

Regeln für Niederspannungskabel mit konzentrischem Aussenleiter

Objekttyp: **Group**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins :
gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen
Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes
Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)**

Band (Jahr): **61 (1970)**

Heft 7

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Regeln für Niederspannungsnetz-kabel mit konzentrischem Aussenleiter

Der Vorstand des SEV veröffentlicht im folgenden einen Entwurf zu Regeln für Niederspannungsnetz-kabel mit konzentrischem Aussenleiter. Der Entwurf wurde durch die von Direktor W. Werdenberg, Cossonay, präsierte Unterkommission für Niederspannungskabel (UK-NK) des FK 20, Hochspannungskabel, ausgearbeitet¹⁾ und vom Fachkollegium und vom CES genehmigt.

Der Vorstand lädt die Mitglieder ein, den Text der Re-

¹⁾ Die Detailarbeiten wurden von Ingenieur B. Schmidt, Cossonay, ausgeführt. Die Zusammensetzung der UK-NK bei der Ausarbeitung der Regeln war die folgende:

B. Capol, Direktor, Kabelwerke Brugg AG, Brugg
E. Eichenberger, Ingenieur, Motor-Columbus AG, Baden
W. Hablützel, Ingenieur, Dätwyler AG, Altdorf
E. Käppeli, Elektrizitätswerk der Stadt Zürich, Zürich
G. de Montmollin, Ingénieur, Société d'exploitation des câbles électriques, Cortaillod
P. Raeber, Elektrotechniker, Materialprüfanstalt des SEV, Zürich

geln zu prüfen und eventuelle Bemerkungen dazu bis spätestens *Samstag, den 25. April 1970, in doppelter Aus-führung* dem Sekretariat des SEV, Seefeldstrasse 301, 8008 Zürich, zu unterbreiten. Sollten keine Bemerkungen eingehen, so würde der Vorstand annehmen, die Mitglieder seien mit dem Entwurf einverstanden. Er würde dann auf Grund der ihm von der 85. Generalversammlung 1969 erteilten Vollmacht über die Inkraftsetzung beschliessen.

O. Rahm, Elektrotechniker, Elektro-Watt AG, Zürich
H. Rohrer, Direktor, Schweizerische Isola-Werke, Breitenbach
J. Schell, Service de l'électricité, Genève
B. Schmidt, Ingénieur, S. A. des Câbleries et Tréfileries, Cossonay, (Protokollführer)
R. Schorro, Ingenieur, Starkstrominspektorat, Zürich
H. P. Studer, Ingenieur, Oberbalm
F. Walter, Elektrotechniker, Direktion der Eidg. Bauten, Bern
W. Werdenberg, Direktor, S. A. des Câbleries et Tréfileries, Cossonay, (Präsident)

Regeln für Niederspannungsnetz-kabel mit konzentrischem Aussenleiter

Entwurf

Vorwort

Die vorliegenden Regeln enthalten alle Anforderungen, denen die Niederspannungskabel genügen sollen, wenn deren geerdeter Mantel in Verteilnetzen als Nulleiter (Leiter, der unmittelbar an den Nullpunkt des Netzes angeschlossen ist und der im normalen Betrieb Strom führt) oder als Schutzleiter (Leiter, der im normalen Betrieb keinen Strom führt) benützt wird. Sie umfassen alle Arten des Mantelmaterials und des Mantelaufbaues (geschlossenes Metallrohr, Einzeldrähte). Dagegen enthalten sie keine Angaben über die notwendigen Querschnitte des konzentrischen Leiters. Die Anforderungen entsprechen im übrigen den Regeln für gewöhnliche Niederspannungsnetz-kabel, Publ. 3062.1967 des SEV.

Diese Regeln stellen das für Hersteller und Abnehmer massgebende technische Pflichtenheft dar, von dem nur in besonderen Fällen abgewichen werden sollte.

Zürich,

Sekretariat des SEV

1

Grundlagen

Die vorliegenden Regeln stützen sich auf die Verordnung des Bundesrates über die Erstellung, den Betrieb und den Unterhalt von elektrischen Starkstromanlagen vom 7. Juli 1933 (Starkstromverordnung) und die dazu gehörenden Änderungen und Ergänzungen, sowie auf die Regeln für Niederspannungsnetzkabel (Publ. 3062.1967).

2

Geltungsbereich

Diese Regeln gelten für Starkstromkabel mit konzentrischem Aussenleiter, die für Nennspannungen bis und mit 1000 V und für eine Nennfrequenz von 50 Hz gebaut sind. Sie gelten sinngemäss auch für Kabel anderer Industriefrequenzen sowie für Gleichstromkabel.

3

Begriffsbestimmungen

3.1 *Kabel* im Sinne dieser Regeln ist ein Gebilde aus elektrisch isolierten Leitern, das derart aufgebaut ist, dass es sich für die Verlegung in Erde, in Wasser und in Luft eignet.

3.2

Leiter ist der zur Stromführung bestimmte Teil eines Kabels.

3.3

Sektorleiter ist ein Leiter, dessen Querschnitt annähernd die Form eines Kreissektors hat.

3.4

Ader ist ein elektrisch isolierter Leiter, der Bestandteil eines Kabels bildet.

3.5

Isolation ist die entsprechend der elektrischen Beanspruchung bemessene nicht leitende Schicht, die den einzelnen Leiter oder das Bündel mehrerer Adern umgibt.

3.6

Gürtelisolation ist eine Isolation, die das Aderbündel mehradriger Kabel umgibt und der Leiterisolation oder dem Beilauf unmittelbar anliegt.

3.7

Beilauf ist das nichtleitende Material, das die Zwischenräume mehradriger Kabel ausfüllt und allenfalls das Aderbündel überdeckt.

3.8

Schutzhülle ist der Teil des Kabels, der den konzentrischen Leiter gegen äussere Einflüsse schützt.

