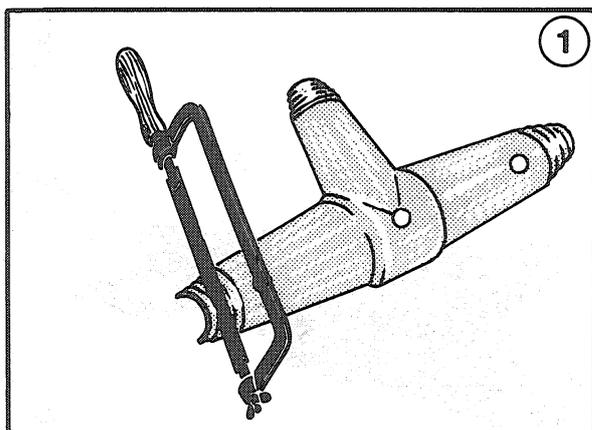
Eine weitere Möglichkeit zur Herstellung eines Kabelabzweiges ist die Verwendung einer Gießharzabzweigmuffe.

Hierbei sind die Abisolierungslängen der Kabel durch Unterlegen des Muffenunterteiles zu markieren und beide Muffenhalbschalen entsprechend den jeweiligen Kabeldurchmessern abzulängen, wobei die Öffnung der Muffe eher etwas größer zu wählen ist. Die in die Muffe hineinragende Kabelmantellänge ( $L$ ) soll dem 2fachen Durchmesser ( $d$ ) des Kabels entsprechen. Bei Kabeldurchmessern über 35 mm ist  $L \geq 50$  mm.

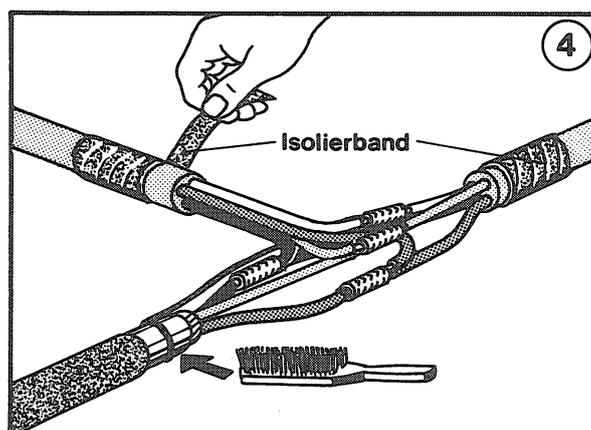
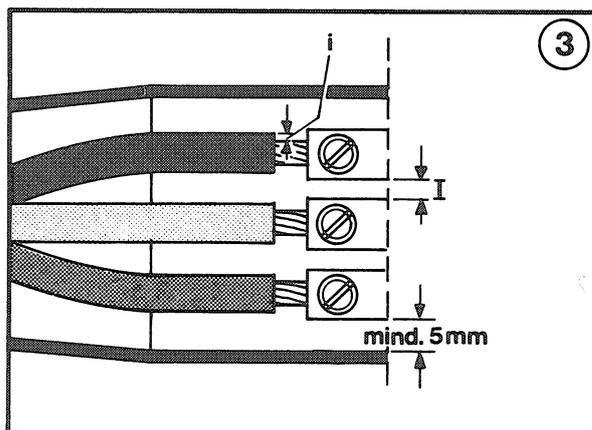
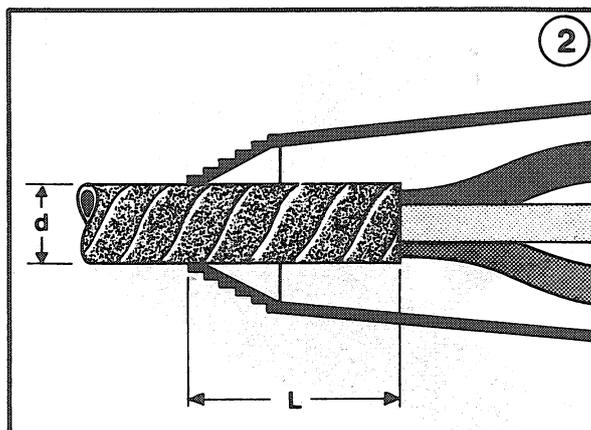
Die Kabelenden sind wie in den vorstehenden Beispielen beschrieben vorzubereiten (Abisolieren, Anbringen des Erdungsseiles auf den Metallmantel, Bewickeln usw.) und mittels Schraubhülsen zu verbinden.

Der Abstand  $I$  zwischen den Verbindern muß bei Schwachstrom mindestens die 2fache Stärke der Leiterisolation ( $i$ ) – bei Niederspannung bis 1 kV = 5 mm betragen. Bei höheren Spannungen bis 10 kV ist der Abstand um 1 mm pro kV zu erweitern. Vor Einlegen des Kabelabzweiges in die Muffe sind die Kabelmäntel (besonders Bleimäntel) vor dem Schließen der Gießform gründlich zu reinigen und die Kunststoffkabelmäntel mit Polsterband (Isolierband) zu umwickeln.

Abb. 50.1 – 50.4:



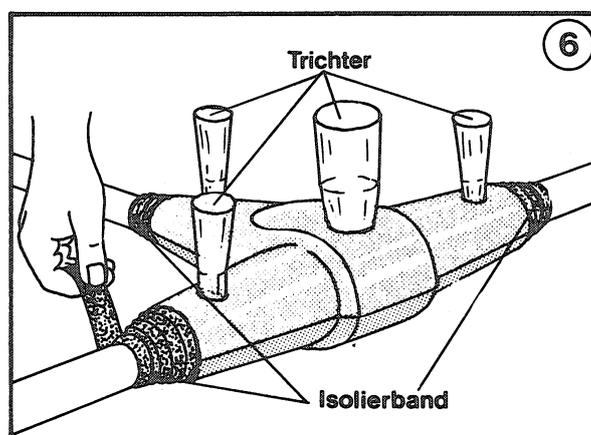
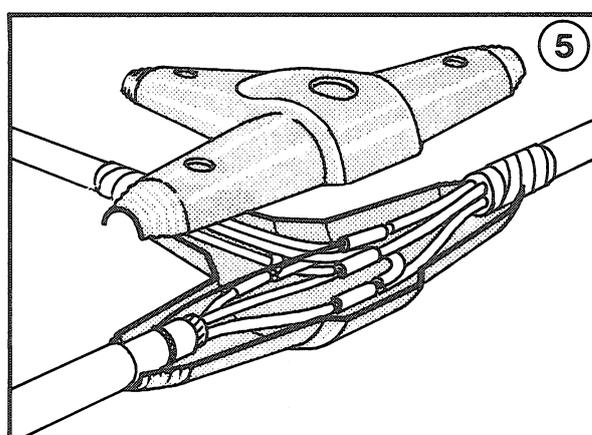
4463



Vorbereiten der Muffenhalbschalen und des Kabelabzweiges

Nach Schließen der beiden Muffenhalbschalen sind die Enden der Abzweigmuffe mit Isolierband abzudichten und die Gießharztrichter in das Oberteil der Muffe einzusetzen.

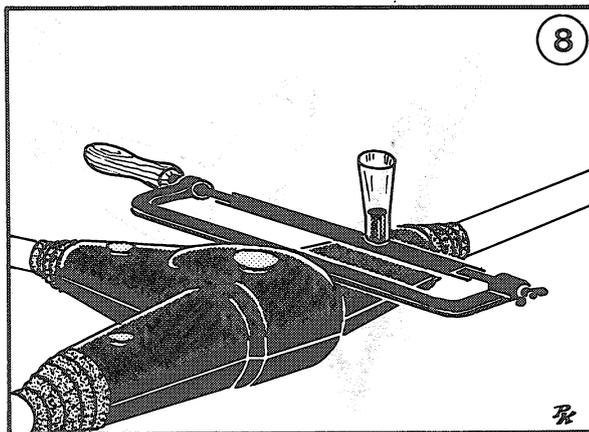
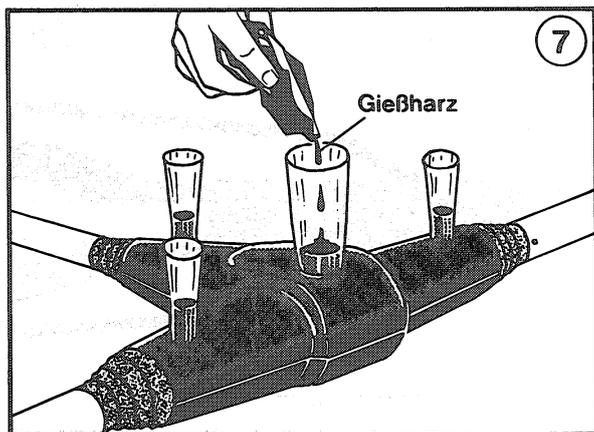
Abb. 50.5 – 50.6



Schließen und Abdichten der Abzweigmuffe

Das Zweikomponentengießharz ist nach gründlicher Durchmischung gemäß den beigefügten Firmenanleitungen in den am tiefsten stehenden Trichter der Muffe einzufüllen, bis es in jedem Trichter aufsteigt. Nach Aushärten des Gießharzes sind die Trichter abzusägen.

Abb. 50.7 – 50.8



Vergießen der Muffe und Entfernen der Gießharztrichter

4470

## 9 KABELABSCHLÜSSE

### 9.1 Allgemeines

Kabelabschlüsse wie Endverschlüsse, Hausanschlußkästen bzw. Kabelverteilerschrank haben die Aufgabe, das Kabelinnere nach außen abzuschließen und sind Schnittstellen zu anderen Anlagen (z. B. Übergang auf Freileitungen, Hausinstallationen u. ä.).

Die Auswahl der Kabelabschlüsse richtet sich nach der Kabelbauart, der Spannung und dem Anbringungsort (z. B. Innenraum- oder Freiluftanlage). An den Kabelabschluß im Freien sind wegen der besonderen Gefährdung durch äußere Einflüsse höhere Ansprüche zu stellen als an den Innenraumabschluß.

Bei der Montage von Kabelabschlüssen sind wegen der Gefahr von Überschlägen die in der nachstehenden Tabelle aufgezeigten Mindestabstände einzuhalten.

Tabelle 21:

Nennspannung $U_n$	höchste Spannung $U_m$	nicht herabgesetzte Werte Mindestabstände Leiter – Leiter Leiter – Erde (Reihe N)		herabgesetzte Werte Mindestabstände Leiter – Leiter Leiter – Erde (Reihe S)	
		Innenraum mm	Freiluft mm	Innenraum mm	Freiluft mm
kV	kV				
6	7,2	90	150	65	150
10	12	115	150	90	150
20	24	215		160	
30	36	325		270	

Mindestabstände in Luft bei Freiluft- und Innenraumanlagen im Bereich 1 – 30 kV

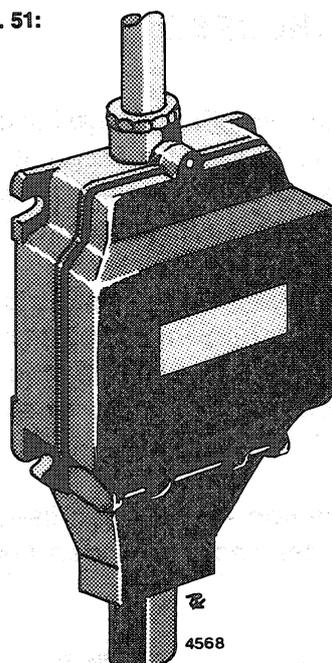
Die Angabe der nicht herabgesetzten Werte (Reihe N) und der herabgesetzten Werte (Reihe S) ergeben sich aus der Bauweise der Schaltanlage.

### 9.2 Hausanschlußkästen

Kabel-Hausanschlußkästen werden in verschiedenen Größen (gem. DIN 43 627) hergestellt. Sie sind für eine Nennspannung bis 500 V ausgelegt.

Die isolierstoffgekapselten Gehäuse sind absolut berührungssicher.

Abb. 51:



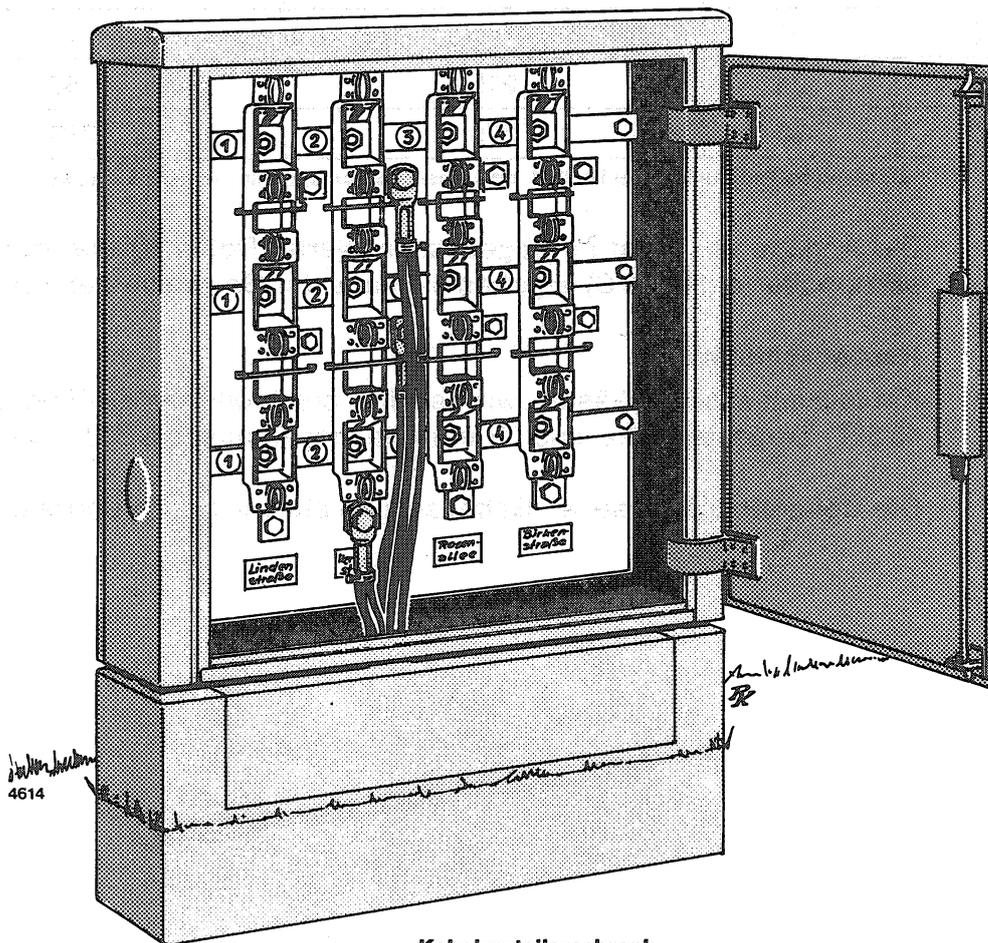
Hausanschlußkasten

## 9.3

**Kabelverteilerschränke**

Knotenpunkte von Niederspannungsnetzen werden zweckmäßig so ausgebildet, daß jede Strecke leicht abgetrennt werden kann und im Störfall eine einwandfreie gesonderte Abschaltung fehlerhafter Strecken sichergestellt ist. Dies erfolgt in Kabelverteilerschränken, die mit NH-Sicherungen und Sammelschienen ausgestattet sind.

Abb. 52:



Kabelverteilerschrank

#### 9.4 **Endverschlüsse**

Kabelenden müssen insbesondere bei Hochspannungskabeln einen Abschluß erhalten. Hierfür sind eine Vielzahl von Möglichkeiten entwickelt worden.

