

**Wissensspeicher
für die
Berufsbildung**

W

LEITUNGEN UND KABEL

BALDING · PONEMUNSKI



LEITUNGEN UND KABEL

WISSENSSPEICHER FÜR DIE BERUFSBILDUNG

LEITUNGEN UND KABEL

Von Dipl.-Ing.-Päd. Ernst-Otto Balding
und Ing-Päd. Frank Ponemunski

5., bearbeitete Auflage

85 Bilder , 79 Tafeln



VEB VERLAG TECHNIK BERLIN

Als berufsbildende Literatur für die Ausbildung der Lehrlinge zum Facharbeiter und für Werk tätige, die zum Facharbeiter ausgebildet werden, für verbindlich erklärt

1.9.1981

Ministerium für Elektrotechnik und Elektronik

© VEB Verlag Technik, Berlin, 1975

Bearbeitete Auflage: © VEB Verlag Technik, Berlin, 1981

Lizenz 201 · 370/171/81

DK 621.315 · LSV 3512 · VT 5/4766-5

Lektor: Oberlehrer Dipl.-Gwl. Wolfgang Wosnizok

Farbbeilage: Fritz Hampel

Printed in the German Democratic Republic

Schreibsatz: VEB Verlag Technik, Berlin

Druck und buchbinderische Verarbeitung: Druckerei Fortschritt, Erfurt

Bestellnummer: 552 997 9

DDR 4, 50 M

Vorwort

Der Wissensspeicher „Leitungen und Kabel“ wurde für die Berufsausbildung der Elektromonteurs und Elektroinstallateure entwickelt. Der Aufbau und Anwendung der in der Praxis verwendeten Leitungen und Kabel sind in diesem Buch kurz und übersichtlich dargestellt. Auch die Bemessung und der Schutz elektrischer Leitungen und Kabel werden erläutert. Eine farbige Beilage am Ende des Buches vermittelt dem Benutzer naturgetreue Bilder der wichtigsten Leitungen und Kabel.

Um den Inhalt dem z. Z. gültigen Lehrplan für den Grundberuf Elektromonteur anzupassen, wurde der in den vorausgegangenen Auflagen enthaltene Abschnitt 8. gestrichen. Die 4. und 5. Auflage sind nebeneinander im Unterricht bedingt verwendbar.

VEB Verlag Technik, Berlin

Inhaltsverzeichnis

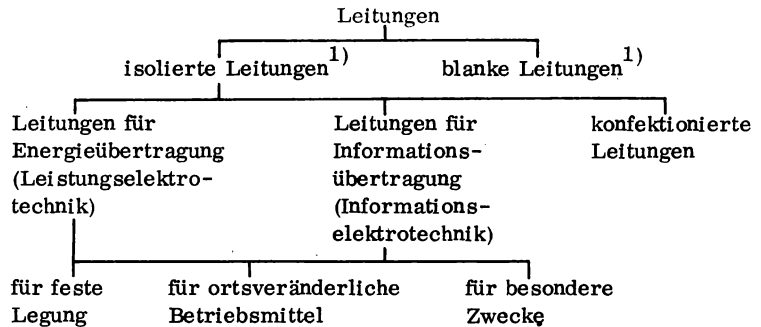
1.	Energieleitungen in elektrischen Starkstromanlagen	9
2.	Leitungen für Starkstromanlagen	10
2.1.	Isolierte Leitungen	10
2.1.1.	Allgemeines	10
2.1.2.	Isolierte Starkstromleitung für feste Legung	15
2.1.3.	Isolierte Starkstromleitung für ortsveränderliche Betriebsmittel ...	17
2.2.	2 Blanke Leitungen	24
2.2.1.	Leitungsschienen	27
2.2.2.	Erdungsleitungen	32
2.2.3.	Schleifleitungen (Fahrleitungen)	34
2.2.4.	Bauelemente für Starkstromfreileitungen	35
3.	Installations- und Schutzrohre	45
4.	Starkstromkabel	48
4.1.	Kabelaufbau – prinzipiell	48
4.2.	Starkstromkabelarten	49
4.2.1.	Einteilung	49
4.2.2.	Bezeichnungen	49
4.2.2.1.	Aderkennzeichnung	49
4.2.2.2.	Kabelbezeichnung	51
4.2.3.	Bauarten	54
4.2.3.1.	Massekabel	54
4.2.3.2.	Plastkabel	55
4.2.3.3.	Ölkabel für Höchstspannungen	56
4.2.3.4.	Kabel für besondere Zwecke	56
4.2.3.5.	Plastkabel mit mehr als 5 Adern für 1 kV	56
5.	Starkstromkabelgarnituren	59
5.1.	Allgemeine Aufgabe	59
5.2.	Kabelgarniturarten	59
5.3.	Kurzzeichen für Kabelgarnituren	59
5.3.1.	Erläuterung der Kurzzeichen	59
5.3.2.	Kurzzeichen für Endverschlüsse	60
5.3.3.	Kurzzeichen für Aufteilungsgehäuse und Aufteilungsschellen	60
5.3.4.	Kurzzeichen für Muffen	60
5.3.5.	Kurzzeichen der Ausgleichbehälter	61
5.3.6.	Kurzzeichen für Gießformen	61
5.4.	Elektrische Felder an Kabelgarnituren	62
5.4.1.	Elektrisches Feld im Kabel	62
5.4.2.	Elektrisches Feld in Verbindungsmuffen	62
5.4.3.	Elektrisches Feld im Endverschluß	62

5.5. Endverschlüsse	63
5.6. Aufteilungsgehäuse	65
5.7. Aufteilungsschellen	66
5.8. Kabelmuffen	67
5.9. Ausgleichbehälter	71
6. Legung von Starkstromkabeln	73
6.1. Kabellegung in Erde, Luft und Wasser	74
6.2. Kabelzug	78
7. Bemessung und Schutz elektrischer Leitungen und Kabel	82
7.1. Belastungsarten	82
7.2. Bemessung auf geringe Übertragungsverluste	88
7.2.1. Bemessung nach dem Spannungsverlust	88
7.2.2. Bemessung nach dem Leistungsverlust	90
7.2.3. Drehstromleitungen	92
7.3. Schutz von Leitungen und Kabeln durch Sicherungen	103
7.3.1. Arten und Anwendung	103
7.3.2. Berechnung des Kurzschlußstroms	105
Symbolverzeichnis	108
Sachwörterverzeichnis	109

1. Energieleitungen in elektrischen Starkstromanlagen

Leitungen	Dienen der Übertragung elektrischer Energie im allgemeinen, der Energieversorgung sowie der Informationsübertragung beliebiger Art im besonderen. Sie werden in blanker und isolierter Ausführung hergestellt. Ihr Aufbau hält den Beanspruchungen, denen Kabel ausgesetzt werden können, nicht stand.
Kabel	Erfüllen die gleichen Aufgaben hinsichtlich der Energieübertragung. Ihr besonderer Aufbau gestattet es, sie in den Medien Luft, Erdreich und Wasser unter vielseitigsten äußeren wie inneren Bedingungen (mechanische, chemische, physikalische und elektrotechnische) zu legen.
Leiter im Bereich der Betriebs- und Schutzerdung	Hierzu gehören alle Leiter, die im Fehlerfall die Fortleitung elektrischer Energie zur Erde übernehmen. Sie weisen das Potential der Erde auf. Da sie mit dem Erdreich direkte Berührung haben müssen, sind sie nicht isoliert, jedoch hochgradig korrosionsgeschützt.

2. Leitungen für Starkstromanlagen



Isolierte Leitungen	Bestehen aus einem isolierten Leiter oder aus mehreren voneinander isolierten Leitern, die mit einem Schutz gegen die Beeinträchtigung der elektrischen Funktion umgeben sind. Sie sind im allgemeinen nicht für die Legung in Erde und Wasser zugelassen.
Feste Legung	Ist eine Legungsart, bei der die Leitungen nach ihrer Installation ihre Lage nicht mehr verändern können (Montage in Schellen u.dgl.).
Ortsveränderliche Legung	Ist eine Legungsart, die eine ständige Lageveränderung der Leitung zulässt (Standortwechsel des angeschlossenen Betriebsmittels).
Blanke Leitungen	Nichtisolierte Leiter, die auf isolierenden Körpern (Isolatoren) außerhalb des Berührungsbereichs auf Masten, hinter Schutzgittern oder in Gehäusen verlegt werden.

2.1. Isolierte Leitungen

2.1.1. Allgemeines

Aufbau

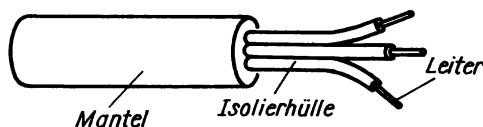


Bild 2.1

Aufbauelemente

Leiter

Werkstoff: Aluminium oder Kupfer.
 Leiterart: eindrähtig, mehrdrähtig oder vieldrähtig, feindrähtig oder feinstdrähtig.
 Querschnittsform: rund.

¹⁾ Begriffe nicht standardisiert

Isolierhülle	Kann bestehen aus Gummi, Plast, Glasseide oder Chemieseide.	
Mantel	Kann bestehen aus Gummi oder Plast.	
Arten isolierter Leitungen	für feste Legung	Beispiele: Aderleitungen Installationsleitungen Mantelleitungen
	für ortsveränderliche Betriebsmittel	Zwillingsleitungen Schlauchleitungen Leitungstrossen
	für besondere Zwecke	Kfz-Leitungen Röntgenleitungen Heizleitungen
Aderkennzeichnung	Aus Gründen der Sicherheit und der schnelleren Verarbeitung haben die Isolierhüllen bei mehradrigen Leitungen eine Farbkennzeichnung.	
Schutzleiter	Schutzleiterkennzeichnung grün-gelb	

Die grün-gelb gekennzeichnete Ader darf nur als Schutz- oder Hilfserdungsleiter benutzt werden.

- Mehradrige Leitungen werden mit und ohne Schutzleiter hergestellt.

Zusatz zum Leitungskurzzeichen:

„J“ mit Schutzleiter NLH-J

„O“ ohne Schutzleiter NLH-O.

Tafel 2.1. Aderkennzeichnung

Anzahl der Adern	Leitungen mit Schutzleiter „J“	Leitungen ohne Schutzleiter „O“
1	gnge bl sw oder br	bl sw oder br
2	gnge sw (nur für feste Legung)	bl sw oder br
3	gnge bl sw oder br	bl sw br
4	gnge bl sw br	bl sw br sw
5	gnge bl sw br sw	

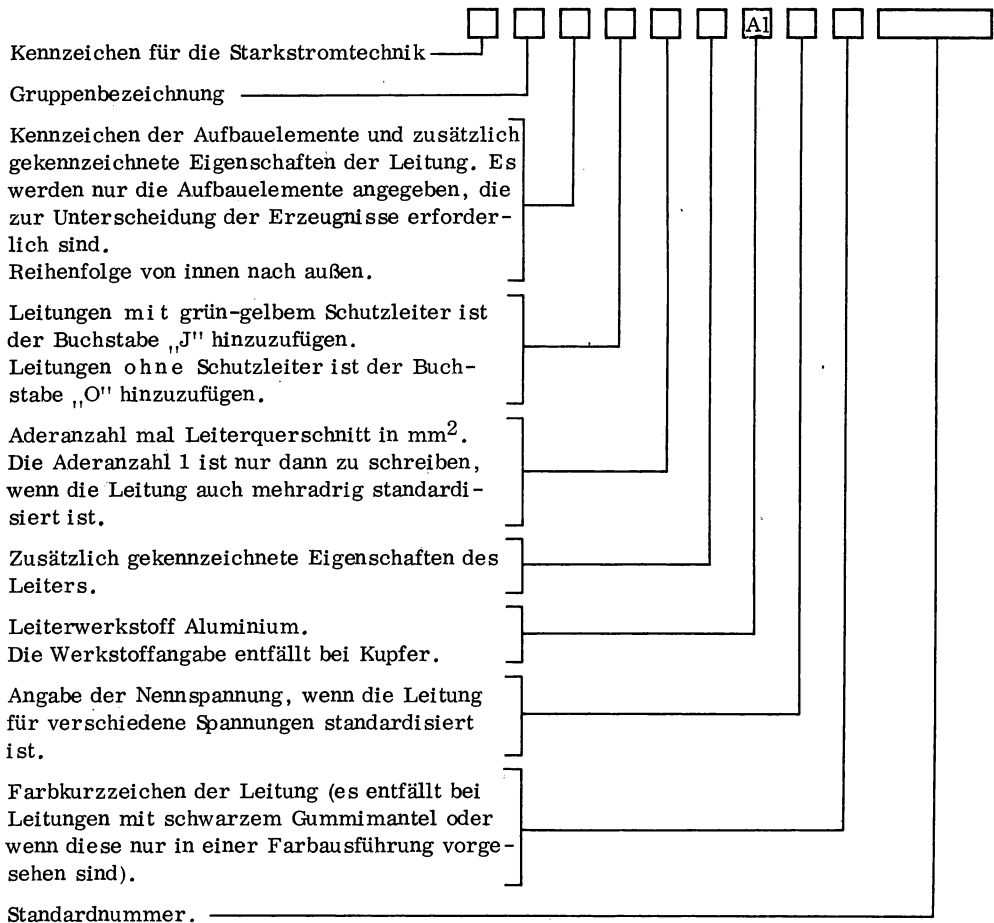
gnge grün-gelb br braun
bl blau sw schwarz

Kurzbezeichnungen Eine einheitliche Bezeichnung wird in allen Ländern des RGW angestrebt.

Aufbau der Kurzbezeichnung

Benennung

Kurzbezeichnung



Kurzbezeichnungen

Gruppenbezeichnung:	A	Aderleitung
	D	Drillingsleitung
	Fr	Freileitung (Draht oder Seil)
	H	Schlauchleitung
	I	Installationsleitung
	Kr	Kfz-Netzleitung
	L	Leuchtröhrenleitung
	N	Starkstromleitung
	P	Prüf- und Meßleitung
	Q	Bergwerk-Gummischlauchleitung
	Rö	Röntgenleitung
	S	Sonderleitung
	Sch	Schweißleitung
	T	Leitungstrosse

	TS	Leitungstrosse, mehradrig
	TM	Leitungstrosse, einadrig
	W	Heizleitung
	Z	Zwillingsleitung
	Zü	Zündleitung
Aufbauelemente:	C	Schirm aus metallischen Drähten oder leitfähiger Schicht
	CE	wie C, jedoch um jede Ader
	G	Isolierhülle oder Mantel aus Elast (Gummi)
	2G	Isolierhülle oder Mantel aus Silikongummi
	GS	Isolierhülle, Schutzhülle oder Faserkern aus Glasseide
	St	Steuerleiter
	(St)	Schirm aus Metallfolie
	T	Tragorgan
	TX	Faserkern aus Textilwerkstoff
	U	äußere Umflechtung aus Seide
	Ü	Überwachungsleiter
	Y	Isolierhülle oder Mantel aus PVC
	2Y	Isolierhülle aus Polyäthylen
Zusätzlich gekenn-	fl	flach
zeichnete Eigen-	h	erhöht spannungsfest
schaften der Leitung:	k	erhöht kältebeständig
	l	besonders leicht
	ö	ölbeständig
	öu	ölbeständig und flammwidrig
	s	erhöhte Wanddicke
	t	erhöht wärmebeständig
	u	flammwidrig
Zusätzlich gekenn-	b	vieldräftig
zeichnete Eigen-	e	eindräftig
schaften des Leiters:	f	feindräftig
	m	mehrdräftig
	m/v	mehrdräftig/verdichtet
	vz	verzinnt
	w	wendelförmig
	z	erhöht zugfest
Farbkurzzeichen:	bl	blau
	br	braun
	dgn	dunkelgrün
	el	elfenbein
	ge	gelb
	gn	grün
	gnge	grün-gelb
	gr	grau
	nf	naturfarben
	rt	rot
	sw	schwarz
	ws	weiß

Tafel 2.2. Leitermindestquerschnitte

Legungsart/Einsatzgebiet	Leiternennquerschnitt ¹⁾ mm ²	
	Kupfer	Aluminium
Leitungen in Installationsanlagen	1,5	2,5
zwischen Hausanschlußkästen und Verrechnungszähleinrichtungen	nach TGL 190-240/02	
zwischen Verrechnungszähleinrichtung und Wohnungsverteiler	4	6
zwischen Installationsfernschaltern und Tastern	0,2	2,5
Leitungen die der Steuerung, Regelung, Überwachung und dem Schutz von Starkstromanlagen dienen	0,35	2,5
Leitungen mit hoher Stoß- und/oder Schwingungsbeanspruchung, Einsatzgruppe G III und höher nach TGL 200-0057/04		
eindrätig	2,5	10
viel- oder feindrätig	1	—
an Fahrkörben von Aufzügen	nach TGL 200-0634/01	
auf Schienenfahrzeugen und gleislosen Elektrofahrzeugen	nach TGL 200-0632/02	
Leitungen auf Schiffen	1	—
Leitungen bei direktem Anschluß an Sammelschienen oder an Hauptverteilungsleitungen		
in Schalt- und Verteilungsanlagen	2,5	4
in Stromrichtern	nach TGL 200-0608/04	
Leitungen in Baueinheiten	0,35	2,5
für fabrikfertige Baugruppen, die in die Baueinheiten montiert werden	0,2	2,5
Leitungen in Sekundärstromkreisen von Stromwandlern	2,5	—
bei einem sekundären Nennstrom von 1 A und Anschluß von Betriebsmeßgeräten		
innerhalb von Baueinheiten	1	—
außerhalb von Baueinheiten	1,5	—
bei Anschluß von Verrechnungsmeßeinrichtungen	nach TGL 78-10 110	
in Stromrichtern	nach TGL 200-0608/04	
Leitungen zum Anschluß ortsveränderlicher Betriebsmittel der Schutzklasse II oder III nach TGL 21 366, deren Länge 2 m nicht überschreitet und die Steckverbinder fest an die Leitung angeformt sind (Geräteanschlußleitung, Anschlußleitung)		
mit einem Nennstrom bis 1 A	0,1	—
bis 2,5 A	0,35	—
mit einem Nennstrom bis 2,5 A	0,5	—
bis 10 A	0,75	—
Leitungen mit Kupplungs- oder Tischsteckdose (Mehrfachsteckdose) und Kupplungsstecker (Verlängerungsleitung)		
mit einem Nennstrom bis 10 A	0,75	—
Hauseinführungsleitungen	16	25
Schutzleiter und Potentialausgleichleitungen	nach TGL 200-0602/03	
Erdungsleitungen	nach TGL 200-0603/02	

¹⁾ Umrechnung:

Querschnitt	in mm ²	0,2	0,35	0,5	0,75	1	1,5	2,5
Durchmesser	in mm	0,5	0,7	0,8	1	1,2	1,4	1,8

2.1.2. Isolierte Starkstromleitung für feste Legung

Leuchtenleitung

Kurzzeichen: NYFAZ 2 x 0,5 - ws - TGL 21 804.

Bild 2.2

(siehe Farbbeilage)

Feindrähtiger Cu-Leiter, Isolierhüllen aus Plast (PVC), beide Adern liegen parallel nebeneinander, Vorzugsfarbe weiß. Einsatzmöglichkeit in und an Leuchten bei fester Legung.

Tafel 2.3

I	II	III	IV								V
Leistungsart	Kurzzeichen	Nennspannung	Verwendung								Einsatzbeispiele
			Einsatzort ²⁾								
			1	2	3	4	5	6	7	8	
Leuchtenleitung	NYFAZ	380 V	x	-	-	-	-	-	-	-	in und an Leuchten
Leuchtröhrenleitung	NL2YY	7,5 kV	x	-	-	-	-	-	-	-	Reklamebeleuchtung, insbesondere im Freien
	NL2YCY	7,5 kV	x	x	-	-	x	x	x	x	
Gummimantelleitung	NIGGfl	380 V	x	x	-	-	-	-	-	x	für Illuminationszwecke (Lichtketten)
Silikongummiaderleitung	NA2G	1 kV ¹⁾	x	-	-	-	-	-	-	-	in Leuchten, in und an Wärme- geräten, in heißen Räumen
	NA2Gf										

¹⁾ bis 1,5 mm² Nennspannung 660 V

²⁾ Erläuterung s. S. 17

Leuchtröhrenleitung

Kurzzeichen: NL2YY 0,75 TGL 21 804

Bild 2.10

(s. Farbbeilage)

Feindrähtiger Cu-Leiter, innere Isolierhülle aus Plast (Polyäthylen) naturfarben, äußere Isolierhülle aus Plast (PVC) gelb.

Sonderstegleitung

Kurzzeichen: NSFYY-J 3 x 2,5 Al - TGL 21 804

(Wird ab 1980 nicht mehr gefertigt).

Bild 2.3

(s. Farbbeilage)

Eindrähtiger Al-Leiter, Isolierhüllen aus Plast (PVC),

Schutzhülle aus Plast (PVC) naturfarben.

Die Adern liegen parallel nebeneinander und sind durch einen Steg verbunden (neue Ausführung ohne Stege).

Einsatzmöglichkeiten: Unterputz-, Unterflur-, Zwischendecken- und Horizontalinstallation.

Tafel 2.3 a

I	II	III	IV								V
			1	2	3	4	5	6	7	8	
Installationsleitungen	NIZAY	380 V	x	-	-	-	x	-	-	-	im Putz bei Zwischendeckeninstallation
	NIDAY	380 V	x	-	-	-	x	-	-	-	unter Putz in geschütteten Wänden und Decken und bei Unterflur- und Zwischendeckeninstallation

Plastkabel¹⁾

Kurzzeichen: NAYY-J 4 x 2,5 re - 1 kV - TGL 200-1750.

Bild 2.4

Eindrähtiger, runder Al-Leiter,

(s. Farbbeilage)

Isolierhüllen und Mantel aus Plast (PVC) mit grün-gelber Ader.

Tafel 2.3 b

I	II	III	IV								V
			1	2	3	4	5	6	7	8	
Plastkabel ¹⁾	NYYd NYY NAYYd NAYY	1 kV	x	x	x	x	x	x	x	x	für Installations- und Steuer- zwecke universell einsetzbar
Plastmantel- leitung	NYYY fl	660 V	x	x	-	-	x	x	x	x	für Installations- und Steuer- zwecke

Plastaderleitung

Kurzzeichen: NYb 10 - bl - TGL 21 804.

Bild 2.5

Vieladrätiger Cu-Leiter, Isolierhülle aus Plast (PVC),

(s. Farbbeilage)

Aderleitung für geschützte Legung (Verdrahtung).

Sonderplast-
aderleitung

Kurzzeichen: NSYb 10 - sw - TGL 21 804.

Bild 2.6

Vieladrätiger Cu-Leiter, Isolierhülle aus Plast (PVC),

(s. Farbbeilage)

Aderleitung für geschützte Legung (Verdrahtung), Schiffe Schienen-
fahrzeuge (höhere Isolierwanddicke als bei NYAb).

Tafel 2.3 c

I	II	III	IV								V
			1	2	3	4	5	6	7	8	
Plastaderleitung	NYb NYf	300/750 V	x	-	-	-	-	-	-	-	für Installationsanlagen, in und an Maschinen, bei Vibra- tion, bei häufiger Biegebean- spruchung
Gummiader- leitung	NGb NGf	1 kV	x	-	-	-	-	-	-	-	Schienenfahrzeuge
Sonderplast- aderleitung	NSYb NSYf	1 kV	x	-	-	-	-	-	-	-	für Schiffe, Schienenfahrzeuge
Sondergummi- aderleitung	NSGA b NSGA f NSGA fM NSGAfMu NSGAfMöu	2, 3, 6 kV 2 kV 3, 6 kV	x x x	- x x	- - -	- - -	- - -	- x x	- x -	- -	für Schienenfahrzeuge

¹⁾ Verwendung von Plastkabeln als Installationsleitung.

Entspricht bisheriger Plastmantelleitung NYM-J 4 x 2,5 Al.

Sonderplast-
aderleitung

Kurzzeichen: NSYAm 25 - gnge - TGL 21 804.

Bild 2.7
(s. Farbbeilage)

Mehrdrähtiger Cu-Leiter, Isolierhülle aus Plast (PVC).
Einsatzmöglichkeit wie NSYAf, jedoch durch seine grün-gelbe
Kennzeichnung nur als Schutzleiter.

Gummiaderleitung

Kurzzeichen: NGAf 2,5 TGL 21 804.

Feindrähtiger Cu-Leiter, Isolierhülle aus Gummi, Schutzhülle aus
getränktem Textilgeflecht.

Sondergummi-
aderleitung

Kurzzeichen: NSGAb 16 - 6 kV - TGL 21 804.

Vieldrähtiger Cu-Leiter, Isolierhülle aus Gummi, Schutzhülle aus
getränktem Textilgeflecht (höhere Isolierwanddicke als bei NGAb).

Flache Plast-
mantelleitung

Kurzzeichen: NIYYfl - J 3 x 2,5 Al - gr - TGL 21 804.

Drei Adern eindrähtig, Isolierhüllen und Mantel aus Plast (PVC),
mit grün-gelber Ader, Mantelfarbe grau, äußere Form oval.

Erläuterung der Zahlen in den Tafeln 2.3.a...c und 2.4.a,b
(Verwendung der aufgeführten Leitungen, Legungsorte):

- 1 trockne und zeitweise feuchte Räume
- 2 feuchte oder nasse Räume oder im Freien
- 3 in Erde
- 4 in Wasser
- 5 in oder unter Putz
- 6 auf Putz, auf Pritschen und Tragbügeln
- 7 auf Holz, Karton, Span- oder Faserplatten
- 8 bei unmittelbarer Berührungsmöglichkeit der Leitung

2.1.3. Isolierte Starkstromleitung für ortsveränderliche Betriebsmittel

Tafel 2.4

Leistungsart	Kurz- zeichen	Nenn- spannung	zulässige Legung								Einsatzbeispiele
			1	2	3	4	5	6	7	8	
Zwillingsleitung	NZY	300 V	x	-	-	-	-	-	-	x	leichte Handgeräte (Küchen-, Rundfunk- und Fernsehgeräte), keine Wärmegeräte und keine Verlängerungsleitung!
Drillingsleitung	NDY	300 V	x	-	-	-	-	-	-	x	
Plastschlauch- leitungen: besonders leichte	NYLHYI NYLHYI fl.	300 V	x	-	-	-	-	-	-	x	wie vor
leichte	NHYYI NHYYI fl.	300 V	x	-	-	-	-	-	-	x	Büromaschinen, Staubsauger Kühlschränke für mittlere mechanische Be- anspruchung, Verlängerungs- leitungen
mittlere	NHYY	300/500 V	x	x	-	x	-	-	x	x	

Leitungsart	Kurz- zeichen	Nenn- spannung	zulässige Legung								Einsatzbeispiele
			1	2	3	4	5	6	7	8	
Plastschlauch- leitungen: mittlere geschirmte	NHYYCY	300/500 V	x	x	-	x	-	-	x	x	wie NHYY, Abschirmung elektrischer Felder, für Steuerzwecke für hohe Zugbeanspruchungen, z. B. Aufzugsanlagen
mit Tragorgan mit Tragorgan und geschirmt	NHT2YY	660 V	x	x	-	-	-	x	x	x	
	NHT2YCY	660 V	x	x	-	-	-	x	x	x	

Drillingsleitung Kurzzeichen: NDY 3 x 0,75 - gr - TGL 21 805.

Bild 2.8
(s. Farbbeilage) Feindrähtiger Cu-Leiter, Isolierhüllen aus Plast (PVC),
die drei Adern liegen parallel nebeneinander, Farbe grau.

Leichte Plast-
schlauchleitung Kurzzeichen: NHYYI J 3 x 0,75 - gr - TGL 21 805.

Bild 2.9
(s. Farbbeilage) Feindrähtiger Cu-Leiter, Isolierhüllen und Mantel aus Plast (PVC),
Mantelfarbe grau.

Mittlere geschirmte
Plastschlauchleitung Kurzzeichen: NHYYCY-O 3 x 1 - gr - TGL 21 805.

Bild 2.10
(s. Farbbeilage) Feindrähtiger Cu-Leiter, Isolierhüllen, Innen- und Außenmantel aus
Plast (PVC), Schirmgeflecht aus Cu-Drähten, Mantelfarbe grau.

Tafel 2.4 a

Leitungsart	Kurz- zeichen	Nenn- spannung	zulässige Legung								Einsatzbeispiele
			1	2	3	4	5	6	7	8	
Gummischlauch- leitungen: mit Textilgeflecht	NHGGI	300/500 V	x	-	-	-	-	-	-	x	leichte Wärmegeräte, Bügeleisen Elektrowärmegeräte, Verlängerungsleitungen für mittlere mechanische Beanspruchung, Werkstatt- geräte, Werkzeuge auch im Freien, landwirtschaftliche Geräte
leichte											
mittlere	NMH NMHöu NHGGIöü	300/500 V	x	x	-	x	-	-	x	x	

Leichte Gummi-
schlauchleitung

Kurzzeichen: NHGGI-O 2 x 0,75 - TGL 21 805.

Bild 2.11
(s. Farbbeilage)

Feindrähtiger Cu-Leiter, Isolierhüllen und Mantel aus Gummi, Mantelfarbe schwarz.

Mittlere Gummi-
schlauchleitung

Kurzzeichen: NMHöu-J 3 x 2,5 - TGL 21 805.

Bild 2.12
(s. Farbbeilage)

Feindrähtiger Cu-Leiter, Isolierhüllen und Mantel aus Gummi, Mantel ist ölbeständig und flammwidrig.

Flache Gummi-
schlauchleitung

Kurzzeichen: NMHfl-J 21 x 1,5 - TGL 21 805 (wird ab 1980 nicht mehr gefertigt).

Bild 2.13
(s. Farbbeilage)

Feindrähtiger Cu-Leiter, Bündelverseilung aus drei Bündeln mit je 7 Adern, Isolierhüllen und Mantel aus Gummi, Adern bzw. Bündel liegen parallel nebeneinander

Starke Gummi-
schlauchleitung

Kurzzeichen: NSHöuK-J 4 x 16 - TGL 21 805.

Bild 2.14
(s. Farbbeilage)

Feindrähtiger Cu-Leiter, Isolierhüllen und Mantel aus Gummi, Mantel ist ölbeständig, flammwidrig und erhöht kältefest.

Tafel 2.4 b

Leistungsart	Kurz- zeichen	Nenn- spannung	zulässige Legung								Einsatzbeispiele
			1	2	3	4	5	6	7	8	
Gummischlauch- leitung starke	NSH NSHu NSHöu NSHöuk NSHck	1 kV	x	x	- ¹⁾	x	-	x	x	x	für höhere mechanische Bean- spruchungen, Baumaschinen, schwere Werkstattgeräte
starke mit Tragorgan	NSHT NSHTöu	1 kV	x	x	- ¹⁾	x	-	x	x	x	für hohe Zugbeanspruchung (Steuerzwecke in Schächten und an Hebezeugen)
Bergwerks- gummischlauch- leitung	NQö	1 kV	x	x	- ¹⁾	x	-	x	x	x	für Bergwerke unter Tage, in schlagwetter- und explo- sionsgefährdeten Gruben
- mit Über- wachungsleiter	NQÜö NQÜStö	1 kV	x	x	- ¹⁾	x	-	x	x	x	wie NQö, aber mit Über- wachungsleiter und Steuer- adern
Schweißleitung	NSchG	127 V	x	x	-	-	-	x	-	x	Verbindungsleitung zwischen Schweißtrafo und Schweißzange

1) außer im Bergbau, auf Baustellen und für ortsveränderliche Betriebsmittel

Leitungsart	Kurzzeichen	Nennspannung	zulässige Legung								Einsatzbeispiele
			1	2	3	4	5	6	7	8	
Leitungstrosse einadrig	NTM	3 kV	x	x	1	x	-	x	x	x	für hohe mechanische Beanspruchung, Anschluß von HS-Motoren und von Energieversorgungsanlagen (Schwerpunktlaststationen)
	NTMöu										
	NTMCöu	6; 10 kV									
	NTMCök	20; 30 kV									
vieradrig	NTSCEöu	6; 10 kV	x	x	1	x	-	x	x	x	wie vor, Energieversorgung für Großgeräte (Bagger und Förderbrücken im Braunkohlentagebau)
	NTSCEök	20; 30 kV									

1) außer im Bergbau, auf Baustellen und für ortsveränderliche Betriebsmittel

Leitungstrosse einadrig Kurzzeichen: NTMCöu 1 x 50 - 20 kV - TGL 21 805.

Bild 2.15
(s. Farbbeilage) Feindrähtiger Cu-Leiter, Leiterglättung, Isolierhülle aus Gummi, leitfähige Gummihülle, Aderumhüllung aus graphitiertem Gewebeband, Schirm aus verzinnnten Cu-Drähten, Außenmantel aus Gummi.

Schweißleitung Kurzzeichen: NSchG 25 - TGL 21 805.

Bild 2.16
(s. Farbbeilage) Feindrähtiger Cu-Leiter, Leiterumhüllung aus Gewebeband oder Plastfolie, Mantel aus besonders abriebfestem Gummi.

