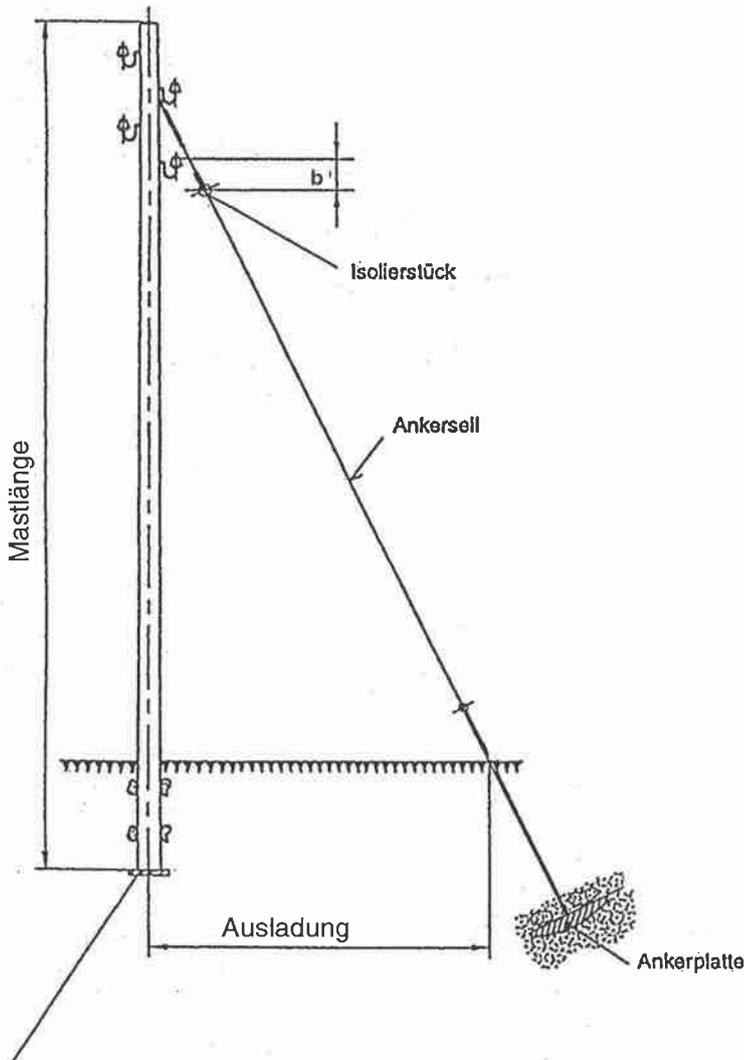
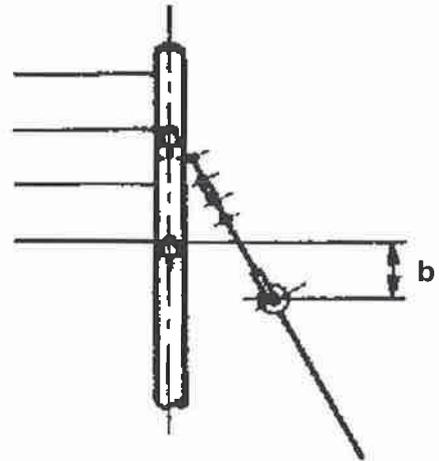


Verankerung (LeV Art. 58)

Bei Richtungsänderung



an Endstange



Allgemeines

Jede Verankerung ist mit Kräfte-
rechnung zu überprüfen. Die Kraft im
Anker ist rund 2.7 mal grösser als der
Leitungszug !

Bodenverhältnisse immer überprüfen.

Mass b bei HS und NS $\geq 1\text{m}$

Strebenplatte oder Ankerplatte bei schlechten Bodenverhältnissen

Ausladung

Die Ankerausladung beträgt im Normalfall 0.4 x die sichtbare Mastlänge

Mit grösserer Ausladung sinkt die Beanspruchung im Ankerseil und im Mast

Ausladung für Verhältnis 0.4								
Mastlänge (m)	11	12	13	14	15	16	17	18
Ausladung (m)	3.8	4.2	4.5	4.9	5.2	5.6	6	6.3

4. Auflage 03.2001

3.2.7 Leiter ziehen, regulieren und befestigen

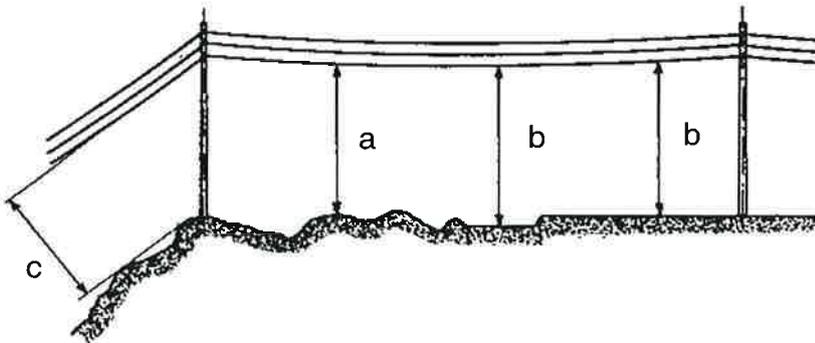
Abstände (LeV, Art. 14; 34; 119; Anhang 3)

Abstand der Leiter vom Boden und von Hindernissen

Regelleitung	NS	HS
a) Nicht befahrbares, wenig begangenes Gebiet (Alp- und Weidegebiet, Gebirge, nicht schiffbare Gewässer)	5 m	6,0 m + S
b) im übrigen Gebiet	6,0 m	7,0 m + S
c) Kleinster gemessener Abstand (Direktabstand)	5,0 m	5,0 m + S

$S = 0,01 \text{ m/kV Nennspannung}$

Hochspannung



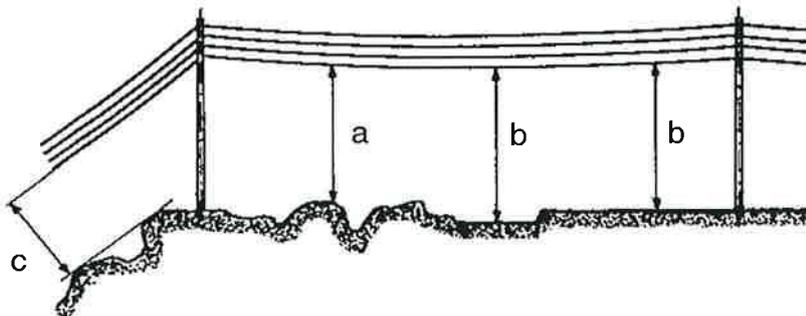
$$a \hat{=} 6,0 + S$$

$$b \hat{=} 7,0 + S$$

$$b \hat{=} 7,0 + S$$

$$c \hat{=} 5,0 + S$$

Niederspannung



$$a \hat{=} 6,0$$

$$b \hat{=} 6,0$$

$$b \hat{=} 6,0$$

$$c \hat{=} 5,0$$

4. Auflage 03.2001

Leiterdurchhang und Leiterzug für Regelleitungen aus Kupfer (LeV, Art. 48; Anhang 12)

Leiter			Leiterdurchhang (cm) für Spannweiten von (m)					Beanspruchung in N/mm ² für Spannweiten von (m)					Zu- stand
Material	∅ (mm)	Querschnitt (mm ²)	20	30	40	50	60	20	30	40	50	60	Temp. ° C
Kupferdraht	5	19.6	5	14	29	54		85	74	61	52		-20
			9	23	43	71		49	44	41	39		0
			13	29	51	80		35	35	35	35		10
			17	35	58	88		26	29	31	32		20
			26	47	72	103		17	22	25	27		40
			37	67	103	144		151	186	216	241		0 + Z
	6	28.3	5	14	29	54	87	85	74	61	52	46	-20
			9	23	43	71	106	49	44	41	39	38	0
			13	29	51	80	115	35	35	25	35	35	10
			17	35	58	88	123	26	29	31	32	33	20
			26	47	72	103	139	17	22	25	27	29	40
			32	59	92	130	174	124	151	173	191	207	0 + Z
	8	50.2	5	14	29	54	87	85	74	61	52	46	-20
			9	23	43	71	106	49	44	41	39	38	0
			13	29	51	80	115	35	35	35	35	35	10
			17	35	58	88	123	26	29	31	32	33	20
			26	47	72	103	139	17	22	25	27	29	40
			26	49	78	112	152	95	112	125	136	144	0 + Z
Kupferseil	50	50	6	15	31	57	92	81	70	59	50	45	-20
			10	24	45	74	110	48	44	41	39	38	0
			13	30	53	82	118	35	35	35	35	35	10
			18	36	60	90	127	26	29	31	32	35	20
			26	47	73	105	142	17	22	25	28	29	40
			26	51	81	116	157	93	109	122	133	141	0 + Z
	95	95	6	15	31	57	92	81	70	59	50	45	-20
			10	24	45	74	110	48	44	41	39	38	0
			13	30	53	82	118	35	35	35	35	35	10
			18	36	60	90	127	26	29	31	32	35	20
			26	47	73	105	142	17	22	25	28	29	40
			21	42	68	101	139	73	82	89	94	98	0 + Z

Z = Zusatzlast 20N/m

4. Auflage 03.2001

Leiterdurchhang und Leiterzug für Regelleitungen aus Aluminum und Aldrey (LeV, Art. 48; Anhang 12)