Um eine Übersicht über mögliche Lösungen zu geben, werden einzelne Beispiele dargestellt.

##### 9.4.1 **Endverschlüsse für Innenraumanlagen**

Endverschluß ohne Vergußmasse für Gürtel- und H-Kabel bis 5,8/10 kV.

Der Endverschluß ohne Vergußmasse wird wegen seines geringen Platzbedarfs bevorzugt. Er kann in offene und gekapselte Anlagen eingebaut werden. Mehrleiterkabel teilt man in der Metallkappe in Einzeladern auf. Der Füllmassestand in der Kappe kann über eine Einfüllschraube reguliert werden. Über die Adern werden Isolierschläuche geschoben und mit Schlauchbindern befestigt.

Bei Kabeln mit Aluminiummantel ist ein dem Aluminiummantel leitwertgleiches verzinnertes Kupferseil anzubringen.

##### **Endverschluß für Einleiter- oder Dreimantelkabel bis 18/30 kV.**

Endverschlüsse mit Isolatoren werden als Abschluß des Einleiterkabels oder der Adern des Mehrleiterkabels eingesetzt. Diese Isolatoren haben an beiden Enden dicht eingefügte Messingrohre. In das Kopfrohr ist jeweils der Anschlußbolzen und in das Fußrohr mit dem Einführungstrichter der Metallmantel des Kabels einzulöten. Die durchsichtigen Isolatoren ermöglichen dabei eine Sichtkontrolle des Massestandes.

Zur Aufteilung der Adern des Kabels verwendet man eine Metallkappe oder Aufteilungsschelle (siehe Abb. 53.1 und 53.2).

##### **Gießharz-Endverschluß** für dreiadrige Kabel bis 3,5/6 kV

In Innenraumanlagen werden für Kunststoffkabel bei Spannungen bis 1 kV nur in Ausnahmefällen (z. B. Verlegung in feuchten Räumen) Endenabschlüsse verwendet. Das Kabel wird nur abgesetzt und die Adern gespreizt (siehe Abb. 54).

Im Mittelspannungsbereich über 1 kV ist die Stelle, an der die Adern des Kunststoffkabels aufgeteilt werden, durch Kunststoffendverschlüsse gegen das Eindringen von Staub und Feuchtigkeit zu schützen. Das elektrische Feld wird durch den Endverschluß gesteuert. Gleichzeitig erhält das Kabelende dadurch eine erhöhte mechanische Festigkeit gegen dynamische Kräfte (siehe Abb. 55).

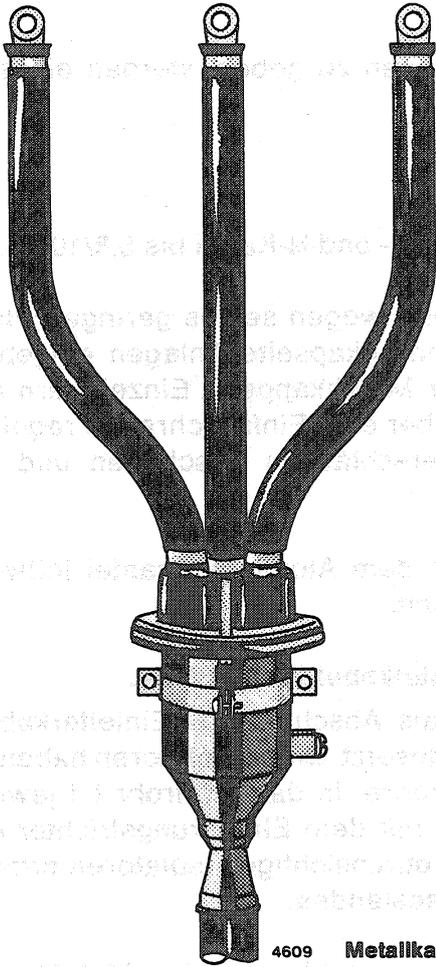
##### **Silikonkautschuk und Gießharz-Endenabschlüsse**

für Einleiterkabel bis 30 kV und Dreileiterkabel bis 10 kV

Als Schutz gegen Eindringen von Staub und Feuchtigkeit sowie zum Steuern des elektrischen Feldes erhalten alle Einleiterkabel mit Nennspannung über 1 kV und alle Dreileiterkabel mit Einzeladerabschirmung entweder einen Silikon-Kautschuk- oder einen Gießharz-Endverschluß auf je-

der Ader. Bei Dreileiterkabeln wird die Aufteilungsstelle zusätzlich durch einen Gießharzkörper geschützt (siehe Abb. 56.1–56.3).

Abb. 53.1:

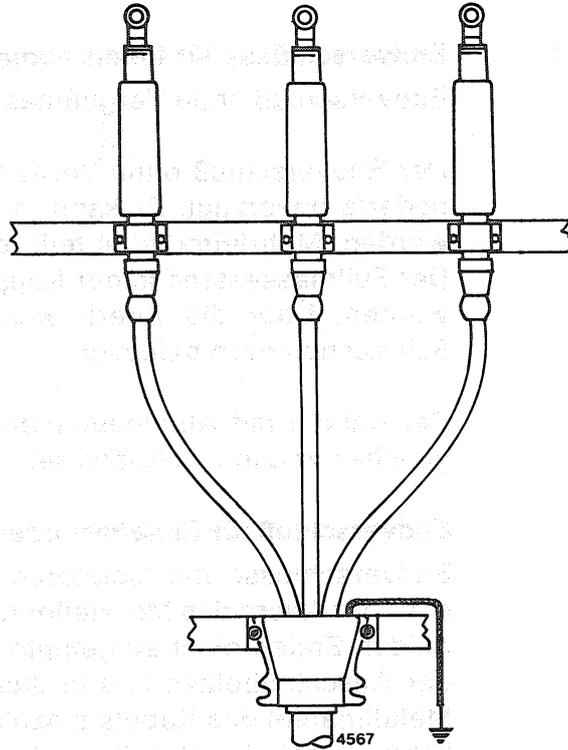


4609

Metallkappe

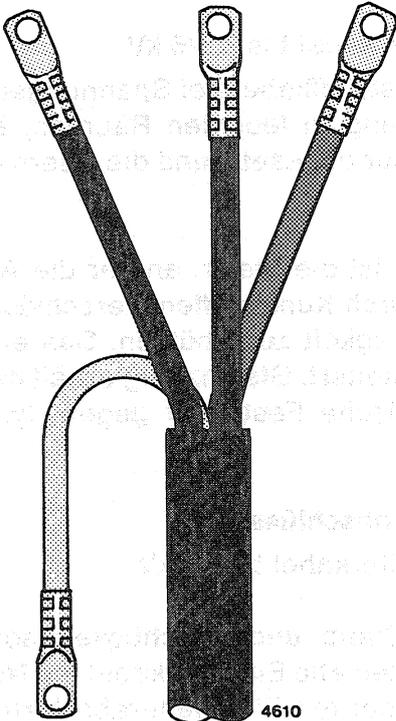
Endverschluß mit Schelle AS, parallel

Abb. 53.2

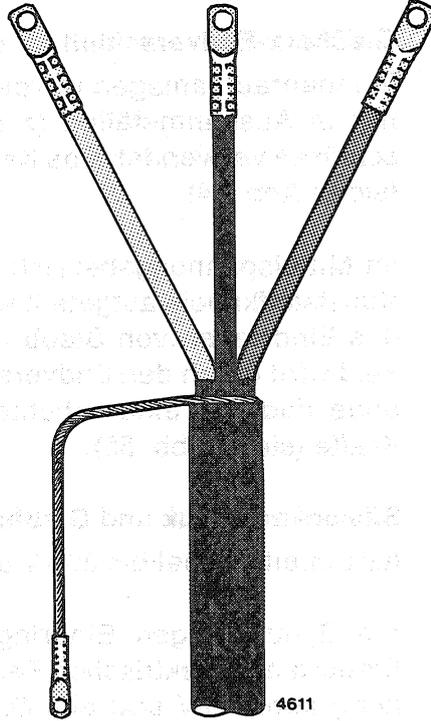


4567

Abb. 54:



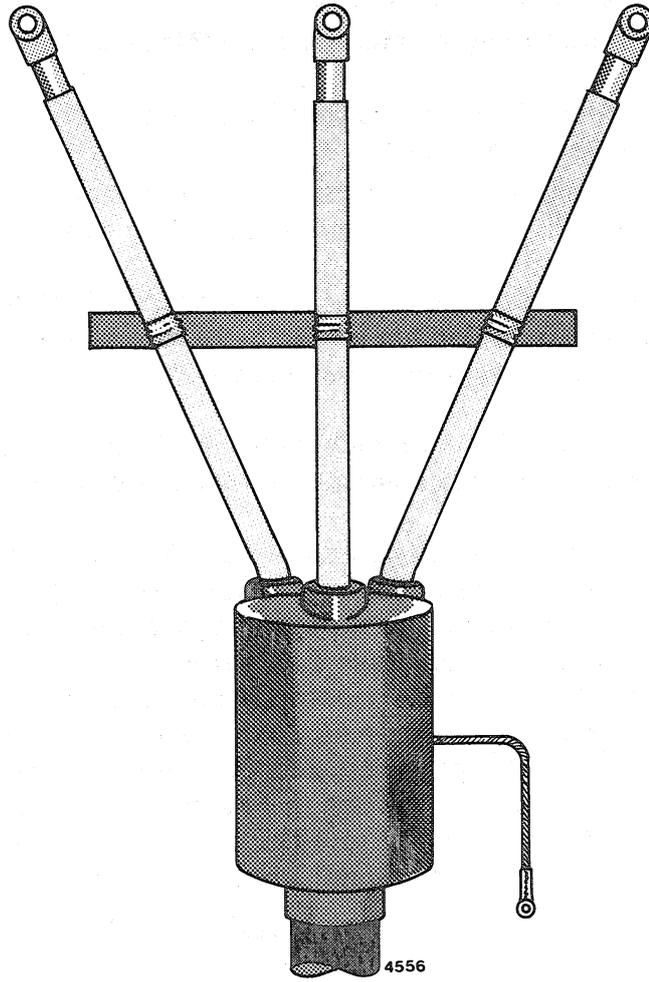
4610



4611

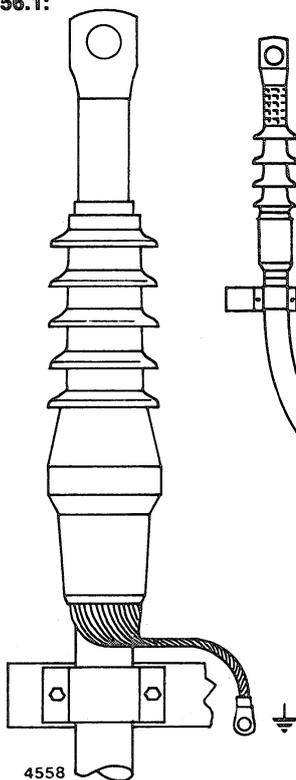
Endenabschluß für Kunststoffkabel bis 1 kV

Abb. 55:



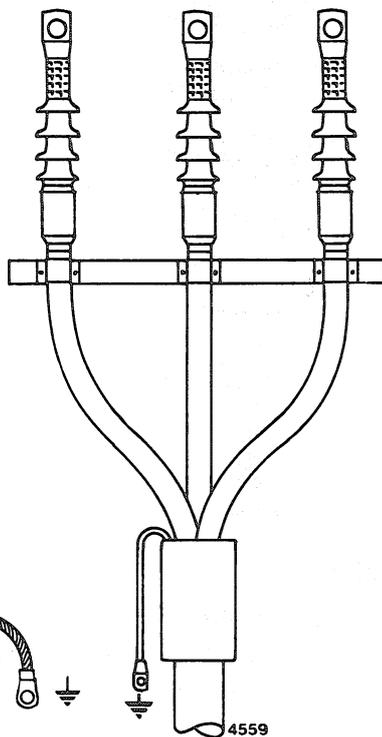
Endverschluß für Kunststoffkabel bis 3,5/6 kV

Abb. 56.1:



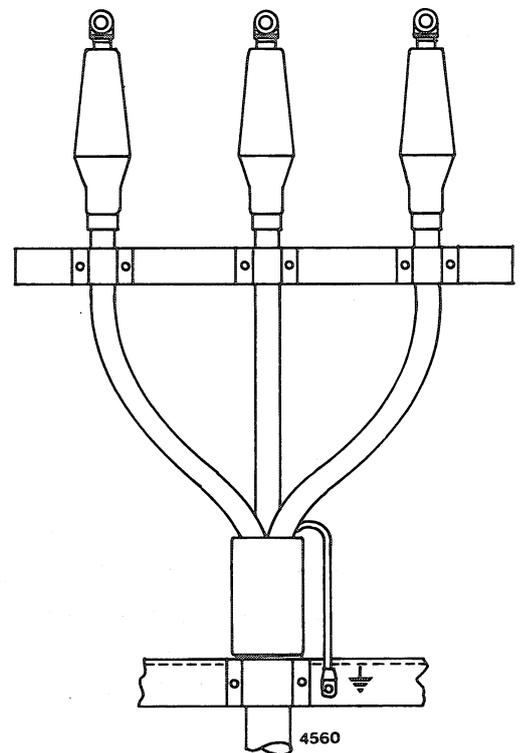
Endverschluß Einleiterkabel

Abb. 56.2:



Endverschluß Dreileiterkabel

Abb. 56.3:



### 9.4.2 Endverschlüsse für Freiluftanlagen Papierisolierte Kabel mit Metallmantel (Massekabel)

Für Einleiter- und Dreimantelkabel bis 30 kV werden **Endverschlüsse mit Porzellanisolator** verwendet.

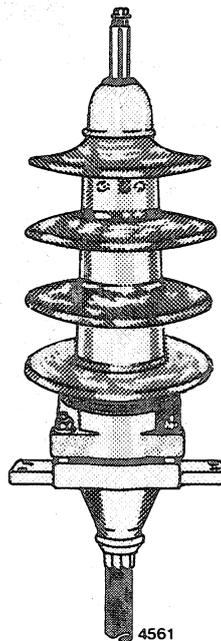
Dieser Porzellanisolator wird mit den metallenen Ober- und Unterteilen des Endverschlusses schon während der Fertigung unmittelbar verlötet.

Die Kupferleiter der Kabel sind in die Anschlußbolzen einzulöten, Aluminiumleiter vor dem Einlöten mit Reibelot zu metallisieren. Es können auch Preß-Anschlußbolzen verwendet werden.

Für Einleiter- und Dreimantelkabel bis 30 kV können auch **Endverschlüsse mit durchsichtigen Glasisolatoren** verwendet werden.

Die Endverschlüsse bestehen aus einem Glasisolator, der mit den Metallteilen (Kappe und Abschlußflansch) über Dichtungen durch einen Bördelrand fest verbunden ist. Der durchsichtige Isolator gestattet eine Sichtkontrolle des Massestandes. Falls erforderlich, ist Füllmasse durch eine verschraubbare Öffnung in der oberen Metallkappe nachzufüllen. Zur elektrischen Feldsteuerung reicht eine Zusatzbewicklung der Adern aus parallel geschnittenen Wickelpapieren aus. Kupferleiter oder mit Reibelot metallisierte Aluminiumleiter werden in Anschlußbolzen aus Kupfer weich eingelötet. Für Aluminiumleiter mit Querschnitten bis 185 mm<sup>2</sup> können auch Preß-Anschlußbolzen verwendet werden.