3.9

Aussenleiter ist eine leitende Hülle, welche die Gesamtheit der übrigen isolierten Leiter umschliesst. Er muss geerdet werden und kann als Null- oder Schutzleiter dienen.

4 **Einteilung, Benennung und Bezeichnung der Kabel**4.1 **Benennung der Kabel nach Aufbau**

Die Kabel werden je nach Art der folgenden Bauelemente unterschieden:

4.1.1

Leiter

- a) Anzahl der Leiter, z. B. Dreileiter-Kabel (Kurzzeichen: r).
- b) Querschnitt der Leiter in mm², z. B. 120 mm²-Kabel (Kurzzeichen: Zahl, ohne Angabe der Einheit).
- c) Form des Querschnittes der Leiter, nämlich runder Leiter (Kurzzeichen: r), Sektorleiter (Kurzzeichen: s), konzentrischer Leiter (Kurzzeichen: k).
- d) Material des Leiters, nämlich Kabel mit Kupferleiter (Kurzzeichen: Cu), oder Kabel mit Aluminiumleiter (Kurzzeichen: Al).

4.1.2

Isolation

- a) imprägnierte Papierbänder, genannt *Papierkabel* (Kurzzeichen: P).
- b) Thermoplast, in der Regel PVC oder PE, genannt *Thermoplastkabel* (Kurzzeichen: T).
- c) Elastomere, genannt *Gummikabel* (Kurzzeichen: G).

4.1.3

Schutzhülle

- a) zum Schutz des Aussenleiters gegen Korrosion, genannt *korrosionsgeschütztes Kabel*.
- b) zum Schutz des Kabels gegen mechanische Beschädigungen, genannt *armiertes Kabel*.
- c) zur Erhöhung der zulässigen Zugbeanspruchung des Kabels, genannt *zugarmiertes Kabel*.

4.2 **Benennung der Kabel nach Verlegungseigenschaften**

Die Kabel werden nach der Eignung für die Verlegung wie folgt benannt:

4.2.1

Verlegung in Erde: *Erdkabel*.

4.2.2

Verlegung in Gewässern: *Seekabel* oder *Flusskabel*.

4.2.3

Aufhängung an Tragsaiten: *Luftkabel*.

4.2.4

Aufhängung an weit auseinander liegenden Stützpunkten: *selbsttragendes Kabel*.

4.2.5

Verlegung in Stollen: *Stollenkabel*.

4.3 **Unterscheidung der Schutzhüllen nach Aufbau**

Die Schutzhüllen werden entsprechend ihren wesentlichen Aufbaulementen unterschieden, nämlich:

4.3.1 *Jute*, ohne Rücksicht auf Zweck, Materialeigenschaften und Ausführungsart (Kurzzzeichen: J).

4.3.2 *Thermoplast*, ohne Rücksicht auf Zweck, Materialeigenschaften und Ausführungsart (Kurzzzeichen: T).

4.3.3 *Elastomer*, ohne Rücksicht auf Zweck, Materialeigenschaften und Ausführungsart (Kurzzzeichen: G).

4.3.4 *Metallbänder*, ohne Rücksicht auf Zweck und Ausführung [Kurzzzeichen für Bänder irgendwelcher Art aus Stahl C, aus Kupfer und dessen Legierungen C (Cu), aus Aluminium und dessen Legierungen C (Al)].

4.3.5 Eine Lage *Flachdrähte*, die zur Erhöhung der zulässigen Zugbeanspruchung des Kabels dient, ohne Rücksicht auf die Ausführung [Kurzzzeichen für Hüllen aus Flachdrähten irgendwelcher Art: aus Stahl F, aus Kupfer und seinen Legierungen F (Cu), aus Aluminium und seinen Legierungen F (Al)].

4.3.6 Eine Lage *Runddrähte*, die zur Erhöhung der zulässigen Zugbeanspruchung des Kabels dient, ohne Rücksicht auf die Ausführung [Kurzzzeichen für Hüllen aus Runddrähten irgendwelcher Art: aus Stahl R, aus Kupfer und seinen Legierungen R (Cu), aus Aluminium und seinen Legierungen R (Al)].

4.3.7 Wenn die Schutzhüllen nach Ziff. 4.3.5 oder 4.3.6 mit einer Gegenwendel ausgeführt sind, so wird das Kurzzzeichen g beigefügt.

4.4 Bezeichnung der Kabel

4.4.1 Zur *Bezeichnung* eines Kabels sind mindestens anzugeben:
 der Ausdruck «Niederspannungskabel»
 Art der Isolation
 Art der Schutzhülle
 Art des Leiters (Anzahl, Querschnitt, Form, Material)
 Anzahl der Polleiter, Nulleiter und Schutzleiter
 Art der vorgesehenen Verlegung

4.4.2 Zur *Bezeichnung* der Polleiter wird das Kurzzzeichen P, der Nulleiter das Kurzzzeichen N und der Schutzleiter das Kurzzzeichen E benützt.

4.4.3 Werden zur *Bezeichnung* die Kurzzzeichen verwendet, so sind sie in der folgenden Reihenfolge anzugeben:

- Art der Isolation
- Art der verschiedenen Aufbaulemente der Schutzhülle
- Art der Leiter (Anzahl, Querschnitt, Form, Material)
- Anzahl der Polleiter, der Nulleiter und der Schutzleiter

Dabei werden die Kurzzzeichen für eine zusätzliche Schutzhülle durch einen Querstrich (-) von den vorhergehenden Kurzzzeichen getrennt, und zwischen die Zahl der Leiter und jene des Querschnittes wird ein Multiplikationszeichen (X) gesetzt.

Bei Abweichung von der normalen Ausführung ist die Abkürzung «spez.» am betreffenden Kurzzzeichen anzufügen. Diese spezielle Ausführung ist in der Bestellung genau anzugeben.

