

Hochspannungs-Haftmasse-Papierbleikabel

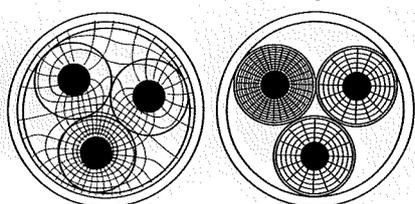
Entwicklung

Die ersten unterirdischen Starkstromleitungen dienten zur Übertragung elektrischer Energie für Beleuchtungszwecke. Kupferleiter wurden mit Guttapercha isoliert und in imprägnierten, zum Teil mit Bitumen vergossenen Holzkanälen im Erdreich vergraben. Da Guttapercha aber schon bei 45 °C erweicht, ersetzte man es als Leiterisolation durch Pflanzenfasern wie Jute, Hanf, Flachs und Baumwolle. Diese hygroskopischen (= wasseranziehenden) Pflanzenfasern wurden mit einer Tränkmasse – Öle, Harze, Erdwachs und Terpentin – imprägniert und zudem mit Metallrohren vor Feuchtigkeit geschützt.

Einen wesentlichen Fortschritt in der Geschichte der Kabeltechnik brachte 1877 die Bleipresse, die fast zur gleichen Zeit und unabhängig voneinander von den Schweizern F. Borel und E. Bertoud und in Deutschland, auf Anregungen von W. Siemens, erfunden wurde. Um 1855 isolierte de Ferranti in England als erster Hochspannungskabel (10 kV) mit imprägnierten Papierbändern. Es handelt sich allerdings noch um starre Leitungsstücke, die er in steife Kupferrohre einzog, in Längen von 6 Metern verlegte und zusammenspleisste. Ab 1890 erschienen die ersten Kabel, die den Namen Papierbleikabel verdienen, und um die Jahrhundertwende erstellte man auch die ersten grösseren, unterirdischen Hochspannungskabel für Spannungen von 3 bis 50 kV. Die Betriebssicherheit der Papierbleikabel über 20 kV Nennspannung liess allerdings noch zu wünschen übrig.

Das Höchstaedter-Papier – 1913 von Höchstaedter bei Siemens-Schuckert, Deutschland, erfunden – brachte den grossen Durchbruch in der Hochspannungskabeltechnik. Das H-Papier, ein mit einer Aluminiumfolie verklebtes und perforiertes Papier-Metall-Band, wird als Abschluss der Papierisolation aufgewickelt und bewirkt eine radiale Beanspruchung des Dielektrikums, so dass die Schott- und Steuerwirkung der geschichteten Papierisolation voll zum Tragen kommt. Zudem werden die Hohlräume zwischen H-Papier und Bleimantel, hauptsächlich die Spikeln bei Dreileiterkabeln, elektrisch nicht mehr beansprucht (siehe Skizze Feld-

Elektrische Feldlinienverteilung



Gürtelkabel

Höchstaedterkabel

linienverteilung bei Gürtel- und H-Kabeln). Später folgten sektorförmige Leiter für Drei- und Mehrleiterkabel und die Dreibleimantelkabel. Sektorleiter bieten vor allem wirtschaftliche Vorteile: kleinere Kabeldurchmesser und damit günstigere Kabelpreise. Dreibleimantelkabel hatten vor allem den Vorteil, dass bei Kabeln im Gefälle weniger Imprägniermasse abwanderte.

Seit dem Zweiten Weltkrieg verbesserte sich die Fabrikationstechnik, und man setzte neue Werkstoffe ein. Bei den Papierbandspinnern der neuen Isoliermaschinen kann nun die Papierbandspannung reguliert und konstant gehalten werden. Beim Trocknen und Imprägnieren heizt Gleichstrom die Leiter auf. Mit den neuen, kontinuierlichen Bleipressen können auch Kabelmäntel aus legiertem Blei hergestellt werden. Relativ neu sind die thermoplastischen Kunststoffe – PVC und PE – als Korrosionsschutz über Bleimantel und Armierung sowie die Haftmasse – Non-Draining-Compound – zur Imprägnierung der Leiterisolation. Dank dem Einsatz der Haftmasse wurden auch im Gefälle verlegte Papierbleikabel wartungsfrei, das heisst, das periodische Nachfüllen der Kabelendverschlüsse erübrigt sich, da die Imprägniermasse auch bei betriebswarmen Kabeln nicht abwandert.

Kabelkonstruktion

Die Kabelkonstruktionen für Hochspannungs-Papierbleikabel haben in der Schweiz den SEV-Regeln Nr. 3037 (1972) zu entsprechen. (Vorschriften und Regeln siehe Kapitel 1.) In der Schweiz werden heute folgende Hochspannungs-Papierbleikabelkonstruktionen verwendet:

Einleiterkabel: ohne H-Papier
bis 10 kV
mit H-Papier
von 20...60 kV

Dreileiter-Gürtelkabel: bis 10 kV

Dreileiter-H-Kabel: von 20...30 kV
(60 kV)

Dreibleimantelkabel: für 20 kV (30 kV)

Die Leiter der Hochspannungs-PPB-Kabel sind zur Hauptsache rund und bestehen aus verseilten Kupferdrähten, seltener aus Aluminiumdrähten. Für Dreileiter-Gürtelkabel bis 10 kV und Dreileiter-Hochspannungskabel bis 20 kV werden auch sektorförmige, verseilte Kupfer- und Aluminiumleiter hergestellt. Die verseilten Leiter werden zuerst mit einer Leiterglättung, bestehend aus zwei Halbleiterpapieren, umwickelt. Danach folgt die Leiterisolation, auch Dielektrikum genannt, aus vielen einzelnen, geschichteten Papierbändern von 0,06 bis 0,15 mm Dicke. Das letzte Papier der Leiterisolation ist farbig, wobei in der Schweiz folgender Farbcode üblich ist:

- Polleiter R: blau
- Polleiter S: rot
- Polleiter T: braun

Bei Höchstaedter-Kabeln wird das H-Papier zusammen mit einem Halbleiterpapier über das letzte, farbige Papierband gewickelt. Drei isolierte Leiter werden zusammen mit Papierbeiläufen zum Dreileiterkabel verseilt. Gürtelkabel erhalten anschliessend eine Gürtelisolation aus Papierbändern, während H-Kabel mit einem Kupferaderband eingebunden werden.

Dieses Baumwollband mit eingesponnenen Kupferdrähten sorgt für eine einwandfreie metallische Verbindung zwi-

schen dem H-Papier und dem Metallmantel.