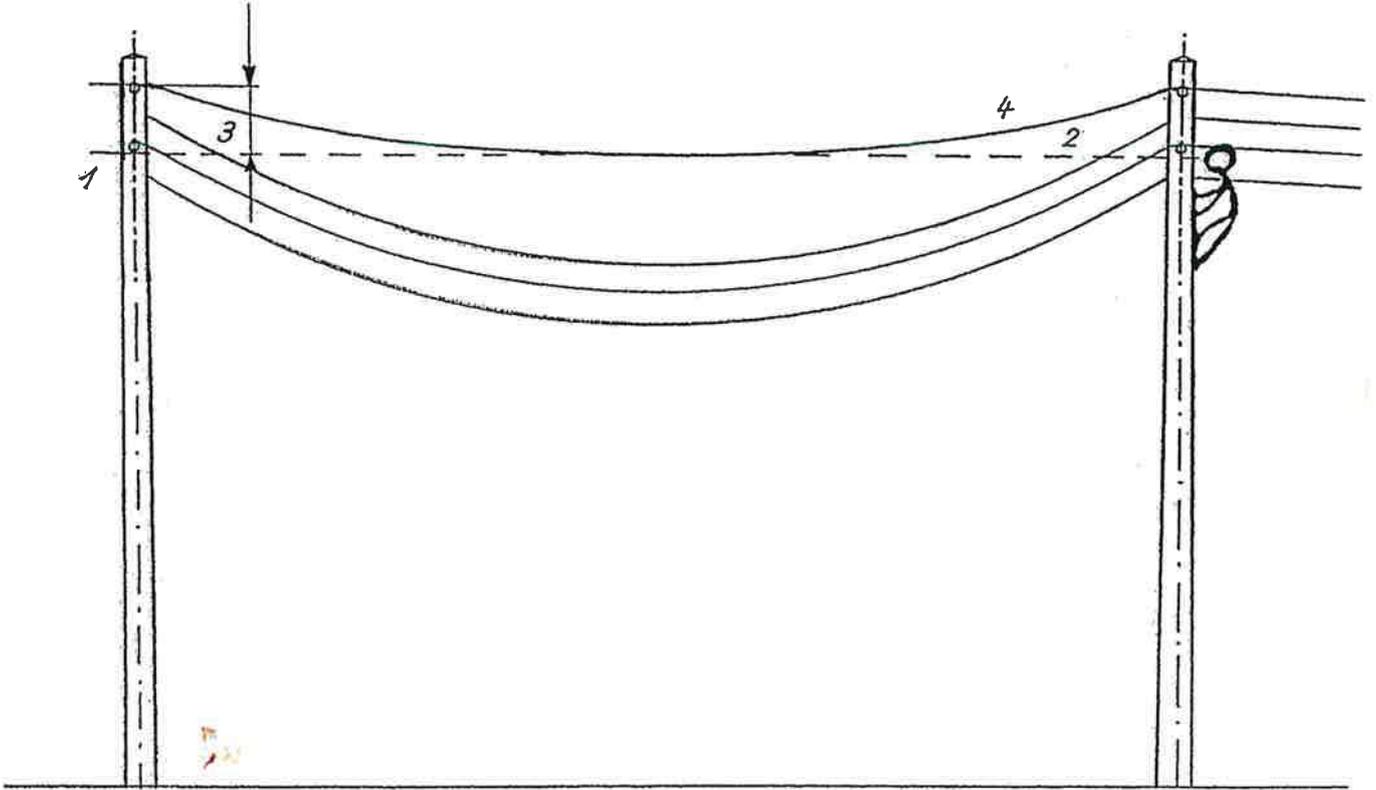
Leiter			Leiterdurchhang (cm) für Spannweiten von (m)					Beanspruchung in N/mm ² für Spannweiten von (m)					Zu- stand
Material	Ø (mm)	Quer- schnitt (mm ²)	20	30	40	50	60	20	30	40	50	60	Temp. ° C
Alu- mini- um- seil	95	95	3	7	13	24	40	50	47	42	37	31	-20
			5	13	26	44	68	26	24	21	20	18	0
			9	21	37	58	83	15	15	15	15	15	10
			16	31	49	71	98	9	10	11	12	13	20
			29	47	69	94	123	5	7	8	9	10	40
			25	47	74	104	139	48	57	65	72	77	0 + Z
			20	39	63	90	122	40	46	51	56	60	0 + Z
	150	150	3	7	13	24	40	50	47	42	37	31	-20
			5	13	26	44	68	26	24	21	20	18	0
			9	21	37	58	83	15	15	15	15	15	10
			16	31	49	71	98	9	10	11	12	13	20
			29	47	69	94	123	5	7	8	9	10	40
			20	39	63	90	122	40	46	51	56	60	0 + Z
			20	39	63	90	122	40	46	51	56	60	0 + Z
Al- drey- seil	50	50	2	5	10	16	26	60	58	55	52	48	-20
			4	10	18	30	46	33	31	30	28	27	0
			7	15	27	43	61	20	20	20	20	20	10
			13	24	39	56	77	11	13	14	15	16	20
			27	43	61	82	106	5	7	9	10	12	40
			31	56	86	119	155	70	86	100	112	124	0 + Z
			31	56	86	119	155	70	86	100	112	124	0 + Z
	95	95	2	5	10	16	26	60	58	55	52	48	-20
			4	10	18	30	46	33	31	30	28	27	0
			7	15	27	43	61	20	20	20	20	20	10
			13	24	39	56	77	11	13	14	15	16	20
			27	43	61	82	106	5	7	9	10	12	40
			23	43	67	95	125	52	62	71	79	86	0 + Z
			23	43	67	95	125	52	62	71	79	86	0 + Z
150	150	3	6	13	23	39	53	49	44	38	32	-20	
		5	13	26	44	68	27	24	22	20	18	0	
		9	21	37	58	84	15	15	15	15	15	10	
		16	31	49	71	98	9	10	11	12	13	20	
		29	48	70	95	123	5	7	8	9	10	40	
		20	38	62	88	119	41	47	53	57	61	0 + Z	
		20	38	62	88	119	41	47	53	57	61	0 + Z	

Z = Zusatzlast 20N/m

4. Auflage 03.2001

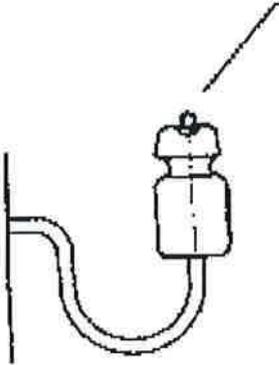
Leiterregulierung

Das Einregulieren nach dem Durchhang erfolgt über eine Visierlinie, welche von den Isolatorenstützen abgemessen und an den benachbarten Stangen markiert und anvisiert wird. Am Leitungsende muss der Endbund erstellt werden. Mit einem Flaschenzug und einer Froschklemme wird der Leiter in der richtigen Lage festgehalten. Der Bund wird vorerst provisorisch erstellt und dann durch den Leiter belastet, indem man am Flaschenzug nachgibt.



- 1 Visiermarken
- 2 Visierlinie
- 3 Durchhang (aus Tabelle)
- 4 Leiterzug

Leiter wird auf Kopfrille gelegt



Bünde

Materialbedarf für Aldrey- und Aluminium – Leiter

Materialbedarf pro Bund für Aldrey- und Aluminium-Leitungen									
	Spannung	Seilquerschnitt mm ²	Böglibünde						
			Wickelband	Bögli		Binddraht			
			Länge cm	mm ²	Länge cm	Anzahl	Ø mm	Länge cm	Gewicht g
	Nieder- spannung	50	90	50	55	2	3	260	99
		70	110	50	55	2	3	330	124
		95	130	70	55	2	3	380	143
	20 kV	50	145	50	65	2	3	260	99
		70	170	50	65	2	3	330	124
		95	200	70	65	2	3	380	143
		150	250	95	65	2	3	420	160
	50 kV	50	160	50	75	2	3	260	99
		70	190	50	75	2	3	330	124
		95	220	70	75	2	3	380	143
		150	260	95	75	2	3	470	172

Bemerkungen

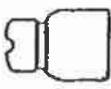
Bei HS- und NS – Leitungen werden für alle Ad – Seile Böglibünde verwendet.

Kopfbünde sind nur dann zu verwenden, wenn das Leiterseil einen starken Vertikalwinkel bildet (Druck nach unten) und der Bund durch den Seildruck beansprucht würde.

4. Auflage 03.2001

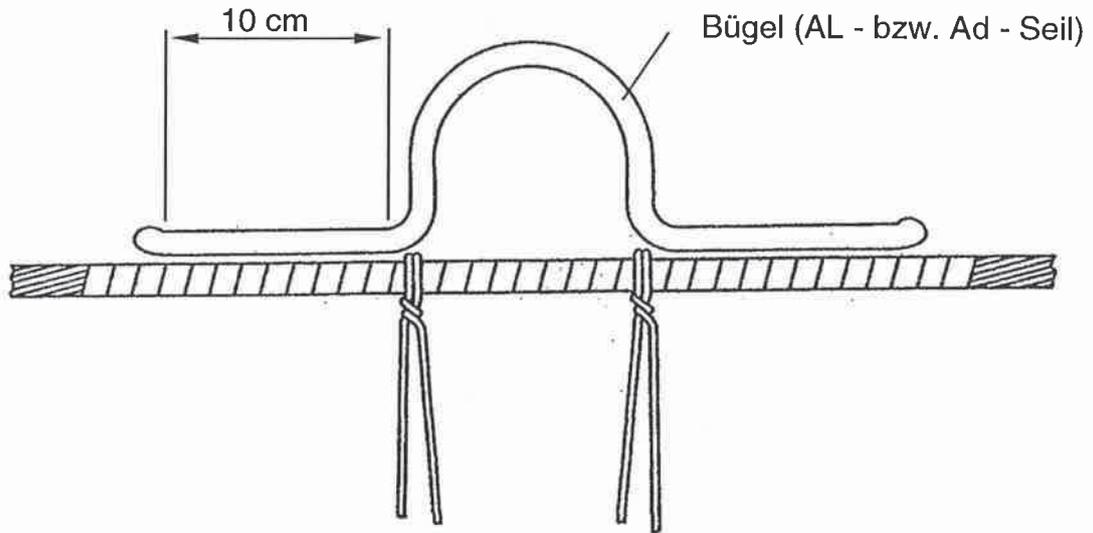
	Einführungskurse Netzelektriker	3.2.7	5
---	---------------------------------	-------	---

Bünde Materialbedarf für Kupfer – Leiter

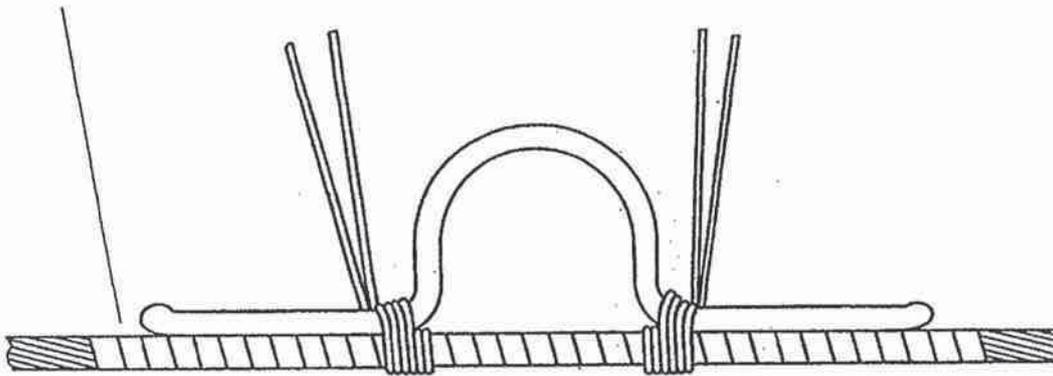
Materialbedarf pro Bund für Kupfer - Leiter																	
Spannung	Leiterdurchmesser bzw. Querschnitt	Linienbund Binddraht				Bögligbund				Endbund Binddraht							
		Anzahl	Ø mm	Länge cm	Gewicht g	Bögli		Binddraht		Anzahl	Ø mm	Länge cm	Gewicht g				
	5 mm					1	5,0	75	2	2,0	220	123	1	2,0	290	82	
	6 mm					1	5,0	75	2	2,0	240	135	1	2,0	320	90	
	7 mm					1	6,0	75	2	2,0	260	145	1	2,0	350	98	
	8 mm					1	6,0	75	2	2,0	280	157	1	2,0	380	106	
20 kV	5 mm					1	5,0	60	2	2,0	200	113	1	2,0	260	73	
	6 mm					1	5,0	60	2	2,0	220	123	1	2,0	290	82	
	7 mm					1	6,0	60	2	2,0	240	135	1	2,0	320	90	
	8 mm					1	6,0	60	2	2,0	260	145	1	2,0	350	98	
0.4 kV	70 mm ²					1	8,0	65	2	2,0	360	191					
	95 mm ²					1	8,0	65	2	2,0	400	211					
	5 mm	1	2,0	280	79	2	2,0	200	113	1	2,0	240	123	1	2,0	300	85
	6 mm	1	2,0	300	85	2	2,0	220	123	1	2,0	270	76	1	2,0	330	85
	7 mm	1	2,0	320	90	2	2,0	240	135	1	2,0	300	85	1	2,0	360	93
	8 mm	1	2,0	340	96	2	2,0	260	145	1	2,0	330	93	1	2,0	390	101