4.4.4

Bezeichnung der Kabel mit Aussenleiter. Für den Aussenleiter wird das Kurzzzeichen K verwendet.

4.5 Querschnitte einiger typischer Kabelkonstruktionen

Die Fig. 1...4 zeigen die Querschnitte einiger typischer Kabelkonstruktionen.

5 Anforderungen und Prüfbestimmungen

5.1 Aufbau des Kabels

Der Aussenleiter soll gegenüber den Innenleitern isoliert und seinerseits von einer Schutzhülle umgeben sein. Die Prüfung erfolgt durch Besichtigung.

5.2 Leiter

5.2.1 Innenleiter

Die Innenleiter bestehen aus Kupfer oder Aluminium. Bei Querschnitten von $\leq 10 \text{ mm}^2$ sind massive Leiter zu verwenden, bei einem Querschnitt von 16 mm^2 massive Leiter oder Seile und bei größeren Querschnitten nur Seile, falls es sich um Kupferleiter handelt oder massive Leiter und Seile, falls es sich um Aluminiumleiter handelt.

Die Querschnitte sind genormt; ihre Nennwerte in mm^2 sind:

1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50
70	95	120	150	185	240	300	400	500	600
800	1000								

Bei kreisförmigen Drähten mit Querschnitten $\leq 16 \text{ mm}^2$ und bei Rundseilen sollen der Aufbau und die Dimensionen den SNV-Normen 24700 vom Juli 1952 entsprechen.

Der Aufbau der Sektorleiter ist freigestellt.

Die Prüfung erfolgt durch Besichtigung.

Fig. 1...4

Querschnitte einiger typischer Kabelkonstruktionen

- 1 Innenleiter
- 2 Isolation des Innenleiters, aus Thermoplast
- 3 Beilauf
- 3.1 Beilauf als Gürtelisolierung
- 4 Gürtelisolierung aus Thermoplast
- 5 Aussenleiter
- 6 Thermoplasthülle
- 7 Armierung aus Eisen-Flachdraht

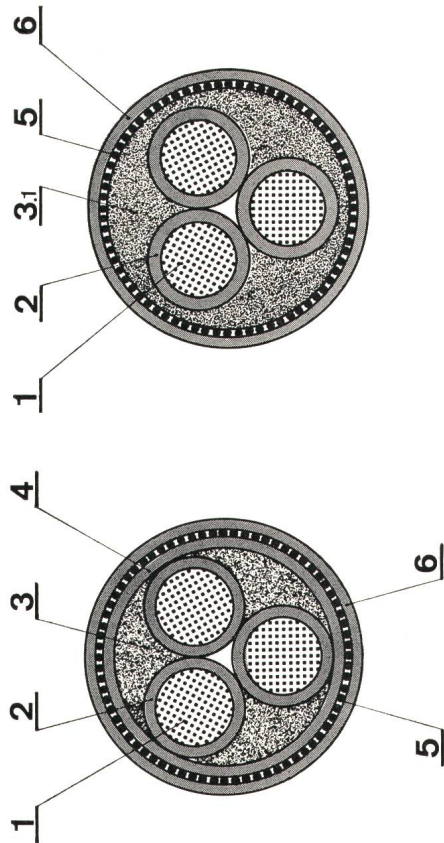


Fig. 1
Kabel TTKT 3 x 240 rCu + 120 kCu 3 PN
Niederspannungsnetz-kabel mit Thermoplast-Isolation, bestehend aus 3 isolierten Polleitern aus Kupfer von je 240 mm² Querschnitt, einer Thermoplast-Gürtel-isolation, einem Aussenleiter (Nullleiter) aus Kupfer von 120 mm² Querschnitt und einer Thermoplast-Schutz-hülle.

Fig. 3
Kabel TGKT 3 x 240 rCu + 120 kCu 3 PN
Niederspannungsnetz-kabel mit Thermoplast-Isolation, bestehend aus 3 isolierten Polleitern aus Kupfer von je 240 mm² Querschnitt, einem als Gürtel-isolation dienenden Beilauf, einem Aussenleiter (Nullleiter) aus Kupfer von 120 mm² Querschnitt und einer Thermoplast-Schutz-hülle.

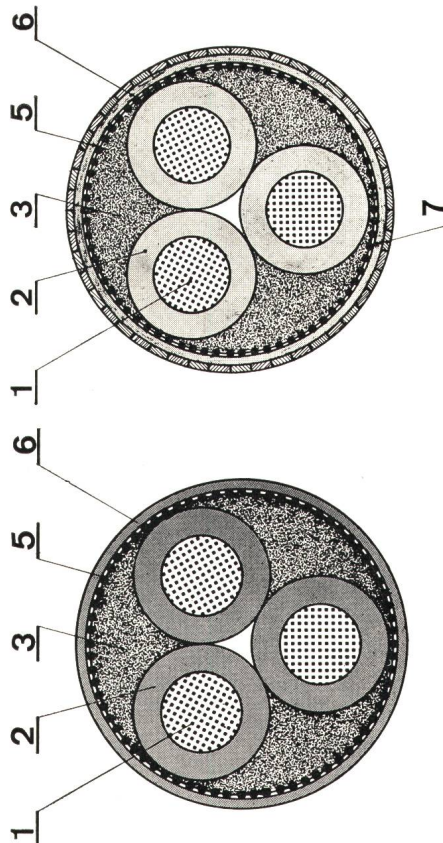


Fig. 2
Kabel TKT 3 x 240 rCu + 120 kCu 3 PN
Niederspannungsnetz-kabel mit Thermoplast-Isolation, bestehend aus 3 isolierten Polleitern aus Kupfer von je 240 mm² Querschnitt und einem Aussenleiter (Nullleiter) aus Kupfer von 120 mm² Querschnitt und einer Thermoplast-Schutz-hülle.