Leitungstrosse mehradrig Kurzzeichen: NTSCEöu 3 x 95 (3 x 16,7) - 30 kV - TGL 21 805.

Bild 2.17
(s. Farbbeilage) Feindrähtiger Cu-Leiter.
Hauptleiter: Leiterglättung (leitfähige Schicht), Isolierhüllen aus Gummi, Aderschirm (leitfähige Schicht).
Schutzleiter: in 3 Leiter aufgeteilt, Hülle aus leitfähigem Gummi. Innenmantel und Außenmantel aus Gummi, für besonders hohe mechanische Beanspruchung.

Bergwerksgummi-schlauchleitung Kurzzeichen: NQö-J 3 x 95 (50) - ge - TGL 21 805.
Feindrähtiger Cu-Leiter.
3 Hauptleiter 95 mm², 1 Schutzleiter 50 mm², Isolierhüllen und Mantel aus Gummi, Mantel ist ölbeständig, flammwidrig, zug- und abriebfest, Mantelfarbe gelb.

Leitungsbeispiele aus dem Bereich: Leitungen für besondere Zwecke

Freileitungsseil (isoliert) Kurzzeichen: NFrY 35 Al TGL 24 450.
Mehrdrähtiger Al-Leiter, Isolierhülle aus Plast (PVC), Farbe schwarz. Verwendung: Freileitungen auf Baustellen.

Aderleitung (glasseideisoliert) Kurzzeichen: NAGsf 0,75 - 250 V - TGL 24 450.
Feindrähtiger Cu-Leiter, Isolierhülle aus Glasseide. Verwendung: bei Umgebungstemperaturen bis 180 °C (unter bestimmten Bedingungen bis 350 °C).

Bandleitung	Kurzzeichen BY BLiY.
Bild 2.18 (s. Farbbeilage)	<p>Diese Leitung besteht aus 40 parallel nebeneinander liegenden Adern.</p> <p>Leiterwerkstoff: Elektro-Cu, verzinkt oder unverzinkt.</p> <p>Isolationshülle: Plast. Kennzeichnung: Die Grundfarbe der Leitung ist grau, jede 5. Ader blau – Ausführung mit eindräftigem Leiter.</p> <p>Jede 5. Ader gelb – Ausführung mit feindräftigem Leiter.</p> <p>Verwendung: feste Legung in Innenräumen, zulässiger Temperaturbereich -5 bis $+50$ °C; im Flugwesen, in der Fernmelde- und Nachrichtentechnik, in der Datenverarbeitung und in Haushaltgeräten.</p>
Röntgenleitung (HS-Leitung)	Kurzzeichen: NRöGCY – 140 kV – TGL 24 450.
Bild 2.19 (s. Farbbeilage)	<p>Feindräftiger Cu-Leiter.</p> <p>2 innere Hauptleiter je $1,5 \text{ mm}^2$</p> <p>2 Heizleiter je $1,5 \text{ mm}^2$</p> <p>und ein äußerer Hauptleiter $4,0 \text{ mm}^2$.</p> <p>Isolierhüllen der inneren Hauptleiter: leitfähiger Gummi, der Heizleiter: Gummi, Hauptisolierung: Gummi mit leitfähiger Hülle, Schirm (äußerer Hauptleiter) aus Cu-Drähten, Mantel aus Plast. (Das im Bild dargestellte Textilgeflecht wurde durch einen Plastmantel ersetzt.)</p> <p>Verwendung: für HS-Röntgenanlagen und als HS-Prüfleitung</p>
Leitungsbeispiele aus dem Bereich: konfektionierte Starkstromleitungen	
Anschlußleitung	Kurzzeichen: A1-2-32/7 – gr – TGL 34 542.
Bild 2.20 (s. Farbbeilage)	<p>Anschlußleitung (A1) mit angeformtem Kupplungsstecker 2polig, 2,5 A (auch Europastecker genannt) für Geräte der Schutzklasse II.</p> <p>Leitung: NYZ $2 \times 0,75 \text{ mm}^2$, Länge: 2 m.</p> <p>Abmantellänge 32 mm, Entisolierlänge 7 mm, Farbe grau.</p> <p>Verwendung: Anschluß von E-Geräten bis $I_n = 2,5 \text{ A}$.</p> <p>Nicht zulässig im Freien und in nassen Räumen!</p>
Anschlußleitung	Kurzzeichen: EH1-4-63/7 – sw – TGL 34 542.
Bild 2.21 (s. Farbbeilage)	<p>Anschlußleitung (EH1) mit angeformtem Schutzkontaktstecker 10/16 A aus Plast und höherem Schutzgrad für Geräte der Schutzklasse I.</p> <p>Leitung: NMH $3 \times 1 \text{ mm}^2$, Länge: 4 m.</p> <p>Abmantellänge 63 mm, Entisolierlänge 7 mm, Farbe schwarz.</p> <p>Verwendung: Anschluß von E-Geräten bis $I_n = 16 \text{ A}$.</p> <p>Zulässig im Freien und in nassen Räumen!</p>
Verbindungsleitung	Kurzzeichen: Z2-1,6-3-32/7 – sw – TGL 34 542.
Bild 2.22 (s. Farbbeilage)	<p>Verbindungsleitung (Z2) mit einseitig angeformter Geräteeinführung der Form 3, Leitungslänge: 1,6 m.</p> <p>Abmantellänge 32 mm, Entisolierlänge 7 mm, Farbe schwarz.</p> <p>Verwendung: als Verbindungsleitung mit beiderseitig festem Anschluß.</p>

Temperaturbereiche der Starkstromleitungen

Tafel 2.4 c

	Leistungsart	Obere Grenze der Eigentemperatur in °C	Untere Grenze der Eigentemperatur in °C
1	Leitungen mit Isolierhülle und/oder Mantel aus Plast	+ 70	− 5
2	Kältebeständige Leitungen für feste Legung für ortsveränderliche Betriebsmittel	+ 60 ¹⁾ + 60 ¹⁾	− 15 − 40 ¹⁾
3	Leitungen mit Isolierhülle und/oder Mantel aus Gummi ²⁾	+ 60	− 30
4	Bergwerksgummischlauchleitung	+ 60	− 20
5	Leitungen mit Isolierhülle und/oder Mantel aus Silikon-gummi oder Glasseide	+ 180	− 50

1) Gilt für Gummiisolierung.

2) Ausgenommen lfd. Nr. 2 und 4!

Obere Grenze der Eigentemperatur

Untere Grenze der Eigentemperatur

Entspricht der Leitergrenztemperatur. Sie darf beim Auftreten von Stromwärme und Umgebungstemperatur nicht überschritten werden!

Unterhalb dieser Grenze sollen Leitungen nicht mehr mechanisch beansprucht werden (Legung). Gefahr des Bruchs der Isolation!

Tafel 2.4d. Legeverbot von betriebsmäßig unter Spannung stehenden Leitungen

Leitungsart	Legeverbot							
	in Erde oder in unzugänglichen Trassen außerhalb von Bauwerken	in flüssigen Medien	in feuchten oder nassen Räumen oder im Freien	in oder unter Putz	Auf Putz, Pritschen, Tragbügeln, Haken	in Betonkanälen, Beton- oder Tonrohren	auf Holz, Karton, Span- oder Faserplatten	wenn die Leitung unmit- telbar berührt werden kann
Plast-, Sonderplast- oder Gummiaderleitung; Sondergummiaderleitung ohne Mantel; Silikon- gummiaderleitung; Aderleitung glasseideisoliert; Schaltdraht und -litze plast- oder silikongummi- isoliert	x	x	x	x	x	x	x	x
Sondergummiaderleitung ungeschirmt	x	x	-	x	-	x	-	x
mit Mantel geschirmt	x	x	-	x	-	x	-	-
Installationsleitung	x	x	x	-	x	x	x	x
Plastmantelleitung in flacher Ausführung; Fm-Mantelleitung	x	x	-	-	-	-	-	-
Leuchtröhrenleitung ungeschirmt	x	x	x	x	x	x	x	x
geschirmt	x	x	-	-	-	-	-	-
Flache Gummimantelleitung (Illuminationsleitung)	x	x	-	x	x	x	-	-
Heizleitung ungeschirmt	x	x	x	-	x	x	x	x
geschirmt	-	x	-	-	x	-	x	-
Zwillings- und Drillingsleitung; besonders leichte Plastschlauchleitung; flache leichte Plastschlauch- leitung; Gummischlauchleitung mit Textilgeflecht	x	x	x	x	x	x	x	-
Runde leichte Plastschlauchleitung; leichte Gummi- schlauchleitung; Fm-Plastschlauchleitung	x	x	x	x	x	x	x	-
Mittlere Plastschlauchleitung	x	x	-	x	x	x	-	-
Mittlere Gummischlauchleitung; Fm-Gummischlauchleitung	x	x	-	x	x	x	-	-
Silikongummischlauchleitung	x	x	-	x	-	x	x	-
Plastschlauchleitung mit Tragorgan	x	x	-	x	-	-	-	-
Starke Gummischlauchleitung; Bergwerksgummi- schlauchleitung; Leitungstrossen	x	x	-	x	-	-	-	-
Schweißleitung	x	x	-	x	-	-	x	-
Hochspannungs- mit Plastmantel	x	x	-	x	-	x	-	-
Röntgenleitung mit Gummimantel	x	x	-	x	-	x	-	-

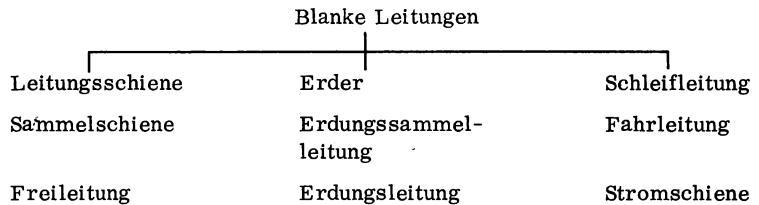
Zeichenerklärung:

- ☒ x Legeverbot
☒ x -, außer in Rohren oder Kanälen
☒ x -, außer in Wasser
☒ x -, außer im Bergbau, auf Baustellen und für ortsveränderliche Anlagen
☒ x -, außer in Baueinheiten und in Klein- spannungsanlagen sowie für Sonder- stegleitung hinter Verkleidungen

- ☐ - Legung zulässig
☐ -, außer in feuchten oder nassen Räumen oder im Freien
☐ -, außer als Verlängerungsleitung
☐ -, bei ortsveränderlicher Legung je- doch nur bis -5 °C, bei Nachweis der Gebrauchsfähigkeit bis -12 °C zu- lässig

2.2. Blanke Leitungen

Blanke Leitungen übernehmen die Fortleitung elektrischer Energie wie isolierte Leitungen und Kabel im Normalbetrieb und Fehlerfall. Für sie gelten deshalb die gleichen Bedingungen hinsichtlich ihrer Beanspruchung (thermisch, mechanisch, chemisch und elektrisch).



Schiene (Leitungsschiene)	Massiver, nichtisolierter Leiter, der durch seine Form oder seinen Querschnitt eine hohe Festigkeit gegen Formveränderung hat. Er kann farbig gekennzeichnet sein.
Sammelschiene	Schienen oder Seile, an die mehrere Leiter oder Leitungen angeschlossen sind.
Freileitung	Offen gelegte Leitungen, die außerhalb von Gebäuden oberirdisch liegen und bei denen die Spannweite in der Regel mehr als 20 m beträgt.
Offen gelegte Leitung	Kurze Verbindungsleitung im Bereich von Gebäuden, z. B. über Höfe.
Erder	Blanke Leiter, die im Erdreich eingebettet sind und mit ihm in leitender Verbindung stehen.
Erdungssammel- leitung	Erdungsleitung, an die mehrere Erdungsleitungen angeschlossen sind.
Stromschiene	Starrer Leiter, der der Übertragung von Elektroenergie auf bewegliche Geräte über Stromabnehmer dient.
Schleifleitung	Betriebsmäßig unter Spannung stehender Teil einer Schleifleitungsanlage sowie zugehörige Mittel-, Null- oder Schutzleiter.
Fahrleitung	Fahrdraht für Elektrofahrzeuge mit oder ohne Längstragwerk einschließlich der Abfangungen. Hierzu gehören auch Leiter aus Profilschienen in Werkhallen und Werkstätten, an Decken unter Brücken, Tunnels und Durchfahrten.

Leitungsprofile

Rechteckprofil	Ist das meistverwendete Profil, wird je nach Beanspruchung flach oder hochkant, einzeln oder in Bündeln, gestrichen oder ungestrichen gelegt.
----------------	---

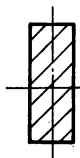


Bild 2.23

Rundprofil

Wegen seines geringen statischen Widerstandsmoments wird es für kleine Stromstärken mit geringer Kurzschlußbeanspruchung verwendet. Es wird in gekapselte Niederspannungsschalt- und -verteilungsanlagen eingebaut.

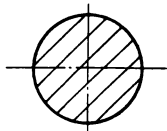


Bild 2.24

Rohrprofil

Hat bei gleichem Querschnitt gegenüber dem Rundprofil ein höheres statisches Widerstandsmoment und ist durch seine größere Oberfläche höher strombelastbar; wird in Hochspannungsanlagen eingesetzt (umbaute, überdachte Anlagen).

Wechselstromtechnik. Ausnutzung des gesamten Querschnitts durch Skineffekt (Stromverdrängung), Verringerung des Koronaeffekts (Sprüherscheinung).

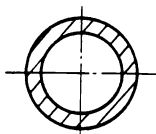


Bild 2.25

U-Profil

Höchstes statisches Widerstandsmoment, beste Wärmeabgabe; für hohe Strombelastung, geeignet für kurzschlußbeanspruchte Anlagen.

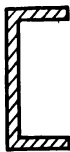


Bild 2.26

Seilprofil

Für Höchstspannungsanlagen (ab 110 kV). Näheres Seite 35.



Bild 2.27

Kennzeichnung blanker Leitungen

Tafel 2.5. Kennfarben der Erdungsleitungen vom Leiter zur Erde

Stromart	Leiter	Hauptfarbe	Kennfarbe Zusatzfarbe als Querstreifen
Gleichstrom	L +	schwarz	rot
	L -		blau
Drehstrom	M		weiß
	L1	N, PE, PEN	gelb
	L2		grün
	L3		lila
	N, PE, PEN		weiß

Stromart		Leiter	Hauptfarbe	Kennfarbe Zusatzfarbe als Querstreifen
Einphasen- wechselstrom	nach IEC	L 1 L 2	schwarz	gelb grün
	für Bahn- anlagen	L 1 L 2		gelb lila
Zweiphasen- wechselstrom		L 1 L 2		gelb grün lila

Tafel 2.6. Kennfarben der Energieübertragungsleitungen

Stromart	Leiter	Kennfarbe			
		bei ungeerdeten Leitungen		bei unmittelbar geerdeten Leitungen	
		Haupt- farbe	Farb- Nr.	Haupt- farbe	Zusatzfarbe als Quer- streifen
Gleichstrom	L + L - M	rot blau weiß	3000 5009 9001	rot blau weiß	schwarz 9005
Drehstrom	L 1 L 2 L 3	gelb grün lila	1904 6010 4001	gelb grün lila	
	PE, N, PEN	weiß	9001	weiß	
Einphasen- wechselstrom	nach IEC	L 1 L 2	1904 6010	gelb grün	
	für Bahn- anlagen	L 1 L 3	1904 4001	gelb lila	
Zweiphasen- wechselstrom Dreileiternetz	L 1 L 2	gelb grün lila	1904 6010 4001	gelb grün lila	

Tafel 2.7. Kennfarben der Schutz- und Betriebserdungsleitungen

Art der Erdung	Kennfarbe
Schutzerde Betriebserde Vereinigte Schutz- und Betriebserde	schwarz weiß mit schwarzen Querstreifen vom Vereinigungspunkt an schwarz mit weißen Überstreifen

2.2.1. Leitungsschienen


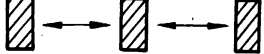



Verwendung	Als Hauptstromleitung in NS- und HS-Anlagen.
Werkstoff	E-Aluminium oder E-Kupfer.
Befestigung	Durch Leitungsträger auf Porzellanisolatoren, ohne Leitungsträger auf Duroplastisolatoren oder in Hartpapierkämmen.
Belastung	
elektrisch	Auswahl nach der Strombelastung aus Tabellen (s.S. 28ff.). Gestrichene Stromschienen sind höher belastbar, weil durch den Anstrich die Oberfläche vergrößert und damit eine bessere Wärmeabfuhr erreicht wird. Die zulässige Gleichstrombelastung ist größer als die Wechselstrombelastung. Durch den Hauteffekt bei Wechselstrom wird nicht der volle Querschnitt ausgenutzt. Darum verwendet man in Wechselstromanlagen unter anderem Rohrprofile.
mechanisch/ thermisch	Durch Stromwärme erfolgt Längenänderung. Stromschienen sind deshalb gleitend in Leitungsträgern befestigt, und/oder es sind Dehnungsbänder im Leitungsverlauf montiert.

Tafel 2.8. Kühlung am Flachprofil

Art der Legung	Verwendung	Kühlung
Hochkant, waagerecht	Sammelschiene	gut
Hochkant, senkrecht	Stromschienenabgang	gut
Flach, waagerecht	Sammelschiene	sehr schlecht
Flach, senkrecht	Stromschienenabgang	gut

dynamisch	Durch elektromagnetische Felder, die durch sehr hohe Betriebsströme und Kurzschlußströme auftreten. Die Beanspruchung ist außerdem abhängig vom Leiterabstand und vom Profil.
-----------	---

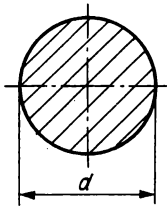
Tafel 2.9. Widerstandsmomente

Nr.	Profil	Lage der Leitungsschienen zueinander	Widerstandsmoment
1	Flach-		groß gegenüber 2
2	Flach-		klein gegenüber 1
3	Rohr-		sehr groß gegenüber 4
4	Rund-		klein gegenüber 3 und 1
5	U-		sehr groß gegenüber 1 bis 4

Tafel 2.11. Belastbarkeit rechteckiger Aluminiumschienen

Breite x Dicke	Quer- schnitt	Masse	Dauerbelastung I in A													
			Wechselstrom 40 bis 60 Hz						Gleichstrom							
			blank						blank							
mm	mm ²	kg je m	Schienenanzahl				Schienenanzahl				Schienenanzahl					
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
12 x 2	24	0,065	100	180			80	140			105	185		80	145	
15 x 2	30	0,081	125	215			95	170			130	225		95	175	
15 x 3	45	0,122	150	265			115	210			155	270		115	220	
20 x 2	40	0,108	165	280			120	220			170	295		125	225	
20 x 3	60	0,162	195	340			145	270			200	350		150	280	
20 x 5	100	0,270	260	440			195	350			270	460		200	370	
25 x 3	75	0,202	240	410			180	330			245	430		185	340	
25 x 5	125	0,338	310	535			230	430			320	550		235	440	
30 x 3	90	0,243	280	480			205	385			290	500		220	400	
30 x 5	150	0,405	360	625			270	500			380	645		275	520	
40 x 3	120	0,324	370	630			280	500			380	660		285	525	
40 x 5	200	0,540	460	800			350	650			485	830		360	660	
40 x 10	400	1,08	670	1200	1650	2250	515	975	1350	1800	700	1240	1750	540	1000	1420
50 x 5	250	0,675	560	970	1400	1850	425	780	1120	1500	590	1020	1500	445	815	1220
50 x 10	500	1,35	820	1440	1960	2660	625	1150	1600	2160	850	1520	2140	655	1215	1730
60 x 5	300	0,810	660	1130	1580	2120	500	900	1300	1730	900	1210	1700	530	960	1420
60 x 10	600	1,62	960	1650	2230	3040	730	1300	1850	2500	1000	1790	2500	770	1430	2030
80 x 5	400	1,08	850	1450	1950	2600	650	1170	1650	2130	910	1600	2200	700	1260	1850
80 x 10	800	2,16	1230	2100	2760	3680	930	1650	2300	3100	1300	2300	3200	985	1840	2640
100 x 5	500	1,35	1050	1750	2350	3000	775	1400	2000	2500	1120	2000	2700	855	1550	2220
100 x 10	1000	2,70	1500	2450	3200	4300	1100	1950	2700	3700	1580	2800	3900	1200	2240	3200
120 x 10	1200	3,24	1760	2800	3700	4900	1310	2350	3100	4300	1875	3300	4600	1420	2640	3800
160 x 10	1600	4,32	2300	3500	4650	6200	1700	2950	3900	5500	2400	4350	6000	1850	3450	5000
200 x 10	2000	5,40									3050	5400	7400	2300	4300	6200

Tafel 2.12. Belastbarkeit von Rundkupfer



Durchmesser d mm	Querschnitt mm ²	Masse kg je m	Dauerbelastung I in A			
			Wechselstrom 40 bis 60 Hz		Gleichstrom	
			ge- strichen	blank	ge- strichen	blank
6	28,27	0,252	125	120	125	120
8	50,27	0,447	160	150	160	150
10	78,54	0,699	250	210	250	210
16	201,1	1,789	480	410	480	410
20	314,2	2,796	640	540	660	550
30	706,9	6,291	1100	900	1150	950

Tafel 2.13. Belastbarkeit von Rundaluminium

Durchmesser d mm	Querschnitt mm ²	Masse kg je m	Dauerbelastung I in A			
			Wechselstrom 40 bis 60 Hz		Gleichstrom	
			ge- strichen	blank	ge- strichen	blank
6	28,3	0,0763	65	60	65	60
10	78,54	0,21	200	160	200	160
16	201,1	0,54	380	316	380	315
20	314,2	0,85	500	410	500	420
30	706,9	1,91	870	690	900	720

Tafel 2.14. Belastbarkeit von Kupferrohren

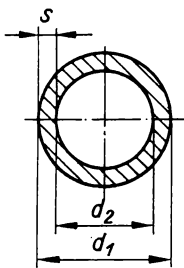


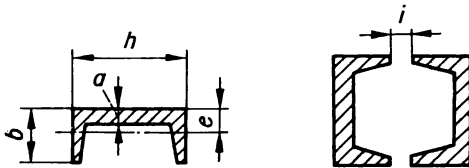
Bild zu Tafel 2.14

Abmessung			Quer- schnitt	Masse	Dauerbelastung I in A			
d ₁	d ₂	s			Gleich- und Wechselstrom Innenraum		Wechselstrom 40 bis 60 Hz	
mm	mm	mm			mm ²	kg je m	ge- strichen	blank
20	16	2	113,1	1,01	360	325	450	400
	14	3	160,2	1,43	430	400	530	500
	12	4	201,0	1,79	480	430	600	550
30	26	2	175,9	1,57	550	500	680	620
	24	3	254,5	2,26	650	600	800	750
	22	4	326,7	2,90	800	650	1000	800
50	44	3	443,0	3,94	1100	950	1350	1200
	42	4	578,1	5,15	1200	1100	1500	1400
	40	5	706,9	6,29	1400	1200	1700	1500
60	54	3	537,2	4,78	1250	1200	1600	1400
	52	4	703,7	6,26	1500	1300	1800	1600
	50	5	863,9	7,69	1600	1450	2000	1800

Tafel 2.15. Belastbarkeit von Aluminiumrohren (s. Bild Tafel 2.14)

Abmessungen			Quer- schnitt	Masse	Dauerbelastung I in A			
d ₁	d ₂	s			Gleich- und Wechselstrom		Wechselstrom	
mm	mm	mm	mm ²	kg je m	Innenraum		40 bis 60 Hz Freiluft	
					ge- strichen	blank	ge- strichen	blank
20	16	2	113,1	0,305	280	230	350	270
	14	3	160,2	0,43	350	285	430	340
	12	4	201,9	0,54	385	320	475	375
30	26	2	175,9	0,475	430	350	530	420
	24	3	254,5	0,69	520	420	640	500
	22	4	326,7	0,88	580	470	720	560
50	44	3	443,0	1,20	850	670	1000	810
	42	4	578,1	1,56	970	770	1200	920
	40	5	706,9	1,91	1000	820	1300	990
60	54	3	537,2	1,45	1000	800	1240	960
	52	4	703,7	1,90	1150	920	1450	1100
	50	5	863,9	2,33	1275	1000	1600	1200

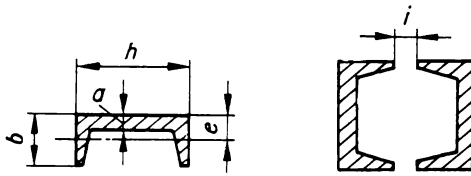
Tafel 2.16. Belastbarkeit von Aluminiumprofilen



Kurzbe- zeichnung	Abmessungen					Querschnitt		Masse		Dauerbelastung I in A			
	mm					mm ²		kg je m		Wechselstrom 40 bis 60 Hz			
	h	b	a	e	i ¹⁾	[]	[]	gestrichen	blank	[]
5	50	25	4	7,71	25	368	736	1,00	2,00	750	1 700	585	1 330
6	60	30	4	8,96	25	448	896	1,22	2,44	880	1 800	685	1 370
7	70	32,5	5	9,65	25	625	1 250	1,77	3,54	1 140	2 100	890	1 620
8	80	37,5	6	11,26	25	858	1 716	2,32	4,64	1 460	2 540	1 135	2 000
10	100	37,5	8	10,96	25	1 272	2 544	3,47	6,94	2 000	3 450	1 550	2 700
12	120	45	10	13,29	30	1 900	3 800	5,17	10,34	2 720	4 700	2 100	3 750
14	140	52,5	11	15,27	35	2 453	4 906	6,66	13,32	3 350	5 800	2 600	4 600
16	160	60	12	17,25	40	3 072	6 144	8,34	16,68	4 000	7 000	3 100	5 400
18	180	67,5	13	19,23	45	3 757	7 514	10,20	20,40	4 750	8 200	3 600	6 400
20	200	75	14	21,21	50	4 508	9 016	12,22	24,44	5 500	9 500	4 300	7 400

1) Die Belastungswerte gelten bei den angegebenen Abständen i.

Tafel 2.17. Belastbarkeit von Kupferprofilen



Kurzbezeichnung	Abmessungen					Querschnitt		Masse		Dauerbelastung I_{30} in A			
	mm					mm ²		kg je m		Wechselstrom 40 bis 60 Hz gestrichen		blank	
	h	b	a	e	i ¹⁾	[]	[]	[]	[]
6	60	30	4	8,96	25	448	896	3,99	7,98	1100	2250	990	2100
8	80	37,5	6	11,26	25	858	1716	7,65	15,3	1800	3200	1650	2900
10	100	37,5	8	10,96	25	1272	2544	11,3	22,6	2500	4300	2300	3900
12	120	45	10	13,29	30	1900	3800	16,9	33,8	3400	5900	3100	5300
14	140	52,5	11	15,27	35	2453	4906	21,8	43,6	4200	7300	3800	6500
16	160	60	12	17,25	40	3072	6144	27,3	54,6	5000	8800	4500	7900
18	180	67,5	13	19,23	45	3757	7514	33,5	67	6000	10300	5400	9200
20	200	75	14	21,21	50	4508	9016	40,1	80,2	6900	11900	6200	10700

1) Die Belastungswerte gelten bei den angegebenen Abständen i.

2.2.2. Erdungsleitungen

Werkstoffe

Überwiegend für Schutzerdungs- und Betriebserdungsleitungen

- feuerverzinkter oder kupferplattierter Stahl mit einem Mindestquerschnitt von 50 mm²
- Aluminium mit einem Mindestquerschnitt von 35 mm²
- Kupfer mit einem Mindestquerschnitt von 16 mm².

Tafel 2.18. Querschnitte und Abmessungen für Erdungsleitungen

Halbzeug	Werkstoff	Querschnitt mm ²	Abmessungen mm	Bemerkungen
Bandstahl feuer- verzinkt TGL 7976	St 33 TGL 7960	62,5 120 200	25 x 2,5 30 x 4 40 x 5	
Rundstahl feuer- verzinkt TGL 7970	St 33 TGL 7960	79 112 132	10 12 13	Verwendung anstelle von Bandstahl 30 x 4
Stahlseil TGL 21 226 Bl. 3	Stahldraht TGL 21 226 Bl. 2	120	—	
Profil oder Seile	Kupfer Aluminium	16 35	—	

Hinweis:

Bei Wandlern muß die Verbindungsleitung von der zu erdenden Sekundärklemme bis zur Anschlußschraube der Gehäuseschutzerdung als Kupferleiter einen Mindestquerschnitt von 4 mm², als Aluminiumleiter einen Mindestquerschnitt von 10 mm² haben.

Erdungsleitungen aus Aluminium sind für mechanisch ungeschützte Legung nicht zulässig.

Tafel 2.19. Richtwerte für die Strombelastbarkeit von Erdungsleitungen

Querschnitt mm ²	Dauerstrom bei			Strom während 1 s bei		
	Stahl A	Aluminium A	Kupfer A	Stahl A	Aluminium A	Kupfer A
16	—	—	150	—	—	2 500
25	—	160	200	—	2 700	4 000
35	—	200	280	—	3 700	5 500
50	150 ¹⁾	250 ¹⁾	480 ¹⁾	3 300	5 300	8 000
70	180 ¹⁾	320 ¹⁾	590 ¹⁾	4 700	7 400	11 500
100	240 ¹⁾	430 ¹⁾	780 ¹⁾	6 700	10 500	16 000
120	260 ¹⁾	450 ¹⁾	800 ¹⁾	8 000	12 600	19 200
200	420 ¹⁾	760 ¹⁾	1 380 ¹⁾	13 500	21 000	32 500

1) Diese Werte gelten nur für Flachprofil.

Tafel 2.20. Gebräuchliche Mindestquerschnitte von Erdern

Erderart	Halbzeuge	Mindestquerschnitt bzw. -abmessung		Gebräuchliche Abmessung
Bänderer	Bandstahl	100 mm ² Mindestdicke 3 mm		30 mm x 4 mm 40 mm x 5 mm
	Rundstahl	10 mm Dmr.		10 mm Dmr. 12 mm Dmr. 13 mm Dmr.
Staberder	Flußstahlrohr	24 mm Dmr. Mindestwanddicke 3 mm	oder sonstige gleichartige Profil- oder Rundstähle	33,5 mm Dmr. (1") 60 mm Dmr. (2")
	Winkelstahl	40 mm x 40 mm x 40 mm x 4 mm		40 mm x 40 mm x 4 mm

Bearbeitungshinweise

Zinkschutzschicht nicht übermäßig beschädigen, Mindestbiegeradien einhalten, Schnittkanten durch Farbe vor Korrosion schützen, Anschlußstellen in Dichtungsmasse einbetten und mit einer Korrosionsschutzbinde versehen oder in Gießharz einschließen.

Legung

Gut sichtbar (außerhalb des Erdreichs), zugänglich, mechanisch und chemisch geschützt; elektrisch ungesichert, nicht abschaltbar.

Verbindungen

Schweiß-, Schraub- oder Preßverbindungen; Löt- und Preßverbindungen bei Seilquerschnitten

Mindestgröße der Schrauben

Erdungsleitungen M 10

Erdungssammelleitungen M 12

Hilfserdungsleitungen M 6

Kontaktstellen

Plan, blank und leicht gefettet;

Zahnscheiben (außengezahnt) unter Schraubenkopf, wenn Werkstoff nicht plan und blank ist;



Unterlegscheiben und Federringe werden bei Schraubenverbindungen gefordert.

Kontaktstellen müssen korrosionsgeschützt sein (Korrosionsschutzbinde, Vergußmasse, Gießharze).