4. Auflage 03.2001

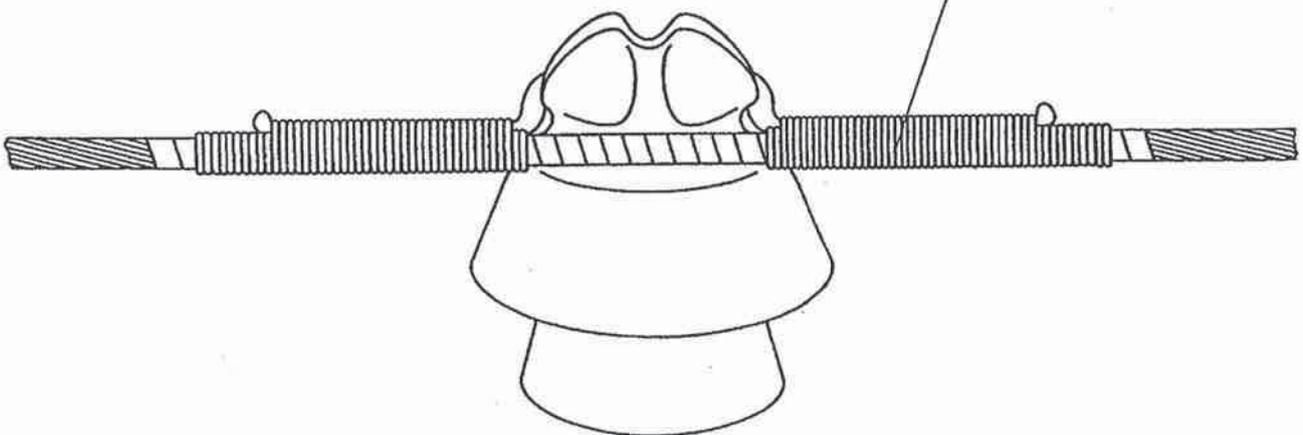
Böglibund für Aldrey und Aluminium



Wickelband (Reinaluminium)

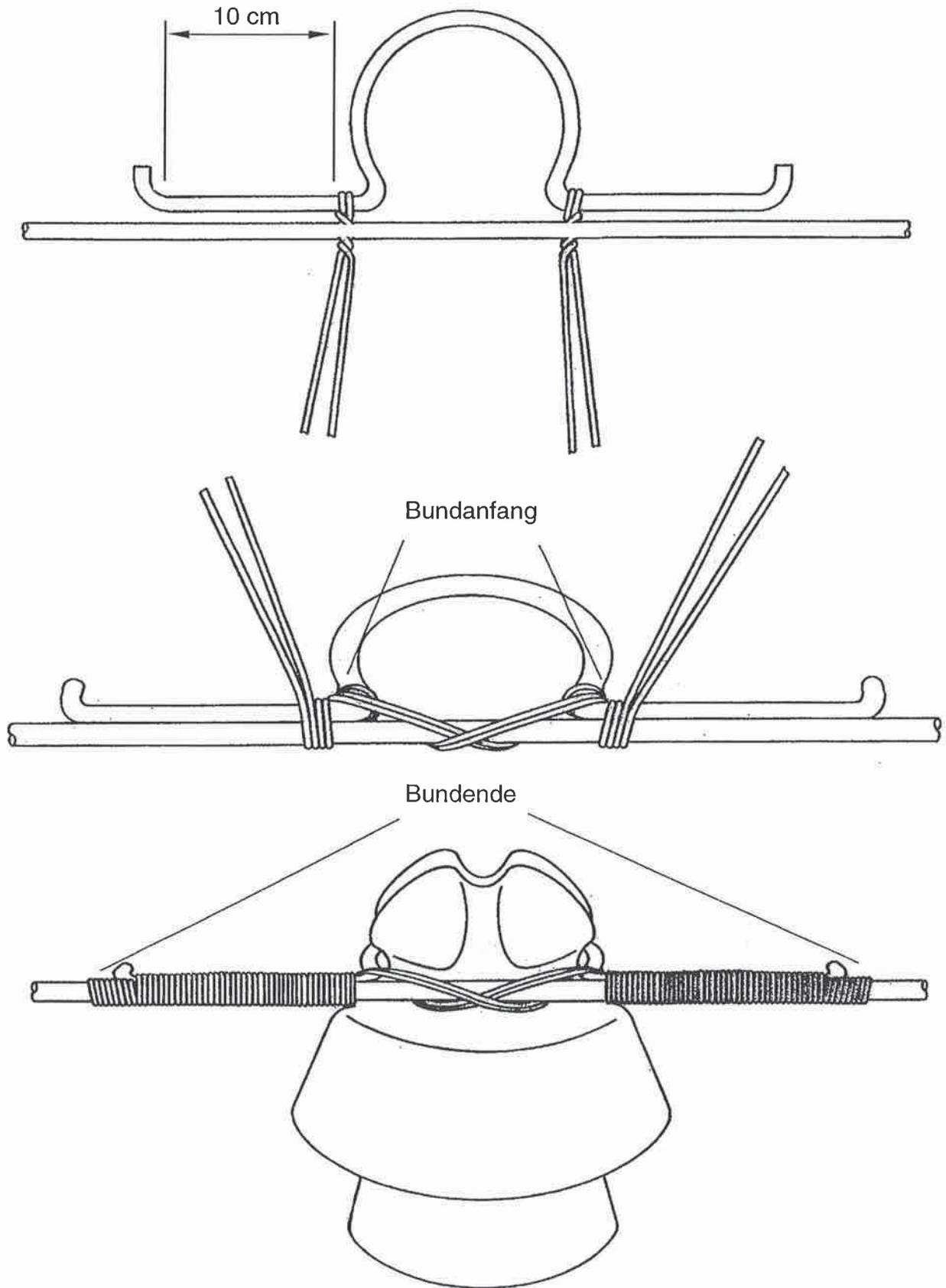


Binddraht
(Reinaluminium)