Fig. 4
Kabel TKT-F 3 x 240 rAl + 120 kCu 3 PN
Niederspannungsnetz-kabel mit Thermoplast-Isolation, bestehend aus 3 isolierten Polleitern aus Aluminium von je 240 mm² Querschnitt, einem Aussenleiter (Nullleiter) aus Kupfer von 120 mm² Querschnitt, einer Thermoplast-Schutz-hülle und einer Flachdrahtarmierung.

5.2.2

Aussenleiter

Der Aussenleiter besteht aus Kupfer oder einem bezüglich Korrosion gleichwertigen Metall. Er darf also aus einem andern Metall hergestellt sein als die Innenleiter.

Die wirksamen Querschnitte sind genormt; die Nennwerte sind die gleichen wie in Ziff. 5.2.1.

Der Aufbau des Aussenleiters ist freigestellt, doch soll eine dermassen dichte Hülle vorhanden sein, dass ein zylindrischer Stift von 4 mm Durchmesser zwischen seinen Aufbauelementen keinen Platz findet.

Die Prüfung erfolgt durch Besichtigung.

5.2.3

Elektrischer Widerstand

Die Leiter sollen bestehen aus:

weichem Elektrolytkupfer, das den Normen VSM 10827 entspricht und dessen spezifischer Widerstand 0,017241 Ωmm²/m bei 20 °C beträgt

oder
hartgezogenem Aluminium, das der Publ. 111 der CEI sowie der Publ. 3013.1963 des SEV entspricht und dessen spezifischer Widerstand 0,028264 Ωmm²/m bei 20 °C beträgt

oder

weichgeglühtem Aluminium (für massive Leiter), das der Publ. 121 der CEI und der Publ. 3013.1963 des SEV entspricht.

Der auf 20 °C bezogene, mit Gleichstrom gemessene Widerstand eines jeden Leiters eines fertigen Kabels darf nicht mehr als *a* % grösser sein als der errechnete Wert, wobei der Berechnung ein massiver homogener Leiter gleichen Materials, gleichen Nennquerschnittes und eine der tatsächlichen Kabellänge entsprechende Leiterlänge zu Grunde gelegt wird. Die maximal zulässige Abweichung «*a*» ist für nacktes Kupfer und nacktes Aluminium 5 % und für verzinnertes Kupfer 7 %.

Der Widerstand eines Massivleiters aus weichgeglühtem Aluminium muss gleich gross sein wie jener eines Leiters aus hartgezogenem Aluminium, berechnet gemäss dem vorausgehenden Alinea.

Diese maximal zulässigen Widerstände sind für die genormten Querschnitte in Tabelle I zusammengestellt.

Die Messung wird mit Gleichstrom bei normaler Weise vorhandener Raumtemperatur vorgenommen. Beträgt die Leitertemperatur nicht 20 °C, so wird der Widerstand bei 20 °C nach folgender Formel berechnet:

$$R_{20} = \frac{R_t}{1 + \alpha(t - 20 \text{ °C})}$$

Dabei bedeuten:

R_t	bei t °C gemessener Widerstand
t	Temperatur des Leiters bei der Messung
α_{Cu}	0,00393
α_{Al}	0,00403 (für hartgezogenes Aluminium)
α_{Al}	0,00407 (für weiches Aluminium)

Der elektrische Widerstand wird an jeden. Leiter von jeder Fabrikationslänge gemessen.

Um sich zu vergewissern, dass ein eventueller Strom sich genügend auf die Aufbauelemente eines Aussenleiters verteilt, wird die Prüfung seines wirksamen Querschnittes an Fabrikationslängen von über 50 m auf folgende Weise aus-

Nennquerschnitt des Leiters mm ²	Widerstand bei 20 °C Ω/km		
	Nackte Kupferleiter	Verzinnte Kupferleiter	Aluminiumleiter
1	18,10	18,45	29,68
1,5	12,07	12,30	19,78
2,5	7,241	7,379	11,87
4	4,526	4,612	7,419
6	3,017	3,075	4,946
10	1,810	1,845	2,968
16	1,131	1,153	1,855
25	0,7241	0,7379	1,187
35	0,5172	0,5271	0,8479
50	0,3621	0,3690	0,5935
70	0,2586	0,2635	0,4240
95	0,1906	0,1942	0,3124
120	0,1509	0,1537	0,2473
150	0,1207	0,1230	0,1978
185	0,09785	0,09972	0,1604
240	0,07543	0,07687	0,1237
300	0,06034	0,06149	0,09892
400	0,04526	0,04612	0,07419
500	0,03621	0,03690	0,05935
600	0,03017	0,03075	0,04946
800	0,02263	0,02306	0,03710
1000	0,01810	0,01845	0,02968

geführt: Der Widerstand wird zwischen 5 % der Aufbauelemente des Aussenleiters an einem Ende des Kabels und zwischen allen Elementen am anderen Ende des Kabels gemessen. Der so gemessene Widerstand darf den in Tabelle I angegebenen Wert um nicht mehr als 10 % überschreiten.

5.3

Isolation

5.3.1 Elektrische Festigkeit

Die Isolation soll so bemessen und aufgebaut sein, dass sie bei einer Leiter-temperatur von 60 °C eine Spannung von 1000 V, 50 Hz sowohl zwischen Leiter und zunächst liegender leitender Schicht der Umhüllung als auch zwischen verschiedenen Leitern ständig aushält.

Diese Bedingung gilt als erfüllt, wenn das Kabel eine Spannung von 4000 V, 50 Hz bei normaler Raumtemperatur während der in Tabelle II genannten Dauer aushält.

Die Prüfung wird an jeder Fabrikationslänge durchgeführt. Sie darf vorgenommen werden, bevor die Umhüllung vollständig aufgebaut ist.