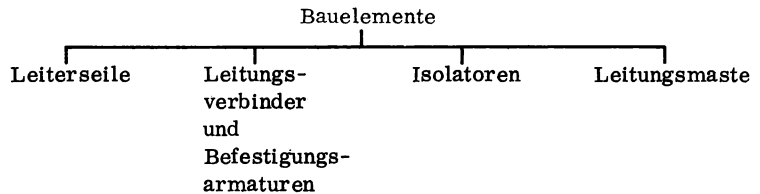
2.2.3. Schleifleitungen (Fahrleitungen)

Tafel 2.21. Schleifleitungen, Arten und Verwendung

Bezeichnung	Werkstoff	Profilart	Verwendungszweck
Stakufahrleitung	Fahrleitung, deren Stahlkern einen Kupfermantel trägt		keine hohe Verschleißfestigkeit; für Nebenstrecken mit normalem Betrieb und geringen Geschwindigkeiten geeignet a Kupfermantel b Stahlkern c Rilleneinbauten für Befestigungszwecke
Kupferfahrdrabt	massiver Kupferquerschnitt	wie zuvor, jedoch ohne Stahlkern	Ri 80; Ri 100; Ri 120 Verwendung für Vollbahnen
Stahlfahrleitung	Fahrleitung gänzlich aus Stahl		nur zu Austausch Zwecken; für kurze Strecken mit schwachem Betrieb
Stahlstromschiene	Stahlprofil-schiene mit Aluminiumverstärkung		hohe Verschleißfestigkeit; für Stadtbahn oder Untergrundbahnstrecken als Stromzuführungsschiene neben dem Gleis (nur bei eigenem Bahnkörper – abgeschlossene Anlagen – zulässig) a Stahlschienenprofil b nachträgliche oder zusätzliche Einbringung von Aluminium zur Querschnittsvergrößerung c Abnahmeseiten

Bezeichnung	Werkstoff	Profilart	Verwendungszweck
Flachprofil	Kupfer bzw. Bronze		für Kleinschleifleitungen, Kranbahnen, Förderanlagen
Rundprofil	Kupfer bzw. Kupferlegierungen, Bronzen usw.		für Krananlagen, Förderanlagen

2.2.4. Bauelemente für Starkstromfreileitungen



Leiterseile	Mehrdrätige Leiter, die infolge ihres flexiblen Aufbaus beweglich sind.												
Teilleiter	Einzelleiter, aus denen sich ein Hauptleiter zusammensetzt.												
Bündelleiter	Zwei oder mehr durch Abstandhalter miteinander verbundene Leiter.												
Erdseil	Geerdeter Leiter, der spannungführende Leiter gegen direkte Blitzeinschläge schützt, atmosphärische und andere Überspannungen zur Erde ableitet und so die Schritt- und Berührungsspannung an Masten und Gerüsten verringert.												
Gesichtspunkte zur Auswahl	<ul style="list-style-type: none">• Zu erwartende Strombelastung bei möglichst geringen Übertragungsverlusten und vorschriftsmäßiger Auslastung des Querschnitts.• Mechanische Belastung, z.B. Windlast, Eislast, Eigenlast durch territorial bedingte extreme Stützpunktabstände, Vogelflug und hohe Temperaturunterschiede.												
TGL 200-0614 Bl. 2	Starkstromfreileitungen mit Nennspannungen bis 1 kV.												
TGL 200-0614 Bl. 3	Starkstromfreileitungen mit Nennspannungen über 1 kV. Diese Standards gehen bis ins Detail auf die technische Problematik der Errichtung von Freileitungsanlagen ein.												
Zulässige Mindestquerschnitte	<table><tr><td>• Kupfer und Bronze</td><td>10</td><td>mm²</td></tr><tr><td>• Stahl</td><td>16</td><td>mm²</td></tr><tr><td>• Aluminium und seine Legierungen</td><td>25</td><td>mm²</td></tr><tr><td>• Stahl/Aluminium</td><td>16/2,5</td><td>mm²</td></tr></table>	• Kupfer und Bronze	10	mm ²	• Stahl	16	mm ²	• Aluminium und seine Legierungen	25	mm ²	• Stahl/Aluminium	16/2,5	mm ²
• Kupfer und Bronze	10	mm ²											
• Stahl	16	mm ²											
• Aluminium und seine Legierungen	25	mm ²											
• Stahl/Aluminium	16/2,5	mm ²											

Hinweis:

Eindrähtige Leiter aus Stahl oder Aluminium sowie deren Legierungen sind nicht zulässig.

Eindrähtige Kupfer- und Bronzeleiter sind nur bis zu einem Höchstquerschnitt von 16 mm² und bis zu einer Spannweite von 80 m zulässig.

Tafel 2.22. Zulässige Höchstzugspannungen

Art der Leiter	Zulässige Höchstzugspannung
Eindrähtige Kupferleiter	120 MPa
Eindrähtige Leiter aus anderen Werkstoffen	35 % der Dauerfestigkeit
Seile aus Kupfer	190 MPa
Seile aus Aluminium	80 MPa
Seile aus Aldrey	120 MPa
Seile aus Bronze Bz I	240 MPa
Seile aus Bronze Bz II	290 MPa
Seile aus Bronze Bz III	340 MPa
Stahl-Aluminium-Seile nach TGL 21 226 mit dem Querschnittsverhältnis	
Al/St 7, 7/1	100 MPa
Al/St 6/1	110 MPa
Al/St 4, 3/1	115 MPa
Al/St 1, 7/1	190 MPa
Al/St 1, 4/1	200 MPa
Alle übrigen Seile	50 % der Dauerzugfestigkeit

Tafel 2.23. Grenzspannweiten für gleich hohe Aufhängepunkte und dreifache normale Zusatzlast bei 85 % Seilzugspannung
Einmetallseile nach TGL 21 226

Nenn- quer- schnitt mm ²	Grenzspannweiten									
	Kupfer ¹⁾		Bronze			Stahl			Aluminium ¹⁾	
	m	m	I m	II m	III m	40 m	70 m	120 m	m	m
10	55	70	95	130	195					
16	80	100	135	195	295					
25	115	175	200	290	430	225	465	850	35	45
35	155	255	270	375	605	375	670	1070	50	55
50	225	410	405	540	905	455	790	—	65	80
70	320	505	605	785	1070	515	890	—	80	110
95	530	570	815	1035	1210	585	1020	—	105	140
120	690	610	875	1115	—	630	1105	—	130	175
150	735	650	930	—	—	—	—	—	155	220
185	780	685	985	—	—	—	—	—	185	280
240	820	730	1035	—	—	—	—	—	240	390
300	865	760	1090	—	—	—	—	—	300	530

¹⁾ Diese Spalte gilt für 75 % Seilzugspannung.

Tafel 2. 24. Stahl-Aluminium-Seile nach TGL 21 226

Quer- schnitts- verhältnis	Nenn- quer- schnitt	Grenz- spann- weiten	Quer- schnitts- verhältnis	Nenn- quer- schnitt	Grenz- spann- weiten
6/1	50/8	195	7,7/1	380/50	980
	70/12	285		570/70	1080
	95/15	400	4,3/1	210/50	895
	120/21	560			
	150/25	750	1,7/1	50/30	820
	185/32	820		95/55	1090
	210/36	850		120/70	1185
	240/40	905	1,4/1	105/75	1195
	300/50	975			

Tafel 2. 25. Mindestquerschnitte bei Seilen

Spannweite m	Kupfer-, Bronze-, Stahlseile mm ²	Aluminium- seile mm ²	Aldrey- seile mm ²	Stahl-Aluminium- Seile mm ²
bis 50	16	35	25	25/4
über 50	25	50	35	35/6

Hinweis:

Der tatsächliche Querschnitt weicht vom standardisierten Querschnitt ab, besonders stark bei Stahl-Aluminium-Seilen.

Leitungsverbinder

Anforderungen

- Sichere mechanische Verbindung der Leiterseile.
- Einwandfreie elektrische Verbindung der Leiterseile.

Kerbverbinder

Für Leiterseile aus Kupfer und Aluminium, Anzahl und Länge der Kerben abhängig vom Querschnitt und von der Beanspruchung.

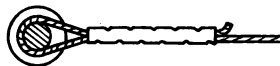


Bild 2.28

Schrauben- und Nietverbinder

Höherer Arbeitsaufwand als beim Kerbverbinder, darum unökonomischer.

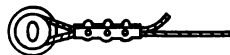


Bild 2.29

Konusverbinder

Für Stahl-Aluminium-Seile geeignet, mechanisch stark beanspruchbar.



Bild 2.30

Falzverbinder

Zur Reparatur von Leitungsbrüchen, kann nur wenig mechanisch belastet werden.

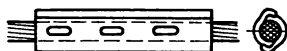


Bild 2.31

Befestigungsarmaturen

Anforderungen

- Gute Flächenpressung zwischen Seil und Armatur.
- Möglichst geringe Eigenmasse.
- Mechanische Flexibilität gegenüber den Seilschwingungen.

Werkstoff

Temperguß, feuerverzinkt;
schlag- und stoßfest sowie korrosionsbeständig.

Pendelhängeklemme

Seilmulde drehbar gelagert;
Außenleiterklemme, nicht verwendbar für Endmaste.

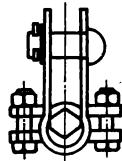


Bild 2.32

Pendelauslöseklemme

Seilmulde drehbar gelagert;
für Leitungen mit großen mechanischen Beanspruchungen (Seilschwingungen); Leiter verläßt bei großen Seilkräften den Festsitz und läuft in der darunterliegenden Rolle ab; bietet dem Mast größtmöglichen Schutz vor Verdrehung durch Seilzug.

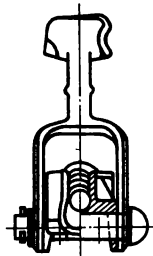


Bild 2.33

Gabelhängeklemme

Außenleiterklemme, feste Seilmulde; nicht für End- oder Abspannmaste; für geringe Spannweiten und nur bis $95 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$; billige Ausführung, begrenzter Einsatz.

Konusabspannklemme

Für End- bzw. Abspannmaste, für Einmetallseile, vielseitig einsetzbar, hoch beanspruchbar. Für Mehrmetallseile verwendet man Duplexspannklemmen.

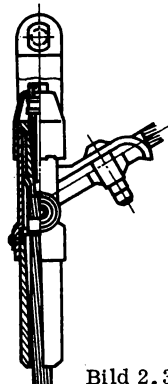


Bild 2.34

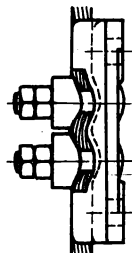


Bild 2.35

Endseilklemme

Feste Klemme, für geringe Seilschwingung, ab Spannungen von 60 kV. Bei starken Seilschwingungen verwendet man den Endseilpendelblock.

Isolatoren

Aufgabe

Isolation und Befestigung des Leiters am Stützpunkt.

Werkstoff

Porzellan, glasiert.

Wirkung der Form

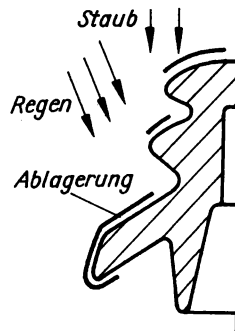


Bild 2.36

NS-Isolatoren

(Niederspannung)

Stützerisolator

für verschiedene Leiterquerschnitte.

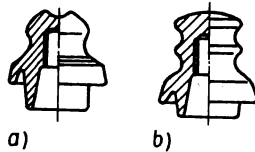


Bild 2.37

Schäkelisolator

Für hohe mechanische Beanspruchung; Montage an Endmasten, Abspannmasten und Winkelmasten.



Bild 2.38

Leiterseil-
befestigung

Hauptsächlich mit Hilfe von Drahtbund;
Bügelbund mit S-Klemme.

HS-Isolatoren

(Hochspannung)

Kappenisolator

Für Spannungen unter 110 kV, lässt sich gut zu Isolatorenketten montieren; Durchschlagfestigkeit zwischen Klöppel und Kappe nicht gewährleistet.

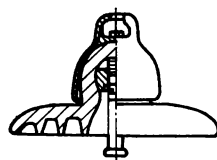


Bild 2.39

Nebelkappen-
isolator

Einsatz in Territorien, die starkem Nebel bzw. Reifbildung unterliegen; lässt sich gut zu Isolatorenketten montieren; durch Vollkernisolator gute Durchschlagfestigkeit.

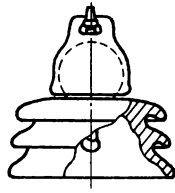


Bild 2.40

Vollkernisolator

Verwendung ab 110 kV; Kettenbildung möglich; hohe Überschlagnspannung.

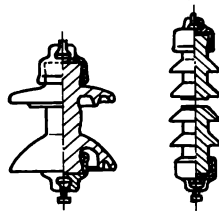


Bild 2.41

HS-Stützer

Verwendung bis 20 kV, an Holzmasten.



Bild 2.42

Leitungsmaste

Zweck

Offen gelegte Leitungen dem Handbereich des Menschen zu entziehen und die Bewegungsfreiheit von Fahrzeugen aller Art zu gewährleisten.

Handbereich

Bereich, in dem ein Mensch ohne besondere Hilfsmittel von üblicherweise betretenen Standbereichen aus mit der Hand nach allen Richtungen gelangen kann. Als Richtwerte gelten nach oben 2,50 m, horizontal sowie nach unten mindestens 1,25 m.

Werkstoffe

Je nach Geländeprofil, mechanischer Belastung und Spannungshöhe Holz, Stahlbeton oder Stahlgitterkonstruktion.

Beanspruchung

Durch mechanische Kräfte, die mit dem Tragen der Leitung im Zusammenhang stehen (Winddruck, Schnee- und Eislast).

Mastarten

Tragmast

Mast, der zum Tragen der Aufhänge- und Befestigungsorgane sowie der Leiterseile in gerader Strecke dient.

Winkelmast

Mast, der den Leiterzug im Winkelpunkt aufnimmt.

Abspannmast

Hat die Funktion eines Tragmastes, die Leiterseile werden aber derart befestigt, daß bei einem Leiterseilbruch im Leitungsverlauf der einseitige Seilzug aufgefangen wird.


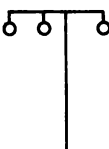
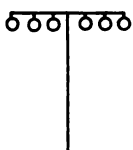
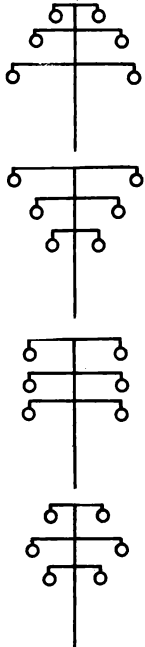
Endmast

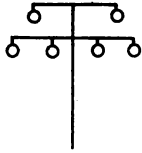
Mast, der zur Aufnahme der gesamten einseitigen Leiterzüge dient.

Mastkopf

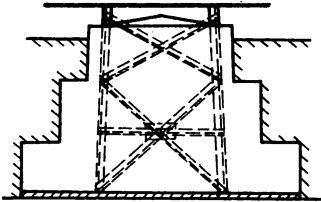
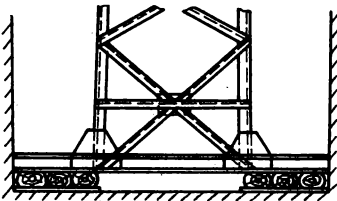
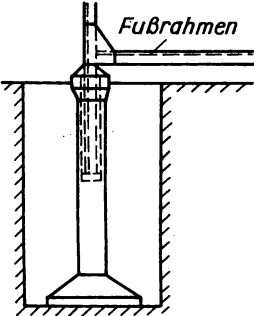
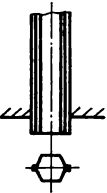
Oberer Teil des Mastes, an dem Ausleger, Querträger und Stützen befestigt werden.

Tafel 2.26. Mastkopfformen

Mastkopfbild	Spannung	Bemerkungen über Werkstoff und Verwendung
	0,4 bis 6 kV	Holz- bzw. Stahlbetonmast; im NS-Bereich und unteren HS-Bereich
	6 bis 20 kV	Stahlbetonmaste Der mittlere Leiter wird abwechselnd rechts bzw. links am Mast vorbeigeführt; bessere Aufteilung des Seilzugs
	über 20 bis 220 kV	geringe Herstellungskosten, leichte Montage, wesentlich verringerte absolute Masthöhe gegenüber den nachfolgenden Mastkopfbildern. Bei zunehmender Spannungshöhe wird die Traverse auf Grund der Abstände breiter; das stößt auf mechanische Probleme, darum Ausweichen auf Beispiele 4 bis 7
	über 220 bis 380 kV (400 kV)	Die Beispiele 4 bis 7 gehören zu den in der Praxis am häufigsten vorkommenden Mastarten, jedoch hat Beispiel 3 den Vorzug wegen der oben genannten Vorteile

Mastkopfbild	Spannung	Bemerkungen über Werkstoff und Verwendung
	für 380 bzw. 400 kV	Verwendung in der DDR und der BRD; in anderen europäischen Ländern werden sehr verschiedene Mastarten bevorzugt

Tafel 2.27. Fundamentarten

Bezeichnung	Bild	Verwendungszweck	Vor- und Nachteile
Block- fundament		für leichte Böden, z.B. Sandböden	gute Standsicherheit
Schwellen-		für leichte Böden, z.B. Sandböden	gute Standsicherheit schnelle Fäulnis trotz Imprägnierung
Einsetz- fundament (Pilz- fundament)		für schwere Böden (Lehm, Ton, Mergel usw.)	Vorfertigung leicht, wesentlich kleinere Baugrube – geringere Erdarbeiten mechanisierte Mon- tage möglich
Larssen- Pfahl (Profil- stahl)		für weiche Böden (Sumpf, Moor)	Länge des Pfahles (Profils) ist variabel. Nach dem Einrammen wird er mit Beton ausgegossen und der Mast aufgesetzt

Tafel 2.28. Einige lotrechte Mindestabstände bei Leitungsführung über Gelände, Straßen, Kreuzungen usw.

Leitungsführung über	Bis 1000 V m	Bei größtem Durchhang über			Bei ungleicher Eislast		
		1 kV bis 110 kV m	220 kV m	380 kV m	1 kV bis 110 kV m	220 kV m	380 kV m
freies Gelände mit geringen Unebenheiten sowie über freies Gelände in Ort- schaften	5	6	6,75	7,8	—	—	—
Autobahnen, Fernverkehrs- straßen, Landstraßen, Fahrwege	6	7	7,75	8,8	5	5,75	6,8
Bäume im freien Gelände oder in Ortschaften, die regelmäßig bestiegen werden	1,00	2,5	3,25	4,3	—	—	—
Wohngebäude und gewerb- liche Anlagen mit feuer- hemmender Bedachung	2,5	3	3,75	4,8	3	3,75	4,8
wie vor, jedoch ohne feuerhemmende Bedachung	—	12	12	12	—	—	—
Sportstätten im Freien	—	12	12,75	13,8	—	—	—
Straßenbahnen, Obuslinien	1,5	3	3,75	4,8	2	2,75	3,8
Starkstromfreileitungen mit Nennspannung bis 1000 V	0,35	2	2,75	3,8	1,5	2,25	3,3
wie vor, mit Nenn- spannung über 1 kV	—	2	2,75	3,8	$\frac{U_n}{150}$ minde- stens 0,5 m	1,50	2,55
Eisenbahnen nicht für öffentlichen Verkehr, Werksbahnen, ohne Fahrleitung	—	7	7,75	8,8	6	6,75	7,8
Eisenbahnen für öffent- lichen Personenverkehr, ohne Fahrleitung	7	7	7,75	8,8	7	7,75	8,8
wie vor, jedoch für Elektrifizierung vorgesehen	12,5	12,5	13,25	14,3	—	—	—

Fortsetzung der Tafel von Seite 43

Leitungsführung über	Bis 1000 V m	Bei größtem Durchhang			Bei ungleicher Eislast		
		1 kV bis 110 kV m	220 kV m	380 kV m	1 kV bis 110 kV m	220 kV m	380 kV m
wie vor, jedoch elektrifiziert (Abstand zur Fahrleitungsanlage)	—	3	3,75	4,8	2	2,75	3,8
Wasserstraßen der Wasser- und Binnen-Schiffahrtsverwaltung (Maße über höchsten schiffbaren Wasserstand)	12,5	12,5	13,25	14,3	11,50	12,25	13,3
wie vor, bei Oder, Elbe und Küstenflüssen	17,5	17,5	18,25	19,30	16,50	17,25	18,30
wie vor, bei umgelegtem Mast	10	10	10,75	11,8	—	—	—
Seilschwebbahnen und Standseilbahnen für öffentlichen Personenverkehr	—	3	3,75	4,8	3	3,75	4,8
Schlepplifthanlagen	3	3	3,75	4,8	3	3,75	4,8
Informationsleitungen der Post, Bahn, Wasserstraßenverwaltung	1,5	2	2,75	3,8	1,5	2,25	3,3
Maste von Informationsleitungen unter Starkstromfreileitungen	1,5	2	2,75	3,8	1,5	2,25	3,3
Maste von Leitungen bis 1000 V und Maste von Leitungen über 1 kV unter Leitungen über 1 kV	—	3	3,75	4,8	2	2,75	3,8

3. Installations- und Schutzrohre

Installationsrohre

Als mechanischer Schutz und zur isolierten Legung von Aderleitungen. Bei Verwendung dieser Rohre müssen die dazugehörigen Geräte und Zubehörteile benutzt werden (Abzweigdosen, Schalterdosen, Steckdosen usw.). Die Legung erfolgt auf Putz, Registern, Traversen und Zwischendecken. Die Durchmesser der Rohre sind standardisiert, und die Höchstzahl der einzuziehenden Aderleitungen ist vorgeschrieben.

Schutzrohre

Als mechanischer Schutz für Mehraderleitungen und Kabel. Legung als Fußschutz an Maschinen, Verteilungen, als Wanddurchführungen, Druckschutz für Kabel bei Straßen- und Gleisunterquerungen. Die Durchmesser werden dem Zweck angepaßt.

Tafel 3.1. Rohrarten und ihre Anwendung

Rohrart	Legungsart	Legungsort	Besonderheiten
Biegsames Isolierrohr (Kopexrohr)	auf Putz	in trockenen Räumen	Fußbodenlegung verboten sonst wie oben
Stahlpanzerrohr, Stahlrohr, Stahlschlauch	auf Putz und an Maschinen	in trockenen Räumen mit hoher mechanischer Beanspruchung	Legen von Stahlschläuchen im Fußboden ist unzulässig
Plastrohre	auf Putz	in trockenen Räumen, feuer-, explosions- und explosivstoffgefährdeten Räumen	Alle drei Rohrarten dürfen bei -15 bis $+50$ °C gelagert werden und können von 0 bis 40 °C verarbeitet werden.
Plastriffelrohr	auf Putz	an schlecht zugänglichen Stellen, z.B. schwierigen Bogen, wenn geringe mechanische Beanspruchungen	Riffelrohr darf nicht im Fußboden verwendet werden
Plastpanzerrohr	auf Putz	in trockenen Räumen mit hoher mechanischer Beanspruchung und erhöhter Korrosionsgefährdung	

Hinweis:

Die Legung von Installationsrohren unterliegt einigen Einschränkungen, z.B. darf PVC-Rohr auf Grund seiner Beschaffenheit nur in dem Temperaturbereich – 15 bis + 50 °C verwendet werden (PVC-Rohr: Plastrohr, Plastpanzerrohr und Plastriffelrohr).

Tafel 3.2. Zuordnung der Leitungen zu den Rohren

Rohrart	Leitungsquerschnitt mm ²	Anzahl der NYA-Leitungen									Befestigungsabstände			
		9	11	13,5	16	21	23	29	36	48	gerade Strecke	vor Bogen	vor Geräten	vor Durchführung
		Nennweite der Rohre									mm	mm	mm	mm
Stahlpanzerrohr	1,5 ¹⁾		9	13	16	25		34	43		1000	200	150	150
	2,5		6	7	9	14		20	28		bei	bei	bei	bei
	4,0		3	4	5	9		14	20		11 bis	11 bis	11 bis	11 bis
	6,0		2	3	4	5		8	12		16	16	16	16
	10,0				2	3		4	5		1500	400	und	und
	16,0					2		3	4		bei	bei	bei	bei
	25,0							2	3		21 bis	21 bis	21 bis	21 bis
	35,0								2		36	36	36	36
Plastrohr	1,5 ¹⁾	3	5	7	14		22	30	38	50	800	200	100	150
	2,5	2	3	5	8		12	18	25	33	bei	bei	bei	bei
	4,0		2	3	4		9	12	16	22	9 bis	9 bis	9 bis	9 bis
	6,0			2	3		5	7	9	13	23	23	23	23
	10,0				2		3	3	4	6	(+ 40 °C)			
	16,0							2	3	4	540	400	200	200
	25,0								2	3	bei	bei	bei	bei
	35,0									2	29 bis	29 bis	29 bis	29 bis
Plastpanzerrohr	1,5 ¹⁾	5	14	16	18	25		35	45		500	400	200	150
	2,5	4	8	9	10	15		22	30		bei	bei	bei	bei
	4,0	2	4	5	6	9		14	20		29 bis	29 bis	29 bis	9 bis
	6,0		3	3	4	5		8	12		48	48	48	23
	10,0		2	2	3	3		4	5		800	200	100	200
	16,0					2		3	4		bei	bei	bei	bei
	25,0							2	3		9 bis	9 bis	9 bis	29 bis
	35,0								2		23	23	23	48
											(+ 10 °C)			

1) Gilt nur für Kupfer.

Besonderheiten

Schnittstellen

Zugeschnittene Röhre sind an den Stirnseiten zu entgraten.

Kabel im Schutzrohr

Das Rohr ist an den Enden auszufüttern.

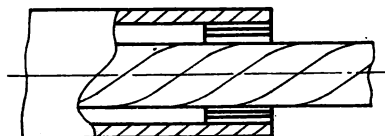


Bild 3.1

Wanddurchführung

Rohr schneidet beiderseitig mit der Wand ab.

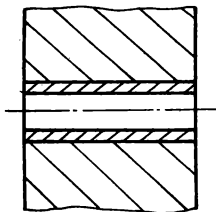


Bild 3.2

Deckendurchführung

Rohr schneidet mit der Deckenoberfläche ab, jedoch ist die Länge des Rohres als Fußschutz ausreichend zu bemessen.
„h“ allgemein 600 mm.

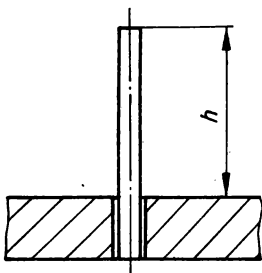


Bild 3.3

Verbindung von Installationsrohren

Plastrohr

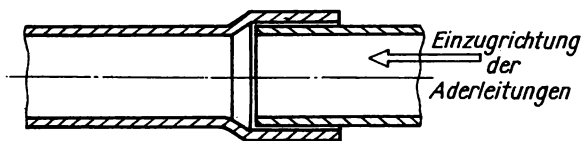


Bild 3.4

Stahlpanzerrohr

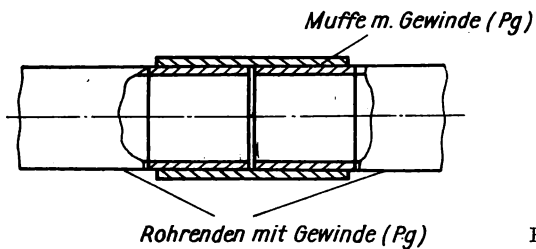


Bild 3.5

4. Starkstromkabel

Kabel bestehen aus einem oder mehreren voneinander isolierten elektrischen Leitern. Sie sind mit einer oder mehreren Schutzschichten versehen, die auf Grund ihrer Eigenschaften eine Legung in Kabelgräben, Kabelformsteinen oder Kabelkanälen und Wasser ermöglichen, ohne die elektrische Funktion zu beeinträchtigen (TGL 200-1784 Ausg. 10.69).

4.1. Kabelaufbau – prinzipiell

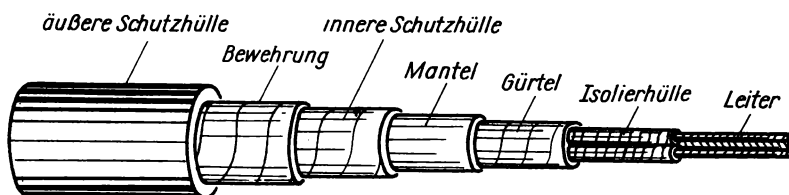


Bild 4.1

Betrachtungsweise	Der Kabelaufbau wird stets von innen nach außen betrachtet.
Aufbauelemente	
Leiter	Werkstoff: Aluminium oder Kupfer. Leiterart: eindrätig oder mehrdrätig. Querschnittsform: rund, oval, sektorförmig.
Leiterisolierung	Isolierhülle kann bestehen aus <ul style="list-style-type: none">• Polyvinylchlorid für Nennspannung 1 kV (PVC)• Polyäthylen für Nennspannung bis 30 kV mit Kabelimprägniermasse satt getränkt z. Z. bis maximal 30 kV, mit Ölkabelöl getränkt bis maximal 110 kV (in der DDR) und bis 380 kV international• Papier
Ader	Leiter mit Isolierhülle.
Gürtel	Mit Kabelimprägniermasse satt getränkte Papierisolierung, die in mehreren Lagen die Adern als zusätzliche Isolation umfaßt.
Mantel	Nahtlos geschlossene Blei-, Aluminium- oder Plasthülle, schützt das Kabelinnere vor mechanischer und chemischer Einwirkung von außen.
Innere Schutzhülle	Bitumengetränkte Papierlagen mit Bitumenzwischenaspülungen, die bei mechanischer Beanspruchung (z.B. Biegung des Kabels) den Druckausgleich zwischen Metallmantel bzw. Plastmantel und der Bewehrung vornimmt (s. TGL 200-1750/02 S. 11 Ausg. 4/75).

Bewehrung	<p>Werkstoff: Stahl.</p> <p>Ausführungsform: 2 Lagen Bandstahl mit Schutzüberzug gegen Korrosion oder Runddrahtbewehrung, unmagnetisierbar.</p> <p>Wickelart: geschlossen oder offen (bei Runddrahtbewehrung), 25 % überlappt (bei Bandstahlbewehrung), auf besondere Anforderung Gegenwendel (s. TGL 200-1750/02 S. 12 Ausg. 4/75).</p>
Äußere Schutzhülle	<p>Einfache Schutzhülle aus Werggrobarn oder Gewebeband mit zähflüssigen Spülmassen und nichtklebendem Überzug – A – doppelte Schutzhülle wie vor – AA – Schutzhülle aus PVC – Y – (s. TGL 200-1750/02 S. 14 Ausg. 4/75).</p> <p>Hinweis:</p> <p>Nach TGL 200-0612/03 S. 2 Ausg. 5/76 sind Kabel mit Schutzhülle aus getränkten Faserstoffen in Räumen zulässig, wenn sie gegen Brennbarkeit imprägniert wurden (s. TGL 200-0837 Ausg. 10/68).</p>

4.2. Starkstromkabelarten

4.2.1. Einteilung

Verwendung	<ul style="list-style-type: none"> • Steuerzwecke • Übertragung elektrischer Leistung
Spannung	<ul style="list-style-type: none"> • Niederspannung $> 42 \text{ V} \leq 1 \text{ kV}$ ($< 42 \text{ V}$ Kleinspannung) • Hochspannung Mittelspannung 1 bis 30 kV Höchstspannung $\geq 110 \text{ kV}$
Bauart	<ul style="list-style-type: none"> • Massekabel • Plastkabel • Ölkabel für Höchstspannungen • Kabel für besondere Zwecke • Plastkabel mit mehr als fünf Adern

4.2.2. Bezeichnungen

4.2.2.1. Aderkennzeichnung

Zweck	Durch die Kennzeichnung werden Aderverwechslungen weitestgehend ausgeschlossen. Die Betriebssicherheit wird erhöht und die Montage erleichtert.
Anwendungsbereich	<p>Über 1 kV Laut TGL 200-1750/02 Ausg. 4/75 ist eine Aderkennzeichnung nicht mehr erforderlich.</p> <p>Bis 1 kV Weitgehende Angleichung an die Aderkennzeichnung von Leitungen. Besondere Wichtigkeit wird der Kennzeichnung des Schutzleiters beigemessen.</p> <p>Hinweis:</p> <p>Die grün-gelb gekennzeichneten Adern sollen entsprechend TGL 200-0602/03 Ausg. 4/75 für Schutzleiterzwecke verwendet werden. Ausnahmen sind nach Pkt. 1.6.5.5. desselben Standards möglich.</p>

Tafel 4.1. Aderkennzeichnung bei 1 kV Kabeln lt. TGL 200-1750/02 Ausg. 4/75

Art des Kabels	Aderkennzeichnung		
	mit Farben Kabel mit grün-gelber Ader (Buchstabe „J“)	Kabel ohne grün-gelbe Ader (Buchstabe „O“)	mit Zahlen, Farben oder Buchstaben Kabel mit einer grün-gelb oder mit dem Buchstaben J gekennzeichneten Ader (Buchstabe „J“)
Massekabel oder Plastkabel über 35 mm ²	1adrig	nt oder sw	—
	2adrig	gnge/nf oder gnge/sw	J-1
	3adrig	—	—
	(auch Kabel mit kon- zentrischem Leiter oder mit Al-Mantel)	nf/nf/nf oder sw/sw/sw	1-2-3
	4adrig	gngg/nf/nf/nf oder gngg/sw/sw/sw	J-1-2-3
NYY; NAYY; NYYd; NAYYd mit einem Leiternquerschnitt bis 35 mm ² Plastkabel ²⁾	2adrig	gngg/sw	1-2
	3adrig	gngg/bl/sw	1-2-3
	4adrig	gngg/bl/sw/br	1-2-3-4
	5adrig	gngg/bl/sw/br/sw	1-2-3-4-5
	Richtungsader in der äußeren Verseillage	gngg	—
mit mehr als 5 Adern	Zählader in jeder Verseillage	bl	1 bis 36 ¹⁾
	übrige Adern	nf oder sw	1 bis 37 ¹⁾

bl = blau, br = braun, gngg = grün-gelb (bei Massekabeln grün-naturfarben), nf = naturfarben, sw = schwarz

1) Reihenfolge der Zahlen 1 bis 37 von innen nach außen.