Abb. 57:



Porzellanisolator

#### Endverschlüsse für Kunststoffkabel

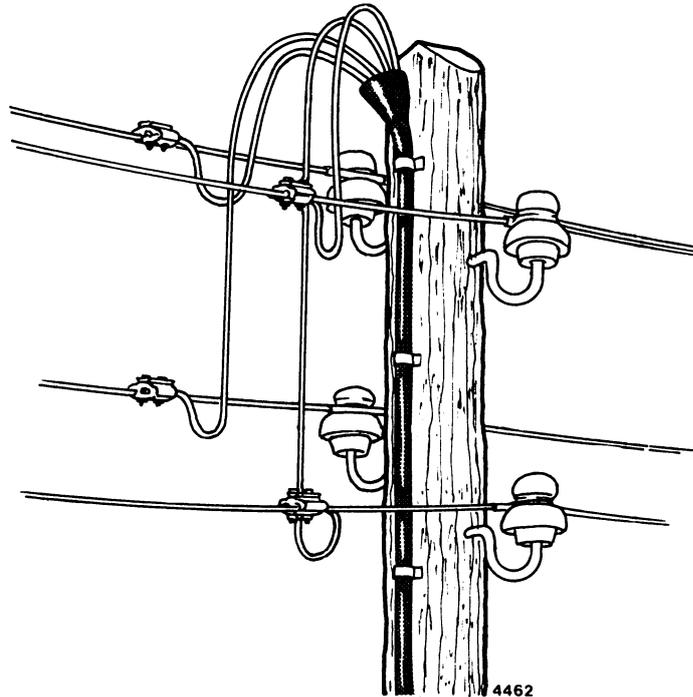
In Freiluftanlagen ist auch bei Niederspannungskabeln die Aufteilungsstelle der Adern durch einen Endenabschluß mit Gießharz oder einen Schrumpfschlauch gegen Eindringen von Staub und Feuchtigkeit zu schützen.

In Ausnahmefällen kann auf den Endenabschluß verzichtet werden.

Statt dessen werden von der Zwickelstelle des Kabels die Aderenden in einem Bogen in Form eines Wassersackes an die Anschlußstelle geführt.

Der Aderaustritt muß nach unten zeigen.

Abb. 58:



Anschluß eines Kabels mit Endenabschluß

Für Dreileiterkabel bis 6 kV und Ein- und Dreileiterkabel bis 10 kV werden **Gießharz-Endenabschlüsse** verwendet.

Der Gießharz-Gießkörper schützt den Zwickel von Kunststoffkabeln gegen das Eindringen von Staub und Feuchtigkeit. Auf jeder Kabelader wird eine vorgefertigte Regenschutzglocke montiert. Die Übergangsstelle vor den Kabelschuhen zur Aderisolierung ist abzudichten.

Bei Ein- und Dreileiterkabeln bis 10 kV erhalten alle Leiter mit Einzeladerabschirmung zur Steuerung des elektrischen Feldes zusätzlich auf jeder Ader einen Endverschluß (siehe Abb. 59.1–59.3).

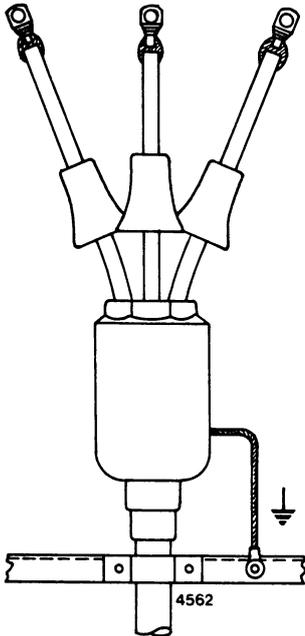
Für Einleiterkabel bis 30 kV werden **Endverschlüsse mit Silikonkautschuk- oder Porzellanisolator** verwendet.

Diese Endverschlüsse haben weder Dichtungen noch Kittungen. Der Silikonkautschukisolator hat im Innern zur Steuerung des elektrischen Feldes leitfähige Schichten.

Er wird auf das Kabelende aufgeschoben.

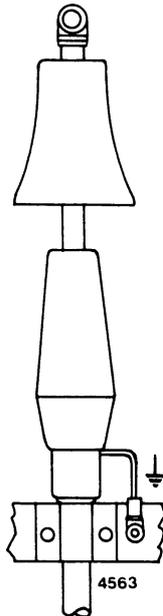
Um das Eindringen von Wasser oder Feuchtigkeit in den Endverschluß zu verhindern, werden die nach unten herausgeführten Schirmdrähte in Silikonabdichtmasse eingebettet. Die Abdichtung am Leiterende ist durch den Kabelschuh mit Dichtungskragen und Dichtlippen am Isolator gewährleistet (siehe Abb. 60).

Abb. 59.1:



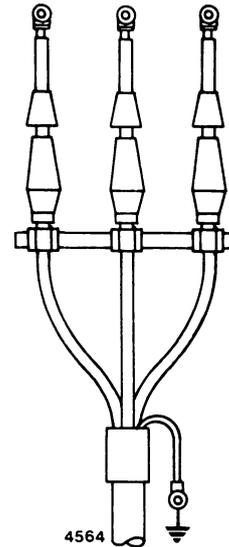
**Endverschluß  
(Dreileiterkabel  
6 kV) fächerförmig**

Abb. 59.2:



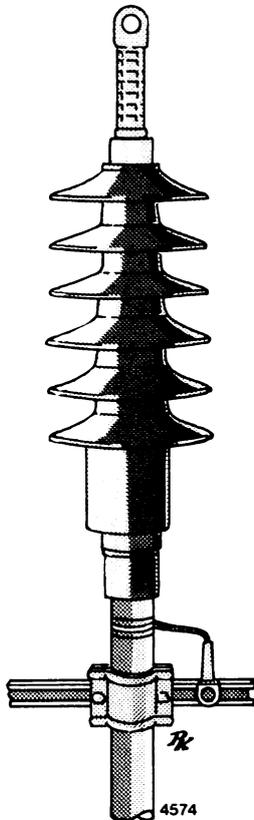
**Endverschluß  
(Einleiterkabel  
10 kV)**

Abb. 59.3:



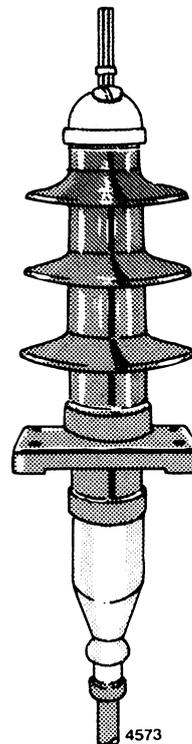
**Endverschluß  
(Dreileiterkabel  
10 kV) parallel**

Abb. 60:



**Aufschiebe-Endverschluß aus Silikonkautschuk**

Abb. 61:



**Endverschluß mit Porzellanisolator**

Der Porzellanisolator wird mit den metallenen Ober- und Unterteilen des Endverschlusses schon während der Fertigung verlötet.

Das Kabel wird durch eine Stopfbuchse, die in eine Kappe eingesetzt ist, eingeführt und am Außenmantel abgedichtet. Die Endverschlüsse sind mit Kaltfüllmasse zu füllen (siehe Abb. 61).

## 9.5 VERGUSSVERFAHREN FÜR KABELGARNITUREN

### 9.5.1 Allgemeines

Muffen und Endverschlüsse, die aus Gründen der mechanischen Festigkeit eine Umhüllung aus Metall oder Kunststoff besitzen, werden zum Schutze gegen Feuchtigkeit und gegen Austritt von Isoliermasse mit Vergußmasse ausgefüllt.

Bei Papier-Bleikabeln und Verwendung von Guß- oder Stahlmuffen und Endverschlüssen wird im allgemeinen die wirtschaftlichere **Heißvergußmasse** verwendet.

Kunststoffkabel sind weniger wärmebeständig. Die hierzu gehörenden Muffen und Endverschlüsse werden daher mit **Kaltvergußmasse** oder **Gießharz** vergossen.

Stahlinnenmuffen und Glasendverschlüsse werden im allgemeinen mit Kabeltränkmasse ausgefüllt.

### 9.5.2 Heißvergußmasse

Heißvergußmasse ist in sauberen Gefäßen langsam auf die jeweils vorgeschriebene Verarbeitungstemperatur zu bringen.

Die Temperatur ist so lange einzuhalten, bis keine Feuchtigkeitsspuren (Schaumbildung) mehr festzustellen sind.

Die Garnituren selbst sind vor der Verarbeitung mit einer auf vollem Druck laufenden Lötlampe auszublasen und innen und außen anzuwärmen, so daß beim Eingießen die Masse an den Wandungen sofort und gut haftet.

Alle Füllmassen schrumpfen beim Erkalten. Wiederholtes Nachgießen ist daher notwendig. Auf vollständiges Füllen der Muffen und Endverschlüsse ist zu achten. Es hat sich bewährt, nach dem Vergießen von Muffen auch die äußeren Metallteile und die Übergangsstellen zum Kabel mit Vergußmasse zu übergießen.

Muß eine derartige Muffe nach Jahren geöffnet werden, so braucht die Vergußmasse nur abgeschmolzen zu werden, während sonst die Schrauben im Erdreich oftmals so korrodiert sind, daß sie nicht mehr zu öffnen sind.

### 9.5.3 Kaltvergußmasse/Gießharz

**Einkomponenten-Kaltvergußmasse** ist für Betriebsspannungen bis 1 kV verwendbar. Sie ist selbst bei niedrigen Temperaturen zu verarbeiten und füllt sofort alle Hohlräume innerhalb der Garnitur aus und dichtet auch den Kabelzwickel zuverlässig ab.

Die Vergußmasse dickt nach und nach ein. Dieser Vorgang wird durch die Kabelerwärmung unter Belastung noch beschleunigt.

Eine Inbetriebnahme der Garnitur ist sofort nach dem Vergießen möglich.

**Zweikomponenten-Kaltvergußmasse** sowie Gießharz sind für Betriebsspannungen bis 30 kV verwendbar.

Vor dem Ausgießen einer Garnitur wird der Härter unter Rühren oder Kneten der Masse zugesetzt. Es ist darauf zu achten, daß sich hierbei wie auch beim Einfüllen keine Lufteinschlüsse bilden. Bei Temperaturen zwischen +5° bis +40° C setzt in der Mischung eine chemische Reaktion ein, die zur Aushärtung führt.

Bei niedrigen Umgebungstemperaturen ist Fremdwärmezufuhr erforderlich. Die Topfzeit für die Verarbeitung beträgt ca. 1 Stunde, die Aushärtezeit bis zu 24 Stunden.

Während Kaltvergußmasse immer zu einem elastischen Zustand aushärtet, also grundsätzlich eines festen Muffenkörpers bedarf, verbleibt Gießharz nur in Spezialfällen plastisch.

#### 9.5.4

##### **Schrumpftechnik**

Bei der Wärme-Schrumpftechnik werden für die Montage aufgeweitete Polyolefin-Formteile, mit oder ohne innere Heißschmelzkleberbeschichtung, durch Wärmebehandlung (z. B. einer Propangasflamme) auf ihr ursprüngliches Herstellmaß geschrumpft.

Die Schrumpftemperaturen liegen zwischen 130° und 150° C.

Nach dem Schrumpfvorgang (s. Ziffer 6.6) ist ebenfalls eine sofortige Montage bzw. Inbetriebnahme möglich.

## 10 Kabelplan

Nach dem Auslegen der Kabel, der Montage der Endverschlüsse und Muffen ist der Kabelplan des Energieversorgungsunternehmens (EVU) zu ergänzen. Dieser, im Maßstab 1 : 100, 1 : 250 oder 1 : 500 erstellte Plan enthält folgende Angaben über die betriebsfertige Anlage:

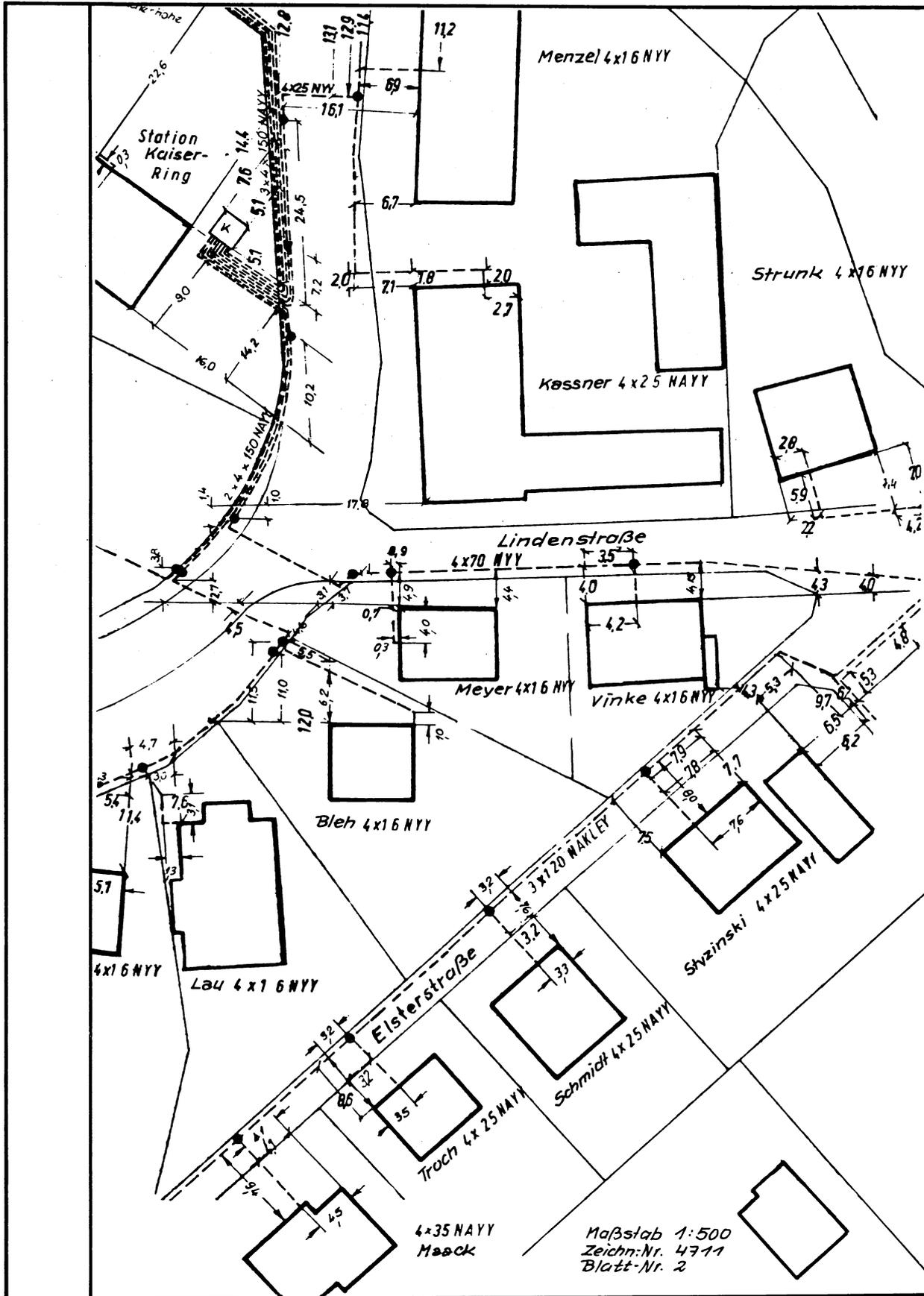
- Kabeltyp, Leiterquerschnitt, Nennspannung
- Fertigungsjahr des Kabels sowie Jahr und Monat der Verlegung
- Tatsächlich ausgelegte Längen (Lieferlängen abzüglich Verschnittlängen) von Muffenmitte zu Muffenmitte oder zum Endverschlußbolzen
- Lage der Kabel und Muffen bezogen auf Festpunkte, wie z. B. Bauwerke, Hydranten, Grenzsteine. Ungeeignet für diesen Zweck sind Sträucher, Bäume, natürliche Wasserläufe und ähnliche, mit der Zeit veränderliche Bezugsobjekte.