Die Prüfspannung wird je nach der Zahl der Leiter gemäss Tabelle II angelegt.

Anzahl Innenleiter	Schema des Kabels 1...5 = Innenleiter K = Aussenleiter (konzentrisch)	Prüfspannung zwischen	Prüfdauer Minuten
1		1 und K	20
2		a) 1 und 2 + K b) 2 und 1 + K	10 10
3		a) 1 und 2 + 3 + K b) 2 und 3 + 1 + K c) 3 und 1 + 2 + K	10 10 10
4		a) 1 + 3 und 2 + 4 + K b) 2 + 4 und 1 + 3 + K	10 10
5		a) 1 + 3 + 5 und 2 + 4 + K b) 2 + 4 + 5 und 1 + 3 + K	15 15
mehr als 5		a) alle Leiter ungerader Nummern und alle Leiter gerader Nummern + K b) alle Leiter gerader Nummern und alle Leiter ungerader Nummern + K	15 15

5.3.2

Stossfestigkeit

Die Isolation soll ferner so bemessen sein, dass sie eine Stoßspannung von 15 kV aushält. Die Frontdauer des Spannungsschosses soll zwischen 1 und 5 µs liegen und die Halbwertdauer des Stosses 40 bis 60 µs betragen, wobei die Bedingungen der Publ. 3003.1963 des SEV, Regeln für Spannungsprüfungen, sinngemäss anzuwenden sind.

Die Prüfung wird nur an einem Prüfmuster durchgeführt.

Die Stoßspannung wird zwischen den galvanisch miteinander verbundenen Leitern und dem Aussenleiter angelegt. Es werden 5 positive und 5 negative Stöße auf den zu prüfenden Kabelabschnitt gegeben. Dabei darf kein Durchschlag der Isolation erfolgen.

5.3.3

Isolationsdicke

Die Dicke der Isolation zwischen den Innenleitern wird entsprechend ihrem Nennquerschnitt gemäss Tabelle III, IV oder V bestimmt. Die Isolationsdicke zwischen einem Innenleiter und dem Aussenleiter wird gemäss den selben Tabellen bestimmt, und zwar durch Bildung der Summe der Isolationsdicken e entsprechend dem Nennquerschnitt eines jeden dieser beiden Leiter.

Die Prüfung wird nur an einem Prüfmuster durchgeführt. Nach der Druckprüfung gemäss Ziff. 6.4 darf die Isolationsdicke zwischen Innenleitern und Aussenleitern höchstens um 10 % unter dem in den Tabellen III, IV, oder V festgelegten Minimalwert liegen.

5.3.3.1

Die Isolation aus *Papier* soll den in Tabelle III festgelegten Dicken entsprechen. Die Bedingung gilt als erfüllt, wenn das Produkt aus Anzahl und Dicke der Papiere mindestens dem angegebenen Minimalwert entspricht. Die Prüfung wird nur an einem Prüfmuster durchgeführt. Die einzelnen Papierdicken werden an den abgewickelten und gewaschenen Papierbändern gemessen.

Isolationsdicke bei Papierisolation

Tabelle III

Nennquerschnitt des Leiters mm ²	Isolationsdicke zwischen Leitern (2 × e)	
	Minimalwert mm	Richtwert mm
1...4	1,2	1,5
6...16	1,3	1,6
25...50	1,5	1,8
70...150	1,7	2,0
185...240	1,9	2,2
300...400	2,2	2,5
500...600	2,4	2,7
800...1000	2,7	3,0

5.3.3.2

Die Isolation aus *Thermoplast* soll den in Tabelle IV festgelegten Dicken entsprechen.

Die Prüfung wird nur an einem Prüfmuster durchgeführt. Dazu werden an 36 Stellen, die gemäss Ziff. 6.1 angeordnet sind, die Dicken gemessen. Keiner der so gemessenen Werte darf kleiner sein als die Minimaldicke.

5.3.3.3

Die Isolation aus *Elastomeren* soll den in Tabelle V festgelegten Dicken entsprechen.

Die Prüfung wird nur an einem Prüfmuster durchgeführt. Dazu werden an 36 Stellen, die gemäss Ziff. 6.1 angeordnet sind, die Dicken gemessen. Keiner der so gemessenen Werte darf kleiner sein als die Minimaldicke.

5.3.4

Isolationswiderstand

5.3.4.1

Der Isolationswiderstand der Isolation aus imprägniertem *Papier* zwischen den Leitern unter sich und zwischen den Leitern und der leitenden Schicht der Umhüllung muss bei 20 °C und einer Kabellänge von 1 km mindestens 100 MΩ für Querschnitte bis 240 mm² und mindestens 50 MΩ für Querschnitte von 240 mm² und mehr betragen.

Die Prüfung wird nur an einem Prüfmuster durchgeführt. Der Widerstand wird mit einem Megohmmeter mit einer Gleichspannung von 1000 V gemessen. Diese Messung wird zwischen jedem Innenleiter und den anderen Innenleitern, welche mit dem Aussenleiter verbunden sind, gemacht.