Vor dem Aufbringen des Mantels wird die Papierisolation unter Vakuum getrocknet und imprägniert. Seit rund zehn Jahren wird in der Schweiz nur noch mit Haftmasse – einem Gemisch vor allem aus Mineralöl und mikrokristallinen Wachsen – imprägniert. Die fertig imprägnierten Kabel kommen direkt aus den mit Haftmasse gefüllten Imprägnierpfannen in die kontinuierliche Bleipresse, die einen nahtlosen Bleimantel umpresst. Er schützt die Papierisolation vor Feuchtigkeit. Obwohl Blei eine geringe mechanische Festigkeit und ein hohes spezifisches Gewicht aufweist, hat es für die meisten Anwendungen den besten Durchschnitt aller für einen Kabelmantel geforderten Eigenschaften wie Wasser- und Gasdichtigkeit, Korrosionsbeständigkeit, elektrische Leitfähigkeit, Reparaturfähigkeit und günstiger Preis. Der Bleimantel hat in der Kabelindustrie deshalb auch heute noch seinen festen Platz. Er erhält für die Verlegung im Erdboden noch einen Schutz gegen Korrosion und mechanische Beschädigung, heute hauptsächlich Thermoplastmäntel. Drei Einleiterkabel, meist mit einem umspritzten Thermoplastmantel, werden zum Dreibleimantelkabel verseilt. Die Spikeln sind mit thermoplastischem Kunststoff gefüllt, damit das Kabel rund wird und nicht zur «Wasserleitung» entartet. Hochspannungs-Dreileiter- und Dreibleimantelkabel armiert man meistens mit einer Lage verzinkter Flachstahldrähte. Die Armierung dient als mechanischer Schutz und zugleich als Zugelement. Beim Einziehen fassen die Zugmaschinen die Kabel an der Armierung. Dabei erhält das äussere Kabelende eine Zugschlaufe, die hydraulisch auf die zusammengefassten Flachstahldrähte aufgesprengt wird. Ist eine sehr hohe Einziehkraft zu erwarten oder soll ein Kabel senkrecht aufgehängt werden, so wird eine doppelte, gegenläufig aufgewickelte Flachstahldrahtarmierung verwendet. Falls notwendig, lässt sich auch die Zugarmierung noch durch einen äusseren Thermoplastmantel vor Korrosion und unerwünschter Potentialverschleppung schützen.

Da heute Hochspannungs-PPB-Kabel fast ausnahmslos eingezogen werden und zudem Kunststoffrohre oder ganze Rohrblochanlagen meist für den mechanischen Schutz sorgen, erübrigen sich Schutzarmierungen aus zwei Stahlbändern für diese Kabel normalerweise. Die nachfolgenden Bilder und Tabellen zeigen die heute in der Schweiz gebräuchlichen Hochspannungs-PPB-Kabeltypen. Es existieren daneben noch einige Spezialkonstruktionen:

PIPB	Papierbleikabel mit vorimprägnierter Papierisolation
PALT	Papierisoliertes Haftmassekabel mit Aluminiumband und Polyäthylenmantel
PFEW-T	Papierisoliertes Haftmassekabel mit Stahl-, Kupfer- oder
PCUW-T	Aluminiumwellmantel
PALW-T	
PIFEW-T	Kabel mit vorimprägnierter
PICUW-T	Papierisolation, mit Stahl-,
PIALW-T	Kupfer- oder Aluminiumwellmantel

Im Juli 1977 wurde die spezielle Kennzeichnung der Hochspannungs-Netzkabel eingeführt.

Kabel mit äusserem Kunststoffmantel: 2 rote, um 180° versetzte Längsstreifen auf dem Kunststoffmantel
Kabel mit äusserer Zugarmierung: 1 roter Flachstahldraht

1-Leiter-Hochspannungs-Haftmasse-Papierbleikabel

PPB-T 1x150 mm² h 10/6 kV



Kunststoffmantel

Bleimantel

Leiterisolation
imprägnierte Papierbänder

Halbleiterpapiere

verseilter
Kupferleiter

PPB-T 1x800 mm² h 20/11,5 kV



Kunststoffmantel

Bleimantel

Höchstaedter- und
Halbleiterpapier

Leiterisolation
imprägnierte Papierbänder

Halbleiterpapiere

verseilter
Kupferleiter

PPB-T 1x185 mm² h 60/35 kV



Kunststoffmantel

Bleimantel

Höchstaedter- und
Halbleiterpapier

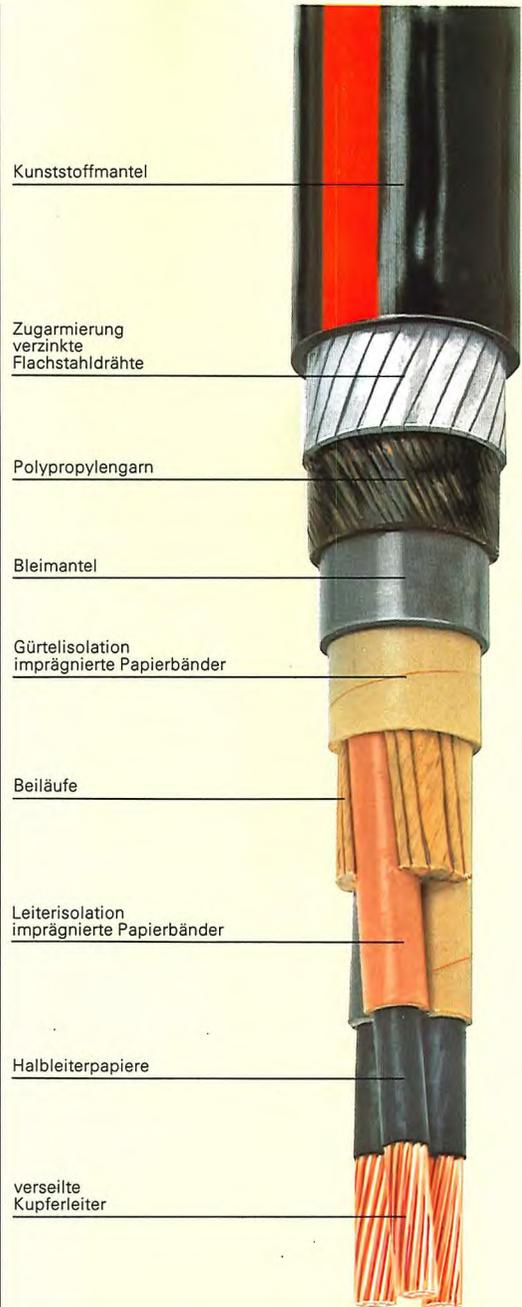
Leiterisolation
imprägnierte Papierbänder