2) 7adrigte Plastkabel erhalten eine gngg-Ader; Plastkabel mit mehr als 7 Adern erhalten keine gngg-Ader.
In Ausnahmefällen sind Abweichungen davon nach Vereinbarung zulässig.

Anmerkung: Bei Anwendung der Aderkennzeichnung gngg darf auf jedem beliebigen 15 mm langen Aderstück eine dieser Farben nicht weniger als 30 % und nicht mehr als 70 % der Aderoberfläche bedecken. Eine Aderkennzeichnung über 1 kV Nennspannung ist nicht vorgeschrieben.

Art der Kennzeichnung Um die Ausführungsart der Aderkennzeichnung (besonders bei zwei möglichen Ausführungen) eines mehradrigen 1-kV-Kabels eindeutig festlegen zu können, ist in TGL 200-1750 das Buchstabenkennzeichen erweitert worden.

Mehradrige 1-kV-Kabel	Buchstabe
Mit grün-gelb oder mit „J“ gekennzeichnete Ader	– J
Keine Grün-gelb- oder J-Kennzeichnung einer Ader	– O

Kennzeichnungsbeispiele

Es ergeben sich folgende Bezeichnungsvarianten:

- vieradriges Plastkabel NAYY mit einer grün-gelb gekennzeichneten Ader oder mit Zahlenkennzeichnung J-1-2-3
NAYY-J 4 x 25 re 1 kV TGL 200-1750
- vieradriges Plastkabel NAYY mit einem Leiternennquerschnitt bis 50 mm² und der Farbkennzeichnung bl/sw/br/sw oder mit der Zahlenkennzeichnung 1-2-3-4
NAYY-0.4 x 10 re 1 kV TGL 200-1750
- einadriges Plastkabel NAYY
NAYY 1 x 185 sm 1 kV TGL 200-1750.

4.2.2.2. Kabelbezeichnung

Zweck

Eindeutiger und umfassender Überblick über den speziellen technischen Aufbau eines Kabels, Vermeidung langwieriger Beschreibungen.

Anwendungsbereich

Gilt für alle Kabel nach TGL 200-1750 Bl. 1, außer Kabel für besondere Zwecke.

Verwendete Kurzzeichen und ihre Bedeutung

Erklärung der Buchstaben der Kurzbezeichnung laut TGL 200-1750/01 Ausg. 4.75

Tafel 4.2

Aufbauelemente		Buchstaben
Isolierhülle	PVC-Isolierhülle	Y
	PE-Isolierhülle	2Y
	Öl-Isolierung	Ö
Schirm	Schirm der Ader	H
Konzentrischer Leiter	für 1-kV-Kabel mit einem elektrisch wirksamen Querschnitt mindestens gleich dem Hauptleiterquerschnitt aus	
	Aluminium-Flachdrähten	Fa
	Kupfer-Flachdrähten	Fu
	Aluminium-Runddrähten	Ra
	Kupfer-Runddrähten	Ru
	für Kabel > 1 kV mit einem elektrisch wirksamen Querschnitt nach TGL 200-1750 Bl. 5, Tabelle 4, aus	
	Aluminium	Ca
	Kupfer	Cu

Aufbauelemente		Buchstaben
Mantel	Bleimantel Aluminiummantel PVC-Mantel	K Ka Y
Bewehrung	Stahlbandbewehrung Aluminiumbandbewehrung Hart-PVC-Bandbewehrung Stahlrunddrahtbewehrung Stahlgegenwendel	B Ba By R G
Schutzhülle	einfache Schutzhülle doppelte Schutzhülle PVC-Schutzhülle	A AA Y
Korrosions- schutz	einfacher Korrosionsschutz doppelter Korrosionsschutz	–K ¹⁾ –KK

1) Angabe des Buchstaben entfällt bei Kabeln mit Mänteln oder konzentrischen Leitern aus Aluminium.

Tafel 4.2.a

Ausführung des Leiters	Buchstabe
Eindräftig	e
Mehrdräftig	m
Rund	r
Sektorförmig	s

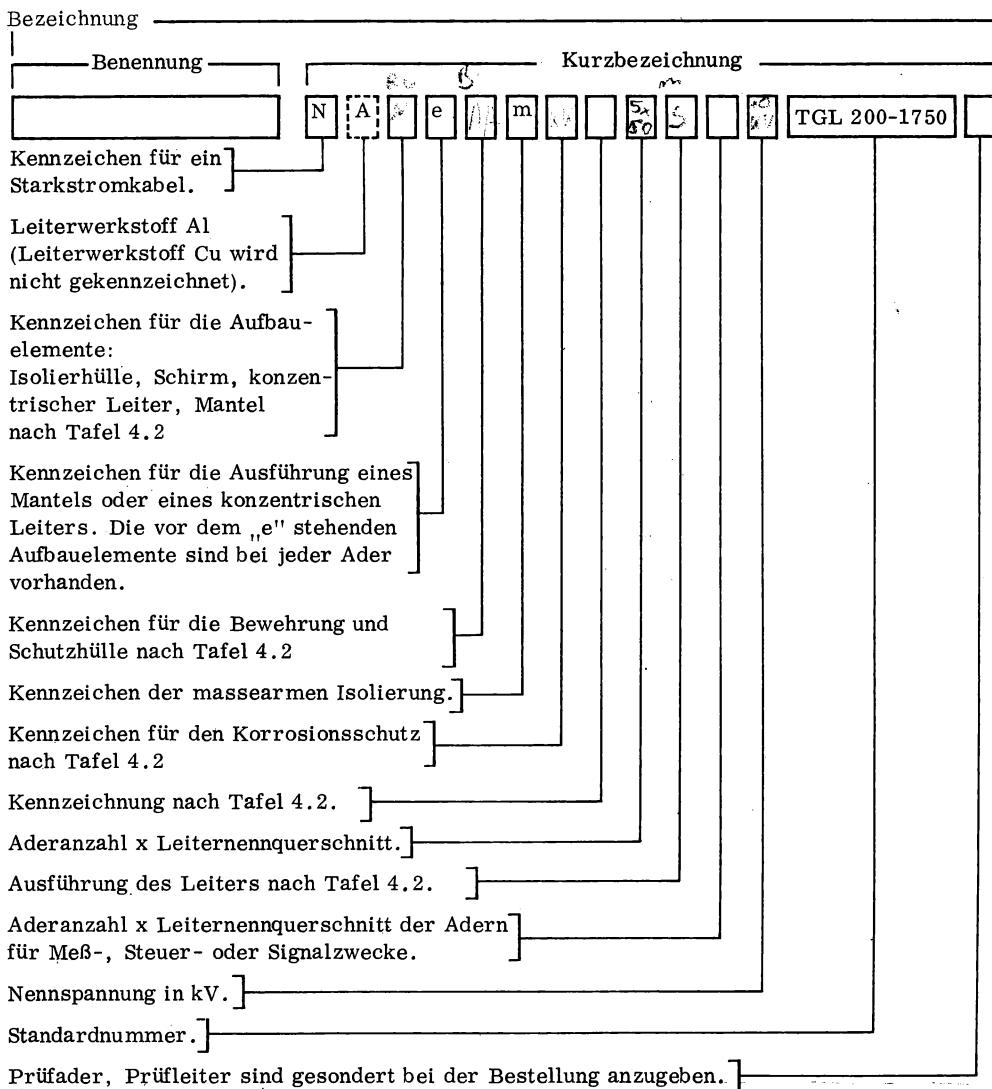
Tafel 4.2.b

Zusätzliche Kennzeichnung der Aufbauelemente	Buchstabe	Anwendungs- beispiel
Offene Bewehrung	o	Ro
Gewelltes Aufbauelement	w	Kaw
Erhärtungszusatz	z	Kz
Vernetzt	v	2Yv
Drallmarkiert	d	YYd

Tafel 4.2.c

1-kV-Kabel	Buchstabe
Mit grün-gelber Ader oder mit der Aderzahl 0	J
Ohne grün-gelbe Ader oder ohne Aderzahl 0	0

Aufbau einer kompletten Kabelkurzbezeichnung



Beispiele:	NYKY	plastisoliertes Kabel mit Cu-Leitern, Bleimantel und Plastschutzhülle
	NAYKY	plastisoliertes Kabel mit Al-Leitern, Bleimantel und Plastschutzhülle
	YYY	plastisoliertes Kabel mit Cu-Leitern und Plastmantel
	NAYY	plastisoliertes Kabel mit Al-Leitern und Plastmantel
	NKY	papiermasseisoliertes Kabel mit Cu-Leitern, Bleimantel und Plastschutzhülle
	NAKY	papiermasseisoliertes Kabel mit Al-Leitern, Bleimantel und Plastschutzhülle

....A	äußere Schutzhülle aus Werggrobarn oder Gewebeband mit zähflüssigen Spülmassen und nichtklebendem Überzug
...Y	mit äußerer Schutzhülle aus PVC
...BA	mit Stahlbandbewehrung und äußerer Schutzhülle aus Werggrobarn oder Gewebeband
...RoA	mit offener Stahlrunddrahtbewehrung und äußerer Schutzhülle aus Werggrobarn oder Gewebeband
...RG	mit Stahlrunddrahtbewehrung und Gegenwendel
...e...	mit einzelnen ummantelten Adern
.....m	massearmes Kabel
.....-K	mit einfachem Korrosionsschutz des Mantels
.....-KK	mit zusätzlichem Korrosionsschutz des Metallmantels
NAYFaY	Plastkabel mit Plastmantel (PVC) und konzentrischem Leiter aus Aluminium-Flachdrähten
...Fu..	konzentrischer Leiter aus Kupfer-Flachdrähten
...Ra..	konzentrischer Leiter aus Aluminium-Runddrähten (s.a. Tafel 4.2.1)
NY2YHCaY	polyäthylenisoliertes Kabel mit Aderschirm, konzentrischem Leiter aus Al-Bändern und Al-Flachdrähten, PVC-Mantel
NAöHKzRoA	Ölkabel mit Al-Leitern, Leiterglättung, Papier-Öl-Isolierung, Aderschirm, Bleimantel, unmagnetisierbare Druckschutzbandage, offener Stahlrunddrahtbewehrung und äußerer Schutzhülle aus Werggrobarn oder Gewebeband mit zähflüssigen Spülmassen und nichtklebendem Überzug.

Hinweis:

Besteht der Leiter aus Kupfer, entfällt im Kurzzeichen das A hinter dem N.

4.2.3. Bauarten

4.2.3.1. Massekabel

Papierisierte Starkstromkabel laut TGL 200-1750 Bl. 6. Ein- oder mehradrige NS- oder HS-Kabel mit massegetränkter oder massearmer Papierisolierung. Sie können einen (alle Adern umfassenden) oder jeweils eine Ader umschließenden Metallmantel haben, außerdem je nach Verwendungszweck darüber noch spezielle Schutzhüllen.

Gürtelkabel	Das fertigungstechnisch einfachste Kabel. Es wird drei- oder vieradrig hergestellt. (Bild 4.2, s. Farbbeilage).
Eigenschaften	Schlechte Wärmeleitfähigkeit des Gürtels verstärkt die Erwärmung des Kabels. Tränkmasse dringt nach außen; es entstehen Hohlräume im Innern. Gefahr der Glimmentladung nimmt zu und wird durch steigende Nennspannung gefördert.
Verwendung	In Anlagen mit Nennspannungen bis 10 kV.

Höchststädter Kabel	Kabel mit Einzelabschirmung der Adern, ohne Gürtel (Bild 4.3, s. Farbbeilage).
Eigenschaften	Durch die gegenseitige Berührung der Abschirmung der Adern und des Metallmantels (elektrisch leitend) werden die elektrischen Felder auf die Aderisolierung beschränkt.
Verwendung	In Anlagen mit Nennspannungen bis 30 kV.
Einleiterkabel	Weicht vom normalen Kabelaufbau ab; Fertigung aufwendig und teuer (Bild 4.4, s. Farbbeilage).
Eigenschaften	Gute Wärmeableitung – dadurch höher strombelastbar, hohe Kurzschlußfestigkeit (bei Legung auf Pritschen, Registern usw. sowie an Kabelaufführungen an Endverschlüssen sind gegebenenfalls besondere Maßnahmen bei der Befestigung der Kabel unter Beachtung der hohen dynamischen Auswirkungen der möglichen Kurzschlußströme anzuwenden), einfache Montage und leichte Reparatur (s. TGL 200-0612/02 Ausg. 3/72). Höhere Zusatzverluste durch magnetische Felder im Innern des Kabels und durch magnetische Beeinflussung mehrerer Kabel untereinander (DS-System).
Verwendung	In GS- und DS-Anlagen für alle Nennspannungen.
Dreimantelkabel	Zusammenfassung von drei Einleiterkabeln – ohne Druckschutz und Bewehrung – zu einem Kabel (Bild 4.5, s. Farbbeilage).
Eigenschaften	Durch die größere Metallmasse (Metallmäntel) wird eine bessere Wärmeableitung erreicht, dadurch gute elektrische Abschirmung der Leiter gegeneinander, Verminderung der Verluste.
Verwendung	In 20-kV- und in 30-kV-Anlagen.

4.2.3.2. Plastkabel

Plastkabel sind Kabel, bei denen Plaste als Isolier-, Füll- und Mantelwerkstoff verwendet werden.

Die Kosten der Fertigung und Verarbeitung von Plastkabeln liegen bedeutend unter denen der herkömmlichen Kabelherstellung und -verarbeitung.

Eigenschaften	Gegenüber Massekabeln: <ul style="list-style-type: none"> • wesentlich geringeres Gewicht • bessere Farbkennzeichnung • höhere Elastizität • leichtere Verarbeitung.
Verwendung	Zur Zeit in Anlagen mit Nennspannungen bis 30 kV.
Hauptarten	der in der DDR hergestellten Plastkabel: <ul style="list-style-type: none"> • Kabel mit Plastisolierung der Adern und Plastinnenmantel, Bewehrung und Außenumhüllung, z.B. NAYBY • Kabel mit Plastisolierung der Adern, konzentrischem Außenleiter und Plastaußenmantel, z.B. NAYFaY.

Die verschiedenen Plastumhüllungen werden zweckentsprechend chemisch zusammengesetzt:

- für reine Isolierzwecke (Spannungsfestigkeit) die Aderisolierung
- für reine Füllzwecke (Ausfüllung von Hohlräumen) das Füllmaterial
- für chemischen und mechanischen Schutz der Außenmantel.

Als Ausgangsstoff für Aderisolierungen und Mäntel hat sich das Polyäthylen (PE) besonders bewährt.

4.2.3.3. Ölkabel für Höchstspannungen

Aufbau den speziellen Umgebungsbedingungen angepaßt (Bild 4.6, s. Farbbeilage).

Eigenschaften

Vom Fertigungszeitpunkt an ständige Gefahr der Hohlraumbildung. Da Hohlräume in den Höchstspannungsbereichen besonders schnell zu Glimmentladungen führen, ist das Kabel ab Fertigung bis zum Montagezeitpunkt ständig unter Überdruck mit Hilfe von Ölkabelöl zu halten. Diese Maßnahmen verteuern das Kabel wesentlich.

Verwendung

Nur für Spannungen ab 110 kV.

4.2.3.4. Kabel für besondere Zwecke

Unter dieser Bezeichnung werden alle Kabel für spezielle Verwendungszwecke zusammengefaßt:

- Schiffsstarkstromkabel TGL 10 829 Ausg. 12/72
NMYCY Entw. 6/75
- Luftkabel TGL 31 973/01-08 Ausg. 2/76
NLAYYT; NLA2YvHCaeYT
- Strahlenbeständige Kabel TGL 31 973/01-08 Ausg. 2/76
NXGG
- Schiffsstarkstromkabel.

Die genannten Kabel unterliegen an ihren Legungsorten außergewöhnlichen Bedingungen. Darunter sind zu verstehen:

hohe thermische und chemische sowie sehr hohe mechanische und Strahlenbeanspruchung.

Diese Kabel erhalten einen besonderen Aufbau.

4.2.3.5. Plastkabel mit mehr als 5 Adern für 1 kV

Für Steuerungs- und Informationszwecke.

Sie unterscheiden sich von den Leistungskabeln durch eine erhöhte Aderanzahl (7 bis 37 Adern) und einen Querschnittsbereich von 1,0 bis 6,0 mm² Cu und 2,5 bis 6,0 mm² Al. Sie werden als Plastkabel hergestellt.

Hinweis:

Für diese Kabel gelten ebenfalls die Kurzbezeichnungen nach TGL 200-1750/05 Ausg. 4/75.

Eigenschaften

Besondere Farbkennzeichnung und eine festgelegte Zählweise für die Adern.

Belastung der Adern auf Grund der sehr schlechten Wärmeableitung (durch Aderhäufung) wesentlich geringer als bei Adern von Mehrleiterkabeln gleichen Querschnitts.

Verwendung

Diese Kabel werden grundsätzlich nur bis zu einer Nennspannung von 1 kV nach TGL 200-1750 hergestellt und verwendet.
In Starkstromanlagen für Meß-, Signal- und Steuerungszwecke.

Tafel 4.3. Aufstellung der Starkstromkabel nach TGL 200-1750
Leistungskabel 1 kV Nennspannung (Massekabel)
nach TGL 200-1750/06 Ausg. 4/75

Kurzzeichen	Ader- anzahl	Leiternennquerschnitt in mm ²
NAKBA und NAKBAm	1 ¹⁾	50 bis 1000
	2	4 bis 25
	3	2,5 bis 400
	4	2,5 bis 400
NAKB und NAKBm	1 ¹⁾	50 bis 1000
	2	4 bis 25
	3	2,5 bis 400
	4	2,5 bis 400
NAKRG und NAKRGm	1 ¹⁾	50 bis 500
	3	2,5 bis 400
	4	2,5 bis 400
NAKRAA und NAKRAAm	3	10 bis 400
	4	10 bis 400
NAKaY (Bild 4.6, s. Farbbeilage)	1	50 bis 1000
	3	2,5 bis 400
NAKYm	1	50 bis 1000
	3	2,5 bis 400
	4	2,5 bis 400

1) Nur für Gleichstrom.

Tafel 4.4.
Leistungskabel 1 kV Nennspannung (Plastkabel)
nach TGL 200-1750/50 Ausg. 4.75

Kurzzeichen	Ader- anzahl	Leiternennquerschnitt in mm ²
NAYY	1	50 bis 1000
	2	2,5 bis 35
	3	2,5 bis 240
	4	2,5 bis 240
	5	2,5 bis 25
NAYYd	3	2,5 bis 35
	4	2,5 bis 35
	5	2,5 bis 25

Fortsetzung der Tafel von Seite 57

Kurzzeichen	Ader- anzahl	Leiternennquerschnitt in mm ²
NAYFaY	3	25 und 50 bis 240
NAYBY	2 3 4	4 bis 10 und 25 2,5 bis 10 und 25 und 50 bis 240 2,5 bis 10 und 25 und 50 bis 240
NAYYRGY	2 3 4	25 25 und 50 bis 240 25 und 50 bis 240
NAYKY	1 2 3 4	50 bis 500 2,5 bis 10 und 25 2,5 bis 10 und 25 und 50 bis 240 2,5 bis 10 und 25 und 50 bis 240
NAYKRGY	1 ¹⁾ 2 3 4	50 bis 500 25 25 und 50 bis 240 25 und 50 bis 240

1) Nur für Gleichstrom

Tafel 4.5

Ader- anzahl	Aderanzahl in Lage			
	1	2	3	4
7	1	6		
10	2	8		
14	4	10		
19	1	6	12	
24	2	8	14	
30	4	10	16	
37	1	6	12	18

Tafel 4.6. Plastkabel mit mehr als 5 Adern, 1 kV Nennspannung nach TGL 200-1750/05 Ausg. 4.75

Kurzzeichen	Ader- anzahl	Leiternennquerschnitt in mm ²
NYN N2YN NYBY NYYRGY NYKY NYKnGY	7 10 14 19 24 30 37	1 bis 6

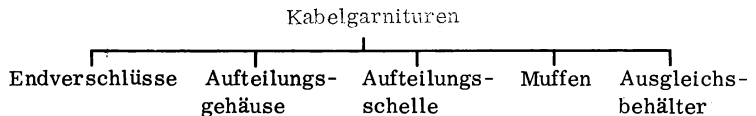
5. Starkstromkabelgarnituren

Jede Kabelanlage besteht aus Kabeln und Kabelgarnituren.

5.1. Allgemeine Aufgabe

Kabelgarnituren haben den Zweck, das Kabelende an seinen Übergangsstellen zu einer anderen Art der elektrischen Leitung sowie die Kabelverbindungen mechanisch und elektrisch zu schützen, das Auslaufen der Kabeltränkmasse und das Eindringen von Feuchtigkeit zu verhindern.

5.2. Kabelgarniturarten



Aufbau richtet sich nach

- verschiedenen Kabelarten
- Leiteranzahl
- Betriebsspannungen
- Verwendung in Freiluft oder Innenraum
- Klimabereichen

5.3. Kurzzeichen für Kabelgarnituren

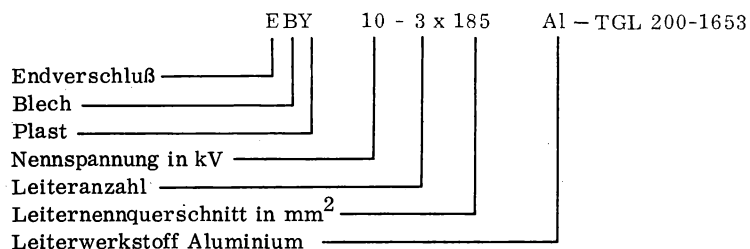
5.3.1. Erläuterung der Kurzzeichen

- Grundsätzlich beginnen die Kurzzeichen für
Endverschlüsse mit dem Buchstaben E
Muffen mit dem Buchstaben M
Aufteilungen } mit dem Buchstaben A
Abschluß }
Ausgleichsbehälter mit dem Buchstaben S.
- Die Verwendung von Endverschlüssen in Innenräumen wird nicht besonders gekennzeichnet, für Freiluft gilt der Buchstabe W (wettersicher).
- Als Buchstabenkurzzeichen für den Leiterwerkstoff Aluminium ist Al und für Kupfer Cu zu verwenden.
- Gießharzgarnituren, die auf Baustellen gegossen werden, sind mit den angeführten Kurzzeichen zu kennzeichnen.
Die Werkstoffangabe ist hinzuzufügen:
e Bei Epoxidharz, z.B. EYe
(s. TGL 200-1653/01 Ausg. 4.76).

5.3.2. Kurzzeichen für Endverschlüsse

A	für auf Baustellen gefertigten Abschluß
B	Blech
E	Endverschluß
E	Einheitsbaureihe, nur am Ende der ersten Buchstaben- gruppe
Ef	für Elektrofilterkabel
G	Guß, z.B. Gußeisen oder Aluminiumgußlegierung
Ggl	Glasgehäuse
K	Klemmsockel
k	gekapselt
Ö	Ölkabel
P	Porzellan
pr	Preßbefestigung
rm/p	rund mehrdrähtig, aus wenigen Profildrähten aufgebaut
s	schwere Ausführung
st	steckbar
T	Transformator-Endverschluß
W	wettersicher, Freiluft; Innenraum wird nicht besonders gekennzeichnet
Y	Plast, Preßmasse, Gießharz Y am Ende eines Buchstabenkurzzeichens bedeutet „Verwendung nur für Plastkabel“ Ausnahme: EBY und EY nur für Massekabel.

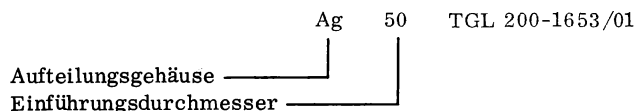
Beispiel:



5.3.3. Kurzzeichen für Aufteilungsgehäuse und Aufteilungsschellen

Ag	Aufteilungsgehäuse
As	Aufteilungsschelle
W	wettersicher, Freiluft
50	Einführungsdurchmesser in mm

Beispiel:



5.3.4. Kurzzeichen für Muffen

A	Aufteilung
B	Kennzeichen für Dreileiter-Verbindungs-muffen, die ohne Verbindungsschutz-muffen verwendet werden

D	Dreileiter – (z.B. MVD Dreileiter-Verbindungs-muffe)
E	Einleiter – (z.B. MVE Einleiter-Verbindungs-muffe)
F	Flansch
G	Gußeisen
H	Hausanschluß
h	Halbschale
Ka	Kabelanschluß
M	Muffe
Ö	Ölkabel
rm	rund mehrdrähtig
rm/p	rund mehrdrähtig, aus wenigen Profildrähten aufgebaut
S	Sperrmuffe
V	Verbindungs-muffe
Y	Plast, Preßmasse, Gießharz
	Y am Ende eines Buchstabenkurzzeichens bedeutet
	"Verwendung nur für Plastkabel"
	Ausnahme: MkaEY nur für Massekabel.

Beispiel:

	MVDAB	76/42	TGL 200-1653
Dreileiter-Verbindungs-muffe			
für Aufteilung ohne Verbindungs-schutz-muffe			
Einführungsdurchmesser			

5.3.5. Kurzzeichen der Ausgleichbehälter

S	Ausgleichbehälter für Massekabel
SÖ	Ausgleichbehälter für Ölkabel

Beispiel:

	S	8,5	TGL 200-1653
Ausgleichbehälter für Massekabel			
max. Volumenspiel in l oder			
max. Betriebsdruck oder			
max. Betriebsdruck/Vorkomprimierung			

5.3.6. Kurzzeichen für Gießformen

Gf	Gießform
120	größter Leiternennquerschnitt in mm ² bei Endverschlüssen
54	Einführungsdurchmesser in mm bei Muffen
60/44	zwei Einführungsdurchmesser in mm bei Muffen

Beispiel:

	MHY	Gf	60/44	TGL 200-1653
Hausanschlußmuffe				
in Plastausführung				
Gießform				
Einführungsdurchmesser				

5.4. Elektrische Felder an Kabelgarnituren

5.4.1. Elektrisches Feld im Kabel

Das elektrische Feld in einem Kabel mit ungeschirmten Adern (Gürtelkabel) bildet sich zwischen den Leitern und von jedem Leiter zum gemeinsamen Metallmantel aus. Das elektrische Feld im Kabel mit Einzeladerschirm, im einadrigen Kabel und im Mehrmantelkabel hat einen einfacheren Feldlinienverlauf. Jede Ader stellt einen Zylinderkondensator dar. Die eine Elektrode bildet den Leiter, die andere die Abschirmung und das Dielektrikum ist die Isolierhülle. Die Feldlinien verlaufen radial vom Leiter zur Schirmhülle.

5.4.2. Elektrisches Feld in Verbindungsmuffen

In Kabeln bis 1 kV ist die Feldstärke so gering, daß eine Schirmung des gesamten elektrischen Feldes nicht notwendig ist. Kabel über 1 kV werden durch leitfähige, geerdete Muffen geschirmt.

5.4.3. Elektrisches Feld im Endverschluß

Das elektrische Feld im Endverschluß ist homogener als im Kabel. Die Feldlinien verlaufen radial bis axial. Bei Nennspannungen ab 10 kV würde ohne geeignete Feldsteuerung das elektrische Feld so stark werden, daß es zu Gleitfunken, Glimmentladungen und Überschlägen kommen kann. Folgende Feldsteuerungsarten werden angewendet:

- ohmsche Feldsteuerung bei PE- und VPE-Kabeln bzw. Leitungstrossen bis 10 kV

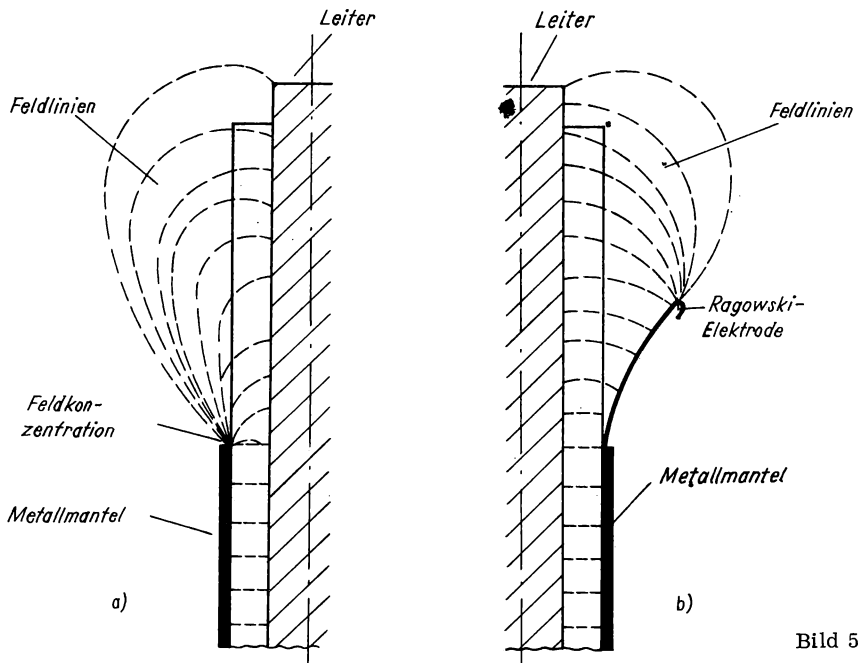
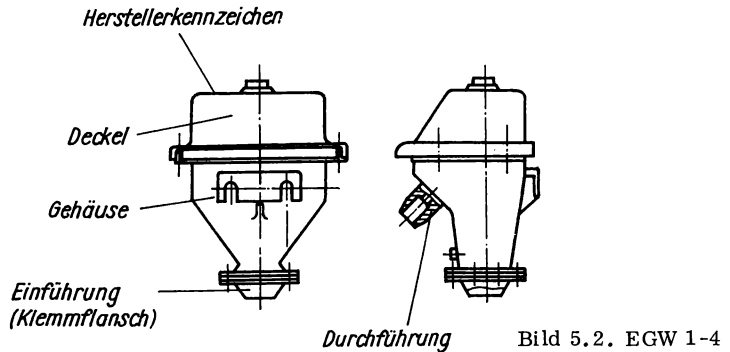


Bild 5.1

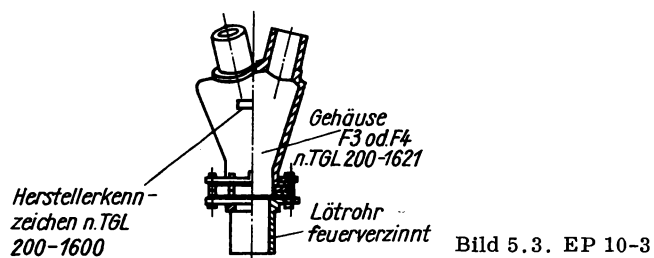
- Ragowski-Elektrode bei Kabeln und Leitungen ab 10 bis 110 kV (Isolierkegel, metallisiert, mit Ringelektrode)
- kapazitive Feldsteuerung bei Kabeln ab 220 kV (Bild 5.1).

5.5. Endverschlüsse

Zweck	Mechanischer und elektrischer Abschluß eines Kabelendes zur Überleitung auf eine andere Leitungsart bzw. auf Schaltgeräte.
Bauarten	
Plastkabel	Wickelabschlüsse – für Innenraum Gießharzabschlüsse – für Freiluft Aufschiebe- und Gehäuseendverschlüsse – für Innenraum und Freiluft.
Massekabel	Gießharzabschlüsse, Schlauchendverschlüsse – für Innenraum Gehäuseendverschlüsse – für Innenraum und Freiluft.
Leitungstrossen	Wickelabschlüsse – für Innenraum Gehäuseendverschlüsse – für Innenraum und Freiluft.
Ölkabel	Gehäuseendverschlüsse – für Innenraum und Freiluft.
	<ul style="list-style-type: none"> ● Vierleiter-Endverschluß EGW 1-4 Wird als Abschluß für Massekabel und Plastkabel bis 1 kV ausschließlich im Freien verwendet. Gehäuse aus Metallgußlegierung mit Porzellandurchführung. Dient als Übergang vom Kabel zur Freileitung.



- Dreileiter-Endverschluß für Massekabel
Verwendung nur in Innenräumen und bis 10 kV Nennspannung.
Das Gehäuse besteht aus hochwertigem Porzellan.



- Dreileiter-Endverschluß für Massekabel
Verwendung im Freien für Nennspannungen von 10 bis 30 kV.
Sockel aus Gußeisen, Isolierkörper aus hochwertigem Porzellan.