In dem Plan müssen alle Änderungen der Kabelanlage eingetragen werden, damit später das Kabel bei Bauarbeiten nicht wegen Unkenntnis seiner Lage beschädigt wird und evtl. Fehler rasch und sicher geortet und beseitigt werden können.

Um den Versorgungsunternehmen die Änderung der Pläne zu ermöglichen, ist durch den Einsatzleiter eine Skizze zu fertigen. Die durchgeführte Anlagenänderung oder -ergänzung ist dabei nach den vorstehenden Punkten zu beschreiben.

Häufig hält das EVU hierzu Leerpläne oder Kopien der bisherigen Kabelpläne vor (siehe Abb. 62).

Abb. 62:



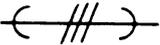
Kabelplan

Beim Auswerten dieser Pläne bzw. Einzeichnen von Änderungen sind die in Tabelle 22 aufgeführten Symbole zu verwenden.

Tabelle 22:

## Lageplan 1 : 500 Lageplan 1 : 250 / Maßplan 1 : 500 / Teilmaßplan 1 : 250

Sinbilder/ Kurzzeichen	Bedeutung	Strich- stärken (mm)	Länge bzw. Kantenlg. bzw. $\emptyset$ (mm)	Schriftengröße (mm)
—	Umspannwerk	0,5	Gebäude-	3,5
—	Schaltstation	0,5	größe	3,5
	Automatik-Station	} 0,25	8,6	} 3,5
	Gittermaststation		4	
	Betonmaststation		}	
	Station allgemein			
K -	Kunststoffstation	-	-	} 2,5 im Symbol
B -	Blechstation	-	-	
G -	gemauerte Station	-	-	
R -	Rohrmaststation	-	-	
Bt -	Betonstation	-	-	
H -	Holzmaststation	-	-	
S -	Sonstige Station	-	-	}
---	Mittelspannungs- kabel	0,5	-	-
---	Niederspannungs- kabel	0,5	-	-
—	Maßlinie	0,18	-	-
— · — · —	Blattanschlußlinie	0,5	ca. 10	1,8
	Holzmast	} 0,25	} 3	-
	Strebenmast			-
	Ankermast			-
	Doppelmast			-
	A-Mast			-
	Betonmast			-
	Gittermast			-
	Verteilerschrank			-

Sinnbilder/ Kurzzeichen	Bedeutung	Strich- stärken (mm)	Länge bzw. Kantenlg. bzw. $\emptyset$ (mm)	Schriftengröße (mm)
	Überspannungs- ableiter	0,25	2 x 5	-
	Verbindungs- muffe	-	} 2	-
	T-Muffe	-		-
	Hosenmuffe	-		-
	Trennsicherung	} 0,25		-
	Trennschalter		-	-
	Erdung	} 3	3	-
	Straßenleuchte		3	-
	Kabelmerksteine	0,25	2 x 2	1,8
	besondere An- schlüsse	0,25	4 x 4	2,5
-	Sonstige Ein- tragungen, z.B. Kabeldaten, Maße u.ä.	-	-	1,8
-	Knotennummer	-	-	5,0
-	Stationsname	-	-	3,5
-	Schriftfeld:			
-	1. Zeile	-	-	5,0
-	2. Zeile	-	-	} 3,5
-	3. Zeile	-	-	
-	Aufkleber	-	-	

**Mast- und Stationsbezeichnungen sind parallel zum Schriftfeld zu beschriften.  
Symbole für Lagepläne/Maßpläne**

## 11 MESSEN UND PRÜFEN VON STARKSTROM-LEITUNGS- UND KABELANLAGEN

### 11.1 Allgemeines

Erstellte und wiederhergestellte Anlagen sind zunächst einer eingehenden Besichtigung zu unterziehen.

Danach ist durch

- Durchgangsmessung,
- Isolationswiderstandsmessung und
- Spannungsmessung

die Betriebssicherheit festzustellen. Die gemessenen elektrischen Werte der fertigen Anlage sind in den Kabelplan einzutragen, damit sie später zum Vergleich herangezogen werden können.

### 11.2 Besichtigung

Die Besichtigung umfaßt die nochmalige Überprüfung der ausgeführten Arbeiten hinsichtlich

- einer ordnungsgemäßen Verlegung sowie des richtigen und sicheren Anschlusses aller Leiter und Mäntel,
- Einhaltung der Sicherheitsabstände
- Vorhandensein der Abdeckungen.

### 11.3 Durchgangsmessung

Für diese Messungen werden die Leiter an einem Ende paarweise durch mindestens leitwertgleiche Verbindungen kurzgeschlossen. Die Übergangswiderstände sind durch kräftige Klemm- oder Schraubverbindungen so niedrig wie möglich zu halten.

Vom anderen Ende wird mit einem Widerstandsmeßgerät der niederohmige Durchgang festgestellt.

Gleichzeitig wird dabei eine eventuelle Vertauschung erkennbar.

### 11.4 Isolationswiderstandsmessung

Die Isolationswiderstandsmessung kann nur bei abgeschalteten oder abgetrennten Betriebsmitteln erfolgen. Der Isolationswiderstand wird gemessen zwischen den Leitern untereinander sowie zwischen den Leitern und Erde (auch geerdete Metallmäntel).

Bei Anlagen bis 1 kV sind im Innenraum 1000  $\Omega/V$  und im Freien und in feuchten Räumen 500  $\Omega/V$  als Mindestwerte zugelassen (abhängig von der Betriebsspannung).

Bei Anlagen über 1 kV werden zur Prüfung der Isolation andere Maßnahmen angewendet. Diese Überprüfungen können nur zusammen mit dem zuständigen EVU durchgeführt werden.

## 11.5 **Spannungsmessung**

Nach Einschalten oder Wiederinbetriebnahme der Anlage ist mit einem Spannungsmesser oder einem Spannungsprüfer (Mittelspannung) das Anstehen der Betriebsspannung zu überprüfen.

## 11.6 **Prüfung der Schutzmaßnahme bei indirektem Berühren**

Abhängig von der angewendeten Schutzmaßnahme gegen indirektes Berühren sind weitere Messungen durchzuführen (gem. VDE 0100) z. B.

- Schleifenwiderstandsmessung,
- Berührungsspannung und Auslösestrom des Fehlerstrom-Schutzschalters,
- Erdungswiderstandsmessung.

## 11.7 **Meß- und Prüfgeräte**

Für Meß- und Prüfvorgänge an elektrischen Anlagen stehen dem Helfer in der Elektrogruppe folgende Meßgeräte zur Verfügung:

- Spannungsprüfer
- Schleifen-Meßgerät, gleichzeitig Prüfgerät für FI und FU geschützte Anlagen
- Isolationsmeßgerät

Nachfolgend ist eine kurze Beschreibung über die Einsatzmöglichkeiten aufgeführt. Die genaue Anweisung für den Gebrauch der Geräte ist der jeweiligen Bedienungsanleitung zu entnehmen.

### 11.7.1 **Spannungsprüfer:**

Der Spannungsprüfer zeigt über Glimmlampe und Federmeßwerk die vorhandene Spannung an. Für Spannungen über 1 kV (max. 30 kV) befindet sich im Gerätesatz ein Hochspannungsprüfer.

### 11.7.2 **Schutzleiterprüfgerät**

Dieses Gerät dient zur Überprüfung des Schutzleiters von Wechselstromsteckdosen.

### 11.7.3 **Schleifenmeßgerät**

Das Schleifenmeßgerät ist ein elektronisches Meß- und Prüfgerät zur Kontrolle von Schutzmaßnahmen für das Errichten von Starkstromanlagen bis 1000 V Nennspannung.

Es entspricht den Bestimmungen für Geräte zum Prüfen der Schutzmaßnahmen in elektrischen Anlagen (VDE 0413).

Der Anwendungsbereich des Gerätes erstreckt sich auf alle Wechselstrom- und Drehstromnetze mit 220 V Nennspannung gegen Erde oder Mittelleiter.

Es bietet folgende Prüf- und Meßmöglichkeiten:

- Spannungsmessung bis 250 V ~ Außenleiter gegen Mittelleiter, 420 V ~ Schutzleiter gegen Außenleiter
- Überprüfung des richtigen Anschlusses von Außen-, Mittel- und Schutzleitern
- Messung des FI-Auslösestromes bis 500 mA
- Messung der Berührungsspannung bei FI- bzw. FU-geschützten Anlagen, Berührungsspannung wahlweise auf 24 V oder 50 V einstellbar
- Messung des Schleifenwiderstandes bei T oder TT-Netz
- Messung des Netzzinnenwiderstandes.

#### 11.7.4 **Isolationsmeßgerät**

Der Isolationsmesser entspricht ebenfalls den Bestimmungen für Geräte zum Prüfen der Schutzmaßnahmen in elektrischen Anlagen. Er ist geeignet zum

- Messen des Isolationswiderstandes von Geräten und Anlagen bis 1000 V in spannungsfreiem Zustand
- Messen von Gleich- und Wechselspannungsmessungen bis 1000 V in 4 Meßbereichen
- Prüfen des Durchgangs mit optischer Anzeige



## 12 FEHLERORTBESTIMMUNG

### 12.1

#### Allgemeines

Die zum genauen Bestimmen eines Fehlerortes in der Kabelanlage anzuwendenden Meßmethoden sind nach Art des Fehlers und der örtlichen Gegebenheiten verschieden. Sie lassen sich in 2 Gruppen unterteilen:

- Klassische Meßverfahren mit Meßbrücken,
- neuzeitliche Fehlerortungstechnik mit Impulsreflexions-Meßgeräten für die Vorortung und mit Suchgeräten für die punktgenaue Nachortung.

Für beide Gruppen steht eine Vielzahl von Meß- und Ortungsgeräten zur Verfügung.

Während die klassischen Meßverfahren nur unter bestimmten Voraussetzungen zum Erfolg führen und der Fehlerort meist erst nach mehreren Messungen bestimmbar ist, läßt er sich mit den neuzeitlichen Meßgeräten ohne Rechenaufwand in kurzer Zeit feststellen.

Es gibt allerdings kein Gerät, mit dem Kabelfehler aller Art eingemessen oder punktgenau nachgeortet werden können, so daß man in schwierigen Fällen nicht ohne vorbereitende Hilfsmaßnahmen auskommt.

Man unterscheidet zwischen

- Vormessungen
- Ortungsmessungen und
- der Ortung mit Suchgeräten.

Gute Kabelpläne mit exakten Längen- und Querschnittsangaben und genauen Muffeneinmessungen erleichtern die Fehlerortung.

### 12.2

#### Vormessungen

Die Vormessungen oder qualitativen Messungen lassen Schlüsse auf die Art der Fehler zu. Man erkennt, welche Adern des Kabels einen Erd- oder Kurzschluß aufweisen und welche Leiter unterbrochen sind. Außerdem werden die Fehlerwiderstände gemessen; das sind die Übergangswiderstände an den Fehlerstellen zwischen den Adern oder zwischen den Adern und der metallischen Umhüllung. Auf Grund dieser Messungen wird die Art der Ortungsmethode gewählt. Mit den im I-Zug vorhandenen Meßgeräten lassen sich einfache Fehlereingrenzungen durchführen. Diese werden nachfolgend beschrieben.

#### 12.2.1

##### Prüfung auf Erd- und Aderschluß

Alle Kabeladern werden an beiden Enden abgeklemmt, sie müssen gegeneinander und gegen Erde isoliert befestigt sein.

Der Isolationswiderstand gegen Erde wird überprüft, indem man die eine Klemme des Isolationsmeßgerätes an das Erdpotential (Metallmantel) und die andere der Reihe nach an sämtliche Leiter legt.

Beim Prüfen auf Aderschluß wird mit Hilfe des Meßgerätes der Isolationswiderstand zwischen den Leitern gemessen. Die Höhe der Betriebsspan-

nung (Nieder- oder Hochspannung), der Kabeltyp und die Länge des Kabels sind maßgebend für den Wert des kleinstzulässigen Isolationswiderstandes.

#### **12.2.2 Prüfung auf Leiterbruch durch Durchgangsmessung**

Die Adern werden an einem Kabelende kurzgeschlossen. Mit dem Isolationsmeßgerät ist der Durchgang der einzelnen Schleifen festzustellen. Zeigt das Meßgerät einen hohen Meßwert an, liegt in der geprüften Schleife ein Leiterbruch vor.

#### **12.3 Ortungsmessung mit dem Schieberkappensuchgerät**

Zur weiteren Eingrenzung eines Fehlers kann es notwendig werden, Metallmuffen im Bereich des Kabelzuges zu orten.

Hierzu kann das Schieberkappensuchgerät der G/W-Gruppe eingesetzt werden.

Nach Standortfeststellung ist ein Aufgraben der Muffe und Auftrennen der Kabelstrecke erforderlich, um von dort eine weitere Eingrenzung des Fehlers zu erreichen.

#### **12.4 Neuzeitliche Fehlerortungstechnik**

Über die vorstehenden Methoden hinaus sind weitere Meßverfahren (z. B. Impulsreflexions-Meßverfahren) mit Spezialgeräten möglich. Diese erlauben eine metergenaue Ermittlung der Fehlerstelle.

Diese Verfahren werden durch besonders geschulte Fachleute des EVU vom Kabelmeßwagen aus durchgeführt.

## 13 ARBEITSSICHERHEIT UND UNFALLVERHÜTUNG

### 13.1

#### Allgemeines

Zum Zwecke der Arbeitssicherheit und Unfallverhütung ist neben den Hinweisen in diesem Leitfadens, die auf den entsprechenden VDE/VBG-Bestimmungen basieren (jeweils in Klammern angegeben und in Anlage 1 zusammengefaßt), die „Unfallverhütungsanweisung-THW“ (UVA-THW), besonders der Teil Instandsetzung, zu beachten.

Die nachfolgenden Abschnitte enthalten zusammengefaßt die wesentlichen Bestimmungen der Unfallverhütung sowie die erforderlichen Erläuterungen.

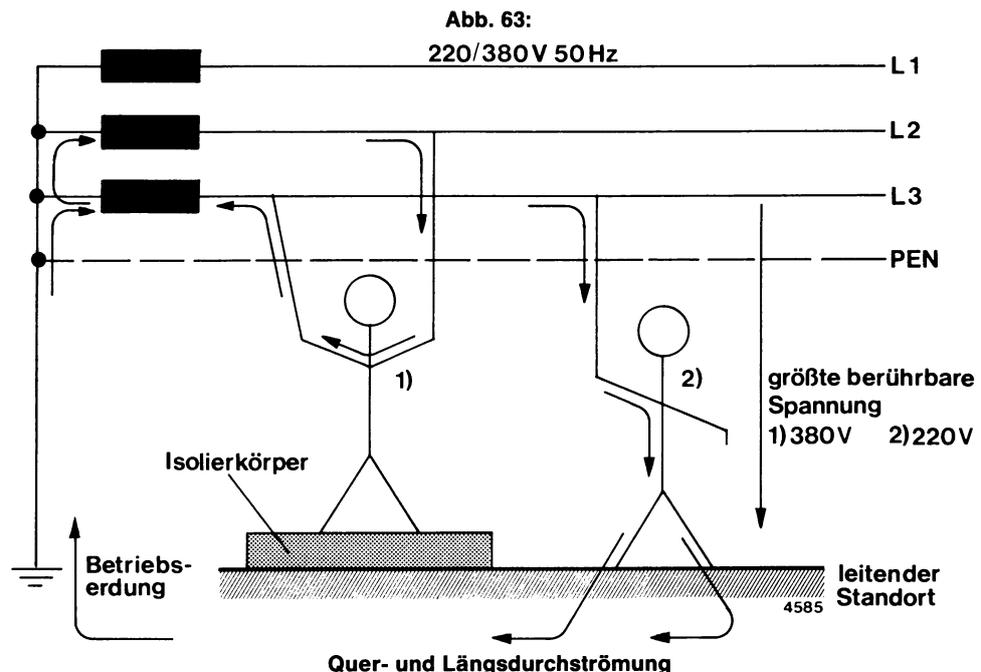
### 13.2

#### Unfälle durch elektrischen Strom

Schädigungen des menschlichen Körpers infolge Stromeinwirkung werden verursacht durch

- **direktes Berühren**, d. h. Körperkontakt mit betriebsmäßig spannungsführenden Drähten, Leitungen oder Anlageteilen (aktive Teile).