Halbleiterpapiere

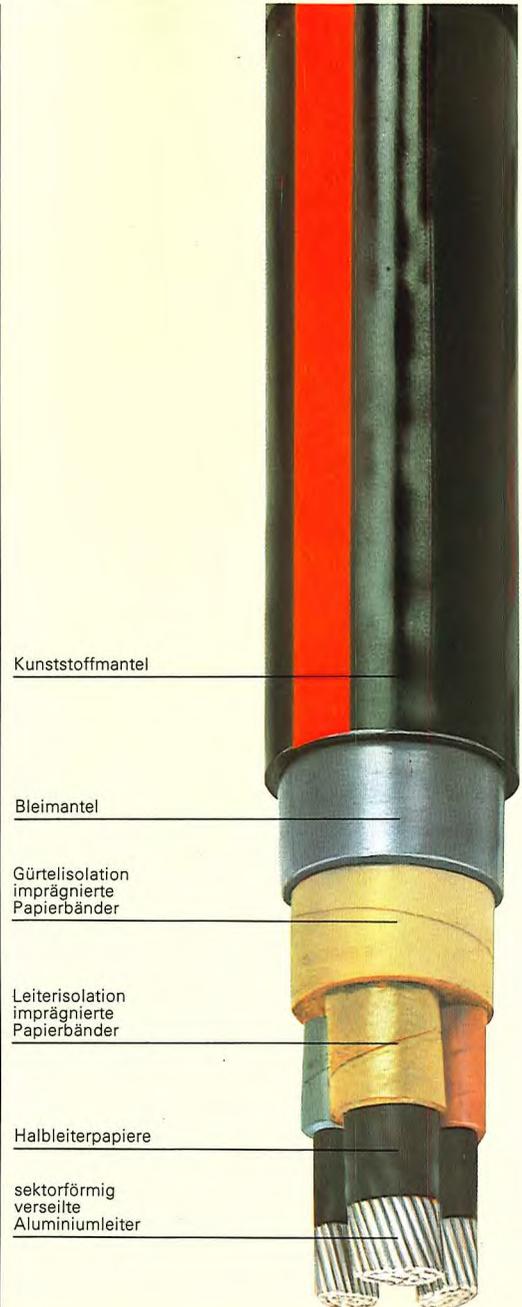
verseilter
Kupferleiter

3-Leiter-Hochspannungs-Haftmasse-Papierbleikabel

PPB-JFT 3x95 mm² 10/10 kV



PPB-T 3x240 mm² Alsm 10/10 kV



3-Leiter-Hochspannungs-Haftmasse-Papierbleikabel

PPB-JCT 3x50 mm² h 20/11,5 kV



Kunststoffmantel

Armierung
2 Stahlbänder

Polypropylengarn

Bleimantel

Kupferraderband

Höchsttaedter- und
Halbleiterpapier

Leiterisolation
imprägnierte Papierbänder

Halbleiterpapiere

verseilte
Kupferleiter

PPB-TF 3x95 mm² h 20/11,5 kV



Zugarmierung
verzinkte
Flachstahldrähte

Kunststoffmantel

Bleimantel

Kupferraderband

Höchsttaedter- und
Halbleiterpapier

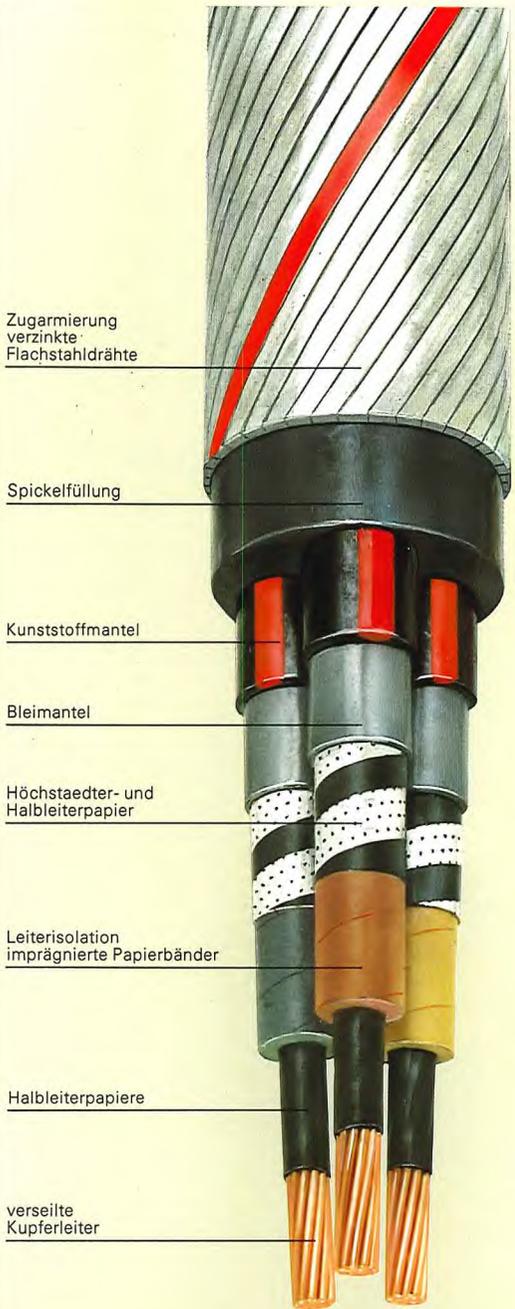
Leiterisolation
imprägnierte Papierbänder

Halbleiterpapiere

verseilte
Kupferleiter

Hochspannungs-Haftmasse-Dreiblemantelkabel

PPB-T-F 3x1x95 mm² h 20/11,5 kV



Zugarmierung
verzinkte
Flachstahldrähte

Spickelfüllung

Kunststoffmantel

Bleimantel

Höchsttaedter- und
Halbleiterpapier

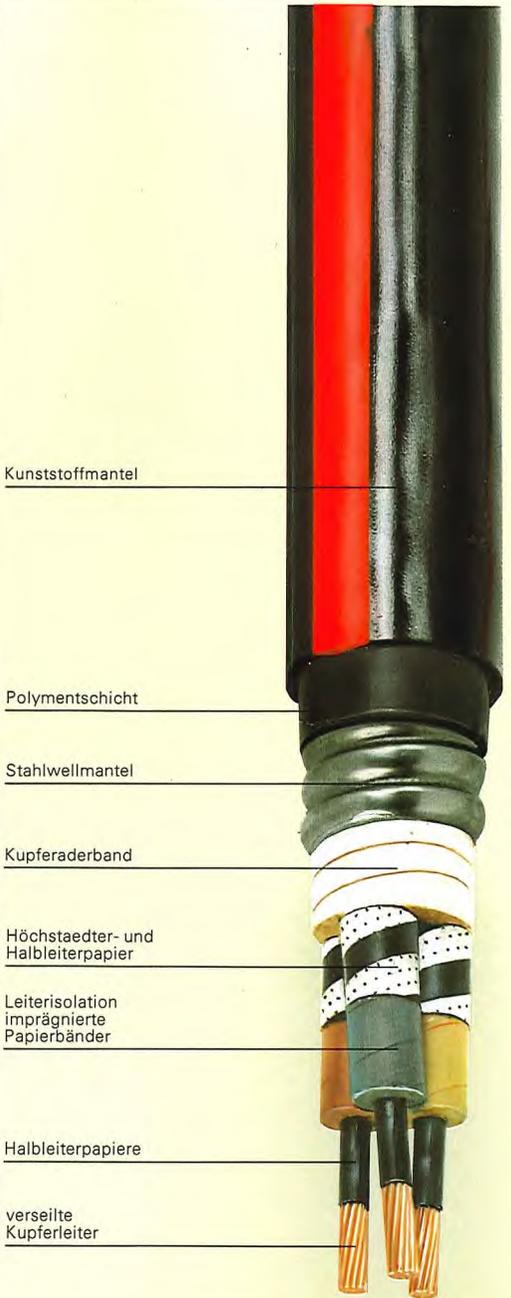
Leiterisolation
imprägnierte Papierbänder