Isolationsdicke bei Thermoplastisolation

Tabelle IV

Nennquerschnitt des Leiters mm ²	Isolationsdicke zwischen Leitern (2 × e)	
	Minimalwert mm	Richtwert mm
1	1,3	1,6
1,5	1,3	1,6
2,5	1,3	1,6
4	1,7	2,0
6	1,7	2,0
10	1,7	2,0
16	2,1	2,4
25	2,1	2,4
35	2,5	2,8
50	2,5	2,8
70	2,8	3,2
95	2,8	3,2
120	3,2	3,6
150	3,2	3,6
185	3,6	4,0
240	4,0	4,4
300	4,0	4,4
400	4,4	4,8
500	4,8	5,2
600	5,2	5,6
800	5,6	6,0
1000	6,0	6,4

5.3.4.2

Der spezifische Widerstand der aufgetragenen Leiter- und Gürtelisolation aus *Thermoplast* oder *Elastomer* soll mindestens sein:

bei 20 °C = 10⁵ MΩcm bei 50 °C = 10³ MΩcm

Die Prüfung wird nur an einem Prüfmuster durchgeführt. Der Isolationswiderstand der Leiter wird gemäss Ziff. 6.2.1 gemessen, und der spezifische Widerstand wird daraus nach der Formel in Ziff. 6.2.2 berechnet. Der Widerstand der Gürtelisolation wird an einer Platte gemessen, die 1 bis 3 mm dick ist und aus Teilen der Gürtelisolation eines fertigen Kabels durch Walzen und Pressen ohne nachträgliche Erwärmung hergestellt wurde. Einer der beiden für die Temperaturen von 20 °C und 50 °C erhaltenen Werte darf höchstens 25 % unter dem verlangten Mindestwert liegen.

5.3.5

Mechanische Festigkeit

5.3.5.1

Die Zerreissfestigkeit der *Thermoplastisolation* der Innenleiter soll im Neuzustand mindestens 120 kg/cm² sein und mit der Alterung um nicht mehr als 25 % des im Neuzustand gemessenen Wertes zunehmen.

Tabelle V

Nennquerschnitt des Leiters mm ²	Isolationsdicke zwischen Leitern (2 × e)	
	Minimalwert mm	Richtwert mm
1...1,5	1,3	1,6
2,5...6	1,7	2,0
10...16	2,1	2,4
25...35	2,5	2,8
50...70	2,8	3,2
95...120	3,2	3,6
150	3,6	4,0
185	4,0	4,4
240	4,4	4,8
300	4,8	5,2
400	5,2	5,6
500...600	6,0	6,4
800...1000	6,6	7,0

Die Bruchdehnung der Thermoplastisolation der Innenleiter soll im Neuzustand mindestens 175 % betragen und mit der Alterung um nicht mehr als 25 % des im Neuzustand gemessenen Wertes abnehmen.

Die Prüfung wird gemäss der in der Publ. 1004.1959 des SEV in Ziff. 5.9.1 beschriebenen Methode nur an einem Prüfmuster durchgeführt. Die Alterungsprüfung ist unter Ziff. 6.3 beschrieben.

5.3.5.2

Die Zerreihsfestigkeit der Isolation aus *Naturgummi* der Innenleiter soll im Neuzustand mindestens 60 kg/cm² sein und mit der Alterung um nicht mehr als 25 % des im Neuzustand gemessenen Wertes abnehmen, aber keinesfalls weniger als 50 kg/cm² betragen.

Die Bruchdehnung der Isolation aus *Naturgummi* der Innenleiter soll im Neuzustand mindestens 275 % betragen, mit der Alterung um nicht mehr als 25 % des Neuwertes ändern und keinesfalls unter 250 % absinken.

Die Prüfung wird nach der in der Publ. 1006.1959 des SEV unter Ziff. 5.10.1 beschriebenen Methode nur an einem Prüfmuster durchgeführt. Die Alterungsprüfung ist unter Ziff. 6.3 beschrieben.

Anforderungen an andere Elastomere sind in Vorbereitung.

5.3.6

Kennzeichnung der Leiter

5.3.6.1

Innenleiter

Die Isolation der Leiter mehradriger Kabel soll auf der ganzen Länge so gut gekennzeichnet sein, dass sich die Leiter äusserlich deutlich voneinander unterscheiden lassen.

Dazu werden in der Regel folgende Farben verwendet:

In Kabeln mit *Papierisolation* besteht mindestens die äusserste Papierlage der Isolation aus farbigem Papier, gemäss Tabelle VI.

Farben der Papierisolation

Tabelle VI

Kabelart	Farben
Dreileiter	Rot, Blau, Braun
Vierleiter	Rot, Blau, Braun-Schwarz gestreift, Braun
Fünfleiter	Rot, Blau, Braun-Schwarz gestreift, Braun, Rot-Schwarz gestreift

In vier- und fünfadrigen Kabeln ist der Leiter mit dem kleinsten Querschnitt braun zu kennzeichnen.

Der Schutzleiter, dessen Querschnitt mit der Bestellung angegeben sein soll, ist rot-schwarz gestreift zu kennzeichnen.

In Kabeln mit *Thermoplastisolation* sollen die Polleiter mit den Farben Rot, Weiss und Schwarz voneinander unterschieden sein. Der Nulleiter muss gelb, ein allfälliger Schutzleiter grün und gelb sein.

In Kabeln mit Isolation aus *Elastomeren* sollen die Polleiter durch die Farben Rot, Weiss und Dunkelgrau voneinander unterschieden sein. Der Nulleiter muss gelb, ein allfälliger Schutzleiter grün und gelb sein.

Die Prüfung erfolgt durch Besichtigung.

5.3.6.2 *Aussenleiter*

Ein Kabel mit einem Aussenleiter wird durch ein gelbes durchgehendes Band auf der Schutzhülle des Kabels gekennzeichnet.

5.4 **Beilau und Gürtelisolation**

Ist eine Gürtelisolation vorhanden oder erfüllt der Beilauf diese Aufgabe, d. h. wird dessen Dicke in die notwendige Isolation zwischen Innenleitern und Aussenleiter einbezogen, so muss die Gürtelisolation oder der Beilauf ebenfalls den Anforderungen an die Isolation gemäss Ziff. 5.3.3 und 5.3.4 genügen.

Das Material, aus welchem Beilauf und/oder Gürtel bestehen, darf keine schädliche Wirkung auf die Isolation der Innenleiter ausüben. Die Prüfung wird nur an einem Prüfmuster durchgeführt. Sie erfolgt durch Kontrolle der mechanischen Festigkeit (Ziffer 5.3.5) im Anschluss an die Alterungsprüfung (Ziff. 6.3).