Durch das gleichzeitige Berühren zweier Leiter wird der Stromkreis geschlossen. Bei der in Abb. 63 links dargestellten Querdurchströmung können 380 V, bei der rechts dargestellten Längsdurchströmung 220 V auf den menschlichen Körper einwirken.



- **Indirektes Berühren**, d. h. wenn durch Isolationsfehler elektrischer Geräte Anlagen oder leitende Teile an normalerweise nicht unter Spannung stehenden Stellen eine zu hohe Berührungsspannung annehmen (über 50 V ~)
- **Stromüberschlag**: dieser kann durch unbemerkte oder unzulässige Annäherung an Hochspannung führende Anlagenteile oder Leitungen erfolgen.

Darum sind

- die Mindestabstände,
- Spannungstrichter bei der Hochspannung,
- Schrittspannung

zu beachten.

Abb. 64:

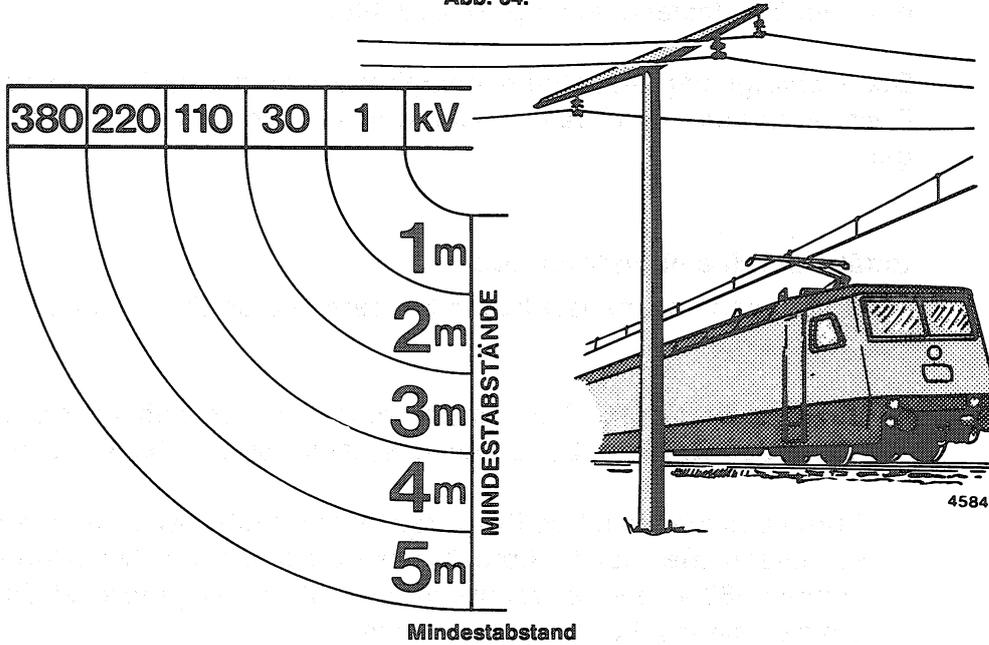
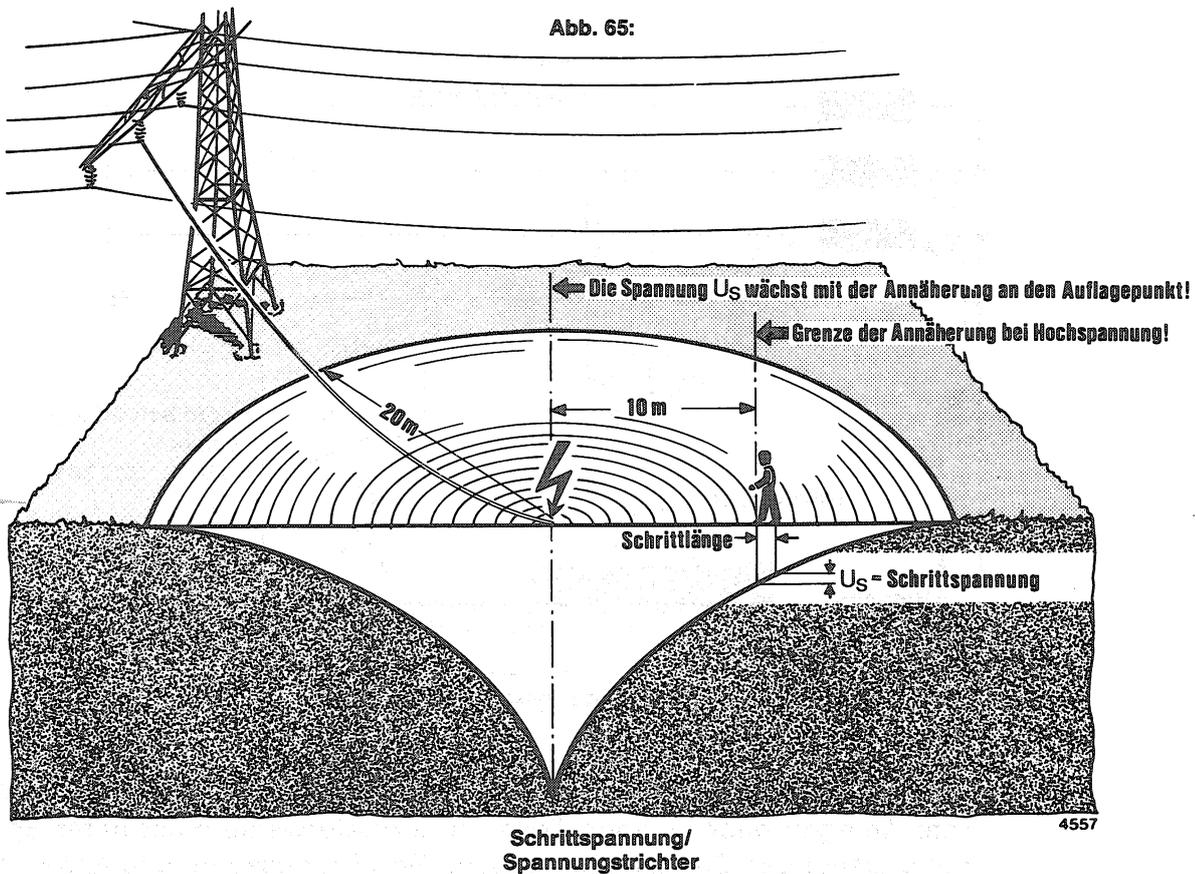


Abb. 65:



- **Lichtbögen**, die bereits bei geringen Spannungen und sehr hohen Strömen entstehen können (z. B. Kurzschluß bei einer Batterie). In diesen Fällen kommt es an den betreffenden Körperteilen zu Verbrennungen

aller Grade, auch Augen- und Gehörschädigungen sind möglich (Verblitzen, Trommelfellschädigung durch Kurzschlußknall).

- **Blitzschlag**, diese Unfälle sind sehr selten, jedoch meist tödlich. Die hohe Stromdichte bewirkt Verbrennungen bis zum Verdampfen der Gewebeflüssigkeit.

Die **Schwere** eines elektrischen Unfalles mit **Stromdurchfluß durch den Körper** ist im wesentlichen abhängig von:

- **Stromstärke**,
- **Einwirkungsdauer**,
- **Stromweg**, (z. B. linke Hand – linker Fuß, linke Hand – rechte Hand)
- **Frequenz**.

Nach Prof. Dr. Koeppen besteht bei 50 Hz folgende Abhängigkeit zwischen der Stromstärke und ihrer Wirkung:

Stromstärke Bereich	Stromstärke		Physiologische Reaktion des Menschen
	Gleichstrom	Wechselstrom	
I	bis 80 mA	bis 25 mA	bis 5 mA: nur geringe Einwirkung 5 – 15 mA: Loslassen noch möglich 15 – 25 mA: selbständiges Loslassen des Kontaktes nicht mehr möglich
II	80 – 300 mA	25 – 80 mA	25 – 50 mA: Noch ertragbare Stromstärke, Blutdrucksteigerung, Herzunregelmäßigkeit, Herzstillstand mit Wiedereinsetzen der Herztätigkeit 50 – 80 mA: Bewußtlosigkeit, Atemstillstand
III	30 mA – 3 A	80 mA – 3 A	Herzkammerflimmern, Tod bei kürzerer Einwirkzeit als 0,3 sek noch kein Herzkammerflimmern
IV	mehr als 3 A	mehr als 3 A	Wie Bereich III, aber meist Lungenblähung und Bewußtlosigkeit, mit steigender Stromstärke stärkere Verbrennungen

Der Widerstand des Menschen bei 220 V, 50 Hz kann näherungsweise mit 1000 Ohm angenommen werden. Daraus ergibt sich, daß Unfälle bei der normalen Netzspannung von 220/380 V in den Stromstärkebereich III fallen können. So erklärt sich, daß es bei diesen „Nieder“-Spannungen oft zu einem Tod durch Herzkammerflimmern kommt, wobei äußerlich nur kleine Strommarken bestehen oder sogar ganz fehlen.

### 13.3 Rettungsmaßnahmen

Die Rettungsmaßnahmen richten sich nach der Höhe der Spannung des Stromkreises, den der Verunglückte berührt hat.

#### Bei Spannungen bis 1000 V:

- sofort Strom unterbrechen,
- Verunglückten aus dem Gefahrenbereich entfernen,

- wenn ein Ausschalten nicht möglich, ist „Eigenisolierung“ anzuwenden,
  - = keine unbedeckten Körperteile berühren,
  - = Wegschieben des stromführenden Leiters oder Gerätes (auf Eigenisolierung achten)

Besonders gefährlich in diesem Spannungsbereich sind Verkrampfungen, die dazu führen, daß der Verunglückte nur schwer von dem stromführenden Teil befreit werden kann.

#### **Bei Spannungen über 1 kV:**

- Abschalten des Stromes nur vom Fachpersonal ausführen lassen; Zeit ist kostbar,
- „Eigenisolation“ nicht anwendbar; Lichtbogen,
- nach Abschalten des Stromes löst sich der Muskelkrampf; Verunglückter kann unter Umständen abstürzen; Möglichkeiten des Auffangens bedenken.

### 13.4

#### **Wichtige Hinweise für die Erste Hilfe**

Nach Rettung des Verletzten aus dem Gefahrenbereich sind folgende Maßnahmen im Rahmen der 1. Hilfe durchzuführen:

- Stillen lebensbedrohlicher Blutung
- Sicherstellung der Atmung
- Bei fehlendem Pulsschlag sind sofort Beatmung und Brustdruckmassage durchzuführen (Herz-Lungen-Wiederbelebung). (Achtung! Die Herz-Lungen-Wiederbelebung nur von besonders ausgebildeten Helfern!)
- Schockbekämpfung
- Bequeme Lagerung, dabei Schutz vor Kälte und Nässe
- Bedecken **auch** kleinerer Wunden
- Elektrische Verbrennungen sind wie andere Brandwunden abzudecken
- Bei Verdacht auf Knochenbrüche, Muskel- und Sehnenrisse Ruhigstellen der betroffenen Gliedmaßen
- Bei Augenverblitzungen ist sofort eine Augenbinde anzulegen.

Erste-Hilfe-Maßnahmen können ärztliche Hilfe **nicht** ersetzen. Bei Elektrounfällen ist eine ärztliche Behandlung grundsätzlich erforderlich.

Nur der Arzt kann über die Schwere der Schädigung entscheiden.

Eine ausführliche Darstellung der Erste-Hilfe-Maßnahmen ist in der Unfallverhütungsvorschrift „Anleitung zur Ersten Hilfe bei Unfällen“ VBG 98 und VDE 0134 enthalten.

In allen Unterkünften muß die Anleitung zur Ersten Hilfe bei Unfällen ausgehängt sein. Auf dieser Tafel sind Arzt, Krankenhaus und Sanitätshelfer anzugeben.

Das notwendige Verbandzeug ist in einem Verbandkasten in der Unterkunft und in einer Verbandtasche auf den Einsatzfahrzeugen bereitzuhalten und rechtzeitig zu ergänzen.

Jeder Verbandkasten muß die o. a. „Anleitung“ enthalten.

**Wenigstens 1 Helfer der Elektrogruppe muß neben der Ersten-Hilfe-Ausbildung** eine besondere Sanitätsausbildung, die die Herz-Lungen-Wiederbelebung einschließt, abgeschlossen haben. Wiederholungen dieser Ausbildung sind entsprechend den Bestimmungen der Unfallverhütungsvorschriften in den entsprechenden Abständen durchzuführen.

### 13.5 **Bedienen von und Arbeiten an Starkstromanlagen**

Als Bedienen elektrischer Betriebsmittel gilt das Beobachten und das Stellen, d. h. schalten, einstellen und steuern.

Als Arbeiten an und in elektrischen Anlagen gelten Instandhalten und Ändern/Erweitern. Hierbei umfaßt das Instandhalten nicht nur das Prüfen, Instandsetzen und Auswechseln von Anlagen und Betriebsmitteln, sondern auch deren Reinigung, soweit dies zur ordnungsgemäßen Funktion erforderlich ist.

### 13.6 **Bestimmungen für den Betrieb von Starkstromanlagen**

Beim Betrieben von Starkstromanlagen und bei Arbeiten in deren Nähe treten besondere Gefahren auf, die von den Sinnesorganen nicht ohne Hilfsmittel wahrnehmbar sind.

Als Voraussetzung gilt, daß die elektrischen Anlagen und Betriebsmittel den Errichtungs- und Bauvorschriften des VDE und den anerkannten Regeln der Technik entsprechen. Die Mindestanforderungen für das Verhalten und die Ausrüstung der an den elektrischen Anlagen oder in deren Nähe beschäftigten Personen sind in den Bestimmungen für den „Betrieb von Starkstromanlagen“ (VDE 0105) festgelegt.

Die wichtigsten Definitionen und Arbeitsanweisungen sind nachstehend aufgeführt.

#### 13.6.1 **Elektrofachkraft/Elektrotechnisch unterwiesene Person**

Von einer Elektrofachkraft werden

- fachliche Ausbildung,
- Kenntnisse und Erfahrungen,
- Kenntnis der einschlägigen Bestimmungen,
- Beurteilungsvermögen für übertragene Arbeiten,
- Gefahrenerkennung im Rahmen der Vorbereitung und
- Durchführung übertragener Arbeiten

gefordert.

Anhand vorgenannter Kriterien können für begrenzte Arbeitsgebiete und Tätigkeiten geeignete Helfer als Elektrofachkräfte benannt werden. Darüber hinaus Helfer mit entsprechend beruflicher Qualifikation.