Halbleiterpapiere

verseilte
Kupferleiter

3-Leiter-Hochspannungs-Haftmasssekabel mit Stahlwellmantel

PFEW-T 3x50 mm² h 20/11,5 kV



Kunststoffmantel

Polymentschicht

Stahlwellmantel

Kupferaderband

Höchsttaedter- und
Halbleiterpapier

Leiterisolation
imprägnierte
Papierbänder

Halbleiterpapiere

verseilte
Kupferleiter

Hinweis

zu den Strombelastungswerten
ab Blatt 5.8

Betriebsart:	Industrielast	10 h 100%
		14 h 60%

Erdverlegt unter Deck- platten oder Decksteinen		
	1-Leiter	3-Leiter

In Röhren oder Rillen- steinen verlegt		
	1-Leiter	3-Leiter

Luftverlegt		
	1-Leiter	3-Leiter

maximale Leiter- temperatur	60°C
Thermischer Erdboden- wärmewiderstand:	100°C cm/W
Verlegetiefe:	1 m
Bodentemperatur:	20°C
Lufttemperatur:	30°C

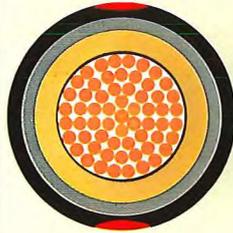
Erdung der Bleimäntel bei 1-Leiter-
Kabeln:
einseitig oder Cross-Bonding

1-Leiter-Hochspannungs-Haftmasse-Papierbleikabel

h 10/6 kV

Leiter: Kupfer verseilt

PPB-T

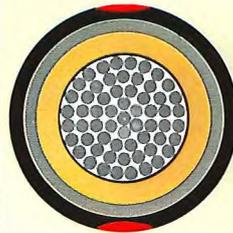


Querschnitt mm ²	Durchmesser mm	100 Meter kg
16	20	120
25	21	133
35	21	142
50	23	169
70	25	209
95	27	256
120	28	284
150	29	319
185	31	379
240	34	465
300	36	536
400	40	654
500	44	805
630	48	992
800	53	1238

h 10/6 kV

Leiter: Aluminium verseilt

PPB-T



Querschnitt mm ²	Durchmesser mm	100 Meter kg
50	23	140
70	25	167
95	27	198
120	28	210
150	29	230
185	31	266
240	34	316
300	36	350
400	40	416
500	44	506
630	48	600
800	52	765

1-Leiter-Hochspannungs-Haftmasse-Papierbleikabel

PPB-T h 10/6 kV

Leiter: Kupfer verseilt

Querschnitt mm ²	Belastbarkeit* Erde	Rohr	Luft	R_{60}^*	C	l_c	ωL^*	Z_{60}^*
	 A	 A	 A	Ω/km	$\mu\text{F}/\text{km}$	A/km	Ω/km	Ω/km
16	115	95	94	1,308	0,22	0,40	0,275	1,34
25	150	125	125	0,824	0,26	0,47	0,261	0,86
35	185	150	150	0,595	0,31	0,56	0,251	0,65
50	220	175	185	0,439	0,34	0,63	0,241	0,50
70	270	220	230	0,303	0,39	0,71	0,229	0,38
95	325	265	280	0,219	0,44	0,81	0,219	0,31
120	370	300	325	0,174	0,52	0,94	0,212	0,27
150	420	340	370	0,142	0,56	1,02	0,205	0,25
185	475	390	425	0,113	0,62	1,12	0,198	0,23
240	555	455	505	0,087	0,69	1,26	0,189	0,21
300	625	515	580	0,070	0,76	1,38	0,183	0,20
400	710	595	685	0,055	0,86	1,56	0,174	0,18
500	790	680	785	0,045	0,95	1,73	0,166	0,17
630	890	775	910	0,036	1,06	1,92	0,159	0,16
800	990	875	1040	0,029	1,18	2,14	0,151	0,15

PPB-T h 10/6 kV

Leiter: Aluminium verseilt

50	170	135	140	0,729	0,34	0,63	0,241	0,77
70	210	170	180	0,505	0,39	0,71	0,229	0,55
95	250	205	220	0,364	0,44	0,81	0,219	0,42
120	290	235	255	0,288	0,52	0,94	0,212	0,36
150	325	265	285	0,235	0,56	1,02	0,205	0,31
185	370	300	330	0,187	0,62	1,12	0,198	0,27
240	430	355	395	0,142	0,69	1,26	0,189	0,24
300	485	405	454	0,114	0,76	1,38	0,183	0,22
400	555	465	535	0,090	0,86	1,56	0,174	0,20
500	625	530	620	0,072	0,95	1,73	0,166	0,18
630	710	620	725	0,056	1,06	1,92	0,159	0,17
800	800	705	840	0,045	1,18	2,14	0,151	0,16

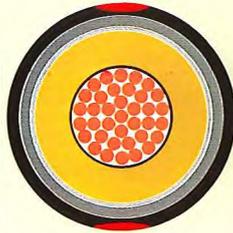
* Achsabstand 12 cm

1-Leiter-Hochspannungs-Haftmasse-Papierbleikabel

h 20/11,5 kV

Leiter: Kupfer verseilt

PPB-T

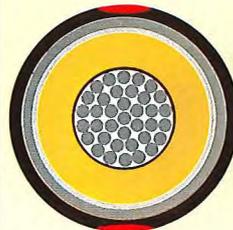


Querschnitt mm ²	Durchmesser mm	100 Meter kg
25	26	191
35	26	199
50	28	230
70	29	264
95	32	315
120	33	351
150	35	401
185	37	466
240	40	544
300	42	633
400	46	759
500	49	902
630	53	1096
800	59	1357

h 20/11,5 kV

Leiter: Aluminium verseilt

PPB-T



Querschnitt mm ²	Durchmesser mm	100 Meter kg
50	28	201
70	29	222
95	32	257
120	33	278
150	35	311
185	37	353
240	40	395
300	42	448
400	46	521
500	49	603
630	53	704
800	59	862