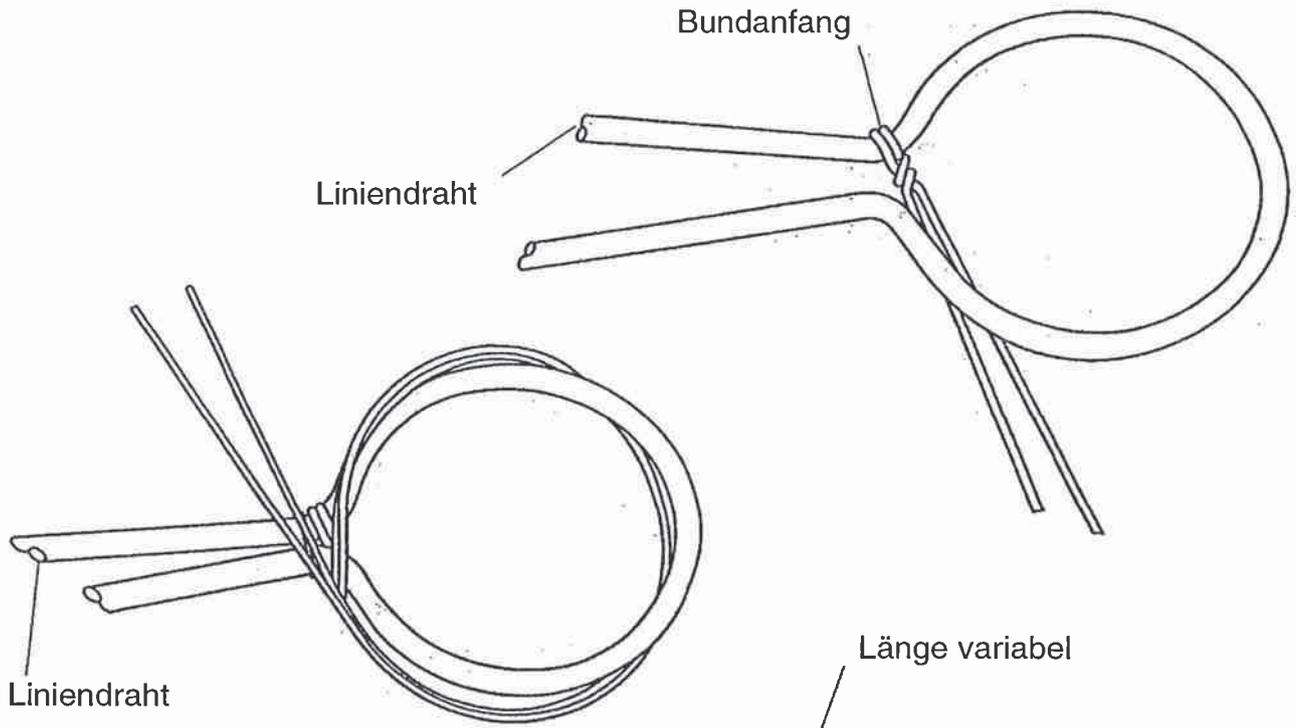
4. Auflage 03.2001

Böglibund mit CU - Draht

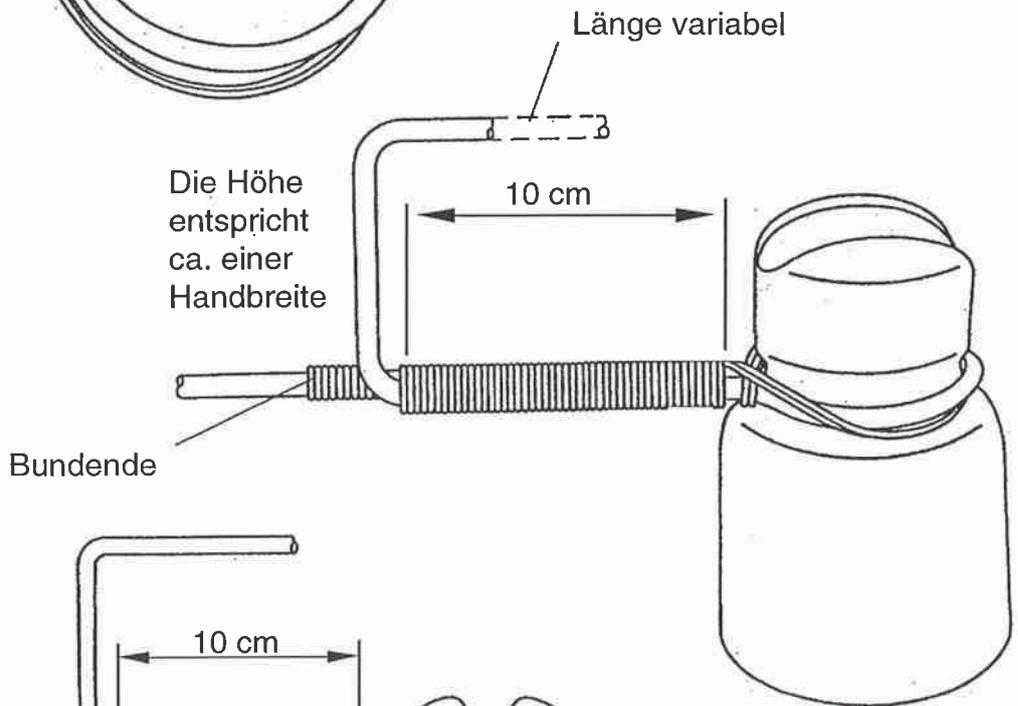


4. Auflage 03.2001

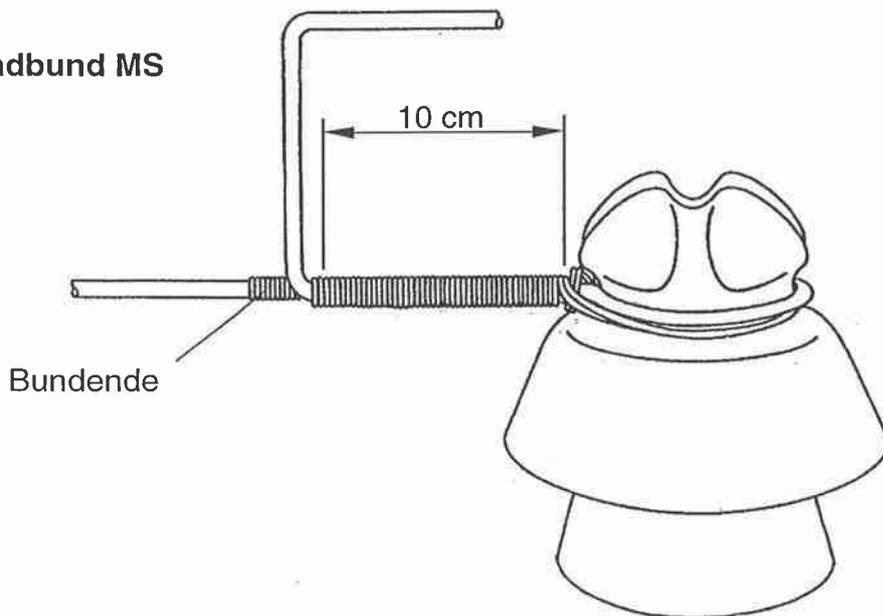
Endbund mit CU - Draht



Endbund NS

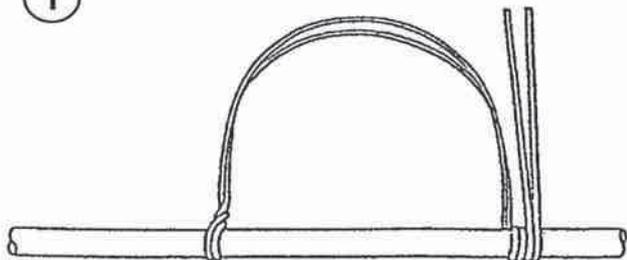


Endbund MS

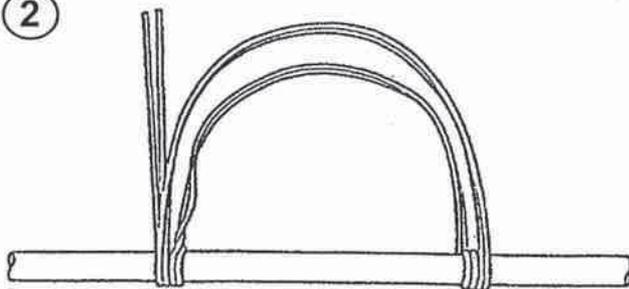


Linienbund mit CU - Draht

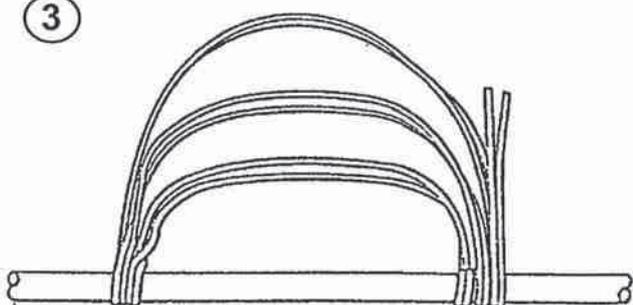
1



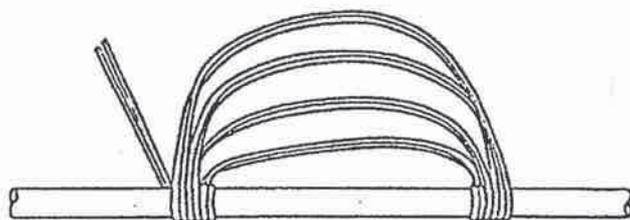
2



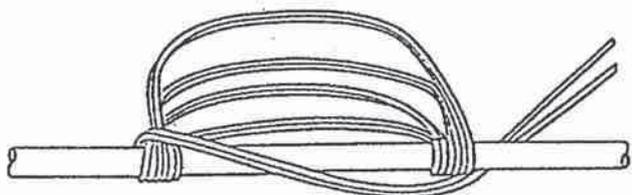
3



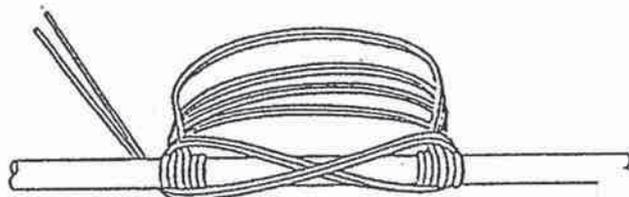
4



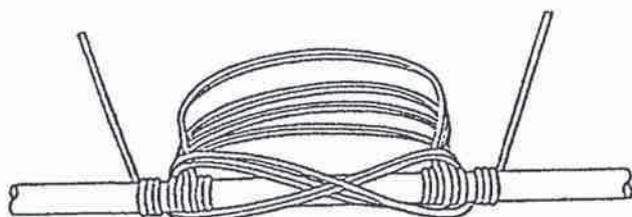
5



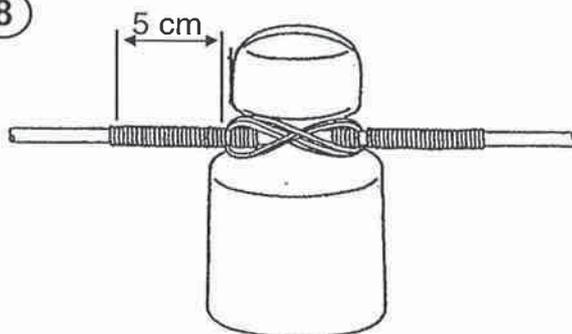
6



7



8



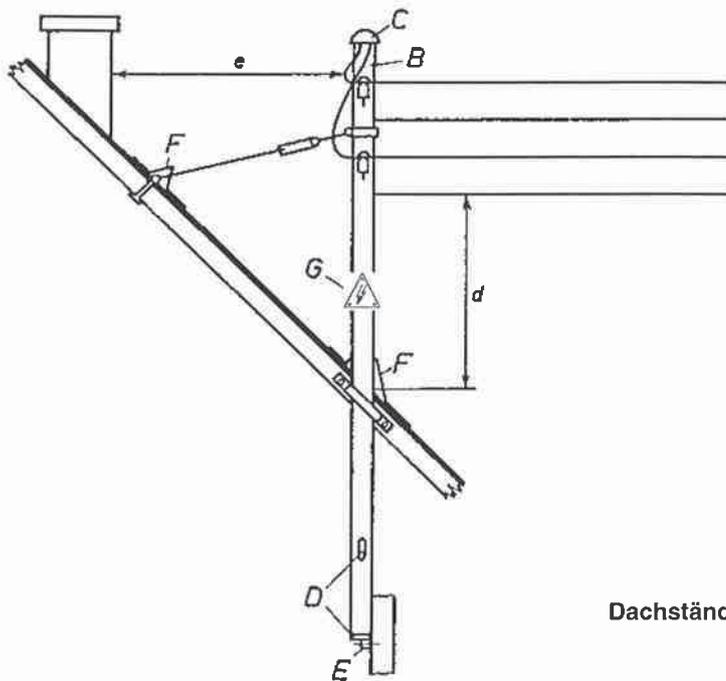
4. Auflage 03.2001

3.2.8 Hauseinführungen

Dachständereinführung (LeV. Art. 37, Art. 60; Anhang 7 und Erläuterungen)

Ausführung und Montage

1. Dachständer sind so auszuführen und zu montieren, dass sie allen zu erwartenden mechanischen Beanspruchungen genügen.
2. Dachständer sind so auszuführen, dass sich in ihnen kein Kondenswasser ansammeln kann.
3. Die bei der Ausführung und Montage der Dachständer einzuhaltenden Bestimmungen sind in untenstehender Skizze enthalten.



