

Technischer Leitfaden – TLF 0112-1a:

Prüfungen an elektrischen Leitungen für Kraftfahrzeuge – Prüfdurchführungen und Anforderungen an Einzeladerleitungen

einadrig, ungeschirmte Kupferleitung





Technischer Leitfaden – TLF 0112-1a:
**Prüfungen an elektrischen Leitungen für Kraftfahrzeuge –
Prüfdurchführungen und Anforderungen an Einzeladerleitungen
einadrig, ungeschirmte Kupferleitungen**

Herausgeber:

ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik-
und Elektronikindustrie e. V.
Fachverband Kabel und isolierte Drähte
Minoritenstraße 9–11
50667 Köln

Verantwortlich: Dr. Thomas Brückerhoff

Telefon: +49 221 96228-13

E-Mail: kabel@zvei.org

www.zvei.org

September 2020

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt.

Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist
ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig.

Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzung, Mikroverfilmungen
und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Inhalt

1 Anwendungsbereich	4
2 Allgemeines	4
3 Einleitung	4
3.1 Spannungsbereich	4
3.2 Symbole und Abkürzungen	4
3.3 Allgemeines	4
3.4 Maße und Leitungsaufbau	4
3.5 Aufbau der Kurzbezeichnung	5
3.6 Werkstoffe	5
3.7 Kennzeichnung und Anlieferbedingungen	5
3.8 Anforderung an Prüfklima und Proben	6
4 Prüfdurchführungen und Anforderungen an Einzeladerleitungen	7
5 Anhang (Tabellenanhänge)	19

1 Anwendungsbereich

Der Anwendungsbereich ist beschränkt auf die Prüfung der Komponente elektrische Leitungen für Kraftfahrzeuge, Kupferleitung; einadrig, ungeschirmt.

Die Prüfabläufe und Anforderungen orientieren sich an ISO 19642 und ISO 6722-1.

Gleichwertige oder bessere Prüfungen sollen nicht ausgeschlossen werden, denn sie dienen der schnellen Weiterentwicklung unter Berücksichtigung der steigenden Anforderungen bei der Entwicklung von Fahrzeugen.

2 Allgemeines

Dieser technische Leitfaden (ZVEI-TLF) wurde in der vorliegenden Fassung von Vertretern der Kabelhersteller im ZVEI erarbeitet.

Die Hinweise in diesem ZVEI-TLF dienen zur Erstellung einer individuellen Spezifikation durch den Hersteller und/oder den OEM.

Dieser ZVEI-TLF wird in den unterschiedlichen Aktualisierungsständen den Mitgliedern des Arbeitskreises Technik im Mitgliederportal „ZVEIconnects“ zur Verfügung gestellt und wird nach Bedarf des Arbeitskreises aktualisiert und erweitert. Nach Abschluss der Arbeiten wird dieser ZVEI-TLF zeitnah als Publikation des Verbands veröffentlicht.

Der ZVEI-TLF entspricht dem jeweiligen Bearbeitungsstand zum Zeitpunkt der Erstellung des Leitfadens. Er ist als unverbindliche Orientierung für die Hersteller ausgerichtet und erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit.

Entsprechend dem Stand der Mess- und Herstellungstechnik können Prüfungen individuell angepasst werden.

3 Einleitung

3.1 Spannungsbereich

Dieser technische Leitfaden beschreibt Anforderungen und Prüfungen von einadrigen ungeschirmten Fahrzeugleitungen für einen Nennspannungsbereich ≤ 60 V DC (Spannungsklasse 1 nach Tabelle 1).