I-Leiter-Hochspannungs-Haftmasse-Papierbleikabel

PPB-T h 20/11,5 kV

Leiter: Kupfer verseilt

Querschnitt mm ²	Belastbarkeit*			R_{60}^* Ω/km	C μF/km	l_c A/km	ωL^* Ω/km	Z_{60}^* Ω/km
	Erde  A	Rohr  A	Luft  A					
25	145	120	120	0,824	0,20	0,73	0,261	0,86
35	175	145	150	0,595	0,23	0,85	0,251	0,65
50	210	175	180	0,439	0,26	0,94	0,241	0,50
70	260	216	225	0,303	0,29	1,06	0,229	0,38
95	310	260	275	0,219	0,33	1,18	0,219	0,31
120	355	295	315	0,174	0,35	1,28	0,212	0,27
150	400	335	360	0,142	0,38	1,38	0,205	0,25
185	455	380	415	0,113	0,42	1,51	0,198	0,23
240	530	445	485	0,087	0,46	1,68	0,189	0,21
300	600	510	560	0,070	0,50	1,82	0,183	0,20
400	690	590	660	0,055	0,56	2,05	0,174	0,18
500	780	670	755	0,045	0,62	2,26	0,166	0,17
630	885	760	870	0,036	0,69	2,49	0,159	0,16
800	990	855	1000	0,029	0,76	2,77	0,151	0,15

PPB-T h 20/11,5 kV

Leiter: Aluminium verseilt

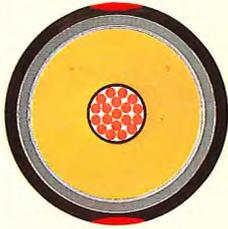
50	160	135	140	0,729	0,26	0,94	0,241	0,77
70	200	165	175	0,505	0,29	1,06	0,229	0,55
95	240	200	210	0,364	0,33	1,18	0,219	0,42
120	275	230	245	0,288	0,35	1,28	0,212	0,36
150	310	260	280	0,235	0,38	1,38	0,205	0,31
185	355	295	320	0,187	0,42	1,51	0,198	0,27
240	415	345	380	0,142	0,46	1,68	0,189	0,24
300	470	395	440	0,114	0,50	1,82	0,183	0,22
400	540	460	515	0,090	0,56	2,05	0,174	0,20
500	615	525	595	0,072	0,62	2,26	0,166	0,18
630	705	605	695	0,056	0,69	2,49	0,159	0,17
800	800	690	805	0,045	0,76	2,77	0,151	0,16

*Achsabstand 12 cm

1-Leiter-Hochspannungs-Haftmasse-Papierbleikabel

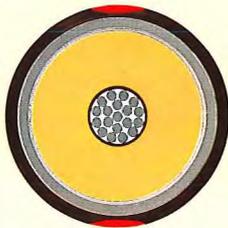
h 30/17,5 kV

Leiter: Kupfer verseilt

PPB-T		
		
Querschnitt mm ²	Durchmesser mm	100 Meter kg
35	33	287
50	35	323
70	36	360
95	38	417
120	40	456
150	42	511
185	44	582
240	46	665
300	48	744
400	52	877
500	56	1049
630	59	1252
800	64	1460

h 30/17,5 kV

Leiter: Aluminium verseilt

PPB-T		
		
Querschnitt mm ²	Durchmesser mm	100 Meter kg
50	35	294
70	36	318
95	38	359
120	40	382
150	42	421
185	44	469
240	46	516
300	48	559
400	52	640
500	56	750
630	59	860
800	64	965

I-Leiter-Hochspannungs-Haftmasse-Papierbleikabel

PPB-T h 30/17,5 kV

Leiter: Kupfer verseilt

Querschnitt mm ²	Belastbarkeit*			R_{60}^* Ω/km	C μF/km	l_c A/km	ωL^* Ω/km	Z_{60}^* Ω/km
	Erde A	Rohr A	Luft A					
35	170	145	145	0,595	0,18	0,98	0,265	0,65
50	200	175	175	0,439	0,20	1,07	0,255	0,51
70	250	215	215	0,303	0,22	1,19	0,243	0,39
95	300	260	265	0,219	0,24	1,32	0,233	0,32
120	345	295	305	0,174	0,26	1,42	0,226	0,29
150	385	330	345	0,142	0,28	1,52	0,219	0,26
185	440	380	400	0,113	0,30	1,64	0,212	0,24
240	515	445	470	0,087	0,33	1,81	0,203	0,22
300	585	510	545	0,070	0,38	2,05	0,197	0,21
400	675	585	635	0,055	0,42	2,28	0,188	0,20
500	765	665	730	0,044	0,46	2,51	0,180	0,19
630	870	755	850	0,035	0,51	2,76	0,173	0,18
800	980	855	975	0,029	0,56	3,05	0,165	0,17

PPB-T h 30/17,5 kV

Leiter: Aluminium verseilt

50	155	135	135	0,729	0,20	1,07	0,255	0,77
70	190	165	170	0,505	0,22	1,19	0,243	0,56
95	235	200	205	0,364	0,24	1,32	0,233	0,43
120	265	230	235	0,288	0,26	1,42	0,226	0,37
150	300	260	270	0,235	0,28	1,52	0,219	0,32
185	340	295	310	0,187	0,30	1,64	0,212	0,28
240	400	350	370	0,142	0,33	1,81	0,203	0,25
300	460	395	425	0,114	0,38	2,05	0,197	0,23
400	530	460	500	0,090	0,42	2,28	0,188	0,21
500	600	525	575	0,072	0,46	2,51	0,180	0,19
630	690	600	675	0,056	0,51	2,76	0,173	0,18
800	790	685	780	0,045	0,56	3,05	0,165	0,17

* Achsabstand 15 cm

1-Leiter-Hochspannungs-Haftmasse-Papierbleikabel

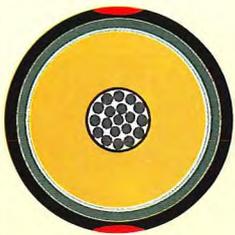
h 45/26 kV

Leiter: Kupfer verseilt

PPB-T		
		
Querschnitt mm ²	Durchmesser mm	100 Meter kg
95	41	460
120	42	500
150	44	557
185	46	614
240	49	715
300	50	778
400	54	913
500	58	1108
630	61	1293
800	66	1502

h 45/26 kV

Leiter: Aluminium verseilt

PPB-T		
		
Querschnitt mm ²	Durchmesser mm	100 Meter kg
95	41	402
120	42	426
150	44	467
185	46	501
240	49	566
300	50	593
400	54	676
500	58	809
630	61	901
800	66	1008