Von elektrotechnisch **unterwiesenen Personen** werden gefordert:

- Unterrichtung über mögliche Gefahren bei unsachgemäßem Verhalten,
- Belehrung über notwendige Schutzeinrichtungen und Schutzmaßnahmen,

— Anlernen, falls erforderlich,  
Der Grad der Unterweisung richtet sich nach den zu übertragenden Aufgaben und den örtlichen Verhältnissen. Die Unterweisung ist durch eine Elektrofachkraft durchzuführen.

### 13.6.2 **Einweisung der Arbeitskräfte**

Der Verantwortliche hat

- auf versteckte Gefahren an der Arbeitsstelle und
- auf die Einhaltung der Sicherheitsbestimmungen hinzuweisen und sich von deren Anwendung zu überzeugen
- die Arbeitsgrenzen kenntlich zu machen
- Rechte, Pflichten und Zuständigkeiten eindeutig festzulegen
- Verfahren zu beschreiben
- Arbeitsanweisungen zu geben
- besondere Aufmerksamkeit Neulingen und Aushilfskräften zu widmen.

### 13.6.3 **Bereitstellen und Vertrautmachen mit Einrichtungen zur Unfallverhütung und Brandbekämpfung**

Die hierzu erforderlichen Einrichtungen reichen von den Betätigungsstangen über isolierte Werkzeuge, Erdungs- und Kurzschließeinrichtung, Isoliermatten, isolierende Schutzbekleidung, Feuerlöscher, Schaltpläne, Auslegen von VDE-Bestimmungen (in ständig besetzten elektrischen Betriebsstätten) bis zu den Sicherheitsschildern.

## 13.7 **Herstellen und Sicherstellen des spannungsfreien Zustandes vor Durchführung von Arbeiten**

### 13.7.1 **Allgemeines**

Alle Arbeiten unter Spannung sind gemäß UVA – THW grundsätzlich verboten. Die 5 Sicherheitsregeln

- Freischalten
- Gegen Wiedereinschalten sichern
- Spannungsfreiheit feststellen
- Erden und Kurzschließen
- Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder Abschränken

sind zwingend und in dieser Reihenfolge zu beachten.

Werden zwei oder mehrere Helfer zur Durchführung gemeinsam eingesetzt, ist ein Helfer, sofern der Gruppenführer nicht selbst anwesend ist, als Aufsicht zu bestimmen.

Diese Aufsichtsperson hat sich mit der Aufsichtsperson des EVU

- in Verbindung zu setzen
- Maßnahmen abzusprechen und
- Einweisung geben zu lassen.

Die Fachkraft des EVU veranlaßt bzw. führt die Freischaltung aus.

Hiernach wird der Aufsichtsführende unter strenger Beachtung der 5 Sicherheitsregeln die notwendige Sicherung der Arbeitsstelle vornehmen bzw. veranlassen. Erst danach darf mit den Arbeiten begonnen werden.

Diese Aufsicht hat sich anhand der Schaltpläne über die Schaltstellen zur Einspeisung in die instanzzusetzende Anlage zu informieren, bevor er gem. den 5 Sicherheitsregeln das „Freischalten“ der Anlage durch die zuständigen Fachkräfte veranlaßt bzw. in Ausnahmefällen selbst durchführt.

### 13.7.2 **Freischalten**

Abschalten reicht nicht aus. Das Freischalten ist das allpolige und allseitige Abschalten oder Abtrennen von allen nicht geerdeten Leitern des Anlageteils, an dem gearbeitet werden soll.

Hat der allein arbeitende Helfer oder die Aufsicht nicht selbst freigeschaltet, so muß die schriftliche, fernschriftliche, fernmündliche oder mündliche Bestätigung der Freischaltung abgewartet werden.

Mündliche oder fernmündliche Meldungen sind von der aufnehmenden Stelle zu wiederholen und die Gegenbestätigung abzuwarten.

#### **Achtung!**

Das Festlegen eines Zeitpunktes (Schaltungstermine nach Uhr), zu dem die Anlage spannungsfrei gemacht werden soll, ist verboten.

### 13.7.3 **Gegen Wiedereinschalten sichern**

Alle Betriebsmittel, mit denen freigeschaltet wurde, sind gegen unbeabsichtigtes Wiedereinschalten zu sichern. Beispiel: Sicherungen herausnehmen und in Verwahrung nehmen, Leistungsschalter in „Aus“-Stellung durch Vorhängeschloß sichern u. a.

An den Bedienungseinrichtungen, mit denen ein Anlageteil spannungsfrei gemacht worden ist oder durch die es unter Spannung gesetzt werden kann, ist für die Dauer der Arbeit ein Warnschild zuverlässig und sofort erkennbar anzubringen.

### 13.7.4 **Spannungsfreiheit feststellen**

An der Arbeitsstelle vor Arbeitsbeginn ist immer allpolig auf Spannungsfreiheit zu prüfen. Die Prüfung darf nur durch eine Elektrofachkraft oder elektrotechnisch unterwiesene Person erfolgen. Spannungsprüfer sind kurz vor der Benutzung auf einwandfreie Funktion zu prüfen. Sie müssen für die zu prüfende Spannung geeignet sein.

Bei Kabeln und Zubehöerteilen darf, nachdem an den Ausschaltstellen die Spannungsfreiheit festgestellt ist, vom Prüfen auf Spannungsfreiheit an der Arbeitsstelle abgesehen werden, wenn das freigeschaltete Kabel, z. B. durch Kabelsuchgeräte, durch Zeichnungen oder Kabelpläne einwandfrei ermittelt werden kann. Sonst sind besondere Maßnahmen, z. B. Anschließen des Kabels, durchzuführen.

13.7.5 **Erden und Kurzschließen**

An der Arbeitsstelle müssen Teile, an denen gearbeitet werden soll, **erst geerdet** und **dann kurzgeschlossen** werden. Erdung und Kurzschließung müssen von der Arbeitsstelle aus sichtbar sein.

Wird an einer Unterbrechungsstelle gearbeitet, bei der von beiden Seiten Spannung auftreten kann, so sind beide Seiten zu erden und kurzzuschließen.

**Achtung!**

Wurferdung ist keine Erdung in diesem Sinne, sondern dient nur der Feststellung der Spannungsfreiheit.

Bei Arbeiten an Anlagen und schutzisolierten Freileitungen mit Nennspannungen bis 1000 V darf vom Erden und Kurzschließen abgesehen werden, wenn der spannungsfreie Zustand gemäß den Abschnitte 13.7.2–13.7.4 sichergestellt ist.

Bei Arbeiten an Freileitungen mit Nennspannungen bis 1000 V, ausgenommen schutzisolierte Freileitungen, müssen alle Leiter einschließlich des Neutralleiters sowie alle Schalt- und Steuerdrähte, z. B. für Straßenbeleuchtung, in unmittelbarer Nähe der Arbeitsstelle kurzgeschlossen und möglichst auch geerdet werden.

**Außer der Erdung und Kurzschließung an der Arbeitsstelle muß:**

bei Freileitungen über 30 kV an **jeder** Ausschaltstelle,

bei Freileitungen von 1 bis 30 kV **mindestens an einer** Ausschaltstelle geerdet und kurzgeschlossen werden.

Bei Mastschaltern ist an einem der nächsten Maste zu erden und kurzzuschließen.

Bei Arbeiten an Kabeln genügt das Erden und Kurzschließen an den Abschaltstellen.

Bei Übergang von Kabeln auf Freileitung ist bei Kabelarbeiten an der Übergangsstelle zu erden und kurzzuschließen.

Erdungs- und Kurzschließungsgarnituren müssen den Kurzschlußstrom während der Ausschaltzeit halten. Daher ist der Querschnitt entsprechend

**Tabelle 23:**

Querschnitt des Kupferseils mm <sup>2</sup>	Höchster zulässiger Kurzschlußstrom in kA während einer Dauer von				
	10 s	5 s	2 s	1 s	≤ 0,5 s
16	1,0	1,4	2,2	3,2	4,5
25	1,6	2,2	3,5	4,9	7,0
35	2,2	3,1	4,9	6,9	10,0
50	3,1	4,4	7,0	9,9	14,0
70	4,4	6,2	9,8	13,8	19,5
95	5,9	8,4	13,2	18,7	26,5
120	7,5	10,6	16,7	23,7	33,5
150	9,4	13,2	20,9	29,6	42,0

**Erdungs- und Kurzschlußgarnituren in Wechsel- und Drehstromanlagen**

dem höchsten auftretenden Kurzschlußstrom zu bemessen. Die Höhe des zu erwartenden Kurzschlußstromes ist beim Betreiber der Anlage zu erfragen.

Die verwendeten Garnituren sind immer zuerst mit der Erde und dann mit dem zu erdenden Anlageteil zu verbinden. Die Erdungs- und Kurzschließvorrichtung ist mit einer Isolier- oder Erdungsstange an die zu erdenden bzw. kurzzuschließenden Anlageteile heranzuführen.

**13.7.6 Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken**  
Festlegungen zum Abdecken und Abschränken sind im einzelnen im Abschnitt 13.8 beschrieben.

Die Reihenfolge aller 5 Sicherheitsregeln ist zwingend einzuhalten. Nach Beendigung der Arbeit sind sie sinngemäß in umgekehrter Reihenfolge anzuwenden.

**13.8 Arbeiten in der Nähe von unter Spannung stehenden Anlageteilen**

Das Arbeiten in der Nähe von unter Spannung stehenden Anlageteilen ist äußerst gefährlich, weil durch unbeabsichtigte und unwillkürliche Bewegungen oder durch Irrtum eine Berührung zustande kommen kann.

Der Begriff „in der Nähe“ ist je nach der Höhe der Spannung, dem Arbeitsplatz, der Art der Arbeit, dem Werkzeug oder Werkstück unterschiedlich. Oft ist mittelbare Berührung mehrere Meter entfernter unter Spannung stehender Anlageteile z. B. durch Rohre, Drähte oder Leitern möglich.

Generell ist zu prüfen, ob es möglich ist, den spannungsfreien Zustand der benachbarten Anlageteile her- und sicherzustellen.

Ist dies aus betrieblichen Gründen nicht durchführbar, so sind diese gefährlichen Teile durch zuverlässig angebrachte Isoliermittel abzudecken oder aber abzuschranken und durch Warnflaggen, Schilder o. ä. zu kennzeichnen.

Ist auch diese Maßnahme nicht durchführbar, so sind für den Arbeitsbereich die in nachstehender Tabelle aufgeführten Sicherheitsabstände zu den benachbarten spannungsführenden Anlageteilen einzuhalten.

**Tabelle 24:**

Nennspannung (Reihe) KV	Annäherung m
bis 1	0,5
über 1 bis 30	1,5
über 30 bis 110	2,00
über 110 bis 220	3,00
über 220 bis 380	4,00

**Schutzabstände**

Die Arbeiten sind entweder von Elektrofachkräften oder elektrotechnisch unterwiesenen Personen durchzuführen. Nichtunterwiesene Personen, z. B. Maler, Bauarbeiter, müssen durch Elektrofachkräfte oder wenigstens von elektrotechnisch unterwiesenen Personen beaufsichtigt werden.

Einziehbare und absenkable Leitern sind für **den Transport** in elektrischen Anlagen einzuziehen bzw. abzusenken.

Müssen Leitern oder sperrige Gegenstände in der Nähe von unter Spannung stehenden Teilen bewegt werden, so muß eine geeignete Person als Aufsicht zugegen sein.

### 13.9 **Arbeiten an unter Spannung stehenden Anlageteilen**

Arbeiten an unter Spannung stehenden Anlageteilen sind, abgesehen von Sonderfällen im Niederspannungsnetz, verboten.

Sollte es zwingend notwendig sein, Arbeiten an unter Spannung stehenden Anlageteilen ausführen zu müssen, ist zunächst vom Betreiber der Nachweis der zwingenden Gründe für diese Arbeiten nachzuweisen. Ein zwingender Grund ist z. B. nicht gegeben, wenn lediglich für die Freischaltung kein geeignetes Schaltgerät vorhanden ist.

Muß in Sonderfällen unter Spannung gearbeitet werden, sind folgende Sicherheitsmaßnahmen zu treffen:

- Ständige Aufsicht durch eine Elektro-Fachkraft des Betreibers der Anlage während der Arbeiten
- Verwendung von Hilfsmitteln und Werkzeugen, durch die eine Gefährdung in Form von Körperdurchströmung oder Lichtbogenbildung ausgeschlossen wird
- **nur Einsatz einer Elektro-Fachkraft, die hierfür wegen ihrer Erfahrung fachlich besonders geeignet sowie ausgebildet ist (Spezialausbildung)**
- Anwesenheit eines weiteren Helfers, der in der Herz-Lungen-Wiederbelebung ausgebildet ist.

### 3.10 **Gefahren durch Hilfs-/Arbeitsstoffe**

Neben den elektrischen Gefahren bringt auch der Gebrauch von Hilfs- und Arbeitsstoffen eine Gefährdung mit sich.

Bei der Benutzung von Gießharz, das infolge seiner günstigen Eigenschaften (z. B. einfache Verarbeitung, gute elektrische, thermische und mechanische Eigenschaften) bei der Montage von Muffen vermehrt verwendet wird, können die Harze, besonders die Härter, bei direkter Einwirkung auf die Haut zu Hautschädigungen, in besonderen Fällen auch zu schweren Ekzemen führen. Sauberkeit und ein Hautschutz durch Tragen von Handschuhen sowie Verwendung geeigneter Hautschutzsalben stellen wirksame Sicherheitsmaßnahmen dar. Personen mit empfindlicher Haut dürfen nicht zu Arbeiten mit Gießharz herangezogen werden.

Beim Umgang mit der heißen Kabelvergußmasse können Verbrennungen entstehen. Kabelvergußmasse muß daher in einem abgedeckten Behälter erwärmt und transportiert werden. Außerdem sind Handschuhe mit langen Stulpen zu tragen.

Zum Erwärmen der Masse und auch zum Löten wird heute fast ausschließlich Flüssiggas verwendet.

Flüssiggas ist schwerer als Luft, tritt es z. B. infolge von Undichtigkeiten aus dem Vorratsbehälter aus, sinkt es zu Boden und fließt wie eine Flüssigkeit an tiefer gelegene Stellen. Flüssiggas ist zwar ungiftig, kann aber z. B. im Muffenloch die Luft und somit den Sauerstoff verdrängen und eine Erstickungsgefahr herbeiführen.

Außerdem besteht bei Flüssiggas – in der Regel ein Gemisch aus Propan/Butan – auch eine Explosionsgefahr, wenn ein entsprechendes Gas-Luft-Gemisch vorhanden ist. Der Explosionsbereich wird durch die untere und obere Zündgrenze eingegrenzt. Die Zündgrenzen werden in Volumen-Prozent (Vol.-%) angegeben. Bei Propan liegen die Grenzen bei 2,1 Vol.-% (untere Zündgrenze) und 9,5 Vol.-% (obere Zündgrenze).

Für die zu treffenden Sicherheitsmaßnahmen bedeutet dies, daß in Muffenlöchern, Kabelgräben, Kellern oder an sonstigen tiefer als der Erdboden liegenden Plätzen nur die kleine Flüssiggas-Montageflasche verwendet werden darf. Lötbrenner und Montageflasche sind nach Gebrauch außerhalb des Muffenloches abzulegen.

Umfüllungen aus dem 11-kg-Flüssiggasbehälter sind nur im Freien auf ebener Erde zulässig.

Flüssiggasflaschen sind vor direkter Sonnenbestrahlung zu schützen.