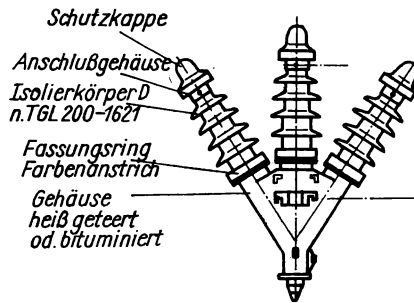


Bild 5.4. EGW 10-3

Tafel 5.1. Auswahl einiger Endverschlüsse für Starkstromkabel
nach TGL 200-1653/05 Ausg. 4.76

Art der Endverschlüsse	Kurzzeichen	Nenn- spannung kV	Leiternenn- querschnitt mm ²	Verwendung Kabelart	Standort
Vierleiter- Endverschluß	EY 0,38 – 61 x 2,5	bis 0,38	kabelseitig bis 2,5	Plastkabel	Innen- und Außenraum
Vierleiter- Endverschluß	EYW 1-4x	1	bis 185	Masse- und Plastkabel	Freiluft
Drei- und Vierleiter- Endverschluß	EGW 1-4x	1	bis 240	Masse- und Plastkabel	Freiluft
Dreileiter- Endverschluß	EP 10-3x	10	bis 185	Massekabel	Innenraum
Dreileiter- Endverschluß	EGgl 10-3x	10	bis 240	Massekabel	Innenraum
Einleiter- Endverschluß	EBY 10-1x 20-1x	10 20	bis 300 bis 240	Massekabel (kein masse- armes Kabel)	Innenraum
Dreileiter- Endverschluß	EBY 10-3x 20-3x	10 20	bis 300 bis 185	Massekabel	Innenraum
Einleiter- Endverschluß mit Gießharzrohr	EY 10-1x 20-1y 30-1x	10 20 30	bis 300 bis 240 bis 185	Massekabel	Innenraum
Einleiter-Endverschluß mit Gießharzrohr, steckbar	EYSt 20-1x 30-1x	20 30	bis 400 bis 300	Massekabel	Innenraum
Einleiter-Endverschluß mit Plastgehäuse, steckbar	EYStY 10-1x 20-1x 30-1x	10 20 30	bis 500	Massekabel	Innenraum
Einleiter-Endverschluß schwere Ausführung	EPs 10-1x 20-1x 30-1x	10 20 30	bis 500	Massekabel	Innenraum

Art der Endverschlüsse	Kurzzeichen	Nennspannung kV	Leiternennquerschnitt mm ²	Verwendung Kabelart	Standort
Dreileiter- Endverschluß	EG 20-3x 30-3x	20 30	bis 400 bis 300	Massekabel	Innenraum
Einleiter- Endverschluß	EPW 10-1x 20-1x 30-1x	10 20 30	bis 500	Massekabel	Freiluft
Einleiter- Endverschluß	EPWY 10-1x 20-1x 30-1x	10 20 30	bis 500	Plastkabel	Freiluft
Dreileiter- Endverschluß	EGW 10-3x 20-3x 30-3x	10 20 30	bis 400 bis 400 bis 300	Massekabel	Freiluft
Einleiter- Endverschluß	EPEf 60-1x	60	für 50	Elektro- filterkabel	Innenraum
Einleiter-Abschluß	AYY 10-1x	10	bis 500	PE-Kabel mit Al-Leiter	Innenraum

5.6. Aufteilungsgehäuse

Zweck Aufteilung von mehradrigen Kabeln mit gemeinsamem Mantel auf die einzelnen Kabeladern.

Bauart Garnitur in zwei Bauarten – mit und ohne Füllstutzen –, die in drei Größen gefertigt werden.

Werkstoffe: Gehäuse – Stahlblech
Deckel – Kupferronde
Rohrstutzen – Kupferrohr

**Anwendungs-
beispiel** Mehradrige Kabel mit gemeinsamem Mantel werden durch das Aufteilungsgehäuse AgW aufgeteilt, um sie mit Einleiter-Kabelendverschlüssen montieren zu können.

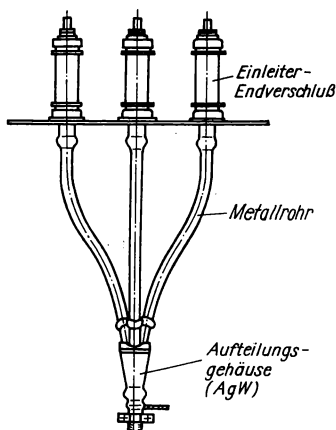


Bild 5.5

Tafel 5.2. Aufteilungsgehäuse AgW nach TGL 200-1653/06 (Auszug)

Kurzzeichen	Nennspannung kV	Leiterquerschnitt mm ²	Verwendung Kabelart
AgW 50	10 20	25 bis 120 50 bis 70	Dreileiter-Massekabel
Agw 65	10 20 30	185 bis 300 120 bis 240 120	Dreileiter-Massekabel
Agw 80	10 20 30	400 300 185 bis 300	Dreileiter-Massekabel

Hinweis:

Montage nur in Verbindung mit Einleiter-Endverschlüssen.

5.7. Aufteilungsschellen

Zweck	Eine Garnitur zur Aufteilung von Dreimantelkabeln, wobei jede Kabelader mit Mantel in einem Einleiter-Endverschluß endet.
Bauart	Garnitur in einer Bauart mit zwei Größen. Werkstoffe: Ober- und Unterteil – Grauguß Deckel – Weichgummi
Anwendungsbeispiel	Herstellung eines sauberen und dichten Übergangs vom geschlossenen Dreimantelkabel zu den einzelnen Mänteln des Kabels.

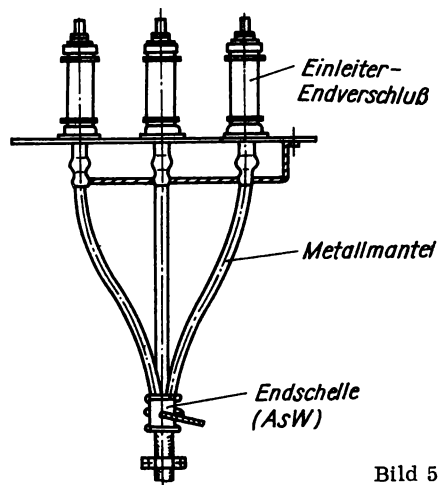


Bild 5.6

Tafel 5.3. Aufteilungsschelle AsW nach TGL 200-1653/06

Kurz- zeichen	Nenn- spannung	Einfüh- rungs- durch- messer	Für Kabel mit einem Durch- messer der Metall- mäntel	Außen- durch- messer	Masse je Stück	Stand- ort
	kV	mm	mm	mm	kg	
AsW 90	bis 30	90	bis 32	bis 85	4	Innen- raum und Freiluft
AsW 110	bis 30	110	bis 42	bis 105	7,4	

5.8. Kabelmuffen

Zweck

Mit Muffen werden zwei Kabelenden miteinander verbunden oder Kabelabzweige hergestellt. Sie schützen die Verbindungsstelle vor chemischen und mechanischen Einflüssen.

Allgemeiner Aufbau

Eine Muffe für Massekabel besteht im wesentlichen aus Gehäuse, Füllmasse und Verbindungseinrichtung (Klemmen).

Bauart

Für verschiedene Anwendungsfälle gibt es unterschiedliche Bauarten der Muffen.

Tafel 5.4

Bauart	Anwendungsfall	Besonderheiten
Ver- bindungs- muffen	alle herkömmlichen Arten der Kabel- bzw. Leitungsverbindungen	—
Haus- anschluß- muffen	zum Abzweigen von Masse- und Plastkabeln	Muffe zweiteilig; Ober- und Unterteil, Hauptkabel braucht nicht geschnitten zu werden
Über- gangs- muffen	Übergang von Massekabel auf PE-isolierte Kabel bzw. auf Leitungstrossen	In den Übergangsmuffen befindet sich ein Sperrwinkel, der das Eindringen von Kabelimprägniermasse des Massekabels in das andere Kabel verhindert
Sperr- muffen	zur Begrenzung des Innendrucks in Öl- oder Massekabelanlagen, besonders auf Strecken mit starkem Höhenunterschied	In der Sperrmuffe befindet sich ein Sperrgehäuse, der Wickel ist bei Massekabeln als Sperrwickel ausgeführt
Kabel- anschluß- muffe	zum Anschluß des Kabels an feststoffisolierter Schaltanlage	Innerhalb der Muffe erfolgt der Übergang zur Isolierung der Schaltanlage
See- kabel- muffe	Verbindungsmuffe, die unter Wasser Seekabel verbindet	Seekabelmuffen sind mit einer Zugentlastung und Ablauftrichter ausgerüstet

Anwendungsbeispiele:

Verbindungsschutz-
muffe MVG

Verwendung für Masse- und Plastkabel in Innenräumen und im Erdreich.

Bei Nennspannungen über 1 bis 10 kV nur mit zugeordneter Verbindungsmuffe im Erdreich verwendbar.

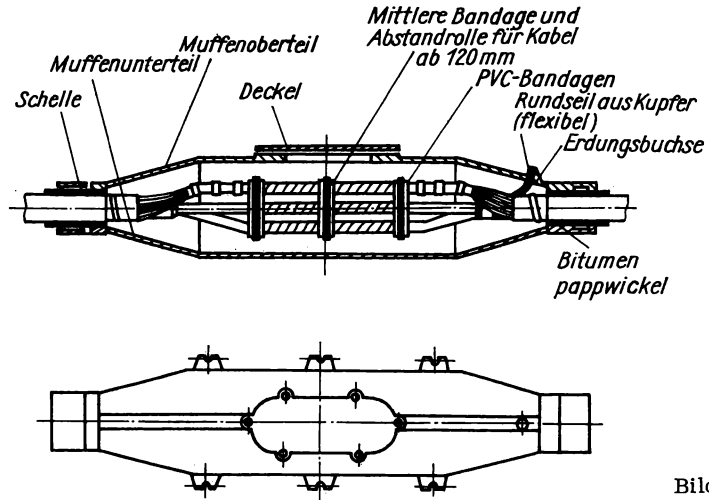


Bild 5.7

Hausanschluß-
muffe MHG

Verwendung für Kabelabzweige, hauptsächlich Hausanschlüsse.
Legung im Erdreich und in Innenräumen.
Nennspannung bis 1 kV.

Werkstoff: Metallguß.

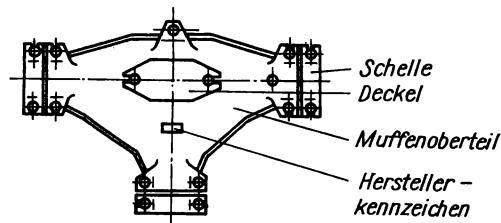


Bild 5.8

Tafel 5.5. Muffen für Starkstromkabel in Anlehnung an TGL 200-1653/07 Ausg. 4.76

Masse- und Plastkabel

Art der Muffe	Kurzzeichen	Nennspannung	Einführungsdurchmesser mm	Leiternennquerschnitt		Verwendung	
		kV		mm ²		Kabelart	Standort
Verbindungsmuffe	MVYh....	1	44 56 71	bis 240		Masse- und Plastkabel	normal durchfeuchteter Erdstoff oder Luft
Verbindungsschutzmuffe	MVG....	1	24 30 37 45 54 64 75 80	1 kV	10 kV	Masse- und Plastkabel	normal durchfeuchteter Erdstoff oder Luft
		10		10 — 25 50 u. 70 120 185 300 400	— — — — 70 120 185 240 u. 300		
Verbindungsmuffe	MV....	1	13 19 26 34 43 53 64	1 kV	10 kV	Metallmantelkabel	feuchter Erdstoff
		10		— — — 50 70 120 300	— — — — bis 70 120 185		
Hausanschlußmuffe	MHYh...	1	40/30	Hauptkabel 240 Abgangskabel 120		Masse- und Plastkabel	normal durchfeuchteter Erdstoff und Luft
Hausanschlußmuffe	MHG...	1	37/70 45/37 54/45 64/54	je nach Kabeldurchmesser		Masse- und Plastkabel	normal durchfeuchteter Erdstoff und Luft
Einleiter-Verbindungsmuffe	MVEY...	10 20 30	26 35	10 und 20 kV 500 30 kV 500		PE-isolierte Plastkabel	Erdstoff oder Luft
Einleiter-Verbindungsmuffe	MVEAY...	10 20 30	26 35	10 und 20 kV bis 500 30 kV 240 30 kV 300 u. 500		PE-isolierte Plastkabel u. Massekabel	Erdstoff oder Luft

Art der Muffe	Kurz- zeichen	Nenn- spannung kV	Einfüh- rungs- durch- messer mm	Leiternenn- querschnitt mm ²			Verwendung Kabelart	Standort
				10 kV	20 kV	30 kV		
Einleiter- Verbindungs- muffe	MVE...	10	25	—	—	—	Masse- kabel	Erdstoff oder Luft
		20	30	500	300	120		
		30	35	—	500	300		
			63	—	—	500		
Dreileiter- Verbindungs- muffe	MVDB...	20	56	20 kV	30 kV		Masse- kabel	Erdstoff oder Luft
			76	70	—			
			95	300	120			
		30		400	300			
Dreileiter- Verbindungs- muffe	MVDEB...	20	42	20 kV	30 kV		Masse- kabel	Erdstoff oder Luft
		30	47	300	185			
				400	400			
Dreileiter- Verbindungs- muffe	MVDAB...	20	76/42	20 kV	30 kV		Masse- kabel	Erdstoff oder Luft
		30	95/47	300	120			
				400	300			
Dreileiter- Verbindungs- muffe	MVDEABY...	20	42	20 kV	30 kV		PE- isolierte Plastkabel und Mas- sekabel	Erdstoff oder Luft
		30	47	185	—			
				400	300			
Dreileiter- Verbindungs- muffe	MVDABY...	10		10 kV	20 kV	30 kV	PE- isolierte Plastkabel u. Masse- kabel	Erdstoff oder Luft
		20	76/42	—	—	—		
		30	95/47	300	185	—		
				500	400	300		
Dreileiter- Sperrmuffe	MDS...	10	36	10 kV	20 kV	30 kV	Masse- kabel	Erdstoff, Luft, Schacht- anlage
		20	44	240	—	—		
		30	48	400	185	—		
				—	400	400		
Dreileiter- Sperrmuffe	MDES...	20	42	20 kV	30 kV		Masse- kabel	Erdstoff, Luft, Schacht- anlage
		30	47	300	—			
				500	500			
Dreileiter- Sperrmuffe	MDAS...	20	76/44	240			Masse- kabel	Erdstoff, Luft, Schacht- anlage
			76/48	400				
			95/48	500				
Kabel- anschlußmuffe	MKaEY...	30	57	Einleiter- bzw. Dreimantelkabel 500 und Dreileiter- Massekabel mit einem Mantel mit AgW 300			Masse- kabel	Luft, in Schalt- anlagen

5.9. Ausgleichbehälter

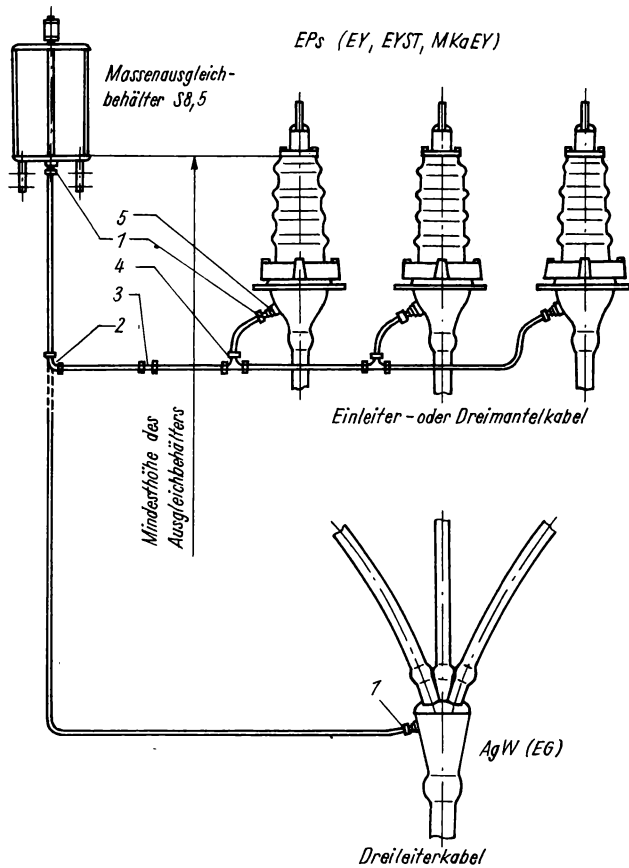
- Zweck** Der Ausgleichbehälter ist eine Garnitur zur Regulierung der Menge der Tränkmasse in Massekabelanlagen oder zum Ausgleich des Öldrucks in Ölkabeln oder Ölkabelanlagen.
- Bauart** Der Masseausgleichbehälter besteht im wesentlichen aus einem temperaturwechselbeständigen Glaszylinder, dem Luftentfeuchter sowie dem Ober- und Unterteil.
- Werkstoffe: Spannstrebe – Rundstahl
Boden, Deckel – Aluminiumgußlegierung
Gehäuse – Geräteglas
- Anwendungsbeispiel** Durch den Einsatz von Ausgleichbehältern für Massekabel kann der Wartungsaufwand der Endverschlüsse erheblich gesenkt und die Betriebssicherheit wesentlich erhöht werden. Bei zweckmäßiger Anordnung des Behälters ist ein gefahrloses Nachfüllen von Kabelimprägniermasse auch während des Betriebs möglich.

Tafel 5.6. Ausgleichbehälter für Massekabel
TGL 200-1653/10 Ausg. 4.76

Kurzzeichen	Benennung	Bemerkungen
S	Ausgleichbehälter für Massekabel für Innenraum zum Masseausgleich an druckdichten Endverschlüssen	Volumenspiel 1500 cm ³
S 8,5	Ausgleichbehälter für Massekabel für Innenraum zum Masseausgleich an druckdichten Endverschlüssen	Volumenspiel 8500 cm ³

Anordnungsbeispiel:

Bild 5.9



- 1 Anschlußstück
- 2 Formbogen
- 3 Verbindungsstück
- 4 Verbindungs-T-Stück
- 5 Anschlußstutzen

6. Legung von Starkstromkabeln

Bei der Kabellegung können durch unvorschriftsmäßigen Transport, durch falsche Lagerung und durch unsachgemäße Legung sowie durch vorschriftswidrige Befestigung Kabelschäden auftreten.

Da bei allen Kabellegungen vorausgesetzt werden muß, daß die Betriebssicherheit der Kabel nicht gefährdet ist, wird in dem DDR-Standard TGL 200-0612 auf folgende Punkte hingewiesen:

- Schutz vor mechanischer Beschädigung, z. B. durch Abdeckhauben, Rohre
- Schutz vor Bodenbewegungen, dauernden Schwingungen
- Schutz vor chemischen Beschädigungen
- Schutz vor zu hoher Erwärmung

Legungstemperatur

Die vorgeschriebene Mindestlegungstemperatur von $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ darf nicht unterschritten werden, weil bei niedrigeren Temperaturen die Kabelisolation und der Mantelwerkstoff brüchig werden. Liegt die Temperatur der zu legenden Kabel unter $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$, so müssen die Kabel in einem 20 bis $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ warmen Raum, z. B. in Vorwärmezelten, etwa 36 bis 48 Stunden, je nach Kabellänge, angewärmt werden.

Außerdem kann das Aufheizen des Kabels durch Widerstandserwärmung der Adern mit Hilfe eines dafür geeigneten Trafos erfolgen. Bei keinem Aufheizverfahren darf die Leitergrenztemperatur nach TGL 200-1750/02 Ausg. 4/75 überschritten werden.

Biegeradien

Wie bei allen Kabellegungen sind sowohl beim Abzug der Kabel von der Trommel wie auch beim Auslegen des Kabels, z. B. bei Kabelschleifen und Kabelanschlüssen, die zulässigen Biegeradien einzuhalten.

Tafel 6.1. Biegeradien für Starkstromkabel

Mantelart	Legung Lage	Mindestkrümmungshalbmesser
Blei- und Aluminiummantel	während der Legung oder Biegung	20 d
	endgültige Lage	15 d
Glatter Aluminiummantel	während der Legung oder Biegung	25 d
	endgültige Lage	20 d
Plastmantel	während der Legung oder Biegung	15 d
	endgültige Lage	10 d

6.1. Kabellegung in Erde, Luft und Wasser

Legung im Erdboden Die Kabellegung in der Erde ist abhängig von den örtlichen sehr verschiedenen und vielfältigen Gegebenheiten.

Legungstiefe Die Breite und die Tiefe eines Kabelgrabens richten sich nach der Anzahl und der Art der Kabel.

Tafel 6.2. Mindestlegetiefe und Kabelabdeckung

Nennspannung	Kabelart	Maße in m		
		Bebautes Gelände mit Abdeckung	Freies Gelände mit Abdeckung	ohne Abdeckung
bis 1000 V	mit konzentrischem Leiter oder Metallmantel	0,45 ¹⁾	0,7 ¹⁾	1,0
	ohne konzentrischen Leiter oder ohne Metallmantel	0,45	0,7	
über 1 kV	Masse- und Plastkabel	0,7		—
	Ölkabel	1,0		

¹⁾ Anstelle der Abdeckung ist vorzugsweise Warnband zu verwenden.

Die Mindestlegetiefe bezieht sich nach Bild 6.6 auf die Unterkante des obersten Kabels in einer Trasse.

Legetiefen von weniger als 0,7 m im öffentlichen Verkehrsraum bedürfen der Zustimmung der zuständigen Straßenverwaltung.

Hinweis:

- Diese Legungstiefen sind Mindesttiefen. Größere Legungstiefen treten auf, wenn schon vorhandene Versorgungsleitungen untergangen werden müssen (Gas, Wasser usw.).
- Kabel werden möglichst nebeneinander und nicht übereinander gelegt.
- Bei Kreuzungen und Näherungen anderer Versorgungsleitungen und Bauteile sind die Mindestabstände nach TGL 200-0612/02 Ausg. 3.72 einzuhalten.

Das Kabel ruht im Kabelgraben auf einer 10 cm dicken Sandschicht. Außerdem wird das Kabel nach seiner Legung mit einer 10 cm dicken Sandschicht bedeckt. Auf diese Sandschicht wird die Kabelabdeckung aufgebracht.

Kabelschutzhauben

Die Kabelschutzhauben bestehen aus Ton oder Beton. Sie bieten einen guten mechanischen Schutz und lassen sich schnell legen. Dabei muß beachtet werden, daß die Kabelschutzhauben mit Sand gefüllt um das Kabel liegen. Besteht ein Hohlraum zwischen Kabel und Schutzkanälen, so tritt ein Wärmestau auf, der die Belastbarkeit stark reduziert.

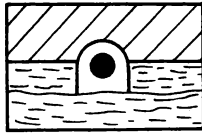


Bild 6.1

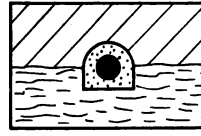


Bild 6.2

Ziegelsteinschutz

Der Ziegelstein als Schutzabdeckung ist billig, und das Abdecken geht leicht und schnell vonstatten.

Betonplattenschutz

Anstelle von Ziegelsteinen können auch Betonplatten verwendet werden. Sie haben die Maße 20 cm x 20 cm. Durch ihre größere Abdeckfläche bilden sie für das Kabel einen besseren Schutz. Bei der Legung von Ölkabeln sollten sie immer Verwendung finden.

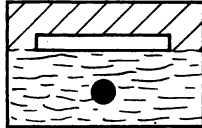


Bild 6.3

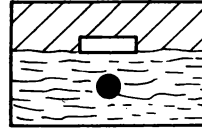


Bild 6.4

Kabelschutzrohre, Kabelformsteine

Werden Kabel in Gebäude eingeführt bzw. unter Straßen, Schienen und befahrbaren Wegen durchgeführt, ist ein hoher mechanischer Schutz erforderlich. Als Schutzrohre werden Ton-, Beton- und Stahlrohre (nicht für Einleiterkabel) verwendet. Sind mehrere Kabel nebeneinander zu legen, werden Kabelformsteine eingesetzt.

Hinweis:

Beim Übergang vom Abdeckschutz zum Schutzrohr muß darauf geachtet werden, daß das Kabel keine Druckstelle erhält oder auf Abscherung beansprucht wird.

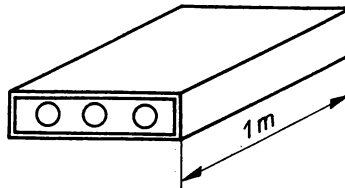


Bild 6.5. Kabelformstein

Kabelanordnung im Erdboden

Werden mehrere Kabel in einen Kabelgraben gelegt, dann ist der seitliche Abstand zwischen den Kabeln von etwa 7 cm einzuhalten. Abweichungen sind möglich.

Werden Hochspannungs- und Niederspannungskabel in einen Graben gelegt, dann werden die Hochspannungskabel tiefer als die Niederspannungskabel angeordnet.

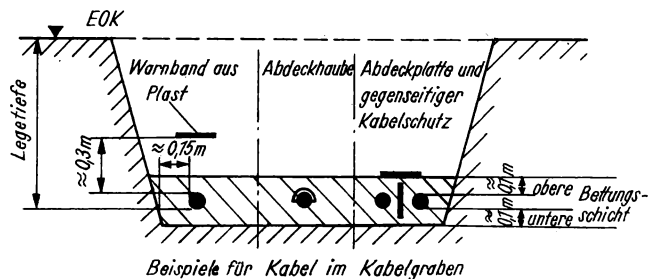


Bild 6.6

Legung in Luft

Kabel sollen von allen Seiten mit Luft umspült werden. Eine vollständige Luftumspülung ist nicht immer möglich, z.B. bei geschlossenen Kabelregistern, Kabellegung im Kanal. Treten solche Fälle auf, so muß eine Belastungsminderung eingerechnet werden.

Kabelanordnung

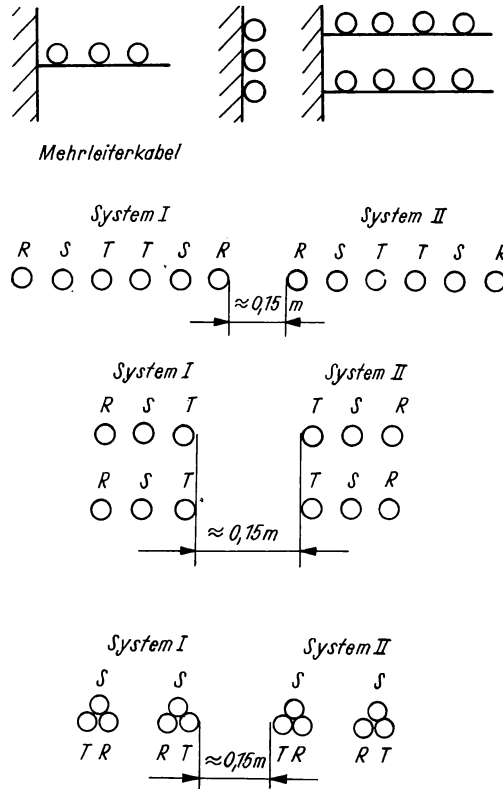


Bild 6.7

Kabelbahnen
übereinander

Hochspannungskabel auf die unteren Register, Niederspannungskabel auf die oberen.

In Kanälen kein Kabel auf die Sohle legen, weil bei Wassereintrich die Bewehrung verrottet.

Hinweis:

Kabel, die dem Schutz, der Überwachung, der Betätigung von Anlagen oder der Informationsübertragung dienen, sind von Kabeln mit Nennspannungen über 1 kV getrennt zu legen,

- bei Anordnung nebeneinander z.B. auf gegenüberliegenden Kanal-seiten oder durch Abschirmen mit Bauteilen, die einen Feuerwiderstand von min. fw = 0,25 besitzen
- bei Anordnung übereinander vorzugsweise durch Legen auf die untersten Pritschen oder Konsolen und Abschirmen durch Bauteile mit einem Feuerwiderstand von min fw = 0,25.

Mehrleiterkabel oder Kabelsysteme mit Nennspannungen über 1 kV sollen nicht in Lagen übereinander angeordnet werden.

Waagerechte
Anordnung

Befestigung erübrigt sich, außer bei Einleiterkabeln, s.S. 55 Kabelbauart Einleiterkabel, weil das Kabel durch seine Masse fest liegt. Der Registerrand wird hochgebogen, damit das Kabel nicht herabfallen kann.

Senkrechte und
schräge Anordnung

Kabel können mit „schnellverlegern“ befestigt werden (Bild 6.8).

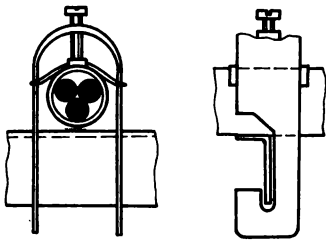


Bild 6.8

Befestigen von Kabeln

Kabel sind so zu befestigen, daß keine ihre Betriebseigenschaften gefährdende Deformierung eintritt. Darüber hinaus ist bei Kabeln auf Decken und Wänden die Ansichtsgüte zu berücksichtigen. Die Forderungen gelten für Mehrleiterkabel als erfüllt, wenn die Werte nach Tafel 6.3 eingehalten werden.

Tafel 6.3. Abstände für Auflage und Befestigung von Mehrleiterkabeln

Abstandsmaß in m			
Metallmantelkabel		Plastkabel	
Auflage waagerecht	Befestigung senkrecht	Auflage waagerecht	Befestigung senkrecht
≤1	≤3	≤1	≤1

Abstände	Damit beim Betrieb kein Wärmestau auftritt, muß ein Mindestabstand von 2 cm zwischen den Kabeln sowie zwischen Kabel und Wand eingehalten werden (s. TGL 200-0612/03 – 5/76).
Einleiter- Wechselstromkabel	Befestigungsschellen müssen aus unmagnetisierbarem Werkstoff sein (sonst zu starke Erwärmung durch Induktion). Es wird imprägniertes Holz oder Aluminium verwendet. Ausnahme: Im Dreieck verlegte, zum gleichen Drehstromsystem gehörende Einleiterkabel können mit Stahlschellen befestigt werden.
Legung in Wasser	Legung von Kabeln durch Binnengewässer (z.B. Flüsse, Seen und Kanäle). Kabellegung im offenen Meer führen Spezialbetriebe mit Legungsschiffen aus.
Legungsarten	<ul style="list-style-type: none">• Legung auf dem Grund stehender Gewässer• Legung in eine durch Bagger ausgehobene Rinne• Legung in Schutzrohre, nur in Bächen, Gräben und kleinen Wasserläufen• Einspülen von Kabeln bzw. Kabelschutzrohren in die Gewässer- sohle (s. TGL 200-0612/02 Ausg. 3/72).
Kabelart	Kabel muß eine starke Bewehrung aufweisen und mit einem guten Korrosionsschutz versehen sein. Gut geeignet ist eine Plastumhüllung oder doppelte Schutzhülle aus getränkten Faserstoffen (AA) (s. TGL 200-0612/03 Ausg. 5/76).

6.2. Kabelzug

Das Legen der Kabel wird mit Hilfe von motorgetriebenen Kabelzuggeräten durchgeführt.

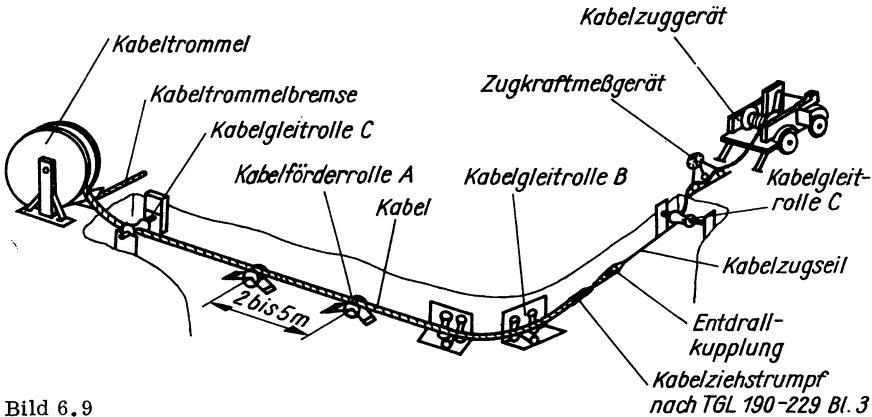


Bild 6.9

Spitzenzug

Kabelziehstrumpf (Stahlgeflechtschlauch mit Zugöse) wird über den Kabelanfang geschoben und daran das Zugseil befestigt. Das Kabel wird nur an der Spitze gezogen (Bild 6.9) (s. TGL 200-0612/17 Aug. 8/69).

Verminderter Spitzenzug

Kabelziehstrumpf wird über den Kabelanfang geschoben, außerdem läuft ein Kabelförderseil parallel zum Kabel, mit dem es verbunden ist.