I-Leiter-Hochspannungs-Haftmasse-Papierbleikabel

PPB-T h 45/26 kV

Leiter: Kupfer verseilt

Querschnitt mm ²	Belastbarkeit*			R_{60}^* Ω/km	C μF/km	l_c A/km	ωL^* Ω/km	Z_{60}^* Ω/km
	Erde 	Rohr 	Luft 					
95	290	255	260	0,219	0,20	1,63	0,233	0,32
120	330	290	295	0,174	0,21	1,75	0,226	0,29
150	370	330	335	0,142	0,23	1,86	0,219	0,26
185	425	375	385	0,113	0,25	2,01	0,212	0,24
240	495	435	455	0,087	0,27	2,20	0,203	0,22
300	565	495	530	0,070	0,31	2,52	0,197	0,21
400	650	570	615	0,055	0,34	2,79	0,188	0,20
500	740	655	710	0,044	0,37	3,05	0,180	0,19
630	845	745	820	0,035	0,41	3,34	0,173	0,18
800	950	840	940	0,029	0,45	3,68	0,165	0,17

PPB-T h 45/26 kV

Leiter: Aluminium verseilt

95	225	195	200	0,364	0,20	1,63	0,233	0,43
120	255	225	230	0,288	0,21	1,75	0,226	0,37
150	290	255	260	0,235	0,23	1,86	0,219	0,32
185	330	290	300	0,187	0,25	2,01	0,212	0,28
240	385	340	355	0,142	0,27	2,20	0,203	0,25
300	445	390	410	0,114	0,31	2,52	0,197	0,23
400	510	450	485	0,090	0,34	2,79	0,188	0,21
500	585	515	560	0,072	0,37	3,05	0,180	0,19
630	670	595	650	0,056	0,41	3,34	0,173	0,18
800	765	675	755	0,045	0,45	3,68	0,165	0,17

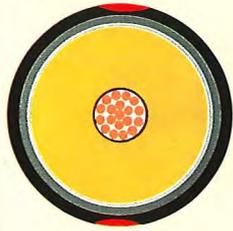
* Achsabstand 15 cm

I-Leiter-Hochspannungs-Haftmasse-Papierbleikabel

h 60/35 kV

Leiter: Kupfer verseilt

PPB-T



Querschnitt mm ²	Durchmesser mm	100 Meter kg
120	51	681
150	53	726
185	56	827
240	58	940
300	59	986
400	62	1111
500	66	1300
630	69	1492
800	73	1710

h 60/35 kV

Leiter: Aluminium verseilt

PPB-T



Querschnitt mm ²	Durchmesser mm	100 Meter kg
120	52	607
150	53	636
185	56	714
240	58	791
300	59	800
400	62	874
500	66	1000
630	69	1101
800	73	1216

1-Leiter-Hochspannungs-Haftmasse-Papierbleikabel

PPB-T h 60/35 kV

Leiter: Kupfer verseilt

Querschnitt mm ²	Belastbarkeit* Erde	Rohr	Luft	R_{60}^* Ω/km	C μF/km	l_c A/km	ωL^* Ω/km	Z_{60}^* Ω/km
	 A	 A	 A					
120	320	285	290	0,174	0,19	2,11	0,226	0,29
150	365	325	330	0,142	0,21	2,25	0,219	0,26
185	415	365	380	0,113	0,22	2,41	0,212	0,24
240	485	430	445	0,087	0,24	2,64	0,203	0,22
300	550	490	515	0,070	0,27	2,97	0,197	0,21
400	635	565	600	0,055	0,30	3,29	0,188	0,20
500	720	640	690	0,044	0,33	3,58	0,180	0,19
630	820	730	800	0,035	0,36	3,90	0,173	0,18
800	925	820	915	0,029	0,39	4,28	0,165	0,17

PPB-T h 60/35 kV

Leiter: Aluminium verseilt

120	250	225	225	0,288	0,19	2,11	0,226	0,37
150	280	250	255	0,235	0,21	2,25	0,219	0,32
185	320	285	295	0,187	0,22	2,41	0,212	0,28
240	375	335	350	0,142	0,24	2,64	0,203	0,25
300	430	380	400	0,114	0,27	2,97	0,197	0,23
400	500	445	470	0,090	0,30	3,29	0,188	0,21
500	565	505	545	0,072	0,33	3,58	0,180	0,19
630	650	580	635	0,056	0,36	3,90	0,173	0,18
800	745	660	735	0,045	0,39	4,28	0,165	0,17

* Achsabstand 15 cm

3-Leiter-Hochspannungs-Haftmasse-Papierbleikabel

10/10 kV

Leiter: Kupfer verseilt

Querschnitt mm ²	PPB-T		PPB-JCT		PPB-JF		PPB-TF		PPB-JFT	
	∅ mm	100 Meter kg								
10	37	320	46	479	40	428	39	421	46	462
16	39	358	48	525	42	471	41	464	48	507
25	41	416	51	592	44	534	43	529	50	573
35	42	449	51	628	45	569	44	563	51	609
50	44	528	55	719	48	655	47	649	54	698
70	49	648	59	853	52	783	51	781	58	832
95	53	788	63	1010	56	932	55	932	62	987
120	55	890	65	1165	57	1037	57	1039	64	1093
150	58	1026	69	1317	61	1180	61	1185	67	1241
185	63	1207	73	1517	65	1369	65	1377	72	1439
240	69	1497	79	1833	71	1670	71	1683	78	1747

10/10 kV

Leiter: Aluminium verseilt

Querschnitt mm ²	PPB-T		PPB-JCT		PPB-JF		PPB-TF		PPB-JFT	
	∅ mm	100 Meter kg								
50	45	441	54	631	48	567	47	563	54	611
70	49	521	59	727	52	656	51	654	58	705
95	53	613	63	835	56	757	55	758	62	812
120	55	668	65	942	57	814	57	817	64	870
150	58	755	69	1046	61	909	61	914	67	970
185	63	866	73	1176	65	1029	65	1036	72	1098
240	69	1047	79	1384	71	1220	71	1234	78	1298
300	74	1196	84	1552	75	1379	76	1396	82	1461
400	82	1443	91	1828	83	1639	84	1663	90	1729

3-Leiter-Hochspannungs-Haftmasse-Papierbleikabel

PPB-TF 10/10 kV

Leiter: Kupfer verseilt, rund

Querschnitt mm ²	Belastbarkeit Erde	Rohr	Luft	R_{60}	C	l_c	ωL	Z_{60}
	A	A	A	Ω/km	$\mu\text{F}/\text{km}$	A/km	Ω/km	Ω/km
10	70	55	50	2,118	0,17	0,32	0,134	2,12
16	90	70	65	1,331	0,19	0,34	0,126	1,33
25	115	95	85	0,841	0,22	0,40	0,116	0,85
35	140	115	105	0,607	0,25	0,45	0,107	0,62
50	165	135	125	0,448	0,27	0,49	0,102	0,46
70	200	165	160	0,311	0,29	0,53	0,098	0,33
95	245	200	195	0,224	0,32	0,58	0,094	0,24
120	280	230	225	0,178	0,36	0,65	0,089	0,20
150	320	255	255	0,145	0,38	0,68	0,087	0,17
185	360	295	290	0,117	0,40	0,72	0,085	0,14
240	420	345	345	0,090	0,43	0,78	0,083	0,12