#### 13.11

#### **Schutzausrüstung**

Zur Durchführung der Aufgaben muß die persönliche Schutzausrüstung und die auf die jeweilige Aufgabe zugeschnittene gerätemäßige Schutzausrüstung zur Verfügung stehen.

Zur persönlichen Schutzausrüstung gehören:

- Elektro-Schutzhelm
- Gesichtsschutz
- Schutzhandschuhe
- Elektro-Sicherheitsschnürstiefel

Die gerätemäßige Schutzausrüstung besteht aus:

- isoliertem Werkzeug
- Gummimatte
- NH-Sicherheitsgriffe mit Lederschutz
- Kabelbeschußgerät
- Sicherheitsgurte u. -auffanggurte
- Spannungsprüfer
- Erdungs- und Kurzschließungsvorrichtung

Ihr Gebrauch ist zwingend erforderlich und vom jeweiligen Aufsichtsführenden unbedingt zu überwachen.



## **Anhang**



## VDE-/VBG-Bestimmungen

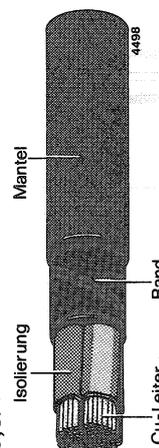
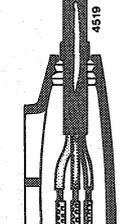
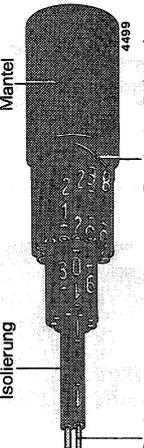
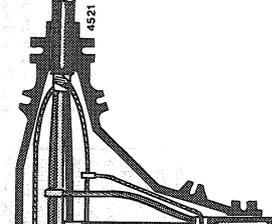
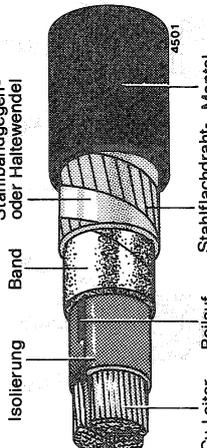
Die nachfolgend aufgeführten VDE/VBG-Bestimmungen dienen als Grundlage für diesen Leitfaden.

Die jeweilige Quelle ist in Klammern hinter der entsprechenden Anweisung angegeben.

Lfd.- Nr.	DIN-Nr./ VDE-Nr.	Bezeichnung
1	57 100 – Beiblatt 2/ 0100 – Beiblatt 2	Verzeichnis der einschlägigen Normen
2	57 100 – Beiblatt 3/ 0100 – Beiblatt 3	Struktur der Normenreihe
3	57 100 – Teil 100/ 0100 – Teil 100	Anwendungsbereich; Allgemeine Anforderungen
4	57 100 – Teil 200/ 0100 – Teil 200	Allgemein gültige Begriffe
5	57 100 – Teil 310/ 0100 – Teil 310	Allgemeine Angaben; Kenngrößen der elektrischen Anlage
6	57 100 – Teil 410/ 0100 – Teil 410	Schutzmaßnahmen; Schutz gegen gefährliche Körperströme
7	57 100 – Teil 430/ 0100 – Teil 430	Schutz von Leitungen und Kabeln gegen zu hohe Erwärmung
8	57 100 – Teil 523/ 0100 – Teil 523	Bemessungen von Leitungen und Kabeln; mechanische Festigkeit, Spannungsfall und Strombelastbarkeit
9	57 100 – Teil 540/ 0100 – Teil 540	Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel; Erdung, Schutzleiter, Potentialausgleichsleiter
10	57 100 – Teil 732/ 0100 – Teil 732	Hauseinführungen
11	57 101/ 0101	Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen über ein kV
12	57 105 – Teil 1/ 0105 – Teil 1	Betrieb von Starkstromanlagen, allgemeine Festlegungen
13	57 134/ 0134	Anleitung zur 1. Hilfe bei Unfällen
14	57 141/ 0141	VDE-Bestimmung für Erdungen in Wechselstromanlagen für Nennspannungen über ein kV
15	57 250/ 0250	Bestimmungen für isolierte Starkstromleitungen
16	57 293/ 0293	Aderkennzeichnung von Starkstromkabeln und isolierten Starkstromleitungen mit Nennspannungen bis 1000 V
17	57 298 – Teil 1/ 0298 – Teil 1	Verwendung von Kabeln und isolierten Leitungen für Starkstromanlagen; Allgemeines für Kabel mit Nennspannungen bis 18/30 kV
18	57 298 – Teil 2/ 0298 – Teil 2	Verwendung von Kabeln und isolierten Leitungen für Starkstromanlagen, empfohlene Werte für die Strombelastbarkeit von Kabeln mit Nennspannungen bis 18/30 kV
19	57 413 – Teile 1–6 0413 – Teile 1–6	Messen, Steuern, Regeln; Geräte zum Prüfen der Schutzmaßnahmen in elektrischen Anlagen
20	VBG 4	Elektrische Anlagen und Betriebsmittel
21	VBG 89	Arbeiten an elektrischen Freileitungs-, Mast- und Kabelanlagen



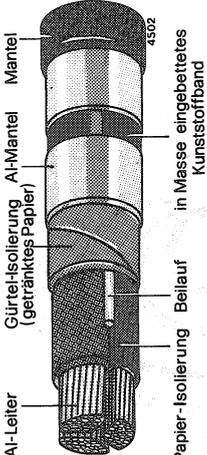
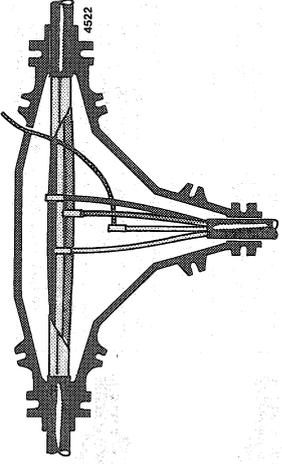
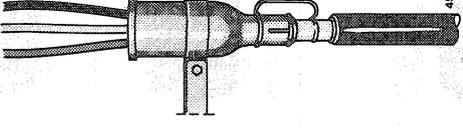
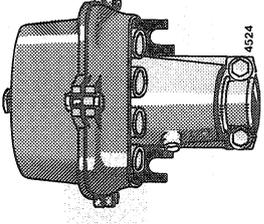
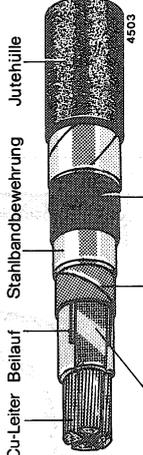
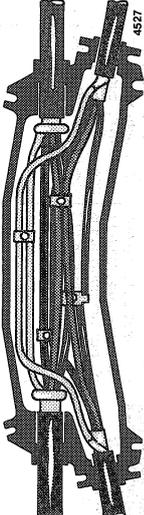
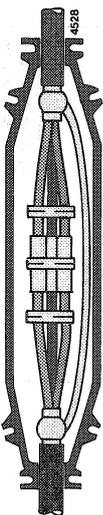
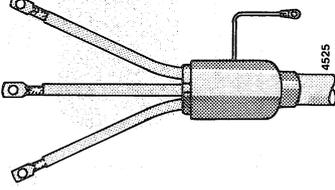
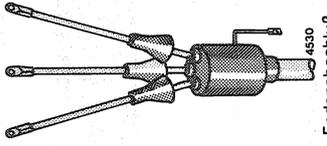
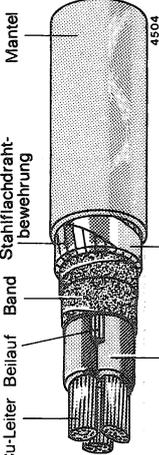
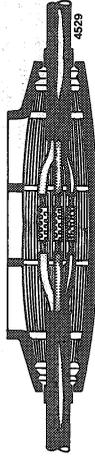
**Kabel und zugehörige Garnituren**

Aufbau	Kurzzeichen	Bevorzugte Verwendung	Eingeschränkte Verwendung	Muffen	Endverschlüsse in Innenräumen	Endverschlüsse in Freiluftanlagen
<p><b>0,6/1 kV</b></p> 	<p>NY NAY</p>	<p>Energiekabel: in Innenräumen, Kabelkanälen und im Freien für Kraftwerke, Industrie- und Schaltanlagen, wenn mechanische Beschädigungen nicht zu erwarten sind</p>	<p>In Erde, mit einem zusätzlichen Schutz, wenn mit mechanischer Beschädigung zu rechnen ist (nach VDE 0100). Bei NAY können besondere Schutzmaßnahmen erforderlich sein. (Siehe VDE 0271)</p>	 <p>Verbindungsmuffe</p>	<p>Endverschlüsse in Freiluftanlagen</p> <p><b>0,6/1 kV</b></p>	 <p>Endenabschluß</p>
<p>Isolierung</p> 	<p>NY</p>	<p>Steuerkabel: wie Energiekabel</p>	<p>Parallel zu langen Energiekabeln oder Freileitungen ist die Beeinflussung zu beachten</p>	 <p>Abzweigmuffe</p>	<p>Nicht erforderlich</p>	
<p>Isolierung</p>  <p>Al-Leiter</p>	<p>NY(CWY)<sup>1)</sup> NAYC- WY<sup>1)</sup></p>	<p>Für Ortsnetze mit wellenförmig aufgebrachtem konz. Leiter, der bei Abzweigen nicht geschnitten wird. Für Legung in Erde, Innenräume, Kabelkanäle und im Freien, wenn mit nachträglichen mechanischen Beschädigungen zu rechnen ist.</p>	<p>Bei erhöhter mechanischer Beanspruchung während der Montage und des Betriebes</p>	 <p>Hausanschlußmuffe HM</p>		
<p>Isolierung</p> 	<p>NYFGbY NAYFGbY</p>	<p>Für Straßenbeleuchtung und Hausanschlüsse in Ortsnetzen</p>			<p>Nicht erforderlich, Bewehrung ist zu erden</p>	

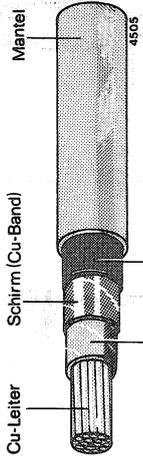
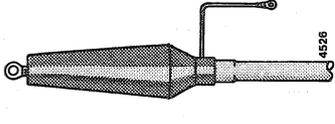
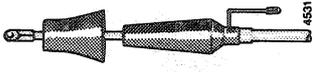
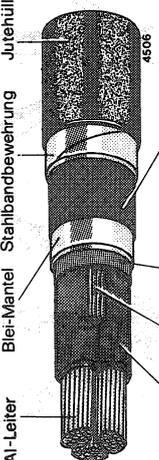
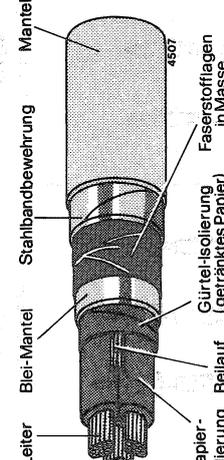
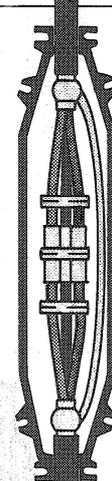
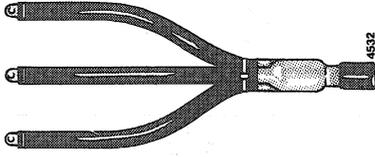
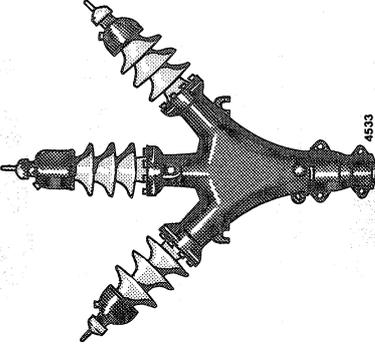
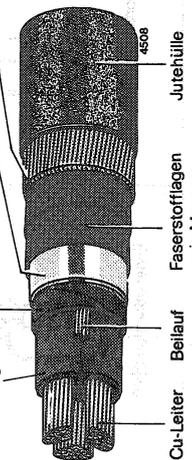
<sup>1)</sup> Konzentrischer Leiter wellenförmig aufgebracht.

<sup>2)</sup> Konzentrischer Leiter aufgesponnen.

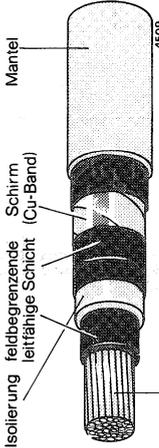
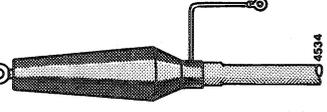
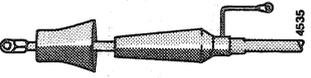
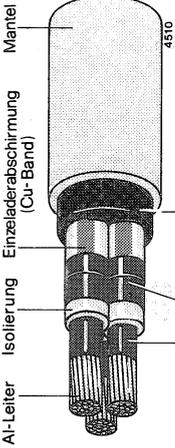
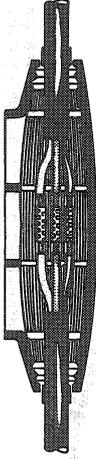
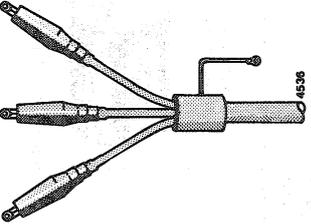
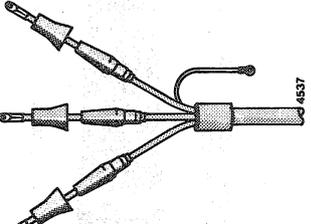
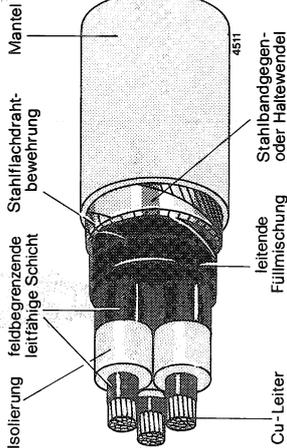
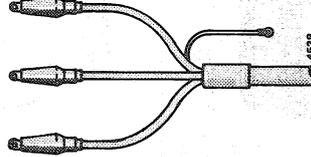
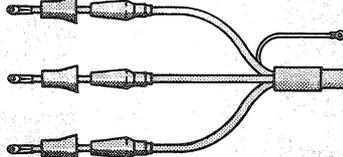
Kabel und zugehörige Garnituren