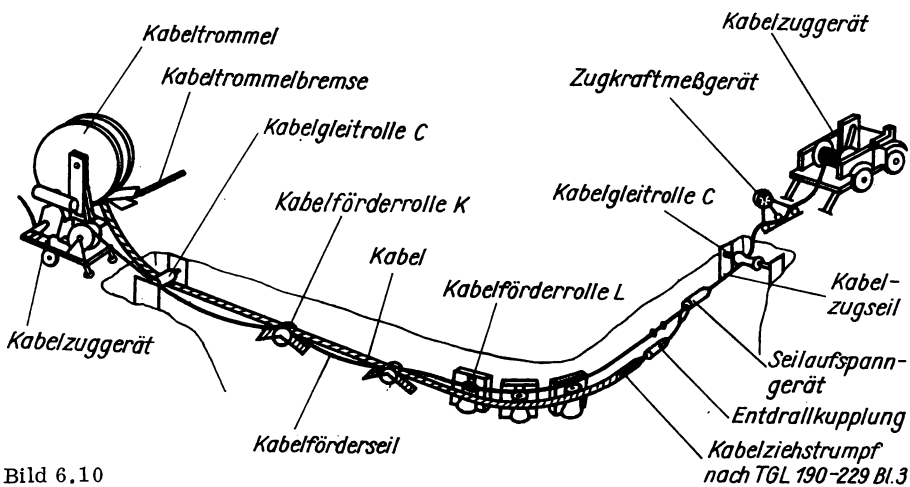


Bild 6.10

Wellenförmige Legung

Um mechanische Spannungen zu vermeiden, muß das Kabel wellenförmig im Kabelgraben liegen (Wellenlänge etwa 6 m). Längenänderungen werden von den Bogen aufgenommen, Besonders vor Kabelarmaturen muß auf eine elastische Kabellegung geachtet werden.

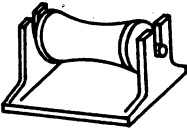
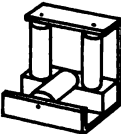
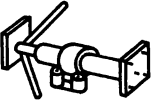

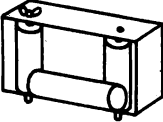
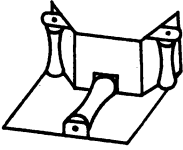
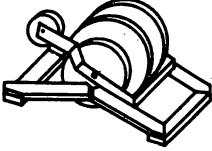
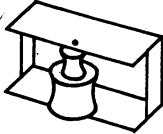
Register und
Kabelbahnen

Da die Auflagepunkte für das Kabel 60 bis 100 cm auseinanderliegen und dadurch die Kabel einen kleinen Durchgang haben, erübrigt sich eine zusätzliche wellenförmige Legung.


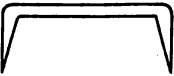
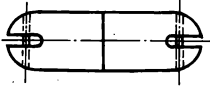
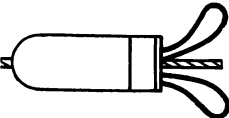

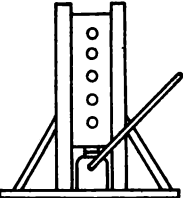
Arbeitsmittel


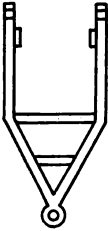
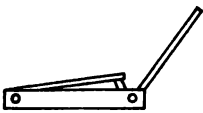

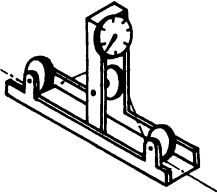
Die Arbeitsmittel, die zur Kabellegung benötigt werden, sind in den nachfolgenden Tafeln nach TGL 190-229 zusammengestellt.

Tafel 6.4. Arten der Kabelgleitrollen

Benennung	Erklärung	Form	Bildliche Darstellung	Bemerkung
Kabel- gleit- rolle	ist eine nichtange- triebene Kabelrolle	A (früher Kabel- ziehrolle)		für geradlinigen Trassenverlauf
		B (früher Kabel- eckrolle)		für Krümmungen im Trassenverlauf; Richtungsänderung in horizontaler Ebene
		C (früher Vertikal- rolle)		für Krümmungen im Trassenverlauf; Richtungsänderung in vertikaler Ebene
		D (früher Kabelrolle, System SAM)		für geradlinigen Trassenverlauf
		E		
		F		für Krümmungen im Trassenverlauf
Kabel- förder- rolle	ist eine angetrie- bene Kabelrolle	K		für geradlinigen Trassenverlauf
		L (früher Kabeleck- förderrolle)		für Krümmungen im Trassenverlauf

Tafel 6.5. Geräte zum Verbinden der Kabel und für den Kabeltrommeltransport

Benennung	Erklärung	Bildliche Darstellung	Bemerkung
Kabel- ziehstrumpf	ist eine Zugeinrichtung, die aus Drahtlitzen röhrenartig geflochten ist und durch Stauchen oder Ziehen in Längsrichtung ihren Durchmesser verändert		nach TGL 190-229 Bl. 3
Kabel- klammer	ist eine Stahlkammer, die in das Kabel eingeschlagen wird und der Übertragung der Zugkräfte vom darübergezogenen Kabelziehstrumpf auf die Leiter der Kabel dient		nach TGL 190-229 Bl. 2
Entdrall- kupplung	ist eine Kupplung, die ein Verdrallen des Kabelzugseils während der Kabellegung verhindert		-
Seil- aufspann- gerät	ist ein Gerät, das auf das Kabelzugseil aufgespannt wird und zur Verbindung des Kabelzugseils mit dem Kabelziehstrumpf oder Kabelziehkopf dient		-
Kabel- ziehkopf	ist ein Gerät, das zur mittelbaren oder unmittelbaren Verbindung des Kabelzugseils mit den Leitern des zu legenden Kabels dient		-
Kabel- trommel- böcke	sind Hebegeräte zum Anheben und Aufbocken von Kabeltrommeln, sie dienen dem Erreichen eines sicheren Standes und einer ausreichenden Bodenfreiheit beim Abrollen des Kabels von der Kabeltrommel		Vorzugsweise sind hydraulisch arbeitende Kabeltrommelböcke anzuwenden
Kabel- trommel- achse	ist eine Achse, die in die Nabe der Kabeltrommel eingeschoben wird und dem Aufbocken und Abrollen der Kabeltrommel dient	-	nach TGL 190-229 Bl. 4

Benennung	Erklärung	Bildliche Darstellung	Bemerkung
Kabel-trommel-setzgerät	ist ein Gerät, das zur Richtungsänderung der Kabeltrommel beim Kabeltrommeltransport von Hand dient		-
Kabel-trommel-transport-gabel	ist ein Transportgerät, das zum Rollen der Kabeltrommeln mit Zugmitteln dient		-
Kabel-trommel-transport-anhänger	ist ein Anhängefahrzeug, das durch seinen konstruktiven Aufbau zum sicheren Heben, Senken, Transportieren und Abtrommeln von Kabeltrommeln dient	-	-
Kabel-trommel-bremsse	ist eine Vorrichtung zum Abbremsen einer aufgebockten Kabeltrommel		
Kabel-führhaken	ist ein Arbeitsmittel, mit dem das Kabel und das Kabelzugseil geführt und in die Kabelrollen eingelegt werden		
Kabel-zugkraft-Meßgerät	ist ein Meßgerät, das durch seinen konstruktiven Aufbau zum Messen der bei einem Kabelspitzenzug auftretenden Zugkraft geeignet ist		

7. Bemessung und Schutz elektrischer Leitungen und Kabel

7.1. Belastungsarten

Tafel 7.1. Angaben, die für die Auswahl einer Leitung oder eines Kabels benötigt werden

Erforderliche Angabenart	Erläuterungen
1. Höhe des Belastungsstroms	Betriebsstrom
2. Höhe der Nennspannung	Nieder-, Mittel- oder Höchstspannung
3. Art des Legungsmediums	Luft, Wasser, Erdboden
4. Art der Legung	Einzellegung, Parallellegung, Bündellegung
5. Legungsort	Innenraum, im Freien und in Erde, in Gewässern, in sumpfigem Gelände, in korrosionsfördernder Umgebung, auf Brücken und bei Höhenunterschieden
6. Umgebungstemperatur	durchschnittliche Betriebswerte
7. Eventuelle mechanische Beanspruchungen	Schlag, Stoß, Druck, Zug, Biegung

Mechanische Belastung

Die Kabel und Leitungen müssen Biege-, Zug- und Druckbeanspruchungen widerstehen.

Mehrfache, unterschiedliche Biegebeanspruchung

Ist möglich durch Aufteilung der Leiter in viele Teilleiter mit kleinem Querschnitt.

Isolation

Muß den Biegebeanspruchungen genügend Zähigkeit und den Zugbeanspruchungen ausreichende Festigkeit entgegensetzen.

Drücke

Werden durch Bandagen bzw. Bewehrungen abgefangen.

Thermische Beanspruchung

Temperatur

Die Temperatur eines Leiters ist von der Stromdichte (gemessen in A/mm^2), dem Werkstoff und der Möglichkeit der Wärmeableitung abhängig.

Leitungen in Bündeln

Wegen schlechter Wärmeableitung dürfen in Bündeln gelegte Leitungen nicht mit der höchstzulässigen Nennbelastung betrieben werden.

Zulässige Erwärmung

Übertemperaturen verursachen Schäden an der Isolation; erhöhte Brüchigkeit, Schrumpferscheinungen oder Verkohlungen; Spannungsfestigkeit ist stark gemindert; Durchschläge mit nachfolgendem Totalausfall der Leitung oder des Kabels sind die Folgen.

Tafel 7.2. Dauerstrombelastbarkeitswerte und höchstzulässiger Nennstrom der Überstrom-Schutzeinrichtungen für
a) bis 3 einadrige Leitungen frei in Luft, gebündelt, in Rohr oder in Leitungskanal, in Frei- oder Flachverdrahtung
b) bis 3 Adern in einer mehradrigen Leitung

Kupferleiter

Leiternenn- querschnitt mm ²	Dauerstrom- belastbarkeit A Anzahl der betriebsmäßig Leitungen oder Adern			Nennstrom der Über- strom-Schutzeinrichtung A		
	1	2	3	1	2	3
0,2	7,0	—	—	6	—	—
0,25	8,5	—	—	6	—	—
0,35	10	—	—	10	—	—
0,5	12	10	9	10	10	6
0,75	16	13	12	16	10	10
1	20	17	15	20	16	10
1,5	26	22	20	25	20	20
2,5	36	31	27	36	25	25
4	50	43	38	50	40	36
6	63	54	50	63	50	50
10	86	74	64	80	63	63
16	117	101	87	100	100	80
25	155	133	116	125	125	100
35	192	165	144	160	160	125
50	240	206	180	224	200	160 X
70	300	259	225	300	250	224
95	365	314	274	355	315	250
120	425	366	319	425	355	315
150	480	413	360	425	400	355
185	542	466	406	500	425	400
240	640	551	480	630	500	425
300	735	633	551	630	630	500

Tafel 7.3. Dauerstrombelastbarkeitswerte und höchstzulässiger Nennstrom der Überstrom-Schutzeinrichtung für

a) bis 3 einadrige Leitungen frei in Luft, gebündelt, in Rohr oder in Leitungskanal, in Frei- oder Flachverdrahtung

b) bis 3 Adern in einer mehradrigen Leitung

Aluminiumleiter

Leiternenn- querschnitt mm ²	Dauerstrom- belastbarkeit			Nennstrom der Überstrom- Schutzeinrichtung		
	A			A		
	Anzahl der betriebsmäßig stromführenden Leitungen oder Adern					
	1	2	3	1	2	3
2,5	27	23	20	25	20	20
4	37	32	28	36	32	25
6	50	43	37	50	40	36
10	67	57	50	63	50	50
16	90	77	67	80	63	63
25	120	103	90	100	100	80
35	148	127	111	125	125	100
50	187	161	140	160	160	125
70	231	200	173	224	200	160
95	282	243	212	250	224	200
120	328	283	246	315	250	224
150	376	325	283	355	315	250
185	430	370	322	425	355	315
240	502	432	376	500	425	355
300	578	497	433	500	425	425

Tafel 7.4. Strombelastungsfaktoren für mehr als

a) 3 einadrige Leitungen, gebündelt, in Rohr oder Leitungskanal

b) 3 Adern in einer mehradrigen Leitung

Anzahl der einadrigen Leitungen oder Adern	Strombelastungsfaktor
4	0,68
5	0,62
6	0,58
7	0,55
8	0,53
9	0,50
10	0,48
15	0,42
20	0,38
25	0,35
30	0,33
35	0,31
40	0,30
45	0,29
50	0,28

Tafel 7.5. Strombelastungsfaktoren bei Häufung von mehradrigen Leitungen

Anzahl der mehr- adrigen Leitungen	Strombelastungsfaktoren bei				
	Bündel- legung frei in Luft oder auf Putz	Legung in Rohr oder Leitungskanal		direkter Neben- einander- anord- nung auf Putz	Neben- und Übereinan- deranordnung auf Pritschen oder in Bau- einheiten
	auf Putz	auf Putz	unter Putz	auf Putz	
2	0,89	0,81	0,77	0,89	0,89
3	0,80	0,75	0,67	0,80	0,80
4	0,73	0,69	0,60	0,73	0,73
5	0,69	0,65	0,54	0,71	0,69
6	0,66	0,62	0,50	0,70	0,66
7	0,63	0,60	0,58	0,69	0,64
8	0,61	0,58	0,45	0,69	0,62
9	0,59	0,56	0,43	0,68	0,60
10	0,57	0,55	0,41	0,68	0,58
15	0,50	0,49	0,36	0,66	0,55
20	0,47	0,46	0,32	0,64	0,52
25	0,44	0,43	0,29	0,62	0,51
30	0,42	0,41	0,27	0,60	0,49
35	0,40	0,40	0,25	0,59	0,48
40	0,39	0,39	0,24	0,58	0,47

Die Strombelastbarkeitswerte nach den Tafeln 7.2 oder 7.3 sind zu multiplizieren bei anderen Umgebungstemperaturen

- als 25 °C für Leitungen mit einer Leitergrenztemperatur bei ungestörtem Betrieb von 60 bis 90 °C mit den Strombelastungsfaktoren nach Tafel 7.6
- als 55 °C für Leitungen mit einer Leitergrenztemperatur bei ungestörtem Betrieb von 180 °C mit den Strombelastungsfaktoren nach Tafel 7.7.

Tafel 7.6. Strombelastungsfaktoren in Abhängigkeit von konstanten Umgebungstemperaturen für Leitungen mit einer Leitergrenztemperatur bei ungestörtem Betrieb von 60 bis 90 °C

Umgebungs- temperatur	Strombelastungsfaktoren für Leitungen mit einer Leitergrenztemperatur von			
	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C
5	1,25			
10	1,19			
15	1,13			
20	1,07			
25	1,0			
30	0,92	0,94	0,95	0,96
35	0,83	0,88	0,89	0,91
40	0,74	0,82	0,83	0,87
45	0,63	0,75	0,77	0,82
50	0,51	0,67	0,71	0,77

Umgebungs- temperatur	Strombelastungsfaktoren für Leitungen mit einer Leitergrenztemperatur von			
	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C
55	0,36	0,58	0,64	0,72
60	—	0,47	0,56	0,66
65	—	0,30	0,48	0,59
70	—	—	0,40	0,52
75	—	—	0,31	0,44
80	—	—	—	0,36
85	—	—	—	0,28

Tafel 7.7. Strombelastungsfaktoren in Abhängigkeit von konstanter Umgebungstemperatur für Leitungen mit einer Leitergrenztemperatur von 180 °C

Umgebungstemperatur °C	Strombelastungsfaktor
55	1,00
60	0,98
70	0,94
80	0,90
90	0,85
100	0,80
110	0,75
120	0,69
130	0,63
140	0,56
150	0,49
160	0,40
170	0,28
175	0,20

Tafel 7.8. Auswahl der Überstrom-Schutzeinrichtungen gegen die Auswirkungen von Kurzschlußströmen

Art der Überstrom- Schutzeinrichtung	Erhöhung des Nennstroms I_n der Überstrom-Schutzeinrich- tung wie nach Tafeln 7.2 oder 7.3 angegeben unter Beach- tung der Strombelastungsfak- toren um	Minstdauerkurzschluß- strom, bezogen auf den Nennstrom der Überstrom- Schutzeinrichtung, die dem Kurzschlußschutz dient
Schmelzsicherungen, thermische oder verzögerte magnetische Überstromauslösung, elektronische Schutzeinrichtungen, z. B. für Stromrichter (Strombegrenzungsregelung)	eine Stufe ¹⁾	$3 I_n$
	zwei Stufen ¹⁾	$4 I_n$
	drei Stufen ¹⁾	$5 I_n$
Unverzögerte magnetische Überstromauslösung	bis zum 14fachen Strom- belastbarkeitswert	$1,3 I_n$

1) Bei Verwendung von überflinken Sicherungen für Halbleiterbauelemente dürfen diese Stufen um zwei weitere Stufen erhöht werden.

Tafel 7.9. Kleinste zulässige Biegeradien

Leitungsart	Leiternenn- querschnitt mm ²	Kleinsten Biegeradius r bei fester Legung und einmaligem Biegen	
			mehrmaligen unmittelbar aufeinander- folgenden Biegungen
Plast- und Sonder- plastaderleitungen	bis 25 35 und 50 größer 50	1 d ¹⁾ 2 d 4 d	—
Gummiader- leitungen	bis 50 größer 50	2 d ¹⁾	
Sondergummi- aderleitungen	beliebig	4 d	
Plastmantel- leitungen			
Fernmeldemantel- Leitungen		5 d	
Flache Plast- mantelleitungen		2 h	
all- gemein Schlauch- leitungen in Auf- zugs- anlagen		4 d	10 d
			15 d
Flache Schlauch- leitungen		4 h	8 h
Stegleitungen		2 h/2 b	—
Sondersteg- leitungen		2 h	
Leuchtröhren- leitungen		4 d	
Leitungstrossen			10 d
Illuminations- leitungen		2 d	—
Leuchtenleitungen		1 d	
Heizleitungen		5 d/5 h	
Schweißleitungen			—

- 1) Bei seltener Biegung darf der kleinste Biegeradius 10 d nicht unterschritten werden.

7.2. Bemessung auf geringe Übertragungsverluste

7.2.1. Bemessung nach dem Spannungsverlust

Spannungsverlust

In Abhängigkeit zur Länge l und zum Querschnitt A sinkt auf einer belasteten Leitung die Speisespannung.

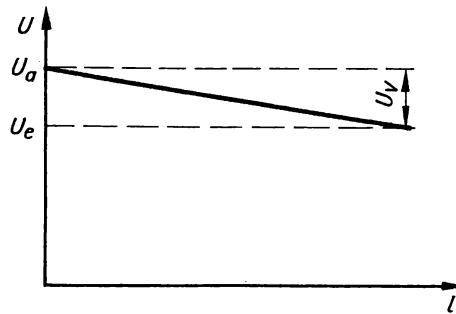


Bild 7.1

U_v Spannungsverlust

U_a Spannung am Anfang der Leitung

U_e Spannung am Ende der Leitung
(Betriebsspannung des angeschlossenen Abnehmers)

$$U_v = U_a - U_e$$

Leitungswiderstand

Gleichstromleitung:

Drahtwiderstand

$$R_L = \frac{l}{\sigma \cdot A}$$

Wechselstrom- und Drehstromleitung:

Neben dem Drahtwiderstand (Wirkwiderstand) sind ein induktiver und ein kapazitiver Leitungswiderstand wirksam.

Induktiver Leitungswiderstand

NS-Leitungen und
Kabel bis 10 kV und
70 mm² Querschnitt

Induktiver Leitungswiderstand vernachlässigbar klein.
Spannungsverlust wird nur mit dem Wirkwiderstand berechnet.

Freileitungen größerer
Länge und Spannung
bis 380 kV

Der induktive Leitungswiderstand ist mit dem Wirkwiderstand zur
Berechnung des Spannungsverlustes heranzuziehen.

Aluminiumkabel 1 kV
Querschnitt ab 120 mm²

Der induktive Leitungswiderstand ist mit dem Wirkwiderstand zur
Berechnung des Spannungsverlustes heranzuziehen.

Kapazitiver
Leitungswiderstand

Ist erst ab 110 kV bei Leitungen und ab 30 kV in Kabelanlagen großer
Länge zu berücksichtigen.

Zur Vereinfachung der Berechnung wird bei den angegebenen
Gleichungen nur der Wirkwiderstand (Drahtwiderstand) der
Leitungen berücksichtigt. Die Ergebnisse weisen hinreichende
Genauigkeit auf.

Ersatzschaltbild der belasteten Leitung

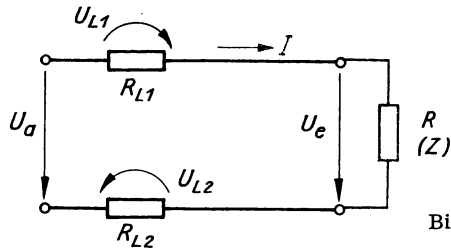


Bild 7.2

R_{L1} Leitungswiderstand, Hinleitung
 R_{L2} Leitungswiderstand, Rückleitung
 R Widerstand des Abnehmers
 (Z) Scheinwiderstand des Abnehmers)

Spannungen der belasteten Leitungen

Spannung am Ende der Leitung (Betriebsspannung)

$$U_e = U_a - (U_{L1} + U_{L2})$$

Spannungsverluste

$$U_{\Delta 1} = I \cdot R_{L1} \quad U_{\Delta 2} = I \cdot R_{L2}$$

bei widerstandsgleicher Hin- und Rückleitung

$$U_{\Delta} = 2 \cdot I \cdot R_L$$

Spannungsverlust auf Gleichstromleitungen

$$U_v = U_{\Delta}$$

$$U_v = 2 \cdot I \cdot R_L$$

$$U_v = \frac{2 \cdot l \cdot I}{\kappa \cdot A}$$

Spannungsverlust auf Wechselstromleitungen

Bei induktiver Belastung $U_v \neq U_{\Delta}$

$$U_{\Delta} = U_v \cdot \cos \varphi$$

$$U_{\Delta} = \frac{2 \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{\kappa \cdot A}$$

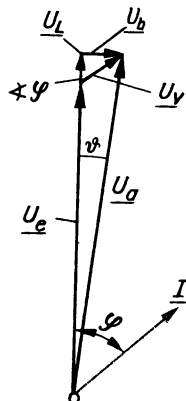
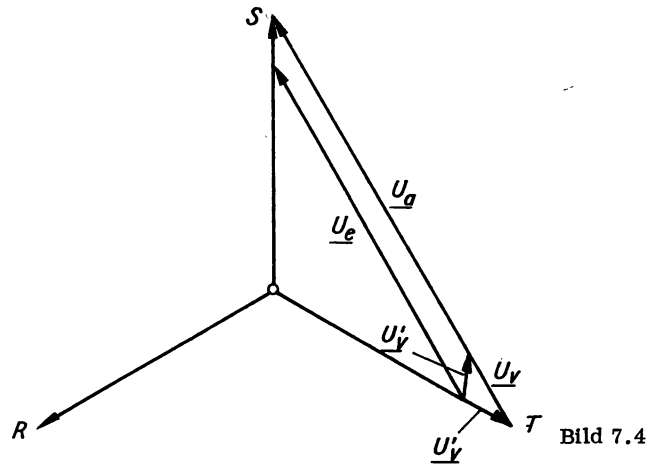


Bild 7.3

Spannungsverlust
auf Drehstrom-
leitungen

- Die Drehstromleitungen werden für symmetrische Belastung bemessen. Der Sternpunktleiter (Rückleitung) ist stromlos:



Der Spannungsverlust ist auf die Leiterspannung zu beziehen:

$$U_{V(3\sim)} = \sqrt{3} \cdot U_v \quad U_{\Delta} = U_v \cdot \cos \varphi$$

$$U_{\Delta(3\sim)} = \sqrt{3} \cdot U_v \cdot \cos \varphi$$

$$U_{\Delta(3\sim)} = \frac{\sqrt{3} \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{\kappa \cdot A}$$

Tafel 7.10. Berechnung des Spannungsverlustes bei Vorgabe

	der Stromstärke	der Leistung
Drehstrom	$U_{\Delta} = \frac{\sqrt{3} \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{\kappa \cdot A}$	$U_{\Delta} = \frac{l \cdot P}{U \cdot \kappa \cdot A}$
Wechselstrom	$U_{\Delta} = \frac{2 \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{\kappa \cdot A}$	$U_{\Delta} = \frac{2 \cdot l \cdot P}{U \cdot \kappa \cdot A}$
Gleichstrom	$U_{\Delta} = \frac{2 \cdot l \cdot I}{\kappa \cdot A}$	

7.2.2. Bemessung nach dem Leistungsverlust

Leistungsverlust

Durch den Leitungswiderstand wird ein Teil der Übertragungsleistung in Wärme umgewandelt.

$$P_v = U_L \cdot I$$

$$P_v = I^2 \cdot R_L$$

Leistungsverlust
auf Gleichstrom-
leitungen

$$P_v = \frac{2 \cdot I \cdot I^2}{\cdot A}$$

Leistungsverlust
auf Wechselstrom-
leitungen

$$P_v = \frac{2 \cdot I \cdot I^2}{\cdot A}$$

Leistungsverlust
auf Drehstrom-
leitungen

Der Leistungsverlust tritt nicht nur in 2 Leitern, wie in den Gleichstrom- und Wechselstromleitungen, sondern in den 3 Außenleitern auf.

$$P_v = 3 \cdot I^2 \cdot R_L$$

$$P_v = \frac{3 \cdot I \cdot I^2}{\cdot A}$$

Tafel 7.11. Berechnung des Leistungsverlustes bei Vorgabe

	der Stromstärke	der Leistung
Drehstrom	$P_v = \frac{3 \cdot I \cdot I^2}{\cdot A}$	$P_v = \frac{1 \cdot P^2}{\cdot A \cdot U^2 \cdot \cos^2 \varphi}$
Wechselstrom	$P_v = \frac{2 \cdot I \cdot I^2}{\cdot A}$	$P_v = \frac{2 \cdot I \cdot P^2}{\cdot A \cdot U^2 \cdot \cos^2 \varphi}$
Gleichstrom		$P_v = \frac{2 \cdot I \cdot P^2}{\cdot A \cdot U^2}$

Tafel 7.12. Wirkwiderstände von Cu- und Al-Kabeln bei 20 °C

Quer- schnitt in mm ²	Wechselstrom 50 Hz Wirkwiderstände		Gleichstrom Wirkwiderstände	
	Cu Ω je km	Al Ω je km	Cu Ω je km	Al Ω je km
10	1,79	3,05	1,785	3,03
16	1,12	1,91	1,115	1,89
25	0,72	1,22	0,715	1,21
35	0,363	0,875	0,510	0,865
50	0,320	0,615	0,355	0,605
70	0,265	0,445	0,255	0,435
95	0,200	0,330	0,190	0,320
120	0,160	0,265	0,150	0,255
150	0,130	0,215	0,120	0,200
185	0,110	0,175	0,096	0,165
240	0,090	0,140	0,075	0,125
300	0,070	0,110	0,060	0,100

7.2.3. Drehstromleitungen

Spannungsverlust und
Leistungsverlust

Spannungsverlust

$$U_{\Delta(3\sim)} = \sqrt{3} \cdot R_L \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$U_{\Delta(3\sim)} = \sqrt{3} \cdot \frac{1 \cdot I \cdot \cos \varphi}{\kappa \cdot A}$$

Der Spannungsverlust bei der Drehstromleitung ist das Produkt aus der Verkettung $\sqrt{3}$, dem Leitungswiderstand R_L und dem Wirkstrom I .

Leistungsverlust

$$P_v = \underbrace{\frac{1}{\kappa \cdot A}}_{R_L} \cdot \underbrace{\frac{P^2}{U^2 \cdot \cos^2 \varphi}}_{3 \cdot I^2}$$

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$P_v = \frac{1 \cdot \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi}{\kappa \cdot A \cdot U \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot \cos \varphi}$$

$$P_v = \frac{1 \cdot (\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi)^2}{\kappa \cdot A \cdot U^2 \cdot \cos^2 \varphi}$$

$$P_v = \frac{3 \cdot I^2}{\kappa \cdot A}$$

$$P_v = 3 \cdot R_L \cdot I^2$$

Bei Wechselstrom- und Drehstromleitungen mit induktivem Widerstand steigt bei Verschlechterung des Leistungsfaktors der Leistungsverlust quadratisch an.

Hinweise zur Bemessung von Starkstromkabeln
(Auszüge aus TGL 200-0612/03 Entw. 5/76):

Ermittlung der zulässigen Strombelastbarkeit

Die zulässige Strombelastbarkeit bei wechselnder Last oder Dauerlast ist nach folgender Formel zu ermitteln:

$$I_{zul} = I_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5$$

Nichtzutreffende Faktoren sind = 1 zu setzen.

Es bedeuten:

- I_{zul} zulässige Strombelastbarkeit in A
 I_T Strombelastbarkeit in A bei WB
 K_1 Faktor zur Berücksichtigung der Dauerlast
 K_2 Faktor zur Berücksichtigung der Umgebungstemperatur
 K_3 Faktor zur Berücksichtigung der Abweichung vom spezifischen thermischen Erdbodenwiderstand
 $K_3 = K_{3.1} \cdot K_{3.2}$
 $K_4 = 0,9$ Faktor zur Berücksichtigung von Kabelschutzhauben
 K_5 Faktor zur Berücksichtigung der Kabelanzahl
 – in Erde
 – in Luft
 – in Röhren oder Kabelkanalformsteinen.