Dachständereinführung

- B* Dauerhaft gegen Witterungseinflüsse geschütztes Rohr von mindestens 50 mm lichter Weite
- C* Kappe, die ein Aufliegen der Leiter am Rohrende verhindert und gleichzeitig als Abschluss gegen das Eindringen von Regenwasser dient
- D* Tülle, die ein Aufliegen der herausgeführten Leiter an scharfe Kanten verhindert
- E* Stütze gegen Abgleiten des Rohres oder nichtbrennbare und die Wärme schlecht leitende Unterlage, wenn das Rohr auf einem brennbaren Gebäudeteil abgestützt ist
- F* Einrichtung, die das Eindringen von Regenwasser in das Gebäude verhindert
- G* Aufschrift, die vor Berührung der Leiter warnt
- d* Lotrechter Abstand des untersten Leiters von nicht allgemein zugänglichen Dächern: mindestens 1,8 m, für betriebsmässig geerdete Leiter 1,5 m.
- e* Abstand der Leiter von Dachaufbauten: mindestens 1,2 m

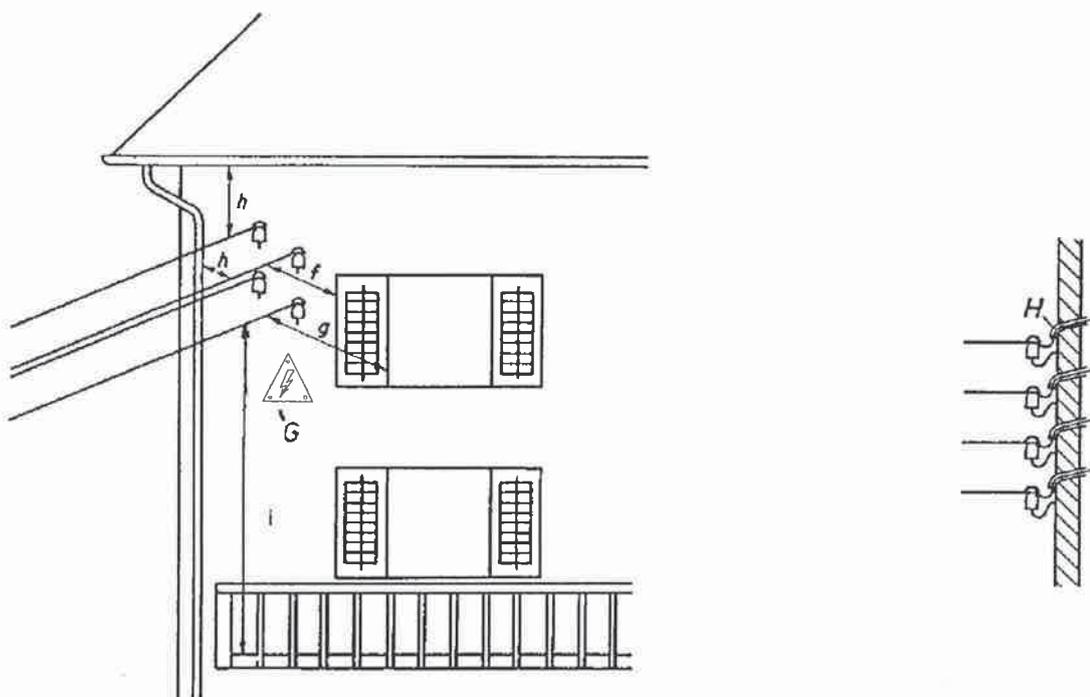
4. Auflage 03.2001

	Einführungskurse Netzelektriker	3.2.8	1
---	---------------------------------	-------	---

Fassadeneinführung (LeV. Art. 37, Art. 60; Anhang 7 und Erläuterungen)

Ausführung und Montage

1. Die Fassadeneinführungen sind gemäss untenstehender Skizze auszuführen. Wenn die dort verlangten Abstände f und g nicht eingehalten werden können, so sind geeignete Schutzvorrichtungen anzubringen.
2. Die Freileitung ist möglichst rechtwinklig zur Hauswand zu führen.
3. Die Anschlussleiter sind durch feuchtigkeitsbeständige, nichtleitende Rohre, die schwer- oder nichtbrennbar sein müssen, voneinander zu trennen. Diese Rohre sind so auszubilden und anzuordnen, dass sich kein Kondenswasser ansammeln und weder Regen noch Schnee eindringen kann. Leiter mit Schutzmantel dürfen ohne Rohre eingelegt, aber nicht eingemauert werden; die Maueröffnungen dürfen aber leicht verputzt werden.



G Aufschrift, die vor Berührung der Leiter warnt, anzubringen bei Nennspannung von mehr als 300 V gegen Erde

H Isolierrohr

f Abstand nackter Leiter von beweglichen bedienbaren Gebäudeteilen, mindestens 0,6 m

g Abstand nackter Leiter von allgemein zugänglichen Gebäudeteilen, mindestens 1,2 m

h Abstand nackter Leiter von geerdeten leitenden Gebäudeteilen, mindestens 1,2 m

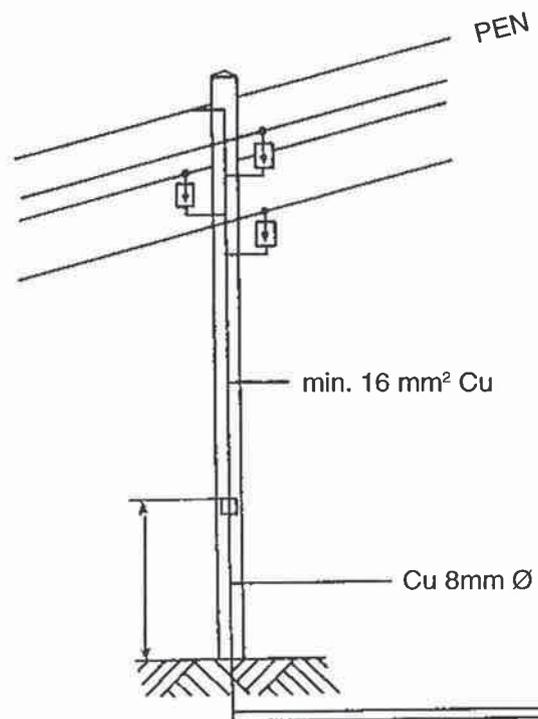
i Abstand nackter Leiter von begehbaren Gebäudeteilen (z.B. Terrassen) mindestens 3,5 m

4. Auflage 03.2001

	Einführungskurse Netzelektriker	3.2.8	2
---	---------------------------------	-------	---

NS - Überspannungsableiter

Einbaurichtlinien im genullten Netz

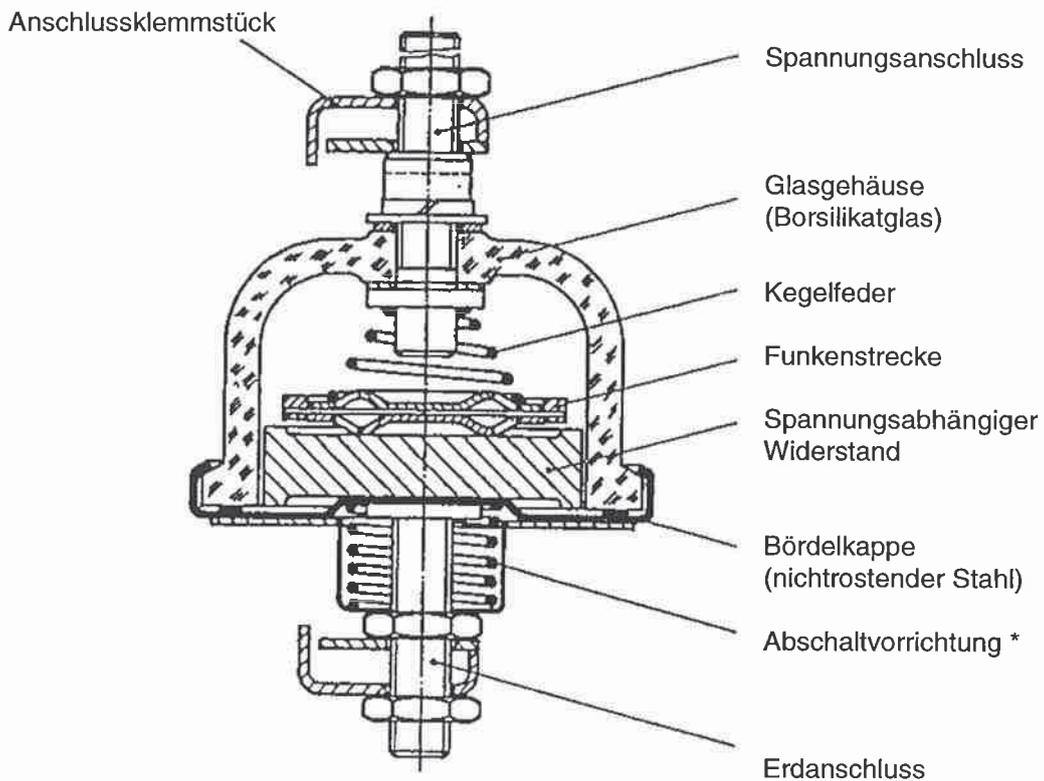


- Der Erdwiderstand mit parallelgeschaltetem Netz-PEN sollte möglichst tief gehalten werden.
- Einbau Auf einem der letzten Masten vor dem zu schützenden Objekt
- Kontrolle **Periodische Kontrolle der Überspannungsableiter veranlassen**

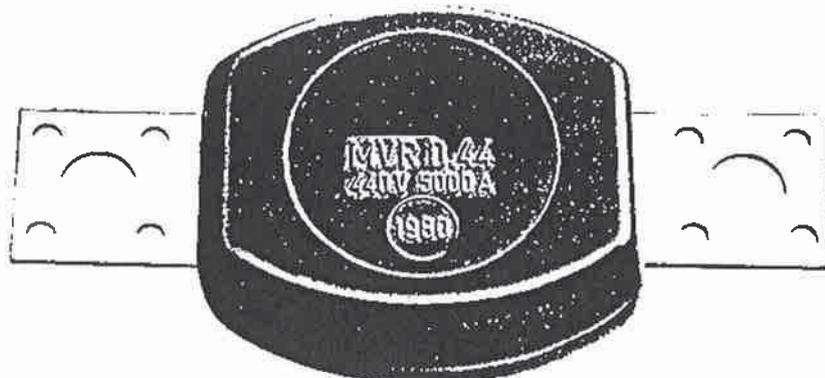
4. Auflage 03.2001

	Einführungskurse Netzelektriker	3.2.8	3
---	---------------------------------	-------	---

Niederspannungs - Überspannungsableiter

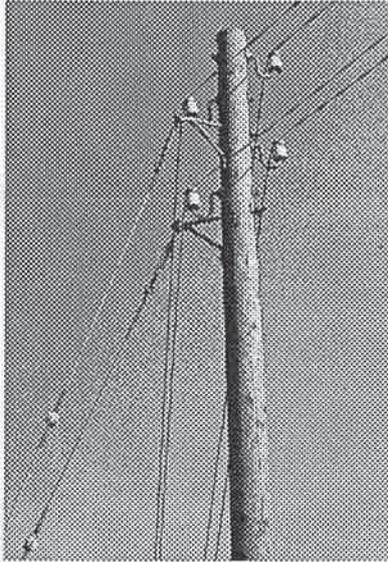


* **Abschaltvorrichtung:** Bei betriebsfrequenter Überlastung wird der Ableiter mittels der Abschaltvorrichtung vom Netz getrennt. Dabei erfolgt ein Abwerfen des Erdanschlussbolzens mittels Federkraft, was gleichzeitig eine einfache optische Kontrolle ermöglicht.