Aufbau	Kurzzeichen	Bevorzugte Verwendung	Eingeschränkte Verwendung	Muffen	Endverschlüsse in Innenräumen	Endverschlüsse in Freiluftanlagen
 <p>Al-Leiter Gürtel-Isolierung (getränktes Papier) Al-Mantel Mantel Papier-Isolierung Beilauf in Masse eingebettetes Kunststoffband 4502</p>	<p>NKLEY NAKLEY</p>	<p>Kabel für Ortsnetze, Aluminiummantel dient als MP- bzw. als Nullleiter</p>	<p>In Innenräumen nicht üblich, für Bergsenkgebiete nicht geeignet</p>	 <p>Hausanschlussmuffe 4522</p>	 <p>Zylinder-Endverschluß 4523</p>	 <p>Mast-Endverschluß 4524</p>
 <p>Cu-Leiter Beilauf Stahlbandbewehrung Jutehülle 4503 Papier- Gürtel-Isolierung in Masse Isolierung (getränktes Papier)</p>	<p>NKBA NAKBA</p>	<p>Als Netzkabel, wenn auf zusätzliche Erdung durch Bleimantel nicht verzichtet werden kann</p>	<p>In Innenräumen und Kabelkanälen nur mit flammwidriger Außenhülle oder nach Entfernen der Jutehülle. Bei Korrosionsgefahr erhöhter Korrosionsschutz erforderlich, z. B. PVC-Außenmantel (Kurzzeichen: NKBY, NAKBY), dann entfällt jedoch die zusätzliche Erdung durch Bleimantel.</p>	 <p>Doppel-Hausanschlussmuffe 4527</p>  <p>Verbindungsmuffe ohne Bleimantel 4528</p>	 <p>Endenabschluß 4525</p>	 <p>Endenabschluß 4530</p>
 <p>Cu-Leiter Beilauf Band Stahlflachdrahtbewehrung Mantel 4504 Isolierung Stahlbandgegen- oder Haltewendel</p>	<p>NYFGbY NAVFGbY</p>	<p>In Innenräumen, Kabelkanälen, im Freien und in Erde, für Kraftwerke, Industrie- und Schaltanlagen</p>		 <p>Verbindungsmuffe 4529</p>		<p><b>3,5/6 kV</b></p>

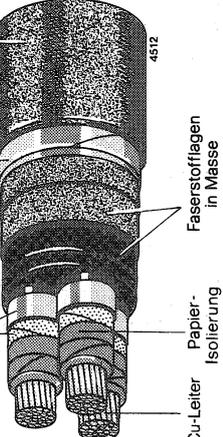
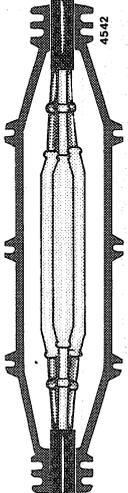
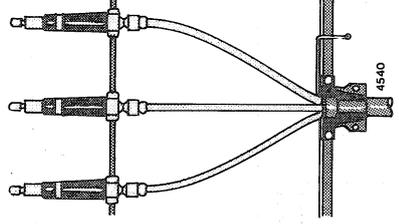
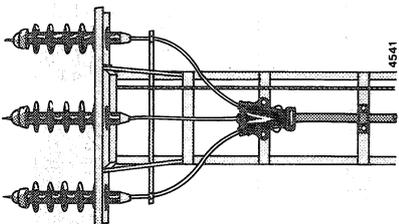
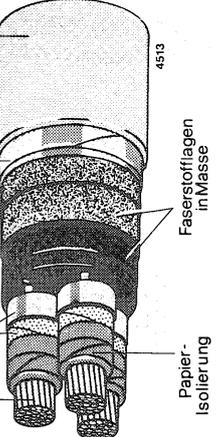
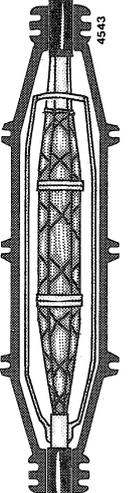
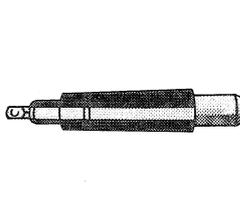
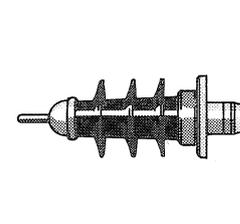
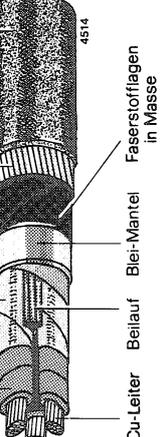
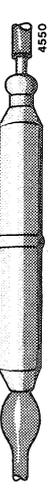
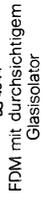
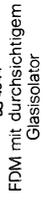
Kabel und zugehörige Garnituren

Aufbau	Kurzzeichen	Bevorzugte Verwendung	Eingeschränkte Verwendung	Muffen	Endverschlüsse in Innenräumen	Endverschlüsse in Freiluftanlagen
 <p>Cu-Leiter Schirm (Cu-Band) Mantel Isolierung Band 4505</p>	<p>NYSY NAYSY</p>	<p>Wegen kleiner Biegeradien in engen Innenräumen, für Kraftwerk- und Schaltanlagen sowie Stationsbau. Als Erdkabel wegen des geringen Gewichtes günstig bei schwierigen Lageverhältnissen, z. B. Steilhang</p>	<p>Bei der Wahl der Schirmquerschnitte sind die Erdschluß- bzw. Doppelerdschlußbedingungen der Netze zu berücksichtigen</p>		 <p>Endenabschluß 4526</p>	 <p>Endenabschluß 4531</p>
<p><b>3,5/6; 5,8/10 kV</b></p>  <p>Al-Leiter Blei-Mantel Stahlbandbewehrung Jutehülle Papier-Isolierung Beilauf Gürtel-Isolierung (getränktes Papier) Faserstofflagen in Masse 4506</p>	<p>NKBA NAKBA</p>	<p>In Erde, wenn keine besonderen Beanspruchungen vorliegen</p>	<p>In Innenräumen und Kabelkanälen nur mit flammwidriger Außenhülle, gegebenenfalls Außenhülle entfernen; bei Höhenunterschieden bei Trasse sind kunststoffisolierte Kabel einzusetzen</p>		<p><b>3,5/6; 5,8/10 kV</b></p>	
 <p>Al-Leiter Blei-Mantel Stahlbandbewehrung Mantel Papier-Isolierung Beilauf Gürtel-Isolierung (getränktes Papier) Faserstofflagen in Masse 4507</p>	<p>NKBY NAKBY</p>	<p>In Erde, wenn erhöhter Korrosionsschutz erforderlich; auch für Innenräume geeignet</p>	<p>Bei Höhenunterschieden in der Trasse (z. B. Steilstrecken) sind kunststoffisolierte Kabel einzusetzen</p>	 <p>Verbindungs-muffe (in Sonderfällen mit Bleinnenmuffe)</p>	 <p>Endverschluß mit Schläuchen 4532</p>	 <p>Gehäuseendverschluß mit Porzellanisolatoren 4533</p>
 <p>Papier-Isolierung Gürtel-Isolierung (getränktes Papier) Blei-Mantel Stahlrunddrähte Cu-Leiter Beilauf Faserstofflagen in Masse Jutehülle 4508</p>	<p>NKRA NAKRA NKFA NAKFA</p>	<p>Bei normalen Korrosionsbeanspruchungen, in Erde, wenn besondere Beanspruchungen – insbesondere auf Zug – zu erwarten sind; als Fluß- und Seekabel geeignet</p>	<p>In Innenräumen und Kabelkanälen nur mit flammwidriger Außenhülle oder ohne Außenhülle mit Stahlbandgegenwende</p>			

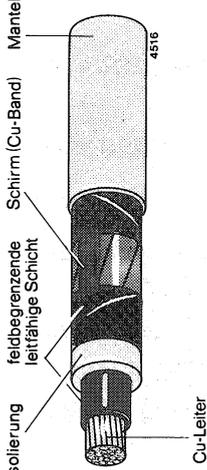
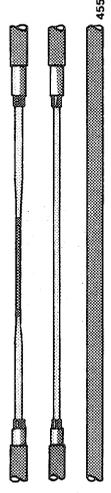
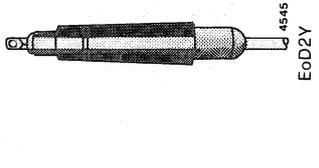
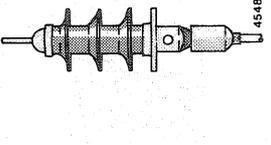
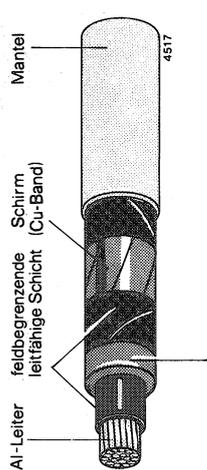
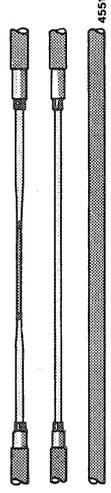
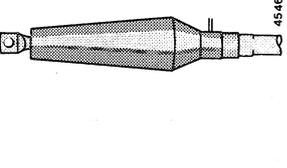
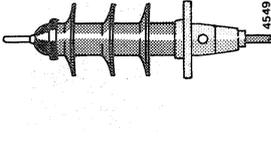
Kabel und zugehörige Garnituren

Aufbau	Kurzzeichen	Bevorzugte Verwendung	Eingeschränkte Verwendung	Muffen	Endverschlüsse in Innenräumen	Endverschlüsse in Freiluftanlagen
<p><b>5,8/10 kV</b></p> 	<p>NYHSY NAYHSY</p>	<p>Wegen kleiner Biegeradien in engen Innenräumen, für Kraftwerk- und Schaltanlagen sowie Stationsbau. Als Erdkabel wegen des geringen Gewichtes günstig bei schwierigen Legeverhältnissen (z. B. Steilhang)</p>	<p>Bei der Wahl der Schirmquerschnitte sind die Erdschluß- bzw. Doppelschlußbedingungen der Netze zu berücksichtigen</p>		 <p>Endenabschluß IX Y</p>	<p><b>5,8/10 kV</b></p>  <p>Endenabschluß IX YR</p>
	<p>NYSEY NAYSEY</p>	<p>In Innenräumen, Kabelkanälen, im Freien und in Erde; für Kraftwerke, Industrie- und Schaltanlagen</p>	<p>Bei der Wahl der Schirmquerschnitte sind die Erdschluß- bzw. Doppelschlußbedingungen der Netze zu berücksichtigen</p>	 <p>Verbindungs-muffe</p>	 <p>fächerförmig</p>	 <p>fächerförmig</p>
	<p>NYHFGb- H NAYHFG- b Y</p>	<p>In Ortsnetzen bei schwierigen Lage- oder Betriebsbedingungen</p>			 <p>parallel Endenabschluß IX Y</p>	 <p>parallel Endenabschluß IX YR</p>

Kabel und zugehörige Garnituren

Aufbau	Kurzzeichen	Bevorzugte Verwendung	Eingeschränkte Verwendung	Muffen	Endverschlüsse in Innenräumen	Endverschlüsse in Freiluftanlagen
<p><b>Über 5,8/10 kV</b>                      einzeln geschirmte                      Stahlbandbewehrung                      Jutehülle                      bleimantelte Adern                      Cu-Leiter                      Papier-                      Isolierung                      Faserstofflagen                      in Masse</p>  <p>4512</p>	<p>NEKBA                      NAEKBA</p>	<p>In Erde, wenn keine besonderen Beanspruchungen vorliegen</p>	<p>In Innenräumen und Kabelkanälen nur mit flammwideriger Außenhülle oder Außenhülle entfernen; bei Korrosionsgefahr erhöhter Korrosionsschutz erforderlich; bei Höhenunterschieden in der Trasse (z. B. Steilstrecken) ist ein kunststoffisoliertes Kabel einzusetzen.</p>	 <p>4542</p> <p>Verbindungs-muffe mit Einzel-Bleinnenmuffen</p>	 <p>4540</p> <p>EoD mit durchsichtigen Gießharzisolatoren</p>	 <p>4541</p> <p>FDM mit durchsichtigen Glasisolatoren</p> <p><b>Über 5,8/10 kV</b></p>
<p>Mantel                      Stahlband-                      bewehrung                      Adern                      Papier-                      Isolierung                      Faserstofflagen                      in Masse</p>  <p>4513</p>	<p>NEKBY                      NAEKBY</p>	<p>In Erde, wenn erhöhter Korrosionsschutz erforderlich; auch für Innenräume geeignet</p>	<p>Bei Höhenunterschieden in der Trasse (z. B. Steilstrecken) ist ein kunststoffisoliertes Kabel einzusetzen</p>	 <p>4543</p> <p>Verbindungs-muffe für H-Kabel mit Dreibleimantelkabel</p>	 <p>4544</p> <p>FDM mit durchsichtigem Glasisolator</p>	 <p>4547</p> <p>EoD mit durchsichtigem Gießharzisolator</p>
<p>Papier-                      Abschirmung,                      Isolierung metallisiertes                      Papier                      Cu-Leiter                      Blei-                      Mantel                      Faserstofflagen                      in Masse</p>  <p>4514</p>	<p>NHKFA                      NAHKFA                      NHKBA                      NAHKBA                      NAHKRA                      NAKBA                      NAHKBA</p>	<p>Mit Drahtbewehrung als Fluß- oder Seekabel; in Erde, wenn besondere Beanspruchungen zu erwarten sind; bei erhöhter Korrosionsgefahr tritt anstelle der Jutehülle ein roter Protodur-Mantel. (Kurzzeichen: NHKFGbY bzw. NHKFGb V)</p>	<p>H-Kabel mit Stahlbandbewehrung werden kaum verwendet, da man Dreibleimantelkabel bevorzugt; bei Höhenunterschieden in der Trasse (z. B. Steilstrecken) ist ein kunststoffisoliertes Kabel einzusetzen</p>	 <p>4550</p> <p>Messingmuffe</p>	 <p>4544</p> <p>FDM mit durchsichtigem Glasisolator</p>	 <p>4547</p> <p>EoD mit durchsichtigem Gießharzisolator</p>
<p>Al-Leiter                      in Masse eingebettetes                      Kunststoffband                      Papier-                      Isolierung                      leitfähiges                      Papier                      Abschirmung (leitfähiges                      Papier und Al-Folie)                      Mantel,                      verstärkt</p>  <p>4515</p>	<p>NKY                      NAKY                      NKLEY                      NAKLEY</p>	<p>In Erde für Ortsnetze</p>	<p>Für mechanische Beanspruchungen und für Bergensgebiete geeignet; bei Höhenunterschieden in der Trasse (z. B. Steilstrecken) ist ein kunststoffisoliertes Kabel einzusetzen</p>	 <p>4550</p> <p>Messingmuffe</p>	 <p>4544</p> <p>FDM mit durchsichtigem Glasisolator</p>	 <p>4547</p> <p>EoD mit durchsichtigem Gießharzisolator</p>

Kabel und zugehörige Garnituren

Aufbau	Kurzzeichen	Bevorzugte Verwendung	Eingeschränkte Verwendung	Muffen	Endverschlüsse in Innenräumen	Endverschlüsse in Freiluftanlagen
<p><b>Über 5,8/10 kV</b></p>  <p>Isolierung feldbegrenzende leitfähige Schicht Schirm (Cu-Band) Mantel 4516 Cu-Leiter</p>	<p>2YHSY A2YHSY</p>	<p>In Erde, für Ortsnetze; bei der Wahl der Schirmquerschnitte sind die Erdschluß- bzw. Doppelerdschlußbedingungen der Netze zu berücksichtigen</p>		 <p>Spleißmuffe 4551</p>	 <p>4545 EoD2Y</p>	<p><b>Über 5,8/10 kV</b></p>  <p>4548 FEL2Y mit Porzellanisolator</p>
 <p>Al-Leiter feldbegrenzende leitfähige Schicht Schirm (Cu-Band) Mantel 4517 Isolierung</p>	<p>YHSY AYHSY</p>	<p>In Innenräumen, Kabelkanälen, im Freien und in Erde; für Kraftwerke, Industrie- und Schaltanlagen; bei der Wahl des Schirmquerschnittes sind die Erdschluß- bzw. Doppelerdschlußbedingungen der Netze zu berücksichtigen</p>	<p>Für Ortsnetze, in größeren Längen wegen der höheren elektrischen Verluste</p>	 <p>Spleißmuffe 4551</p>	 <p>4546 Endenabschluß IX</p>	 <p>4549 FELY mit Porzellanisolator</p>