Tafel 7.13. Strombelastbarkeit von ein- und mehradrigen 1-kV-Plastkabeln (Al)



Leiter-nenn-quer-schnitt mm ²	Strombelastbarkeit in A für WB							
	1adrig ¹⁾		2adrig		3- und 4adrig		5adrig	
	Erde	Luft	Erde	Luft	Erde	Luft	Erde	Luft
Al								
2,5	39	27	30	24	24	21	24	21
4	50	37	38	32	32	29	32	29
6	64	50	48	42	41	37	41	37
10	85	67	63	57	54	51	54	51
16	110	88	82	75	70	61	70	61
25	150	120	110	102	95	91	95	91
35	178	145	—	—	115	101	—	—
50	220	180	—	—	146	134	—	—
70	275	225	—	—	180	171	—	—
120	375	325	—	—	235	225	—	—
185	465	420	—	—	295	290	—	—
240	545	500	—	—	340	340	—	—
300	610	570	—	—	385	390	—	—
400	735	710	—	—	—	—	—	—
500	835	815	—	—	—	—	—	—
1000	1240	1285	—	—	—	—	—	—
Faktor K_1	0,80	1	0,80	1	0,80	1	0,80	1
Umgebungs-temperatur	20 °C	25 °C	20 °C	25 °C	20 °C	25 °C	20 °C	25 °C

1) einzeln betriebene einadrige Kabel









Tafel 7.14. Strombelastbarkeit von vieladrigen 1-kV-Plastkabeln (Steuerkabeln) in Abhängigkeit von der Aderzahl

Anzahl der belasteten Adern	Umrechnungsfaktoren für die Belastbarkeitswerte der Tafel 7.10	
	Erde	Luft
7	0,38	0,46
10	0,34	0,40
14	0,30	0,36
19	0,26	0,32
24	0,24	0,29
30	0,22	0,26
37	0,21	0,24

Tafel 7.15. Strombelastbarkeit von einadrigen 1-kV-Plastkabeln in Drehstromsystemen

Leiternenn- querschnitt mm ²	Strombelastbarkeit in A für WB			
				
	Erde	Luft	Erde	Luft
A1				
50	155	145	175	175
70	190	180	210	215
120	260	255	285	310
185	325	335	355	400
240	375	400	410	475
300	420	460	460	540
400	500	565	545	670
500	560	650	610	765
Faktor K ₁	0,72	1	0,72	1
Umgebungs- temperatur	20 °C	25 °C	20 °C	25 °C

Tafel 7.16. Strombelastbarkeit von einadrigen 10-, 20- und 30-kV-Plastkabeln (Al) in Drehstromsystemen

Leiter-nenn-quer-schnitt mm ²	Strombelastbarkeit in A für WB							
	PE-Kabel				VPE-Kabel			
								
	Erde	Luft	Erde	Luft	Erde	Luft	Erde	Luft
Al								
50	155	165	165	185	155	190	165	210
70	185	200	195	220	185	235	195	260
120	250	275	260	305	250	330	260	360
185	320	360	325	395	320	425	325	465
240	380	445	380	480	380	510	380	555
300	425	495	420	545	425	570	420	620
400	480	580	460	625	480	670	460	715
500	535	660	510	700	555	760	510	800
Faktor K ₁	0,76	1	0,77	1	0,76	1	0,77	1
Umgebungs-temperatur	20 °C	25 °C	20 °C	25 °C	20 °C	25 °C	20 °C	25 °C

Tafel 7.17. Strombelastbarkeit von ein- und mehradrigen 1-kV-Massekabeln (Al)

Leiter-nenn-querschnitt mm ²	Strombelastbarkeit in A für WB					
	1adrig ¹⁾		2adrig		3- und 4adrig	
	Erde	Luft	Erde	Luft	Erde	Luft
Al						
2,5	—	—	34	28	31	25
4	—	—	42	35	40	32
6	—	—	54	45	51	41
10	—	—	70	59	67	56
25	—	—	120	100	110	94
50	240	210	—	—	165	145
70	290	265	—	—	190	175
120	410	375	—	—	260	250
185	525	490	—	—	330	330
240	600	575	—	—	385	390
300	690	670	—	—	430	450
400	840	835	—	—	510	555
500	950	960	—	—	—	—
1000	1430	1550	—	—	—	—
Faktor K ₁	0,75	1	0,74	1	0,74	1
Umgebungs-temperatur	20 °C	25 °C	20 °C	25 °C	20 °C	25 °C

1) einzeln betriebenes einadriges Kabel

Tafel 7.18. Strombelastbarkeit von mehradrigen 10-, 20- und 30-kV-Massekabeln (Gürtelkabel, H-Kabel, Mehrmantelkabel)

Leiternenn- querschnitt mm ²	Strombelastbarkeit in A für WB					
	10 kV		20 kV		30 kV	
	Erde	Luft	Erde	Luft	Erde	Luft
Al						
25	90	85	—	—	—	—
50	140	125	140	135	—	—
70	160	150	160	160	—	—
120	220	210	220	220	210	210
185	280	275	280	280	265	270
240	325	325	325	335	310	315
300	365	380	370	380	355	370
400	440	455	435	465	420	450
500	495	525	490	540	460	500
Faktor K ₁	0,83	0,88	0,86	0,88	0,90	0,90
Umgebungs- temperatur	20 °C	25 °C	20 °C	25 °C	20 °C	25 °C

Tafel 7.19. Strombelastbarkeit von 3 im Dreieck angeordneten einadrigen Massekabeln 1, 10, 20 und 30 kV mit Bleimantel oder mit Bleimantel und offener Stahldrahtbewehrung in Drehstromsystemen

Leiter- nenn- quer- schnitt mm ²	Strombelastbarkeit in A für WB							
	1 kV		10 kV		20 kV		30 kV	
	Erde	Luft	Erde	Luft	Erde	Luft	Erde	Luft
Al								
50	170	175	—	—	—	—	—	—
70	205	215	—	—	—	—	—	—
120	280	300	245	255	240	255	225	240
185	355	390	310	330	305	330	285	305
240	410	465	360	390	355	390	330	360
300	465	535	405	450	400	450	370	410
400	550	660	475	550	475	550	440	505
500	615	755	535	630	530	625	495	575
Faktor K ₁	0,67	1	0,77	0,88	0,77	0,88	0,85	0,85
Umge- bungs- tempe- ratur	20 °C	25 °C	20 °C	25 °C	20 °C	25 °C	20 °C	25 °C

Tafel 7.20. Strombelastbarkeit von 3 einzeln nebeneinanderliegenden einadrigen Massekabeln 1, 10, 20 und 30 kV mit Bleimantel oder mit Bleimantel und offener Stahldrahtbewehrung in Drehstromsystemen

Leiter-nenn-quer-schnitt mm ²	Strombelastbarkeit in A für WB							
	1 kV		10 kV		20 kV		30 kV	
	Erde	Luft	Erde	Luft	Erde	Luft	Erde	Luft
Al								
50	190	205	—	—	—	—	—	—
70	225	250	—	—	—	—	—	—
120	310	355	265	295	260	290	240	270
185	390	465	330	380	325	380	305	345
240	440	540	380	445	375	445	345	405
300	495	625	425	515	420	510	385	455
400	580	770	495	625	490	625	450	560
500	640	875	550	720	540	705	500	640
Faktor K ₁	0,67	1	0,78	0,88	0,77	0,88	0,86	0,86
Umgebungs-temperatur	20 °C	25 °C	20 °C	25 °C	20 °C	25 °C	20 °C	25 °C

Tafel 7.21. Strombelastbarkeit von 3 im Dreieck angeordneten einadrigen 1-, 10-, 20- und 30-kV-Massekabeln mit Aluminiummantel in Drehstromsystemen

Leiter-nenn-quer-schnitt mm ²	Strombelastbarkeit in A für WB							
	1 kV		10 kV		20 kV		30 kV	
	Erde	Luft	Erde	Luft	Erde	Luft	Erde	Luft
Al								
50	170	170	—	—	—	—	—	—
70	205	210	—	—	—	—	—	—
120	280	300	240	250	240	250	225	235
185	350	385	300	325	300	325	280	300
240	400	455	345	380	345	380	320	350
300	450	515	385	430	390	435	350	390
400	525	610	450	520	450	520	415	475
500	575	710	500	590	495	585	460	535
Faktor K ₁	0,67	1	0,77	0,88	0,77	0,88	0,85	0,85
Umgebungs-temperatur	20 °C	25 °C	20 °C	25 °C	20 °C	25 °C	20 °C	25 °C

Tafel 7.22. Strombelastbarkeit von 3 einzeln nebeneinanderliegenden einadrigen 1-, 10-, 20- und 30-kV-Massekabeln mit Aluminiummantel in Drehstromsystemen

Leiter-nenn-quer-schnitt mm ²	Strombelastbarkeit in A für WB							
	1 kV		10 kV		20 kV		30 kV	
	Erde	Luft	Erde	Luft	Erde	Luft	Erde	Luft
Al								
50	185	200	—	—	—	—	—	—
70	220	245	—	—	—	—	—	—
120	295	345	250	285	245	280	230	260
185	360	435	300	355	305	360	280	330
240	400	500	340	415	340	415	315	375
300	435	564	370	465	375	470	340	420
400	495	685	420	550	420	555	390	505
500	525	755	455	620	450	615	425	565
Faktor K ₁	0,67	1	0,78	0,88	0,77	0,88	0,86	0,86
Umgebungs-temperatur	20 °C	25 °C	20 °C	25 °C	20 °C	25 °C	20 °C	25 °C

Tafel 7.23. Faktor K₂
Berücksichtigung der Umgebungstemperatur

Umgebungs-temperatur °C	Plastkabel WB und DB		Massekabel						Öl- kabel WB, DB
	PVC, PE	VPE	WB, DB	WB	DB	WB	DB		
			1 kV	10 kV 20 kV	10 kV 20 kV	30 kV	30 kV		
0	Erde	1,18	1,18	1,15	1,20	1,25	1,22	1,34	1,18
	Luft	1,25	1,28	1,20	1,28	1,35	1,31	1,5	12,5
5	Erde	1,13	1,13	1,12	1,15	1,20	1,17	1,26	1,13
	Luft	1,20	1,20	1,17	1,22	1,29	1,25	1,41	1,20
10	Erde	1,08	1,08	1,08	1,10	1,13	1,12	1,18	1,08
	Luft	1,15	1,14	1,13	1,18	1,22	1,20	1,32	1,15
15	Erde	1,04	1,04	1,04	1,05	1,07	1,06	1,1	1,04
	Luft	1,10	1,09	1,08	1,12	1,15	1,14	1,22	1,10
20	Erde	1	1	1	1	1	1	1	1
	Luft	1,05	1,04	1,04	1,06	1,08	1,07	1,12	1,05
25	Erde	0,94	0,94	0,96	0,94	0,93	0,93	0,89	0,94
	Luft	1	1	1	1	1	1	1	1
30	Erde	0,90	0,90	0,91	0,88	0,85	0,87	0,77	0,90
	Luft	0,94	0,96	0,95	0,93	0,91	0,93	0,87	0,94
35	Erde	0,84	0,84	0,87	0,82	0,76	0,79	0,63	0,84
	Luft	0,88	0,92	0,91	0,86	0,82	0,84	0,71	0,88
40	Erde	0,78	0,78	0,82	0,74	0,65	0,71	0,45	0,78
	Luft	0,82	0,88	0,85	0,79	0,71	0,75	0,50	0,82
45	Erde	0,71	0,71	0,76	0,66	0,53	0,61	—	0,70
	Luft	0,74	0,89	0,80	0,71	0,58	0,65	—	0,74
50	Erde	0,63	0,63	0,71	0,58	0,38	0,50	—	0,63
	Luft	0,67	0,78	0,74	0,61	0,41	0,53	—	0,67
55	Erde	0,55	0,55	0,65	0,47	—	0,36	—	0,55
	Luft	0,58	0,74	0,67	0,50	—	0,38	—	0,58

Tafel 7.24. Faktor K_3

Berücksichtigung der Abweichung vom spezifischen thermischen

Erdbodenwiderstand $K_3 = K_{3,1} \cdot K_{3,2}$ **Faktor $K_{3,1}$**

Nennquerschnitt des Leiters Al, Cu		Spezifischer thermischer Erdbodenwiderstand					
mm ²		K · cm · W ⁻¹					
für alle Kabel außer einadrige Kabel mit Al- Mantel oder konzentrischem Leiter aus Al	für einadrige Kabel mit Al- Mantel oder konzentri- schem Al-Leiter	70	100	120	150	200	300
bis 35	von 400 bis 1000	1,10	1	0,96	0,87	0,79	0,70
50 bis 120	von 185 bis 300	1,13	1	0,93	0,85	0,78	0,68
185 bis 300	von 50 bis 120	1,14	1	0,93	0,84	0,76	0,66
400 bis 1000	bis 35	1,15	1	0,92	0,84	0,75	0,65

Faktor $K_{3,2}$ **Plastkabel**

1 kV	einadrig	1	1	1	0,99	0,97	0,93
	mehradrig	0,98	1	1	1	1	1
10 kV	einadrig	0,98	1	1	0,98	0,97	0,96
	mehradrig	0,98	1	1	1,01	1,03	1,04
20 kV	einadrig	0,98	1	1	0,98	0,97	0,97
30 kV	einadrig	0,98	1	1	0,98	0,97	0,97

Massekabel

1 kV	einadrig	1	1	1	0,98	0,97	0,96
	mehradrig	1,01	1	1	1	1	1
10 kV	einadrig	0,99	1	1	1	0,98	0,97
	mehradrig	0,99	1	1	1,01	1,01	1,04
20 kV	einadrig	0,99	1	1	1	1	0,98
	mehradrig	0,98	1	1,01	1,02	1,03	1,03
30 kV	einadrig	0,98	1	1	1	1	0,98
	mehradrig	0,97	1	1,02	1,02	1,03	1,03

Tafel 7.25. Faktor K_5

Berücksichtigung der Belastbarkeitsminderung bei Legung in Rohren oder Kabelkanalformsteinen in Erde

Kabel, Anordnung	Anzahl der Rohre									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mehradrige oder im Dreieck gebündelte einadrige Kabel	0,80	0,72	0,68	0,65	0,63	0,61	0,60	0,59	0,58	0,57
Einadrige 1 Drehstromsystem Kabel in einem Rohr	—	—	0,85	—	—	—	—	—	—	—
2 Drehstromsysteme je Kabel	—	—	—	—	—	0,76	—	—	—	—
3 Drehstromsysteme	—	—	—	—	—	—	—	—	0,72	—

Die Faktoren beziehen sich auf die Tabellenwerte für die Kabellegung in Erde. Sie gelten für Rohre oder Kabelkanalformsteine in waagerechter Anordnung bei gegenseitiger Berührung. Rohrstrecken bis zu 6 m Länge brauchen nicht berücksichtigt zu werden.

Tafel 7.26. Faktor K_5


Berücksichtigung der Belastbarkeitsminderung bei Häufung in Erde für mehradrige Kabel

Mehradrige Kabel und einadrige Gleichstromkabel 1 bis 30 kV		Anzahl der Kabel nebeneinander							
		1	2	3	4	5	6	8	10
	WB	1	0,88	0,80	0,73	0,71	0,67	0,62	0,60
	DB	1	0,83	0,73	0,65	0,61	0,58	0,53	0,51

Lichter Abstand der waagerecht angeordneten Kabel 7 cm.

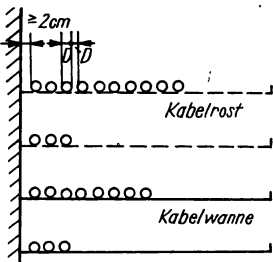
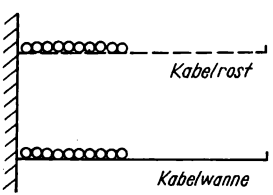
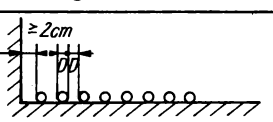
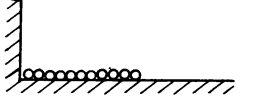
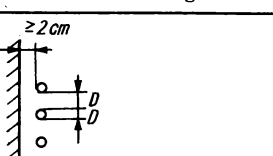

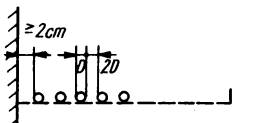
Tafel 7.27. Faktor K_5

Berücksichtigung der Belastbarkeitsminderung bei Häufung in Erde für einadrige Kabel

Plastkabel Massekabel									
		Anzahl der Systeme nebeneinander							
		1	2	3	4	5	6	8	10
	WB	1	0,9	0,85	0,78	0,72	0,69	0,65	0,62
	DB	1	0,85	0,79	0,70	0,64	0,60	0,56	0,53

Tafel 7.28. Faktor K_5

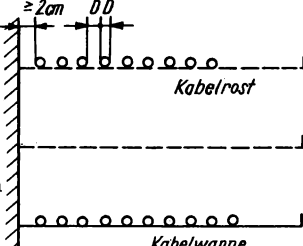
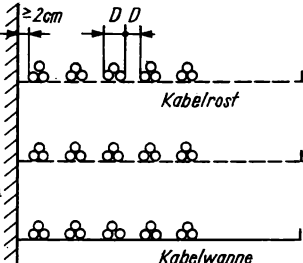
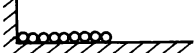
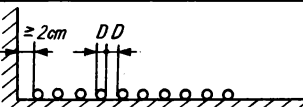
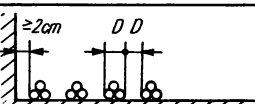

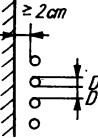
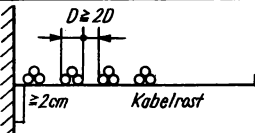
Berücksichtigung der Belastbarkeitsminderung bei Häufung in Luft für mehradrige Kabel und einzeln betriebene einadrige Kabel

Anordnung der Kabel		Anzahl der nebeneinander- liegenden Kabel					
		1	2	3	6	9	
Kabel auf Kabelrosten oder in Kabelwannen liegend							
Bei in Kabel- wannen liegen- den Kabeln sind die Fak- toren zusätz- lich mit 0,9 zu multipli- zieren		Anzahl der Roste/Wannen					
		1	1	0,99	0,98	0,96	0,94
		2	0,98	0,97	0,94	0,92	0,90
		3	0,97	0,96	0,93	0,91	0,89
6	0,96	0,96	0,91	0,89	0,87		
Bei in Kabel- wannen liegen- den Kabeln sind die Fak- toren zusätz- lich mit 0,97 zu multipli- zieren		1	0,95	0,90	0,85	0,81	0,77
		2	0,93	0,84	0,79	0,75	0,72
		3	0,89	0,80	0,75	0,72	0,68
		6	0,87	0,78	0,74	0,70	0,67
Kabel auf dem Boden liegend							
Mit Abstand gegenein- ander		0,90	0,89	0,88	0,86	0,85	
Bei gegen- seitiger Berührung		0,92	0,87	0,82	0,78	0,75	
Kabel an der Wand übereinander angeordnet							
Mit Abstand		Anzahl der Kabel übereinander					
		1	2	3	6	9	
Ohne Abstand		1	0,93	0,89	0,87	0,85	
		0,95	0,80	0,74	0,70	0,68	
Kabelanordnung ohne Reduzierung der Belastbarkeit							
		1,0					

D Kabellaußendurchmesser

Tafel 7.29. Faktor K_5

Berücksichtigung der Belastbarkeitsminderung bei Häufung in Luft für einadrige Kabel in Drehstromsystemen

Anordnung der Kabel		Anzahl der nebeneinander- liegenden Systeme					
		1	2	3	6	9	
Kabel auf Kabelrosten oder in Kabelwannen liegend							
Bei in Kabel- wannen lie- genden Ka- beln sind die Faktoren zusätzlich mit 0,92 zu multiplizieren		Anzahl der Roste/Wannen					
		1	1	0,98	0,96	0,94	0,93
		2	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92
		3	0,95	0,94	0,93	0,92	0,90
		6	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89
Bei in Kabel- wannen lie- genden Ka- beln sind die Faktoren zusätzlich mit 0,9 zu multiplizieren		1	1	0,98	0,97	0,95	0,94
		2	0,98	0,97	0,94	0,92	0,90
		3	0,97	0,95	0,93	0,91	0,89
		6	0,96	0,94	0,91	0,89	0,87
	Kabel auf dem Boden liegend						
			0,84	0,82	0,80	0,79	0,78
			0,92	0,90	0,89	0,87	0,85
			0,90	0,88	0,87	0,86	0,85
Kabel an der Wand übereinander angeordnet							
			0,87	0,84	0,82	0,80	0,79
			0,92	0,89	0,87	0,85	0,84
Kabelanordnung ohne Reduzierung der Belastbarkeit							
			1,0				

Tafel 7.30. Durchschnittliche Erdbodentemperaturen in °C
für das Gebiet der DDR

Legetiefe m	Monat											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
0,45	5	5	5	10	15	20	25	20	20	15	10	5
0,70	5	5	5	10	15	20	20	20	20	15	10	5
1,00	5	5	5	10	15	15	20	20	15	15	10	5

7.3. Schutz von Leitungen und Kabeln durch Sicherungen

7.3.1. Arten und Anwendung

Aufgabe der Sicherung Schützt Leitungen und Kabel vor übermäßiger Erwärmung.

Vorschriften Dem gelegten Leiterquerschnitt ist eine Stromsicherung gemäß den Vorschriften zuzuordnen.

Abschaltfaktor

Zeitliche Verzögerung

Diagramm
NS-Schmelzeinsätze

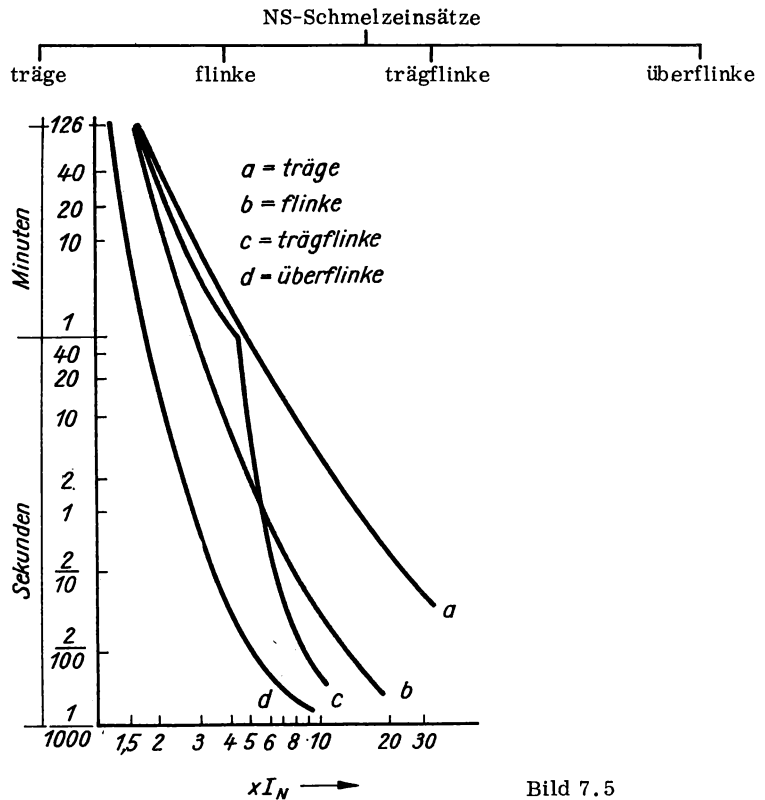


Bild 7.5

Überflinke Schmelzeinsätze	Kurve „d“ Ein Strom von $1,5 \cdot I_n$ bewirkt das Abschmelzen in 2 Stunden. Bei $9 \cdot I_n$ schmilzt die Sicherung in 4/1000 Sekunden. I_n Nennstrom
Träger Schmelzeinsatz	Kurve „a“ Spricht bei $1,5 \cdot I_n$ nicht an, schaltet bei $9 \cdot I_n$ erst nach 1,5 Sekunden ab.
Anwendung	
Träge Schmelzeinsätze	Werden dort eingesetzt, wo technologisch bedingt kurzzeitig hohe Ströme fließen, die aber keine negativen Folgen für die Leitungen haben (Motorenanlaufströme).
Flinke und überflinke Schmelzeinsätze	Werden zum Leitungs- und Geräteschutz verwendet, wo geringfügige Überströme nachteilige Folgen haben. Hinweis: Bei Verwendung von Leitungsschutzschaltern, Bimetall- und Schnell- auslösern ist ein anderer Abschaltfaktor k zu berücksichtigen.

Tafel 7.31. Zuordnung der Abschaltfaktoren zu den Arten der Stromsicherungen (TGL 200-0602 Bl. 3, Seite 18)

Art der Stromsicherung	Abschaltfaktor k	
	in Verbraucheranlagen	in Kabel- und Freileitungsnetzen bis einschließlich Hausanschlußkasten und Sicherung in der Haupt-(Steig-) Leitung
Schmelzsicherungen bis 50 A träge und bis 63 A/flink	3, 5	2, 5
ab 63 A/träge	5	
Schutzschalter oder Relais mit unverzügter (unter 0,5 s) Auslösung, z.B. Kurzschluß-Schnellauslöser	1, 25 (Abschaltstrom = k · Einstellstrom des Kurzschlußauslösers)	
Schutzschalter oder Relais mit verzögerter (ab 0,5 s) Auslösung, z.B. thermische Auslöser, verzögerte magnetische Auslöser	Faktor k ist lfd. Nr. 1 oder 2 zu entnehmen, da Schutzschalter oder Relais mit verzögerter Auslösung nur in Verbindung mit Schmelzsicherungen oder unverzügten Auslösern angewendet werden dürfen	
Leitungsschutzschalter bis 25 A, 380 V, außer Haushalt-Leitungsschutzschalter	3, 5	2, 5
Haushalt-Leitungsschutzschalter bis 25 A, 380 V	2, 5 Unverwechselbarkeit mit Schmelzsicherungen und Leitungsschutzschaltern muß gewährleistet sein.	

Selektivschutz	<p>Selektivität bedeutet Auswahl.</p> <p>Bei Kurzschluß wird nur ein bestimmter Teil der Anlage abgeschaltet.</p>
Unvollkommener Selektivschutz	<p>Abgestufter Leitungsschutz; bei einem Fehler in der Leitung wird der ihr nachgeordnete Abnehmer durch die Sicherung vom Netz getrennt.</p>
Vollkommener Selektivschutz	<p>Abschaltung defekter Leitungen oder Kabel, ohne daß dabei ein Abnehmer oder eine Abnehmergruppe vom Netz getrennt wird.</p> <p>Wird erreicht durch Relaiskombinationen, deren zeitliche Verzögerung aufeinander abgestimmt ist. Voraussetzung ist ein Netz mit mindestens zweiseitiger Einspeisung.</p>

7.3.2. Berechnung des Kurzschlußstroms

Kurzschluß	Überlastung in der höchsten Form.
Kurzschlußstrom	<p>Seine Höhe wird vorwiegend durch die Leiterwiderstände bestimmt.</p> <p>Seine zeitliche sowie größenmäßige Begrenzung erfolgt durch die Stromsicherung.</p>

Kurzschluß in Gleichstromanlagen

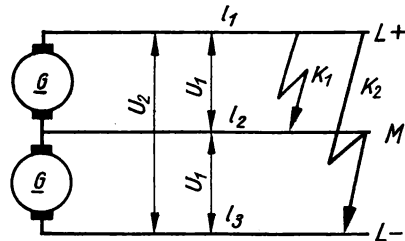


Bild 7.6

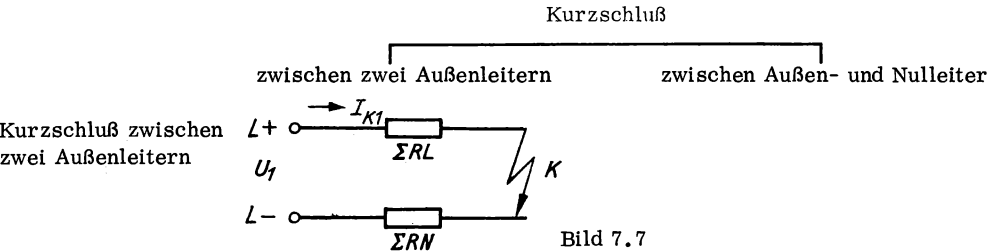


Bild 7.7

$\sum R_L$	Summe der Leiterwiderstände
$\sum R_N$	Summe der Widerstände des Nulleiters
I_K	Kurzschlußstrom
U_1	Spannung zwischen Außen- und Nulleiter
Spannungsverlust	<p>Die gesamte Spannung U_1 fällt über die Leitungswiderstände ab und treibt den Kurzschlußstrom I_K.</p>

$$I_K = \frac{U_1}{\sum R_L + \sum R_N}$$

Kurzschluß zwischen
zwei Außenleitern

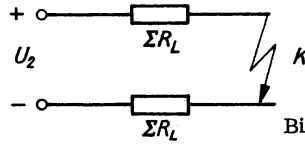


Bild 7.8

$$I_K = \frac{U_2}{2 \sum R_L}$$

$\sum R_L$ Leitungswiderstandssumme
 U_2 Spannung zwischen zwei Außenleitern
 I_K Kurzschlußstrom

Kurzschluß in Dreh-
strom- und Wechsel-
stromanlagen

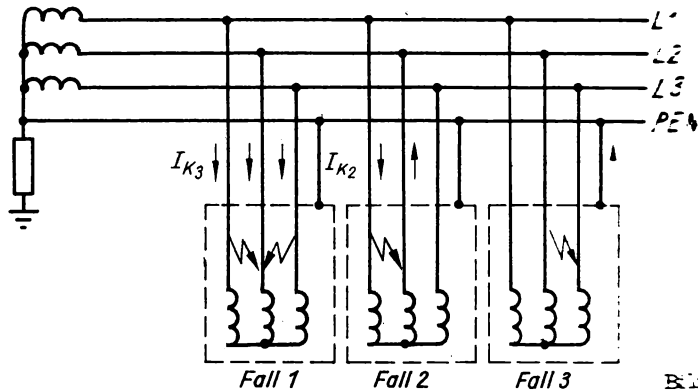


Bild 7.9

Kurzschluß

zwischen
drei
Außenleitern

zwischen
zwei
Außenleitern

zwischen
Außen- und
Nulleiter

Kurzschluß zwischen
drei Außenleitern

$$I_{K3} = \frac{U_L}{\sqrt{3} \cdot Z}$$

Ersatzweise kann man sich diesen Kurzschluß als Sternschaltung von drei gleich großen Scheinwiderständen (Leitungswiderständen) denken.

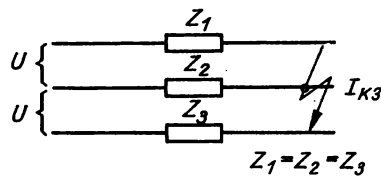


Bild 7.10

Jeder einzelne Leitungswiderstand liegt an der Strangspannung

$$Z_1 = \sqrt{R^2 + X^2}$$

$$I_{K3} = \frac{U_L}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R^2 + X^2}}$$

Bei nennenswertem induktivem Anteil ist ωL einzusetzen.

$$I_{K3} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}$$

Kurzschluß zwischen
zwei Außenleitern

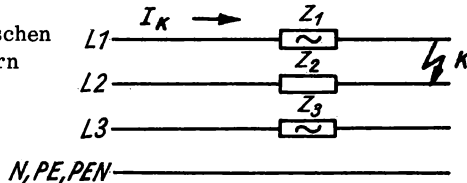


Bild 7.11

$$I_{K2} = \frac{U_L}{Z_1 + Z_2}$$

Kurzschluß zwischen
einem Außenleiter
und dem Nulleiter
(Körperschluß)
bzw. Schutzleiter

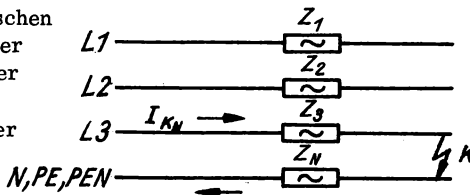


Bild 7.12

$$I_{K1} = \frac{U_L}{\sqrt{3} (Z_3 + Z_N)}$$

Rechenbeispiel

Aufgabe

Eine Unterverteilung wird durch eine Leitung von einer Hauptverteilung gespeist. Länge des $4 \cdot 6\text{-mm}^2\text{-Al}$ -Plastkabels ist 25 m. Stromsicherung nach Belastungsgruppe 2 ist 36 A (eingesetzt als Kurzschlußschutz 63 A).
Nennspannung 380/220 V ~ 50 Hz.
Alle Kurzschlußfälle sind zu überprüfen.

Lösungen

I_a der Sicherung

$$I_a = I_{n_{si}} \cdot k = 63 \text{ A} \cdot 5 = 315 \text{ A}$$

Leitungswiderstand

In NS-Anlagen mit derartig kleinem Querschnitt ist der Blindwiderstand vernachlässigbar klein, so daß $Z = R$ wird.

$$R = \frac{l}{\alpha \cdot A}$$

$$R = \frac{25 \text{ m} \cdot \Omega \text{ mm}^2}{35 \text{ m} \cdot 6 \text{ mm}^2} = \frac{25}{210} = \underline{\underline{0,11 \Omega}}$$

Kurzschluß zwischen
drei Außenleitern

$$I_{K_3} = \frac{U_L}{\sqrt{3} \cdot R_L}$$

$$I_{K_3} = \frac{380 \text{ V}}{1,73 \cdot 0,11 \Omega} = \underline{\underline{2000 \text{ A}}}$$

Die Bedingung $I_K > I_a$ ist erfüllt.

Kurzschluß zwischen
zwei Außenleitern

$$I_{K_2} = \frac{U_L}{R_1 + R_2}$$

$$I_{K_2} = \frac{380 \text{ V}}{0,22 \Omega} = \underline{\underline{1750 \text{ A}}}$$

Die Bedingung $I_K > I_a$ ist erfüllt.

Kurzschluß zwischen
einem Außenleiter
und dem Nulleiter
bzw. Schutzleiter

$$I_{K_N} = \frac{U_L}{\sqrt{3} (Z_3 + Z_N)}$$

$$I_{K_N} = \frac{220 \text{ V}}{0,22 \Omega} = \underline{\underline{1000 \text{ A}}}$$

Die Bedingung $I_K > I_a$ ist erfüllt.