3.2.9 Freileitungsarten

Holzmasten



Für den Bau eines Freileitungsnetzes stehen verschiedene Tragwerke zur Verfügung. Die Ältesten sind Holzstangen. Sie werden hauptsächlich zum Bau von Regelleitungen benützt.

Um die Lebensdauer der Holzmasten zu steigern, müssen die Stangen aus Weichholz (vorwiegend Weisstanne und Fichte) imprägniert werden.

Heute werden die Masten fast ausschliesslich mit dem **Wechseldruckverfahren** behandelt. Dabei werden die geschälten und abgelängten Stämme in einem Kessel mehrmals vacuumiert und mit dem Imprägniermittel wieder unter Druck gesetzt.

Um die Lebensdauer zusätzlich zu verlängern, wird der Holzmast im Übergangsbereich Luft-Erdreich noch zusätzlich imprägniert. Auch werden Holzmasten zur Lebensdauererweiterung auf Betonsockel gestellt.

Niederspannungsnetz
230 V / 400 V



Hochspannungsnetz
1 kV bis 60 kV



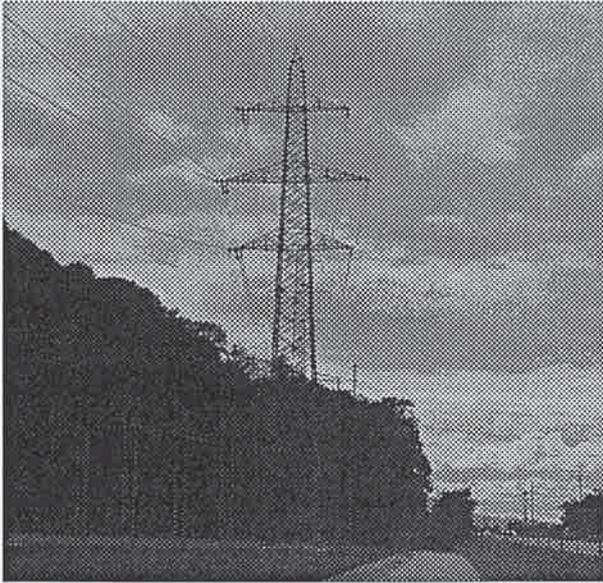
(Holz)

4. Auflage 03.2001

Vollwandmasten aus Stahl

Diese bestehen in der Regel aus einer runden oder mehreckigen Röhre und Auslegern. Die maximale Bauhöhe beträgt ca. 70 m.

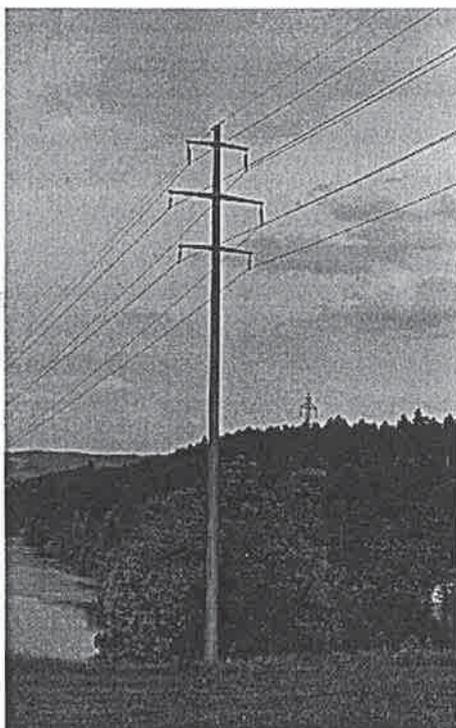
Gittermasten



Diese bestehen aus Fachwerkkonstruktionen verschiedenster Art und sind ein altbekanntes und bewährtes Bauelement für Freileitungen höherer Spannungen. Mit Fachwerkkonstruktionen können Masten von fast beliebiger Höhe gebaut werden. Die einzelnen Teile bestehen aus Winkelprofilen oder Rohren, die früher teilweise mit Beton gefüllt wurden.

Die Stahlmasten werden normalerweise feuerverzinkt und teilweise mit einem Farbanstrich versehen. Der Anstrich hat die Aufgabe eines zusätzlichen Korrosionsschutzes, dient zugleich aber auch als Tarnung in der Landschaft.

Betonmasten



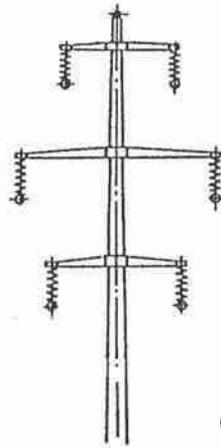
Die heutigen Schleuderbetonmasten bestehen aus einer Stahlarmierung und aus geschleudertem Beton (durch Schleudern wird eine hohe Dichte und Festigkeit des Materials erreicht). Dem Beton wird eine Farbe beigemischt, um die geforderte Dunkelfärbung zu erhalten.

Um eine bessere Anpassung an die Landschaft zu erreichen, werden Betonmasten zum Teil zusätzlich mit Farbanstrichen versehen.

Ein Korrosionsschutz ist beim Betonmast nicht notwendig.

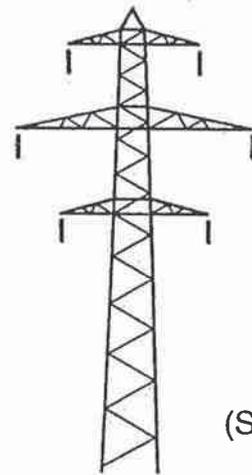
4. Auflage 03.2001

Hochspannungsnetz
60 kV bis 150 kV



(Beton)

Hochspannungsnetz
110 kV bis 380 kV

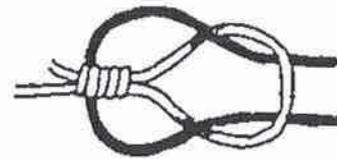
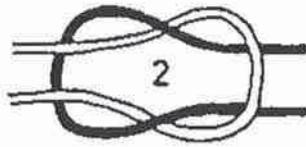
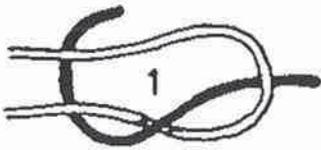


(Stahl)

Bevor Freileitungsnetze erstellt werden, müssen die Tragwerke auf ihre Belastbarkeit sowie auf mögliche Zusatzkräfte dimensioniert werden. Dies hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie: Regel- oder Weitspannungsleitung, Leitungsquerschnitt, dessen Material usw.

Knoten

Gerader- oder Samariterknoten

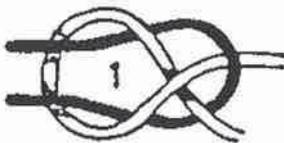


mit festem Ende



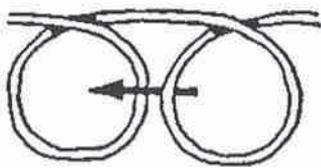
gesichert

Weberknoten

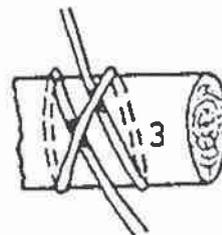
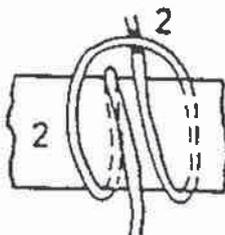
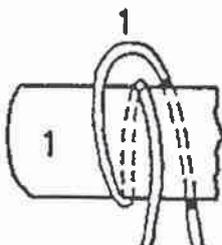


mit festem Ende

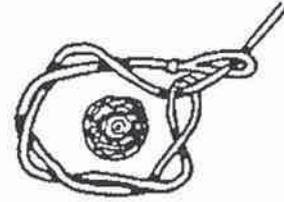
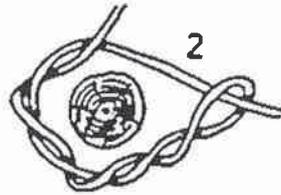
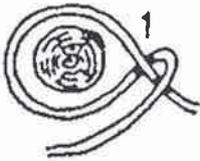
Mastwurf



mit festem Ende



Maurerknoten



mit festem Ende

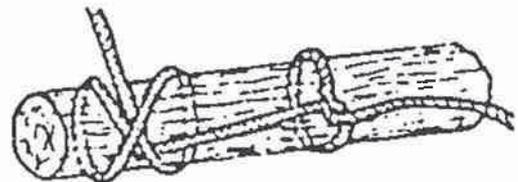
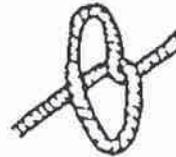


mit Nasenbändern

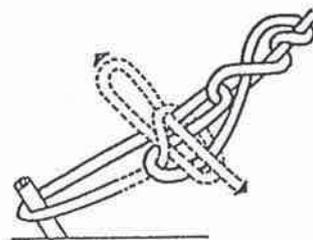
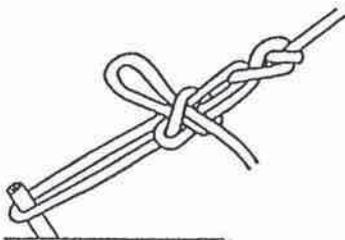
Verankerung