3.2 Symbole und Abkürzungen

T_o	maximale Dauergebrauchstemperatur
T_u	minimale Dauergebrauchstemperatur
U_{DC}	Gleichspannung
U_{SS}	Spannungswert Spitze / Spitze U_{eff} (U_{RMS})
U_{eff} (U_{RMS})	effektiver Spannungswert (RMS: Root Mean Square)

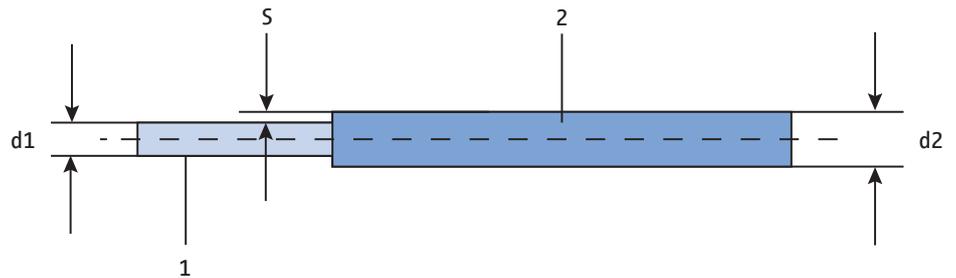
3.3 Allgemeines

Die Prüfungen in diesem TLF sind in einem zertifizierten Labor durchzuführen.

3.4 Maße und Leitungsaufbau

Maße und Leiteraufbau (siehe Abbildung 1) sind dem Anhang (Tabellen A.1–A.5) zu entnehmen.

Abb. 1: Leiteraufbau



1 = Leiter / 2 = Isolierung / d1 = Leiterdurchmesser / d2 = Außendurchmesser / s = Mindestwanddicke der Isolierung

Quelle: ZVEI

3.5 Aufbau der Kurzbezeichnung

Beispiel 1:

Bezeichnung einer ungeschirmten Niederspannungsleitung (FL) mit dünnwandiger Isolierung (R), Kurzzeichen des Isolierwerkstoffs strahlenvernetztes PE (2X) nach DIN 76722, einem nominalen Leiterquerschnitt von $1,5 \text{ mm}^2$ (1,5), mit verzinneten Einzeldrähten (Sn), einem Leiteraufbau vom Typ A (-A) und einer Dauergebrauchstemperatur von $T_0 = +125 \text{ °C}$ (T125):

FLR2X 1,5 Sn-A T125.

Beispiel 2:

Bezeichnung einer ungeschirmten Niederspannungsleitung (FL), Kurzzeichen des Isolierwerkstoffs Silikon (2G) nach DIN 76722, einem Leiternennquerschnitt von 35 mm^2 (35), (I), mit blanken Einzeldrähten maximal $0,21 \text{ mm}$ (0,21), einem Leiteraufbau Typ B (-B) und einer Dauergebrauchstemperatur von $T_0 = +200 \text{ °C}$ (T200):

FL2G 35/0,21-B T200.

3.6 Werkstoffe

Leiter, blank

Einzeldraht Cu-ETP1, CW003A bzw. Cu-ETP, CW004A nach DIN EN 13602. Für Sonderfälle können andere Cu-Werkstoffe/Legierungen vereinbart werden.

Leiter Cu blank: siehe Tabelle 2.

Leiter, verzinkt

Oberflächenbeschaffenheit der Verzinnung entsprechend Abschnitt „Oberflächenbeschaffenheit“ aus DIN EN 13602.

Beurteilung der Verzinnung durch Messung der Dicke des unlegierten Überzugs entsprechend Tabelle „Anforderungen an die Überzüge“ aus DIN EN 13602:

– Sorte A: für Einzeldrahtdurchmesser $\leq 0,2 \text{ mm}$

– Sorte B: für Einzeldrahtdurchmesser $> 0,2 \text{ mm}$

Leiter Cu verzinkt: siehe Tabelle 3.

Leiter, andere Oberflächen

Andere Oberflächen (z. B. versilbert) sind nach Absprache zulässig.

Isolierung

Die minimale und maximale Dauergebrauchstemperatur (T_U und T_O) für eine Beanspruchungsdauer von 3.000 Stunden sind entsprechend den Temperaturklassen (ohne mechanische Belastung und nicht additiv) nach Tabelle 4 oder in Ausnahmefällen nach Zeichnung zu wählen.

In Sonderfällen ermöglicht Txyz die Klassifizierung von Zwischentemperaturen, Beispiel Temperaturklasse T135.

3.7 Kennzeichnung und Anlieferbedingungen

Falls mit den Kunden keine anderslautenden Festlegungen getroffen werden, kommen die Festlegungen für den Warenanhänger gemäß VDA 4994 Version 1.1 vom 1. Juli 2018 zur Anwendung.