5.5 **Schutzhülle**

5.5.1 *Allgemeine Eigenschaften*

Die Schutzhülle muss dicht sein und den Aussenleiter vor zu erwartenden Zerstörungen schützen. Besondere Zerstörungsrisiken sind in der Bestellung anzugeben.

Die Prüfung der Dichtheit wird nur an einem Prüfmuster durchgeführt, indem die elektrische Festigkeit (Ziff. 5.3.1), die Stossfestigkeit (Ziff. 5.3.2) und der Iso-

lationswiderstand (Ziff. 5.3.4) nach 4wöchiger Lagerung im Wasser im eingetauchten Zustand geprüft werden.

5.5.2 Dicke der Schutzhülle

Besteht die Schutzhülle aus *Thermoplast*, so soll ihre Dicke den in Tabelle VII festgelegten Werten entsprechen. Die Dicke wird in einem Abstand von mindestens 30 cm von den beiden Enden des Kabels an den dünnsten Stellen gemessen. Keiner der so bestimmten Werte darf unter dem vorgeschriebenen Minimalwert liegen.

Die Anforderungen an die Dicke von Schutzhüllen aus *Elastomeren* sind in Vorbereitung.

Dicke von Schutzhüllen aus Thermoplast

Tabelle VII

Durchmesser unter der Schutzhülle mm	Dicke der Thermoplast-Schutzhülle	
	Minimalwert mm	Richtwert mm
0...40	1,55	1,80
> 40...50	1,80	2,10
> 50...60	2,20	2,50
> 60...70	2,50	2,90
> 70...80	2,90	3,30
> 80...90	3,20	3,70
> 90...100	3,60	4,10
> 100...110	3,90	4,50
> 110...120	4,30	4,90

5.6 Kennzeichnung

Die Kabel sollen so gekennzeichnet sein, dass auf den Hersteller geschlossen werden kann.

6 Prüfmethode

6.1 Messung der Isolationsdicke (Ziff. 5.3.3.2 und 5.3.3.3)

6.1.1 Wahl der Meßstellen

Die sechs Meßstellen für die Dickenmessung sollen entsprechend Fig. 5 gewählt werden.



Fig. 5
Wahl der Meßstellen

6.1.2

Vorbereitung der Meßstellen

An den 6 Meßstellen sind die Umhüllung, der Beilauf und die Isolation gemäss Fig. 6 sorgfältig zu entfernen.

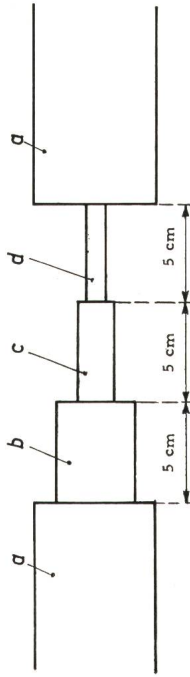


Fig. 6

Vorbereitung der Meßstellen

a Schutzhülle; b Gürtelisolierung; c Leiterisolation; d Leiter

An 6 gleichmässig über den Umfang verteilten Stellen werden die Dicken mit einer Genauigkeit von 0,05 mm gemessen.

6.1.3

Messung mit Mikroskop

Die Meßstelle bei Messung der Isolationsdicke mit dem Mikroskop ist gemäss Fig. 7 zu wählen.

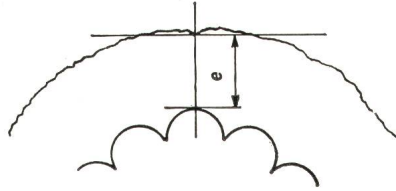


Fig. 7

Meßstelle der Messung mit dem Mikroskop
e Massgebende Dicke

6.2 Bestimmung des Isolationswiderstandes von Thermoplast- und Elastomerisolationen eines Innenleiters (Ziff. 5.3.4.2)

6.2.1 Prüfanordnung

Ein dem Kabel entnommenes, 2,5 m langes Stück eines isolierten Leiters wird so in ein Bad von Leitungswasser frei aufgehängt, dass die aus dem Bad heraus-

ragenden Enden 25 cm lang sind. Nach 24stündiger Lagerung in Wasser von rund 20 °C wird der Isolationswiderstand mit Gleichstrom bei 1000 V Spannung zwischen Leiter und Wasser ein erstes Mal gemessen. Dann wird die Wassertemperatur innerhalb etwa 6 Stunden auf 50 °C erhöht und der Isolationswiderstand ein zweites Mal gemessen. Unmittelbar vor den Messungen wird die Wassertemperatur eine halbe Stunde lang mit einer Toleranz von ± 1 °C konstant gehalten.

6.2.2

Berechnung

Der spezifische Widerstand ρ wird nach folgender Formel berechnet:

$$\rho = \frac{R \cdot 2 \cdot \pi \cdot l}{\ln \left(\frac{d+2e}{d} \right)} \quad [\text{M}\Omega \text{ cm}]$$

Darin bedeuten:

R gemessener Widerstand [M Ω]

l Messlänge [cm] normalerweise 200 cm

d Theoretischer Innendurchmesser der Isolation

e nach Ziff. 5.3.3.2 und 5.3.3.3 gemessener Mittelwert der Isolationsdicke

6.3 Alterungsprüfung (Ziffer 5.3.5)

Die Prüfung wird in Raumatmosphäre bei normalem Luftdruck durchgeführt. Die zu prüfenden ganzen Kabelstücke werden in einen Wärmeschrank mit natürlicher Luftumwälzung frei aufgehängt. Darin bleiben sie 10 Tage lang (240 Stunden), wobei die Temperatur auf 70 ± 2 °C gehalten werden soll. Nach Ablauf dieser Zeit werden sie sofort dem Wärmeschrank entnommen und während mindestens 16 Stunden bei normaler Raumtemperatur liegen gelassen, wobei sie vor Sonnenstrahlen zu schützen sind.