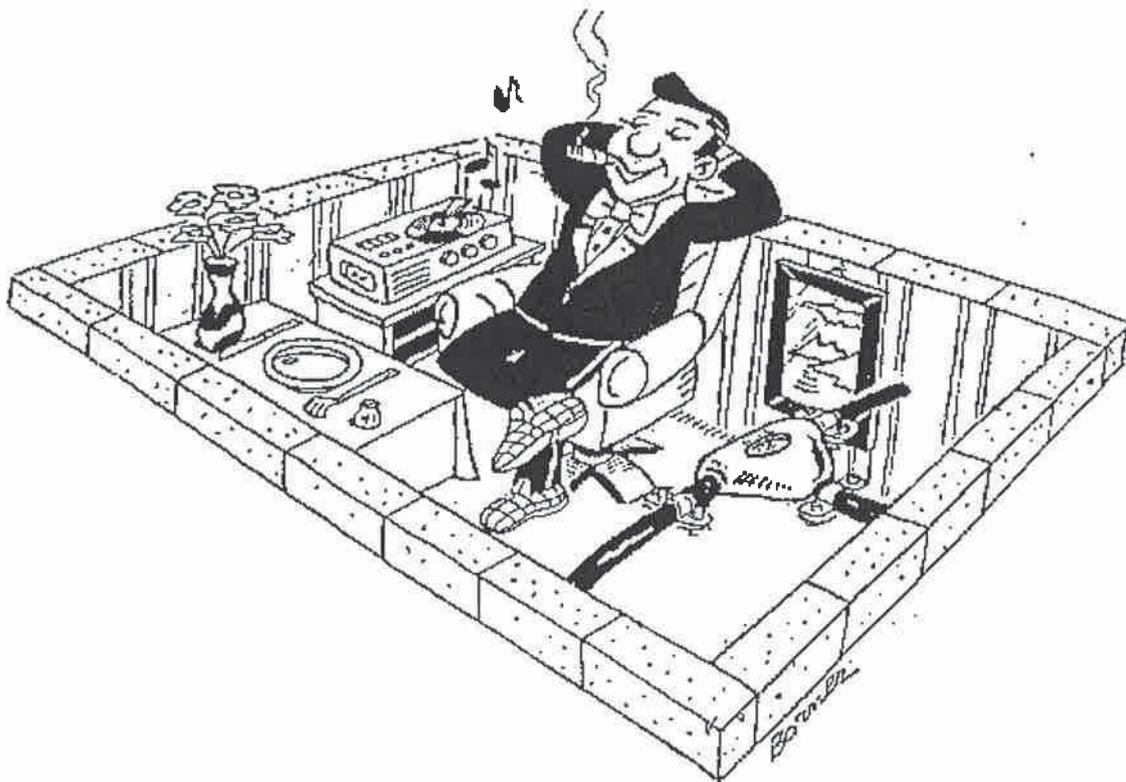
Schlaufe in Anwendung



Fuhrmannsknoten



3.3 Kabelanlagen



3.3.1 Kabelzug

3.3.2 Erkennungsmerkmale von Kabelleitungen und Kabelschutz

3.3.3 Kabelverbindungen und Endverschlüsse

4. Auflage 03.2001

3.3.1 Kabelzug

Obwohl jede Verlegung als Fall für sich behandelt werden muss, sind doch einige zu treffende Vorsichtsmassnahmen immer dieselben.

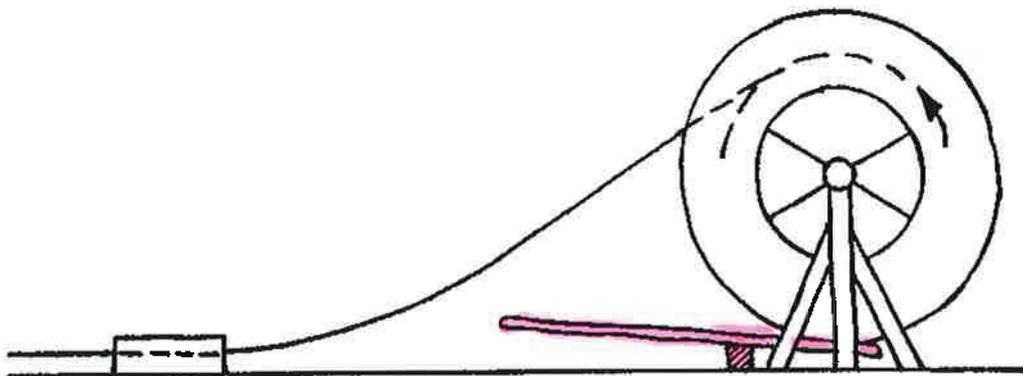
Hauptvorschriftsmassnahmen bei der Kabelverlegung

Die Kabeltrommel (Bobine)

Das Kabel wird immer von oben ab der Trommel gerollt. Die Bobine soll für die Verlegung auf einen Verlegewagen oder auf Hebeböcke so montiert werden, dass eine Bremsenrichtung eingebaut werden kann.

Die Bobine sollte immer so weit gebremst werden, damit die Kabelspiralen sich nicht abheben und verwickeln. Eine Bremse kann mit Hilfe eines mit einem Vierkantholz unterlegten Brettes, das gegen den Trommelflansch drückt, hergestellt und so als Hebelarm benützt werden.

Diese Vorrichtung muss auf der Kabelabrollseite aufgestellt werden. Selbstverständlich ist das als Hebel benützte Brett mit dem Vierkantholz z.B. mit einer Bauklammer zu fixieren, um die erforderliche Stabilität zu erreichen.



Bei schweren Kabelzügen kann auch ein Kabelschubgerät vor der Bobine plziert werden, was erlaubt, die Kabeltrommel zu bremsen, ohne die Zugbeanspruchung durch das Bremsen zu erhöhen.

Kabeleinführung

Bei der Kabeleinführung sollten starke Krümmungen vermieden werden. Die Einführung soll so ausgebaut werden, dass die nötigen Zugkräfte am Anfang auf ein Minimum beschränkt bleiben. Es soll daran gedacht werden, dass die Bremswirkungen am Anfang eines Kabelzuges die nötige Zugkraft am Ende der Verlegung sehr stark beeinflussen können.

4. Auflage 03.2001

	Einführungskurse Netzelektriker	3.3.1	1
---	---------------------------------	-------	---

Bögen im offenen Graben

Die Aufstellung der Verlegerollen bei Kabelrichtungsänderungen muss mit grosser Sorgfalt erfolgen. Sie müssen so stabil platziert werden, dass sie sich weder unter dem Kabelzug noch bei Zugunterbrechungen bewegen können, was deren Aufstellung sowohl vertikal als auch horizontal bedingt. Die Anzahl der vertikal angeordneten Verlegerollen muss so gewählt werden, dass der Anpressdruck auf das Kabel in zulässigen Grenzen bleibt.

Kabelausgang

Am Ende des Kabelzuges ist die Zugkraft am höchsten und somit auch der Anpressdruck bei Richtungsänderungen. Darum sollten beim Kabelausgang, wenn der Schacht verlassen wird, keine Kurven eingebaut werden. Dies bedingt bei Rohrverlegungen den Bau eines sogenannten Siphons oder das Verlegen von Einführungsrohren.

Die Zugmaschine

Die Zugmaschine soll immer gut verankert werden und soll mindestens 10 m vom Kabelausgang entfernt aufgestellt werden, damit ein angemessenes Aufrollen des Seiles garantiert ist. Das Zugseil muss immer mit einem Drallausgleichselement ausgerüstet sein, um das Drehen des Seiles zu ermöglichen.

Die Zugkraft muss ständig auf ihre Gleichmässigkeit überwacht werden; der Bedienungsmann an der Zugmaschine muss jederzeit in der Lage sein, die Winde zum Anhalten zu bringen. Winden mit Zugkraftbegrenzung und Abschaltautomatik sind von Vorteil (Siehe auch 3.1.8).

Kabelschubgeräte

Wenn eine Kabelverlegung zu einem zu hohen Zug führt, können - um die Zugbeanspruchung zu reduzieren - auf dem Kabeltrasse Kabelschubgeräte eingebaut werden.

Die Kabelschubgeräte sollten immer vor den Kurven und auf dem ersten Teilabschnitt der Leitung eingebaut werden (Siehe auch 3.1.8).

Die Befehlsübertragung

Die Arbeiten bei der Kabelrolle - an der Spitze des Kabels und bei der Winde - müssen gut koordiniert werden. Um dies zu gewährleisten, werden normalerweise tragbare Sprechfunkgeräte eingesetzt. Diese Geräte sollten qualitativ gut sein und vor der Verlegung auf ihr Funktionieren hin kontrolliert werden.

	Einführungskurse Netzelektriker	3.3.1	2
---	---------------------------------	-------	---

Verschiedene Verlegungsarten

Verlegung in Rohren

Bei maschineller Verlegung in Rohre sind 4 Verlegekriterien einzuhalten.

1. Zulässige Zugbeanspruchung
2. Radialer Druck in Kurven
3. Biegeradius
4. Temperaturen

Bei der Verlegung in Kunststoffrohren kann eine Zugschnur eingezogen oder eingeblasen werden. Mit Kabelgleitfett treten geringere Zugkräfte am Kabel auf.

Kalibrieren

Vor der Verlegung ist jedes Teilstück zu kalibrieren. Der Kaliber soll den Nennwert des Rohres minus 10% betragen.

Kabeltransport

Die Kabel werden im Allgemeinen auf Rollen geliefert. Bei der Auswahl der Kabeltrommel wird darauf geachtet, dass der Kerndurchmesser dem Kabeldurchmesser angepasst ist, und dass das Fassungsvermögen der Kabeltrommel dem vorgesehenen Kabel entspricht.

Der Mindestdurchmesser des Kabelkerns muss folgende Werte aufweisen, wenn der Kabeldurchmesser mit d bezeichnet wird:

Einleiterkabel	Papier- und Polymerisolierte	unter 6 kV	20 d
		über 6 kV	25 d
		über 30 kV	30 d
Mehrleiterkabel	Polymerisolierte	bis 6 kV	20 d
		über 6 kV	25 d
	Papierisolierte	bis 10 kV	20 d
		über 10 kV	25 d

Die Kabelrollen werden per Bahn oder Lastwagen versandt. Bei Bahnversand ist ein geeigneter Transport ab Bahnhof bis zur Baustelle notwendig.

Beim Abladen dürfen Kabelrollen nie vom Wagen geworfen werden, auch nicht bei weichem Boden, weil die Rollen für solche Beanspruchungen nicht geeignet sind. Die Kabelrollen sollten wenn möglich mit einem Kabeltransportanhänger mit Auf- und Abladevorrichtung transportiert werden. Ist dies nicht der Fall, muss das Auf- und Abladen mit Hilfe einer Rampe oder eines Kranes durchgeführt werden.

Auf kurzen Strecken kann unter Berücksichtigung des Aufrollsinns die Kabeltrommel gerollt werden (das obere Ende muss nach hinten schauen).

4. Auflage 03.2001

Kabelzug-Berechnung

Maschinelles Verlegen von Kabeln in Rohranlagen

Ein Kabelzug, vor allem von schweren und langen Kabeln, muss unter Berücksichtigung der Einsatzmittel geplant werden.