Symbolverzeichnis

A	Leitungsquerschnitt
I	Strom
I_K	Kurzschlußstrom
I_A	Abnehmerstrom
I_1, I_2, I_3	Ströme einzelner Leitungsabschnitte
l	Länge
P	Wirkleistung
P_a	Leistung am Anfang der Leitung
P_e	Leistung am Ende der Leitung
P_{mech}	mechanische Leistung
P_n	Nennleistung
P_v	Leistungsverlust
R	Wirkwiderstand
R_L	Wirkwiderstand der Leitung
S	Scheinleistung
U_a	Spannung am Anfang der Leitung
U_e	Spannung am Ende der Leitung
U_L	Leiterspannung (Spannung zwischen zwei Außenleitern im DS-System)
U_n	Nennspannung
U_v, U_{Δ}	Spannungsverlust
W	elektrische Arbeit
X	Blindwiderstand
Z	Scheinwiderstand
φ	spezifischer Widerstand
κ	spezifischer Leitwert

Sachwörterverzeichnis

- Abschaltfaktor 103f.
- Abspannmast 40
- Ader 48
- Aderkennzeichnung
 - bei 1-kV-Kabeln 50f.
 - isolierte Leitungen 11
 - Starkstromkabel 49f.
- Aderleitung 20
- Aldreysesile 37
- Aluminiumbandbewehrung 52
- Aluminiummantel 52
- Aluminiumprofile 31
- Aluminiumrohre 31
- Aluminiumseile 37
- Anschlußleitung 21
- Aufbauelemente
 - isolierte Leitungen 13
- Aufteilungsgehäuse 65f.
- Aufteilungsschellen 66f.
- Äußere Schutzhülle 49
- Ausgleichbehälter 71
- Banderder 33
- Bandleitung 21
- Bauelemente
 - Starkstromfreileitungen 35
- Belastbarkeit
 - Aluminiumprofile 31
 - Aluminiumrohre 31
 - Kupferprofile 32
 - Kupferrohr 30
 - Rundaluminium 30
 - Rundkupfer 30
- Belastbarkeitsminderung 100ff.
- Belastungsarten 82
- Belastung von Leitungsschienen 27
- Berechnungen
 - des Kurzschlußstroms 105
- Bergwerksgummischlauchleitung 19f.
- Betonplattenschutz 75
- Betriebserdungsleitungen 26
- Bewehrung 49, 52f.
- Biegeradien 73, 87
- Biegsames Isolierrohr 45
- Blanke Leitungen 10, 24f.
- Bleimantel 52
- Blockfundament 42
- Dauerstrombelastbarkeit 83f.
- Deckendurchführung 47
- Drahtwiderstand 88
- Drehstromleitungen 88, 90ff.
- Dreileiter-Endverschluß 63ff.
- Dreileiter-Sperrmuffe 70
- Dreileiter-Verbindungs-muffe 70
- Dreimantelkabel 55
- Drillingsleitung 17f.
- Durchhang 43f.
- Einleiter-Endverschluß 64f.
- Einleiterkabel 55
- Einleiter-Verbindungs-muffe 69f.
- Einleiter-Wechselstromkabel 77
- Einsetzfundament 42
- Eislast 43f.
- Elektrisches Feld an Kabelgarnituren 62
- Endmast 41
- Endseilklemme 39
- Endverschlüsse 63
 - Leitungstrossen 63
 - Starkstromkabel 64
- Energieübertragung 10, 26
- Entdrallkupplung 80
- Erdbodentemperatur 103
- Erdbodenwiderstand 99
- Erder 24
- Erdungsleitungen 24f., 32f.
- Erdungssammelleitung 24
- Fahrleitung 24, 34
- Faktor K_2 98
- Faktor K_3 99
- Faktor K_5 100ff.
- Falzverbinder 37
- Farbkurzzeichen isolierter Leitungen 13
- Fernmeldemantelleitungen 87
- Flachdrähte 51
- Flache Plastmantelleitungen 87
- Flache Schlauchleitungen 87
- Flachprofil 35
- Freileitung 35
- Freileitungsseil 20
- Gabelhängeklemme 38
- Gleichstromleitungen 88f.
- Grenze der Eigentemperatur 22
- Grenzspannweiten bei Leiterseilen 36f.
- Gummiaderleitung 16f., 87

Gummimantelleitung 15
 Gummischlauchleitung 18f.
 Gürtel 48
 Gürtelkabel 54

 Hart-PVC-Bandbewehrung 52
 Hausanschlußmuffen 67ff.
 Haushalt-Leitungsschutzschalter 104
 Heizleitungen 87
 Höchststädter Kabel 55
 Höchstzugspannungen 36
 HS-Isolatoren 39
 HS-Stützer 40

 Illuminationsleitungen 87
 Informationsübertragung 10
 Innere Schutzhülle 48
 Installationsrohre 45ff.
 Isolatoren 35, 39
 Isolierhülle 11, 51, 53
 Isolierrohr, biegsames 45
 Isolierte Leitungen 10ff.
 Aderkennzeichnung 11
 Aufbauelemente 13
 Eigenschaften der Leitung 13
 Eigenschaften des Leiters 13
 Farbkurzzeichen 13
 Isolierhülle 11
 Leitermindestquerschnitte 14
 Leiternennquerschnitt 14
 Mantel 11
 Schutzleiter 11
 Isolierte Starkstromleitungen
 feste Legung 15
 ortsveränderliche Betriebsmittel 17

 Kabel
 Bemessung und Schutz 82
 strahlenbeständige 56
 Kabelabdeckung 74
 Kabelanschlußmuffe 67, 70
 Kabelaufbau von Starkstromkabeln 48
 Kabelbahnen 76
 Kabelbezeichnung 51
 Kabelförderrolle 79
 Kabelformsteine 75
 Kabelführhaken 81
 Kabel für besondere Zwecke 56
 Kabelgarnituren 62
 Kabelgleitrolle 79
 Kabelklammer 80
 Kabellegung
 im Erdboden 74f.
 in Luft 76
 in Wasser 77
 Kabelmuffen 67
 Kabelschutz 74

Kabelschutzhauben 74
 Kabelschutzrohre 75
 Kabeltrommelachse 80
 Kabeltrommelböcke 80
 Kabeltrommelbremse 81
 Kabeltrommelsetzgerät 81
 Kabeltrommeltransport 80
 Kabeltrommeltransportanhänger 81
 Kabeltrommeltransportgabel 81
 Kabelziehkopf 80
 Kabelziehstrumpf 80
 Kabelzug 78
 Kabelzugkraft-Meßgerät 81
 Kapazitive Feldsteuerung 63
 Kappenisolator 39
 Kennfarben
 Betriebserdungsleitungen 26
 Energieübertragungsleitungen 26
 Erdungsleitungen 25
 Schutzerdungsleitungen 26
 Kerbverbinder 37
 Konfektionierte Leitungen 10
 Konfektionierte Starkstromleitungen 21
 Konusabspannklemme 38
 Konusverbinder 37
 Konzentrische Leiter 51, 53
 Kopexrohr 45
 Körperschluß 107
 Korrosionsschutz 52f.
 Kühlung am Flachprofil 27
 Kupfer-Bronze-Stahlseile 37
 Kupferfahrdraht 34
 Kupferprofile 32
 Kupferrohr 30
 Kurzbezeichnung
 isolierte Leitungen 12
 Starkstromkabel 53
 Kurzschlußauslöser 104
 Kurzschlußstrom 86, 105ff.
 Kurzzeichen
 Aufteilungsgehäuse 60
 Ausgleichbehälter 61
 Endverschlüsse 60
 Gießformen 61
 Kabelgarnituren 59
 Muffen 60

 Larssen-Pfahl 42
 Legungstemperatur 73
 Leistungskabel 1 kV
 Massekabel 57
 Plastkabel 57
 Leistungsverlust 90ff.
 isolierte Leitungen 10
 Leiter 48
 Leitergrenztemperatur 85f.
 Leiterisolierung 48

Leitermindestquerschnitte 14
 Leiterseile 35
 Grenzspannweiten 36f.
 Höchstzugspannungen 36
 Leitungen
 Bemessung und Schutz 82
 Energieübertragung 10
 für besondere Zwecke 20
 Informationsübertragung 10
 konfektionierte 10
 Legeverbot 23
 Starkstromanlagen 10
 unter Spannung 23
 Leitungsführung 43f.
 Leitungsmaste 35, 40
 Fundamentarten 42
 Leitungsprofile blanker Leitungen 24
 Leitungsschiene 24, 27
 Belastung 27
 Leitungsschutzschalter 104
 Leitungstrossen 20, 87
 Endverschlüsse 63
 Leitungsverbinder 35, 37
 Befestigungsarmaturen 38
 Leitungswiderstand 88ff.
 Leuchtenleitung 15, 87
 Leuchtröhrenleitung 15, 87
 Luftkabel 56

 Mantel 52f.
 Starkstromkabel 48
 Mantelart 73
 Massearme Isolierung 53
 Masseausgleich 71
 Massekabel 50
 Endverschlüsse 63
 Starkstromkabel 54
 Mastkopfformen 41
 Mehrleiterkabel 77
 Mindestlegetiefe 74
 Mindestquerschnitte
 bei Leiterseilen 35
 bei Seilen 37
 von Erdern 33
 Muffen 69

 Nebelkappenisolator 40
 Nietverbinder 37
 NS-Isolatoren 39
 NS-Schmelzeinsätze 103f.

 Ölkabel 63
 für Höchstspannungen 56

 Pendelauslöseklemme 38
 Pendelhängeklemme 38
 Pilzfundament 42

 Plastaderleitung 16, 87
 Plastisolierung 55
 Plastkabel 16, 50
 Endverschlüsse 63
 mehr als 5 Adern 1 kV 56, 58
 Starkstrom 55
 Plasmantelleitung 16f., 87
 Plastranzrohr 45f.
 Plastriffelrohr 45f.
 Plaströhr 45ff.
 Plastschlauchleitungen 17f.
 PVC-Mantel 52

 Ragowski-Elektrode 63
 Rechteckprofil 24
 Rohrprofil 25, 27
 Röntgenleitung 21
 Rundaluminium 30
 Runddrähte 51
 Rundkupfer 30
 Rundprofil 25, 27, 35

 Sammelschiene 24, 27
 Schäkelisolator 39
 Schiffsstarkstromkabel 56
 Schirm 51, 53
 Schlauchleitung 87
 Schleifleitung 24, 34
 Schmelzsicherungen 104
 Schraubenverbinder 37
 Schutzerdungsleitungen 26
 Schutzhülle 49, 52f.
 Schutzleiter 11
 Schutzrohre 45
 Schutzschalter 104
 Schweißleitung 19f., 87
 Schwellenfundament 42
 Seekabelmuffe 67
 Seilaufspanngerät 80
 Seilmulde 38
 Seilprofil 25
 Seilzugspannung 36
 Selektivschutz 105
 Sicherungen 103
 Silikongummiaderleitung 15
 Silikongummischlauchleitung 18
 Sondergummiaderleitung 16f., 87
 Sonderplastaderleitung 16f., 87
 Sonderstegleitung 15, 87
 Spannung
 Starkstromkabel 49
 Spannungsverlust 88ff., 92, 105
 Sperrmuffen 67
 Spitzenzug 78
 Staberder 33
 Stahl-Aluminium-Seile 37
 Stahlbandbewehrung 52

Stahlfahrleitung 34
 Stahlgegenwendel 52
 Stahlpanzerrohr 45ff.
 Stahlrohr 45
 Stahlrunddrahtbewehrung 52
 Stahlschlauch 45
 Stahlstromschiene 34
 Stakufahrleitung 34
 Starkstromfreileitungen 35
 Starkstromkabel 48f.
 Abdeckung 74
 Ader 48
 Aderkennzeichnung 49f.
 äußere Schutzhülle 49
 Betonplattenschutz 75
 Bewehrung 49
 Biegeradien 73
 Endverschlüsse 64
 Gürtel 48
 innere Schutzhülle 48
 Kabelaufbau 48
 Kabelbahnen 76
 Kabelkurzbezeichnung 53
 Kabelschutz 74
 Legung 73ff.
 Plastkabel 55
 Spannung 49
 Starkstromkabelgarnituren 59
 Starkstromleitungen
 konfektionierte 21
 Temperaturbereiche 22
 Stegleitung 15, 87
 Strahlenbeständige Kabel 56
 Stromart 109
 Strombelastbarkeit
 1-kV-Massekabel 95
 1-kV-Plastekabel 93f.
 Erdungsleitungen 33
 in Drehstromsystemen 94f.
 Massekabel mit Aluminiummantel 97f.
 Massekabel mit Bleimantel 96f.
 Starkstromkabel 92f.
 10-, 20-, 30-kV-Massekabel 96
 Strombelastungsfaktor 84ff.
 einadriger Leitungen 84
 mehradriger Leitungen 85
 Stromschiene 24, 27
 Stützerisolator 39

 Temperaturbereiche 22
 Tragmast 40

 Übergangsmuffen 67
 Überstrom-Schutzeinrichtung 83f., 86
 Übertragungsverluste 88
 Umgebungstemperatur 85f., 98
 U-Profil 25, 27

 Verbindungsleitung 21
 Verbindungsmuffen 67ff.
 Verbindungsschutzmuffe 69
 Vierleiter-Endverschluß 63f.
 Vollkernisolator 40

 Wanddurchführung 47
 Wechselstromleitung 88f.
 Wellenförmige Legung 78
 Werkstoffe
 Aufteilungsgehäuse 65
 Aufteilungsschellen 66
 Ausgleichbehälter 71
 Erdungsleitungen 32
 Isolatoren 39
 Schleifleitungen 34
 Widerstandsmomente von Leitungsschienen 27
 Winkelmast 40
 Wirkwiderstände 91

 Ziegelsteinschutz 75
 Zwillingsleitung 17



Bild 2. 2

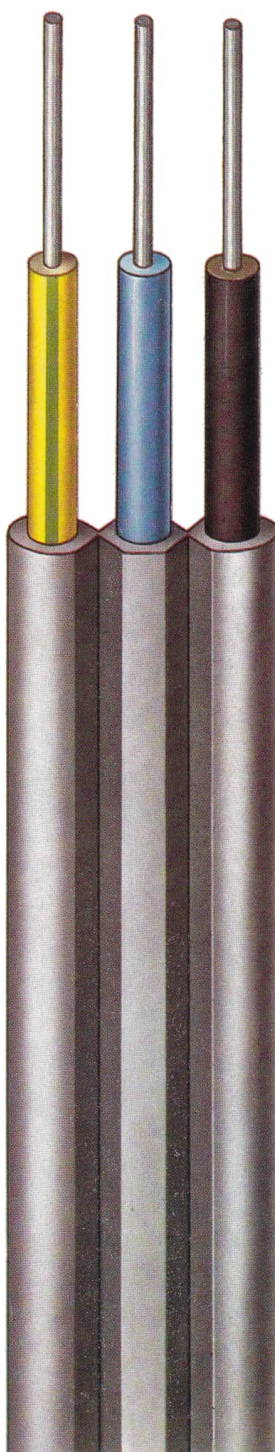


Bild 2. 3

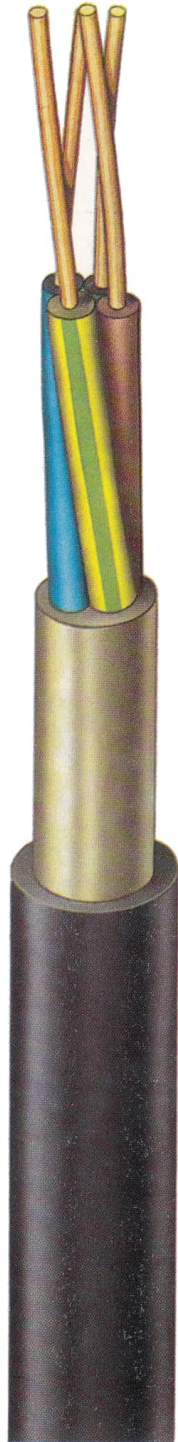


Bild 2.4

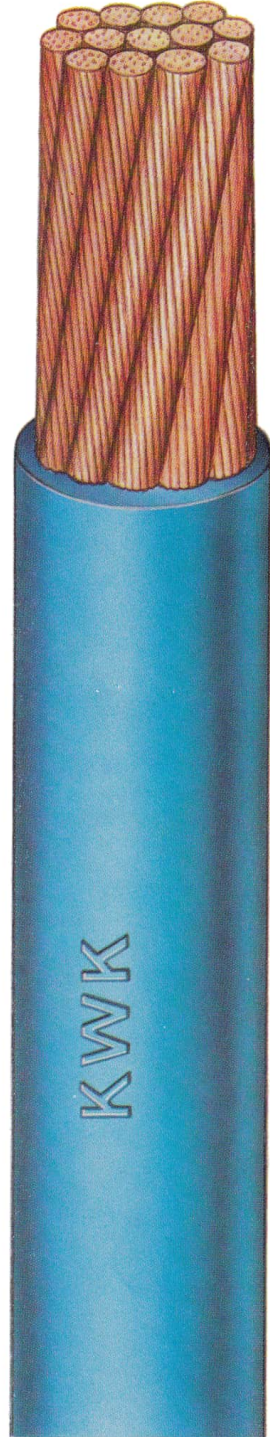


Bild 2.5



Bild 2.6

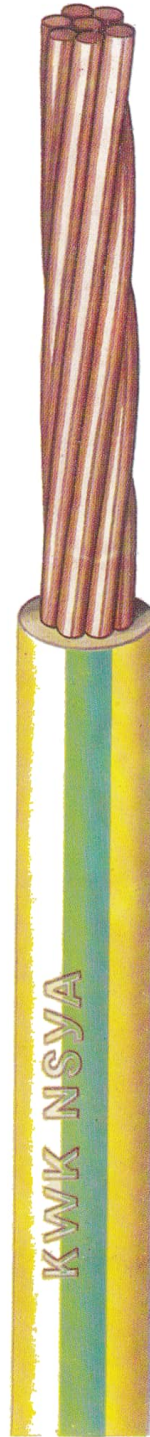


Bild 2.7



Bild 2.8



Bild 2.9



Bild 2.10



Bild 2.11



Bild 2.12



Bild 2.13

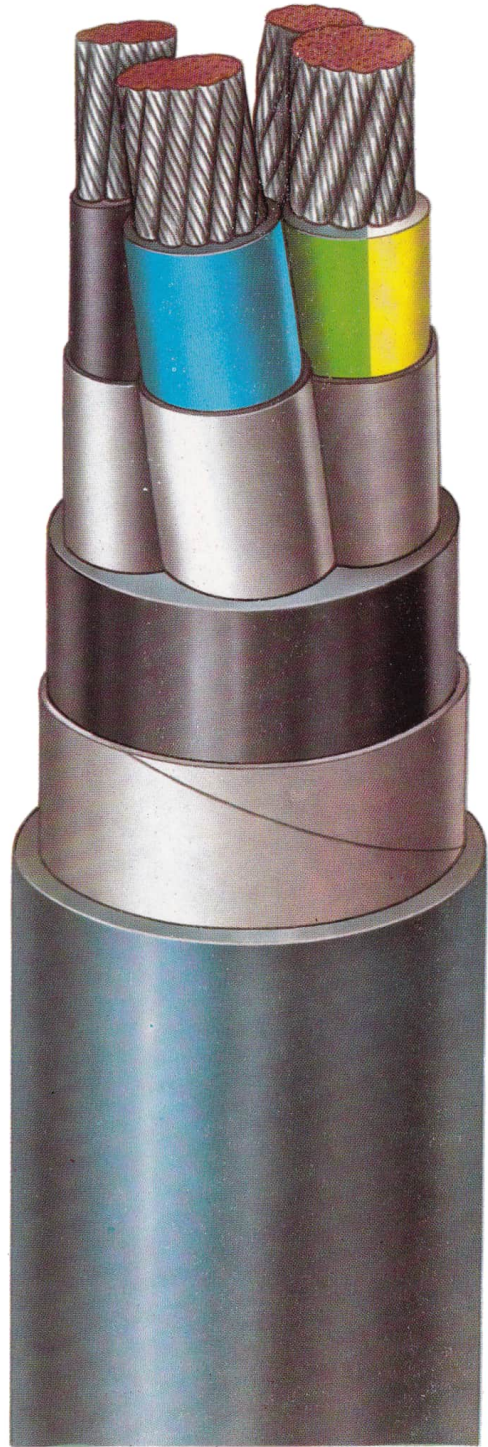


Bild 2.14

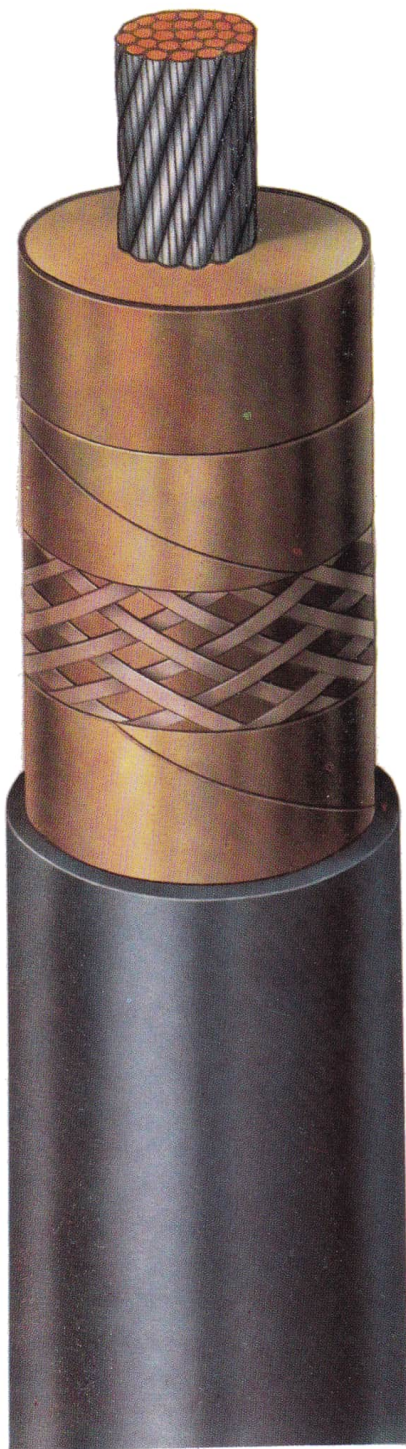


Bild 2.15



Bild 2.16



Bild 2.17

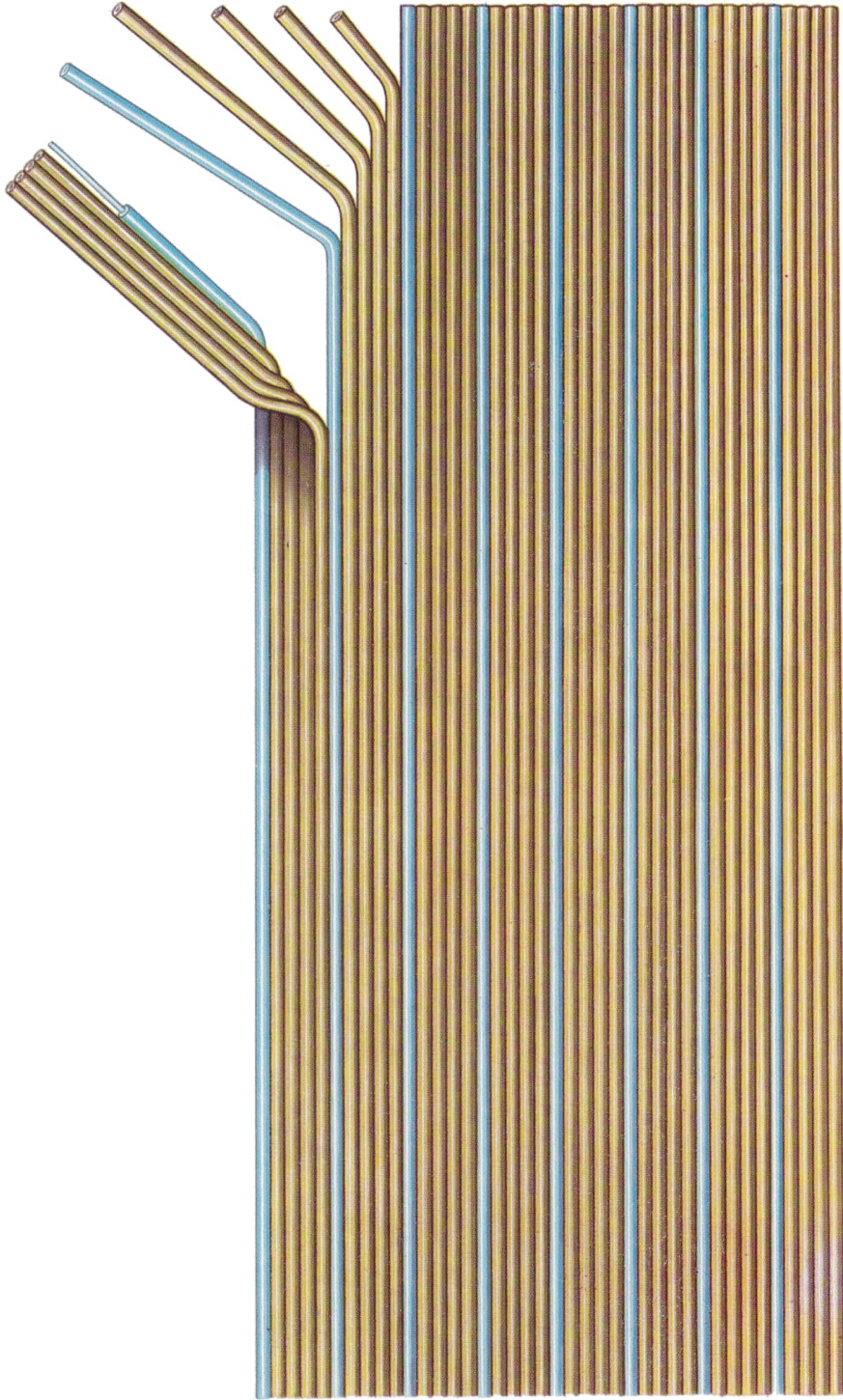


Bild 2.18



Bild 2.19



Bild 2.20



Bild 2.21



Bild 2.22

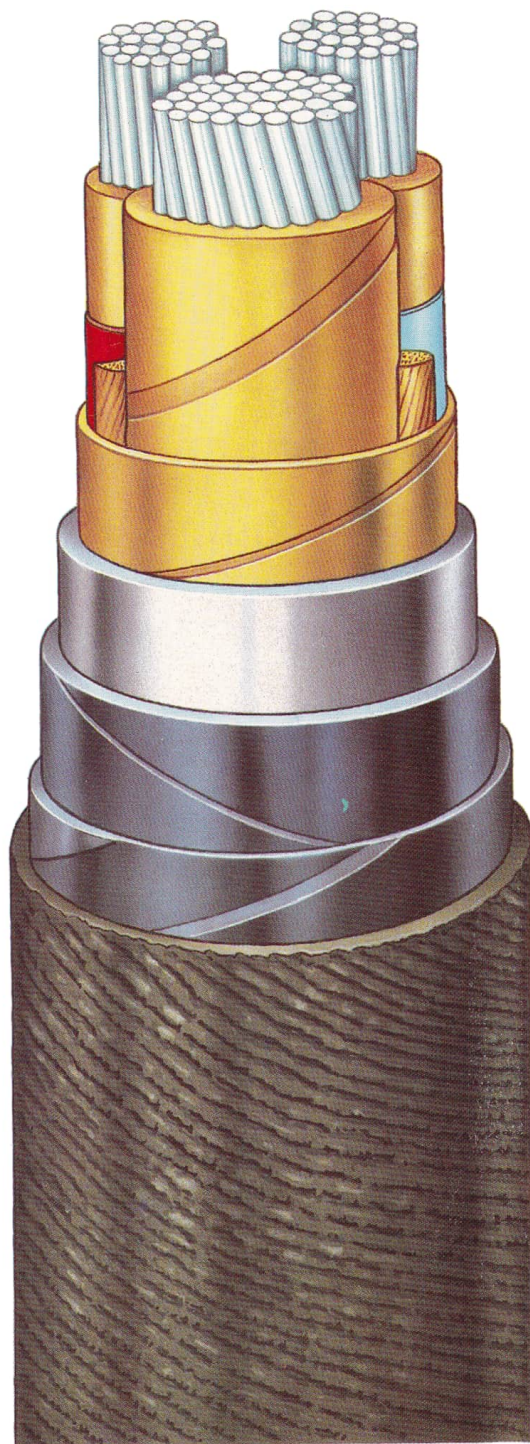


Bild 4.2. NAKBA 3 x 120 rm 10 kV

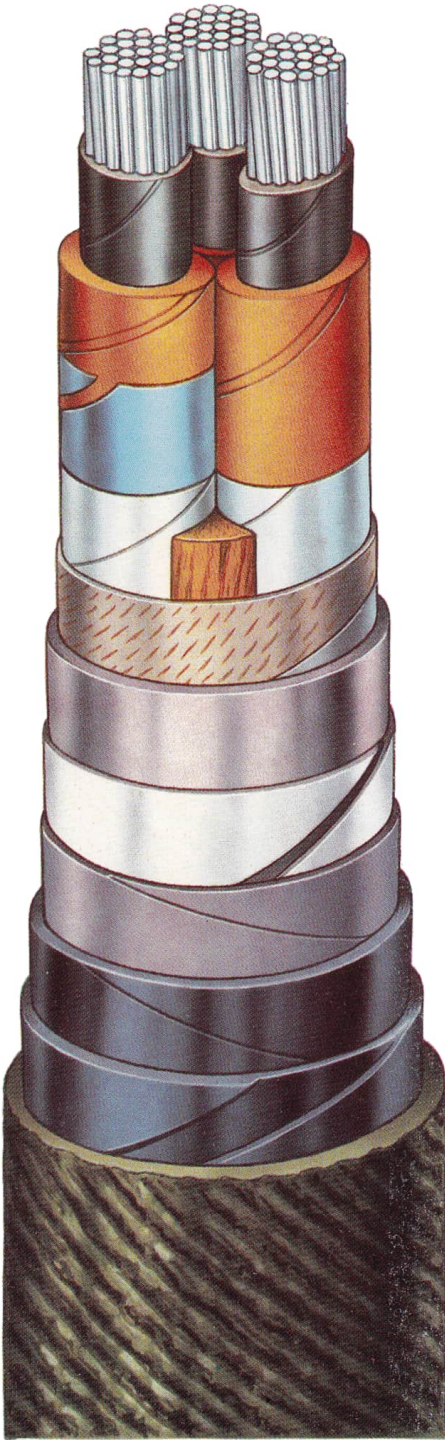


Bild 4. 3. NAHKBA 3 x 120 rm 10 kV

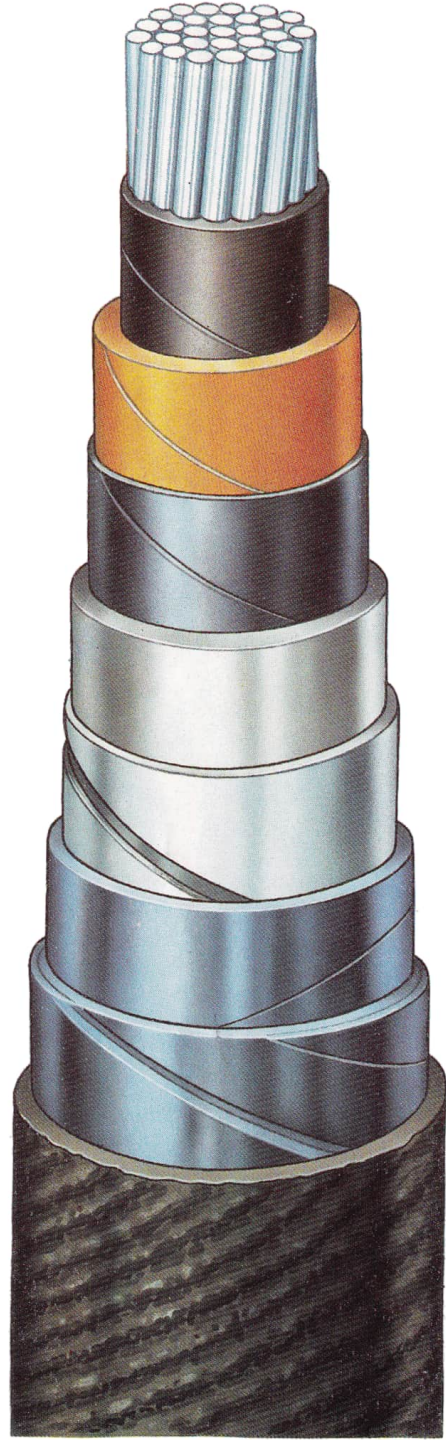


Bild 4. 4. NAHKBAm 1 x 120 rm 10 kV für Gleichstrom

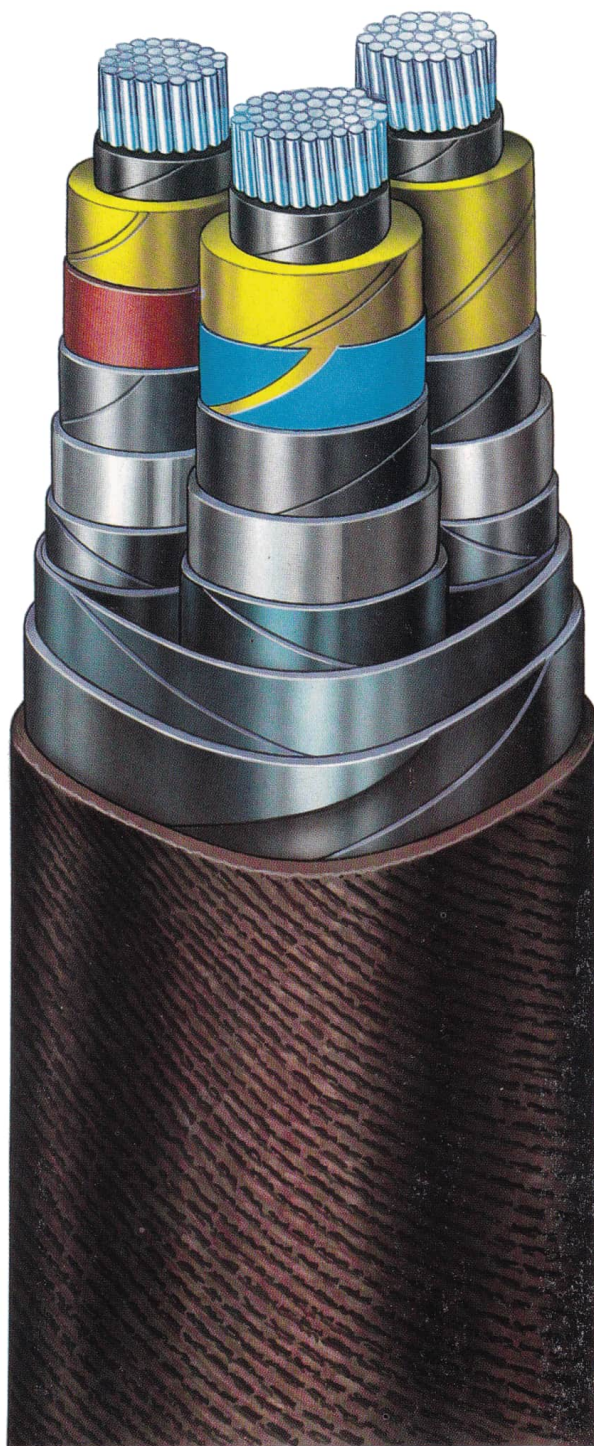


Bild 4.5. NAHKeBA 3 x 240 mm² 20 kV



Bild 4. 6. NAÖHKzRoA 1 x 400 mm 110 kV

DDR 4, 50 M