PPB-TF 10/10 kV

Leiter: Aluminium verseilt, rund

50	125	105	100	0,745	0,27	0,49	0,102	0,75
70	155	130	125	0,515	0,29	0,53	0,098	0,52
95	190	155	150	0,372	0,32	0,58	0,094	0,38
120	220	180	175	0,294	0,36	0,65	0,089	0,31
150	250	200	200	0,240	0,38	0,68	0,087	0,26
185	285	230	230	0,192	0,40	0,72	0,085	0,21
240	330	270	270	0,147	0,43	0,78	0,083	0,17
300	375	310	310	0,118	0,45	0,82	0,081	0,14
400	430	355	360	0,093	0,48	0,88	0,079	0,12

3-Leiter-Hochspannungs-Haftmasse-Papierbleikabel

h 20/11,5 kV

Leiter: Kupfer verseilt

Querschnitt mm ²	PPB-T		PPB-JCT		PPB-JF		PPB-TF		PPB-JFT	
	∅ mm	100 Meter kg								
16	47	508	57	707	50	638	50	637	56	685
25	51	600	61	814	54	739	54	739	60	791
35	51	625	61	840	54	765	54	765	60	818
50	54	715	64	940	57	861	57	863	63	916
70	58	848	69	1138	61	1001	61	1006	67	1063
95	63	1004	73	1314	65	1166	65	1174	72	1236
120	66	1144	77	1470	68	1313	69	1323	75	1385
150	70	1294	80	1634	72	1469	72	1483	79	1547
185	74	1490	84	1847	76	1673	76	1690	83	1756
240	80	1805	90	2184	81	1997	83	2022	98	2086

h 20/11,5 kV

Leiter: Aluminium verseilt

Querschnitt mm ²	PPB-T		PPB-JCT		PPB-JF		PPB-TF		PPB-JFT	
	∅ mm	100 Meter kg								
50	54	628	64	852	57	773	57	776	63	829
70	58	721	69	1012	61	875	61	880	67	936
95	63	827	73	1138	65	990	65	998	72	1059
120	66	922	77	1247	68	1090	69	1101	75	1163
150	70	1023	80	1363	72	1198	72	1212	79	1276
185	74	1149	84	1506	76	1333	76	1350	83	1415
240	80	1355	90	1734	81	1548	83	1572	88	1636
300	85	1522	95	1920	86	1723	88	1752	93	1817
400	93	1798	102	2224	93	2011	95	2048	100	2112

3-Leiter-Hochspannungs-Haftmasse-Papierbleikabel

PPB-TF h 20/11,5 kV

Leiter: Kupfer verseilt, rund

Querschnitt mm ²	Belastbarkeit Erde	Rohr	Luft	R_{60}	C	l_c	ωL	Z_{60}
	A	A	A	Ω/km	$\mu\text{F}/\text{km}$	A/km	Ω/km	Ω/km
16	95	80	75	1,331	0,19	0,67	0,156	1,34
25	120	100	95	0,841	0,21	0,76	0,145	0,85
35	150	120	115	0,595	0,24	0,88	0,134	0,61
50	175	140	135	0,448	0,27	0,97	0,128	0,47
70	215	175	170	0,311	0,30	1,09	0,120	0,33
95	255	210	205	0,224	0,34	1,22	0,114	0,25
120	290	240	235	0,178	0,36	1,32	0,110	0,21
150	325	270	265	0,145	0,39	1,43	0,107	0,18
185	365	305	305	0,116	0,43	1,55	0,103	0,16
240	425	350	355	0,089	0,48	1,73	0,099	0,13

PPB-TF h 20/11,5 kV

Leiter: Aluminium verseilt, rund

50	135	110	105	0,744	0,27	0,97	0,128	0,75
70	165	135	130	0,515	0,30	1,09	0,120	0,53
95	200	165	160	0,372	0,34	1,22	0,114	0,39
120	225	185	185	0,294	0,36	1,32	0,110	0,31
150	255	210	210	0,240	0,39	1,43	0,107	0,26
185	290	240	240	0,191	0,43	1,55	0,103	0,22
240	335	280	280	0,146	0,48	1,73	0,099	0,18
300	380	315	320	0,118	0,53	1,92	0,095	0,15
400	435	360	370	0,092	0,59	2,15	0,092	0,13

3-Leiter-Hochspannungs-Haftmasse-Papierbleikabel

10/10 kV

Leiter: Kupfer verseilt, sektorförmig

Querschnitt mm ²	PPB-T		PPB-JCT		PPB-JF		PPB-TF		PPB-JFT	
	∅ mm	100 Meter kg								
95	49	709	58	914	52	844	51	842	58	893
120	50	801	59	1009	53	937	52	937	59	987
150	53	906	63	1127	56	1050	55	1050	62	1104
185	56	1065	67	1345	59	1215	59	1218	65	1274
240	61	1317	72	1621	63	1476	64	1484	70	1542

10/10 kV

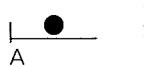
Leiter: Aluminium verseilt, sektorförmig

Querschnitt mm ²	PPB-T		PPB-JCT		PPB-JF		PPB-TF		PPB-JFT	
	∅ mm	100 Meter kg								
95	49	535	58	739	52	669	51	667	58	718
120	50	579	60	787	53	715	52	715	59	765
150	53	631	63	852	56	775	55	775	62	829
185	56	724	67	1005	59	874	59	879	65	933
240	61	868	72	1171	64	1027	64	1034	70	1092
300	66	997	76	1322	68	1165	68	1176	75	1238
400	74	1224	84	1580	76	1407	76	1424	83	1489

3-Leiter-Hochspannungs-Haftmasse-Papierbleikabel

PPB-TF 10/10 kV

Leiter: Kupfer verseilt, sektorförmig

Querschnitt mm ²	Belastbarkeit Erde	Rohr	Luft	$R_{\infty 60}$	C	l_c	ωL	Z_{60}
	 A	 A	 A	Ω/km	$\mu\text{F}/\text{km}$	A/km	Ω/km	Ω/km
95	245	200	195	0,224	0,35	0,63	0,089	0,24
120	280	230	225	0,178	0,39	0,71	0,085	0,20
150	320	255	255	0,145	0,41	0,74	0,083	0,17
185	360	295	295	0,117	0,43	0,78	0,081	0,14
240	420	345	345	0,090	0,46	0,84	0,079	0,12

PPB-TF 10/10 kV

Leiter: Aluminium verseilt, sektorförmig

95	190	155	150	0,372	0,35	0,63	0,089	0,38
120	220	180	175	0,294	0,39	0,71	0,085	0,31
150	250	200	200	0,240	0,41	0,74	0,083	0,25
185	285	230	230	0,192	0,43	0,78	0,081	0,21
240	330	270	270	0,147	0,46	0,84	0,079	0,17
300	375	310	310	0,118	0,49	0,88	0,077	0,14
400	430	355	360	0,093	0,52	0,94	0,076	0,12