Unter Einsatzmittel verstehen wir Verlegewagen, Zugmaschinen, Kabelschubgeräte, Kabelrollenantriebe etc.. Beim maschinellen Verlegen von Kabeln sind hauptsächlich 4 Bedingungen zu erfüllen:

- Zulässige Zugbeanspruchung nicht überschreiten
- Zulässige Radialkräfte nicht überschreiten
- Minimale Biegeradien nicht unterschreiten
- Minimale Verlegetemperaturen nicht unterschreiten

Zulässige Zugbeanspruchung

Zugarmierte Kabel

Bei diesen Kabeln wird angenommen, dass die Armierung die gesamte Zugkraft übernimmt.

Faustformel

$$F_{zul} = K \times D_A \quad [N]$$

- D_A Aussendurchmesser in mm
- Kabel mit einfacher Armierung $K_{zul} = 300$
- Kabel mit doppelter Zugarmierung $K_{zul} = 400$

Nicht zugfest armierte Kabel

Nicht armierte Kabel dürfen maschinell eingezogen werden, weil der Leiter gleichzeitig Zugelement ist. Die Leiter werden durch eine Press- oder Verschraubhülse oder durch einen Ziehstrumpf mit dem Zugseil verbunden.

Für den Zug am Leiter gilt:

- Bei Kupfer-Einleiterkabeln $\partial_{zul} = 60 \text{ N/mm}^2$
- Bei Aluminium-Einleiterkabeln $\partial_{zul} = 30 \text{ N/mm}^2$
- Bei Kupfer-Mehrleiterkabeln $\partial_{zul} = 40 \text{ N/mm}^2$
- Bei Aluminium-Mehrleiterkabeln $\partial_{zul} = 20 \text{ N/mm}^2$

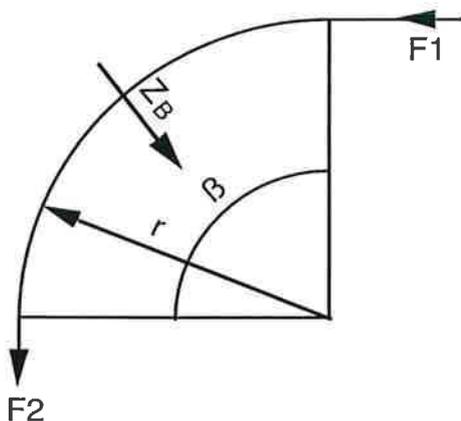
$$F_{zul} = n \times A_{Leiter} \times \partial_{zul} \quad [N]$$

- n = Anzahl Leiter
- A_{Leiter} = Querschnitt eines Leiters in mm^2
- ∂_{zul} = zul. Zugbeanspruchung an den Leitern

Die Zugkraft F_L muss kleiner sein als die zulässige Zugkraft F_{zul}

Radialkräfte in Kurven

Das Kabel wird beim maschinellen Ausziehen um Kurven durch eine in radialer Richtung wirkende Anpresskraft beansprucht. Diese Radialkraft pro Längeneinheit ergibt sich als resultierende Kraft aus den am Kabel vor und nach der Kurve angreifenden Zugkräften F_1 bzw. F_2 .



In der Praxis gilt daher näherungsweise für die Radialkraft pro Längeneinheit:

$$Z_B = \frac{F_2}{r} \quad [\text{N/m}]$$

Zulässige Radialkraft (Anpressdruck) pro Längeneinheit

Zulässige Radialkräfte für Verlegung in Kunststoffrohren:

Unarmierte Kabel	$Z_B \text{ zul}$	=	10'000 N/m
Einfacharmierte Kabel	$Z_B \text{ zul}$	=	15'000 N/m
Doppelarmierte Kabel	$Z_B \text{ zul}$	=	18'000 N/m

Maximal erlaubte Anpresskraft pro Verlegerolle in Kurven:

Unarmierte Kabel	$Z_r \text{ zul}$	=	1'500 N/Rolle
Einfacharmierte Kabel	$Z_r \text{ zul}$	=	2'500 N/Rolle
Doppelarmierte Kabel	$Z_r \text{ zul}$	=	3'000 N/Rolle

Bei Anwendung von Rollketten (5 Rollen pro m):

Unarmierte Kabel	$Z_B \text{ zul}$	=	7'500 N/m
Einfacharmierte Kabel	$Z_B \text{ zul}$	=	12'500 N/m
Doppelarmierte Kabel	$Z_B \text{ zul}$	=	15'000 N/m

Bei Ausbau der Kurven mit Rollen (3 Rollen pro m):

Unarmierte Kabel	$Z_B \text{ zul}$	=	4'500 N/m
Einfacharmierte Kabel	$Z_B \text{ zul}$	=	7'500 N/m
Doppelarmierte Kabel	$Z_B \text{ zul}$	=	9'000 N/m

Beispiel: Zugkraft $F = 12'000 \text{ N}$; Radius $r = 1,2 \text{ m}$

$$Z_B = \frac{F}{r} = \frac{12'000}{1,2 \text{ m}} = 10'000 \text{ N/m}$$

Ergibt: Mind. 4 Rollen armiert
7 Rollen unarmiert

4. Auflage 03.2001

Berechnung des Verlegezuges

Horizontaler Kabelzug (Zugkraft am Ende einer Verlegestrecke)

$$F_L = m \times g \times l \times \mu \quad [\text{N}]$$

Kabelzug mit Steigung oder Gefälle

Reibungskoeffizient μ :	Kabel mit F-Armierung in Kunststoffrohren	0,15 - 0,25 *
	Kabel mit F-Armierung in Zementrohren	0,40 - 0,50

* mit Gleitmittel (Wasser, Industrievaseline)

$$F_L = m \times g \times l \times \mu \pm m \times g \times h \quad [\text{N}]$$

h = Höhenunterschied (m)

+ = Aufwärtszug

- = Abwärtszug

m = Kabelgewicht pro m (kg)

l = Teillänge des geraden Abschnittes

g = $9,8 \text{ m/s}^2$; $\approx 10 \text{ m/s}^2$

Zugkrafterhöhung infolge Richtungsänderung

Durch Richtungsänderung am Ende einer geraden Teillänge erhöht sich die Zugkraft F_L durch zusätzliche Reibung im Bogen um einen Faktor f .

$$F_B = F_L \times f \quad [\text{N}]$$

F_B = Zugkraft beim Bogenaustritt

F_L = Zugkraft beim Bogeneintritt (Kraft beim vorhergehenden Bogenaustritt plus Teilzugkraft auf dem geraden Teilstück)

Faustregel für Kabel mit Kunststoffmantel in Kunststoffrohr, geschmiert:

$$\sphericalangle 45^\circ \quad f = 1.25$$

$$\sphericalangle 90^\circ \quad f = 1.5$$

4. Auflage 03.2001

Minimale Krümmungsradien

<u>Niederspannung</u>	<u>Einleiter</u>	<u>Mehrleiter</u>
Papierisolation	15 D _K	12 D _K
Kunststoffisolation	12 D _K	10 D _K
<u>Hochspannung</u>		
Papierisolation	20 D _K	15 D _K
Polyäthylenisolation bis 30 kV	15 D _K	12 D _K
Ölkabel, Druckkabel und Polyäthylenkabel über 30 kV EPR Kabel	20 D _K	20 D _K
D _K = Aussendurchmesser des Kabels		

Zulässige Verlegetemperaturen

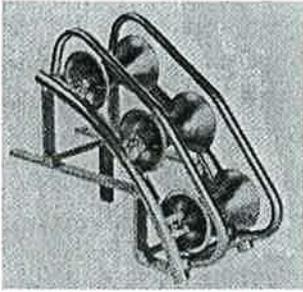
Gemäss den Weisungen der Kabelfabriken darf beim Verlegen der verschiedenen Kabel die Temperatur von -5 ° C nicht unterschritten werden.

Beachte !

**Wenn immer möglich sollten alle Höhen-
differenzen ausgenützt werden (Bobine
höher platzieren), sonst gilt, Bobine bei
den engeren Radien positionieren.**

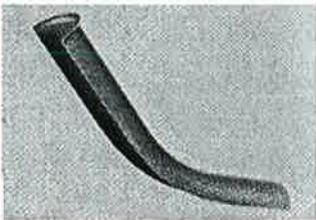
4. Auflage 03:2001

Verlegemittel, Werkzeuge



Verlege-Werkzeuge

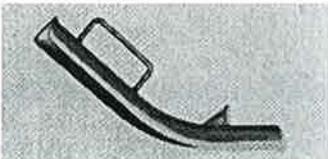
Kabelecktrolle (Eck-Verlegerrolle)



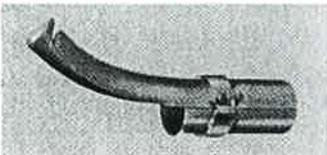
Kabelschutzbogen, glatt



Kabelschutzbogen für Schichtkanten,
Kippbar



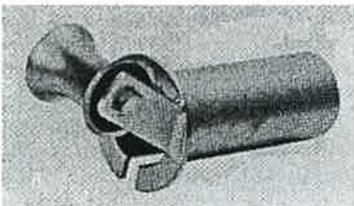
Kabelschutzbogen mit Griff



Kabelschutzbogen zweiteilig mit Tülle



Kabel-Einführstülle



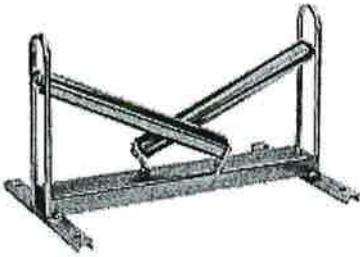
Seileinführgerät



Kabelgleitfett

4. Auflage 03.2001

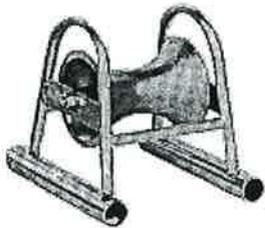
Verlege-Werkzeuge



Kabelablaufrolle



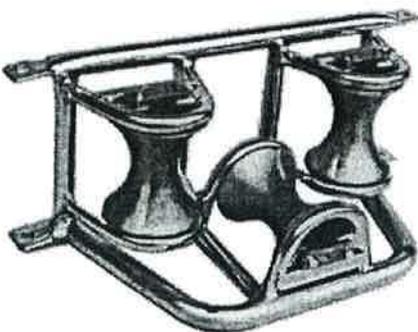
Kabelverlegerolle



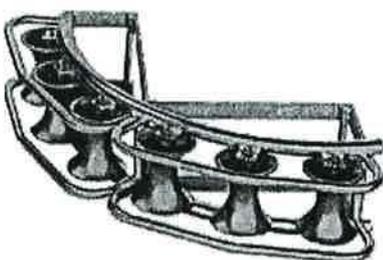
Kabelverlegerolle



Kabellaufrolle auf Spriess



Kabelecksrolle (Eck-Verlegerolle)



Kabelecksrolle (Eck-Verlegerolle)