Herstellerkennzeichnung

Es sollte eine Herstellerkennzeichnung zum Beispiel durch Bedrucken oder Prägen (erhabene Prägung) erfolgen. Dabei muss die Einhaltung der Mindestwanddicke immer gewährleistet sein. Das Herstellerkennzeichen wird in fortlaufender Folge mit einem nicht gekennzeichneten Bereich von 200 mm angebracht.

Bei Querschnitten $\leq 0,35 \text{ mm}^2$ bzw. Isolationsmaterialien, die sich schlecht bedrucken lassen, kann die Kennzeichnung nach Absprache mit den Kunden abweichend geregelt werden.

Aus der Kennzeichnung sollten mindestens folgende Angaben erkennbar sein:

- Leitungshersteller (ausgeschrieben oder Kurzzeichen-Buchstabenkombination)
- Fertigungsstandort
- Temperaturklasse (optional)

3.8 Anforderungen an Prüfklima und Proben

Prüfklima

Sofern kein anderes Prüfklima festgelegt ist, wird im Normalklima nach ISO 554 geprüft. Für Öfen gilt ISO 19642 Teil 2.

Proben

Wenn nichts anderes festgelegt ist, sind die Leitungen im Anlieferungszustand und jeweils drei Proben zu prüfen. Die Farben Braun und Schwarz werden nur nach Rücksprache mit der Fachabteilung verwendet. Vor Prüfungen sind die Proben mindestens 16 Stunden im Normalklima nach ISO 554 zu lagern, wenn in der Prüfbeschreibung nicht anders festgelegt. Für jede Prüfung sind Proben zu verwenden, die vorher in keiner Prüfung verwendet worden sind.

Runden von Zahlenwerten

Die ermittelten Zahlenwerte sind nach DIN 1333 auf die Anzahl der Stellen zu runden, mit der die zugehörigen Sollwerte angegeben sind.

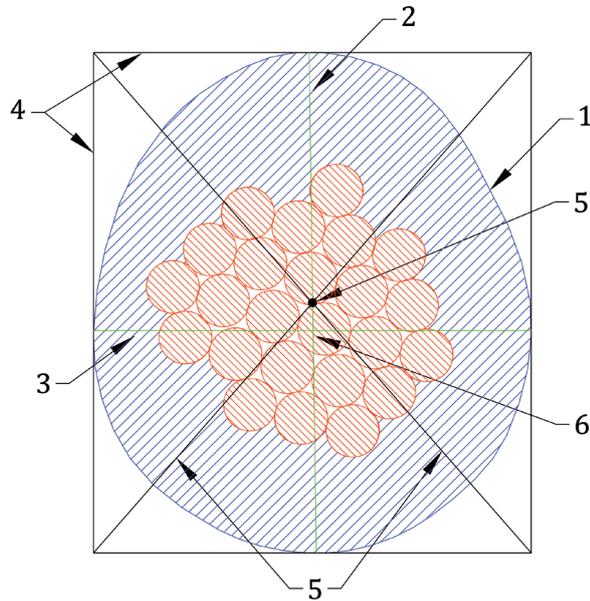
Prüfungen

Grundlage für die beschriebenen Prüfungen ist die ISO 19642. Im Falle unterschiedlicher Angaben in dem TLF und Normen ist generell die Kundenspezifikation bindend, sofern nicht anders vereinbart.