6.4 Druckprüfung (Ziffer 5.3.3)

Diese Prüfung wird an einem neuen Kabelstück sowie an einem Kabelstück, das der Alterungsprüfung (Ziff. 6.3) unterworfen wurde, durchgeführt. Das ganze Kabelstück wird auf eine glatte harte Ebene gelegt und während einer Stunde in einen Wärmeschrank bei einer Temperatur von 50 ± 2 °C gelagert. Danach wird während einer Stunde, bei gleicher Temperatur, mittels einer harten Platte von 50 mm \times 50 mm eine Kraft von 40 kg auf das Kabelstück ausgeübt. Das Kabelstück wird so gelagert, dass sich einer der Innenleiter oben unter der Druckplatte befindet. Sofort nach der Prüfung wird das Kabelstück bis zur völligen Erkaltung in kaltes Wasser eingetaucht. Danach wird es in der Mitte der Druckstelle entzwei geschnitten. Die kleinste zwischen dem Innenleiter und dem Außenleiter gemessene Distanz ist die für das Prüfergebnis massgebende Isolationsdicke.

7

Orientierende Angaben

Zulässige Belastungen

7.1.1

Die in Tabelle VIII gemachten Angaben über zulässige Belastungen berücksichtigen nur die maximal zulässige Erwärmung der Kabel, deren Leitertemperatur

unter 60 °C nicht überschreiten darf; sie beachten den zulässigen Spannungsabfall und die Wirtschaftlichkeit nicht. Sie gelten zudem nicht für Kabel in Hausinstallationen.

7.1.2

Die in der Tabelle VIII genannten maximal zulässigen Belastungen gelten unter folgenden Voraussetzungen:

- Verlegung in üblichem Erdboden in 70 cm Tiefe
- Maximale Umgebungstemperatur im Boden: 25 °C
- Normaler Betrieb, d. h. Maximallast täglich nicht länger als 10 Stunden und nicht über 70 % der Maximallast während der restlichen 14 Stunden
- Ein Kabel allein verlegt
- Maximale Erwärmung der Leiter: 35 °C

Zulässige Belastungen in Ampère

Tabelle VIII

Querschnitt mm ²	Einleiterkabel in Dreistromsystemen		Drei- und Vierleiterkabel	
	Kupfer	Aluminium	Kupfer	Aluminium
1	—	—	15	10
1,5	—	—	25	20
2,5	—	—	35	25
4	—	—	45	35
6	—	—	60	45
10	—	—	80	65
16	140	110	110	85
25	180	140	135	105
35	220	170	165	130
50	270	210	200	155
70	325	255	245	190
95	390	305	295	230
120	445	350	340	265
150	500	390	390	305
185	550	430	445	350
240	625	490	515	405
300	695	545	590	460
400	785	615	700	545
500	855	670	—	—
600	905	710	—	—
800	980	765	—	—
1000	1020	800	—	—

7.1.3

Bei ändern Verlegungsarten, ändern Umgebungstemperaturen, bei Anhäufungen von Kabeln im gleichen Graben, im gleichen Rohr oder im gleichen Kanal gelten die in der Tabelle VIII genannten Werte nur bedingt, die zulässigen Belastungen müssen besonders berechnet werden.

Art der Verlegung		Maximale Umgebungstemperatur in °C	Anzahl Kabel im gleichen Graben, Rohr oder Kanal verlegt			
			1 ^{a)}	2 ^{b)}	4 ^{b)}	6 ^{b)}
Im Erdboden 70 cm tief	A) In Sand oder Erde mit oder ohne Deckplatten, Decksteinen, usw.	25	1,0	0,9	0,8	0,75
	B) Von Luft umgeben, in Rohren oder Kanälen mit Deckplatten	25	0,85	0,8	0,7	0,65
In Räumen ohne künstliche Ventilation	C) Offen auf Traversen oder Böden, an Decken oder an Wänden	25	0,75	0,7	0,7	0,65
		30	0,7	0,6	0,6	0,55
		35	0,55	0,5	0,5	0,45
		40	0,45	0,4	0,4	0,35
	D) Von Luft umgeben, in Bodenkanälen mit Deckplatten	25	0,7	0,65	0,65	0,6
		30	0,65	0,6	0,6	0,55
		35	0,55	0,5	0,5	0,45
		40	0,45	0,4	0,4	0,35

^{a)} 3 einzeln verlegte, ein Drehstromsystem bildende Einzelkabel sind als ein einziges Kabel zu betrachten, sofern sie nach ^{b)} verlegt sind.
^{b)} Vorausgesetzt, dass der lichte Abstand zwischen den Kabeln so gross ist wie der äussere Durchmesser der Kabel.

In den meisten Fällen genügt es, wenn die zulässigen Belastungen so bestimmt werden, dass die in der Tabelle VIII angegebenen Werte mit den in Tabelle IX aufgeführten Reduktionsfaktoren multipliziert werden.

7.1.4

Bei Dauerbetrieb beträgt der zulässige Strom 85 % der nach Ziffern 7.1.2 und 7.1.3 berechneten Werte.

7.1.5

Bei Parallelschaltung von Kabeln gleicher Querschnitte ist die räumliche Anordnung so zu treffen, dass die Impedanzen der einzelnen Stränge möglichst gleich sind.

7.1.6

Die Belastbarkeit von im Freien verlegten Kabeln wird durch Sonnenbestrahlung und Luftströmung beeinflusst. Kabel, die vor direkter Sonnenbestrahlung geschützt und hinreichend ventiliert sind, dürfen in der Regel wie im Erdboden verlegte Kabel belastet werden.