3-Leiter-Hochspannungs-Haftmasse-Papierbleikabel

h 20/11,5 kV

Leiter: Kupfer verseilt, sektorförmig

Querschnitt mm ²	PPB-T		PPB-JCT		PPB-JF		PPB-TF		PPB-JFT	
	∅ mm	100 Meter kg								
95	58	914	69	1204	61	1067	61	1072	67	1128
120	61	1043	72	1346	63	1201	64	1209	70	1267
150	64	1157	75	1473	66	1323	66	1331	73	1393
185	68	1329	78	1662	70	1502	70	1512	77	1578
240	73	1603	83	1953	74	1783	75	1800	81	1864

h 20/11,5 kV

Leiter: Aluminium verseilt, sektorförmig

Querschnitt mm ²	PPB-T		PPB-JCT		PPB-JF		PPB-TF		PPB-JFT	
	∅ mm	100 Meter kg								
95	58	739	69	1029	61	892	61	897	67	953
120	61	820	72	1123	63	979	64	986	70	1045
150	64	886	75	1202	66	1052	66	1060	73	1122
185	68	989	78	1321	70	1161	70	1172	77	1237
240	73	1154	83	1503	74	1333	75	1350	81	1414
300	77	1301	87	1669	79	1489	80	1510	86	1575
400	85	1500	94	1896	86	1700	87	1729	93	1794

3-Leiter-Hochspannungs-Haftmasse-Papierbleikabel

PPB-TF h 20/11,5 kV

Leiter: Kupfer verseilt, sektorförmig

Querschnitt mm ²	Belastbarkeit Erde	Rohr	Luft	R_{60}	C	l_c	ωL	Z_{60}
	 A	 A	 A	Ω/km	$\mu\text{F}/\text{km}$	A/km	Ω/km	Ω/km
95	255	210	205	0,224	0,37	1,33	0,109	0,25
120	290	240	235	0,178	0,39	1,41	0,106	0,21
150	325	270	265	0,145	0,42	1,53	0,102	0,18
185	365	305	305	0,116	0,46	1,68	0,099	0,15
240	425	350	355	0,089	0,52	1,88	0,095	0,13

PPB-TF h 20/11,5 kV

Leiter: Aluminium verseilt, sektorförmig

95	200	165	160	0,372	0,37	1,33	0,109	0,39
120	225	185	185	0,294	0,39	1,41	0,106	0,31
150	255	210	210	0,240	0,42	1,53	0,102	0,26
185	290	240	240	0,191	0,46	1,68	0,099	0,22
240	335	280	280	0,146	0,52	1,88	0,095	0,17
300	380	315	320	0,118	0,57	2,07	0,089	0,15
400	435	360	370	0,092	0,64	2,32	0,088	0,13

Dreibleimantel-Hochspannungs-Haftmassekabel

h 20/11,5 kV

Leiter: Kupfer verseilt

Querschnitt mm ²	PPB-JF		PPB-JFT		PPB-T-F		PPB-T-FT	
	Durchmesser mm	100 Meter kg						
50	60	862	67	922	64	996	70	1062
70	64	977	70	1043	67	1124	74	1196
95	68	1143	75	1215	72	1312	79	1391
120	71	1263	78	1340	75	1443	82	1525
150	75	1422	82	1504	79	1624	86	1710
185	79	1629	86	1715	84	1856	91	1947
240	84	1884	91	1976	89	2136	96	2233

Dreibleimantel-Hochspannungs-Haftmassekabel

PPB-T-F h 20/11,5 kV

Leiter: Kupfer verseilt

Querschnitt	Belastbarkeit Erde	Rohr	Luft	R_{60}	C	l_c	ωL	Z_{60}
mm ²	A	A	A	Ω/km	$\mu\text{F}/\text{km}$	A/km	Ω/km	Ω/km
50	185	150	150	0,448	0,27	0,99	0,144	0,47
70	230	185	185	0,310	0,31	1,11	0,139	0,34
95	275	225	225	0,224	0,34	1,24	0,132	0,26
120	315	255	260	0,178	0,37	1,35	0,128	0,22
150	350	290	295	0,144	0,40	1,45	0,124	0,19
185	395	325	335	0,116	0,44	1,59	0,120	0,17
240	460	375	390	0,089	0,49	1,77	0,116	0,15

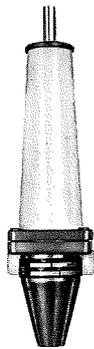
Zubehör zu Hochspannungs-Haftmasse-Papierbleikabeln

Weitere Anbaumöglichkeiten sowie sämtliche Daten und Abmessungen sind dem Kabelzubehörcatalog zu entnehmen.

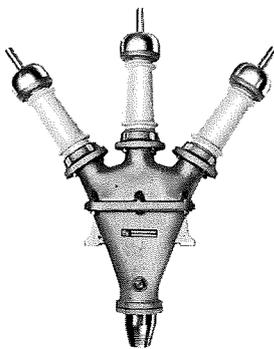
Innenraum-Endverschlüsse



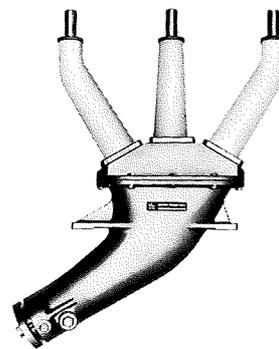
Typ UJ 1



Typ SA 1

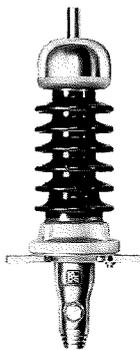


Typ UJ 3

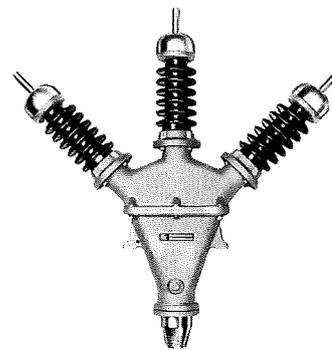


Typ WPP 3

Freiluft-Endverschlüsse



Typ UE 1

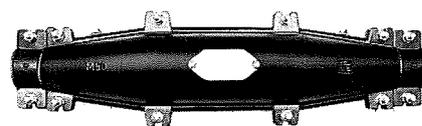


Typ UE 3

Verbindungs-muffen

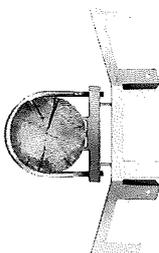
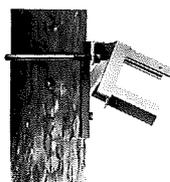


Typ MB 1

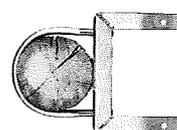
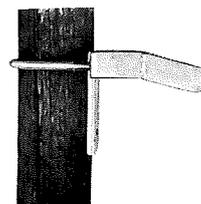


Typ M

Befestigungsbügel



Typ BH 1



Typ BH 3