4 Prüfdurchführungen und Anforderungen an Einzeladerleitungen

Prüfung							
<p>Prüfung: 4.1 Farbe/Farbkennzeichnung</p> <p>Prüfbedingung: Die Farben der gealterten (6 h, 240 h und 3.000 h) und ungealterten Leitung sind auf einem Bild zu dokumentieren (siehe auch Abschnitte Thermische Überlast, Kurzzeitalterung und Langzeitalterung).</p>	<p>Anforderung: Es sind exemplarisch für jedes Compound nur die auffälligsten Farbänderungen in einem Foto zu dokumentieren. Farbkennzeichnung in Anlehnung an DIN 72551-7 in deutscher oder englischer Sprache. Andere Farbkennzeichnungen sind nach Absprache zulässig.</p>						
<p>Prüfung: 4.2 Sichtprüfung/ Herstellerkennzeichnung</p> <p>Prüfbedingung: Die Sichtprüfung ist mit normaler oder korrigierter Sehstärke durchzuführen. Auf eine geeignete Beleuchtung ist zu achten. Die Prüfung der Herstellerkennzeichnung ist gegebenenfalls mit Lupe durchzuführen. Bei Hochprägung wird streifendes Seitenlicht empfohlen.</p>	<p>Anforderung: Die Isolationen dürfen keine Knoten, Risse, Blasen und Fremdeinschlüsse enthalten. Die Herstellerkennzeichnung muss erkennbar sein.</p>						
<p>Prüfung: 4.3 Prüfung auf Isolationsfehler</p> <p>Prüfbedingung: Prüfung nach ISO 19642 Teil 2–5.2.5 durchführen. Die Prüfspannungen sind entsprechend Tabelle 5 zu wählen.</p>	<p>Anforderung: Kein Durchschlag</p>						
<p>Tab. 5: Spannungswerte/Spannungsklasse 1</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Leiternennquerschnitt in mm²</th> <th>Prüfspannung in kV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><0,5</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>≥0,5</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table>		Leiternennquerschnitt in mm ²	Prüfspannung in kV	<0,5	3	≥0,5	5
Leiternennquerschnitt in mm ²	Prüfspannung in kV						
<0,5	3						
≥0,5	5						
Prüfung Leitungsaufbau							
<p>Prüfung: 4.4 Leitungsaußendurchmesser und Mindestwanddicke</p> <p>Prüfbedingung: ISO 19642 Teil 2–5.1</p>	<p>Anforderung: Aufbautabellen Anhang A.1–A.5</p>						
<p>Prüfung: 4.5 Leiternenddurchmesser</p> <p>Prüfbedingung: ISO 19642 Teil 2–5.1.4</p>	<p>Anforderung: Aufbautabellen Anhang A.1–A.5</p>						
<p>Prüfung: 4.6 Leiterwiderstand</p> <p>Prüfbedingung: ISO 19642 Teil 2–5.2.1</p>	<p>Anforderung: Aufbautabellen Anhang A.1–A.5</p>						

Abb. 2: Ermittlung Bezugspunkt



1 = Umriss der Leitung in der Schnittebene / 2 = Größter Durchmesser des Umrisses / 3 = Größter Durchmesser normal zu 2 /
 4 = Tangential umschriebenes Rechteck / 5 = Diagonalenschnittpunkt = Bezugsmittelpunkt /
 6 = Schnittpunkt der größten Durchmesser. Achtung, das ist nicht der Bezugsmittelpunkt

Quelle: GG-group

Die Leitung wird senkrecht zur Kabellängsachse geschnitten. Im Umriss (1) der dabei entstehenden Schnittfläche wird der größte Durchmesser (2) bestimmt und der Umriss (3) danach parallel zu diesem größten Durchmesser ausgerichtet (zusätzlich). Anschließend wird ein Rechteck (4) konstruiert, das tangential die vier Außenseiten des Umrisses (3) berührt. Danach erstellt man die Diagonalen (5) des Rechtecks, um so den Bezugsmittelpunkt des Umrisses (5) zu erhalten.

Dieser darf nicht mit dem Schnittpunkt der größten Rechtecksdurchmesser verwechselt werden! Siehe dazu Abbildung 2.

Tabellarische Darstellung:

1. Leitung senkrecht zur Leitungsachse schneiden
2. Größten Durchmesser (2) des Umrisses (1) bestimmen (zusätzlich)
3. Umriss (1) parallel zum größten Durchmesser (2) ausrichten (zusätzlich)
4. Rechteck (4) tangential dem Umriss (1) umschreiben
5. Diagonalen (5) des Rechtecks (4) ergeben den Bezugsmittelpunkt (5) des Umrisses (1)
6. *s_{min}* und *s_{max}* werden jeweils auf einer gedachten Linie vom Umriss (1) zum Bezugsmittelpunkt (5) gemessen (siehe Abbildung 3).

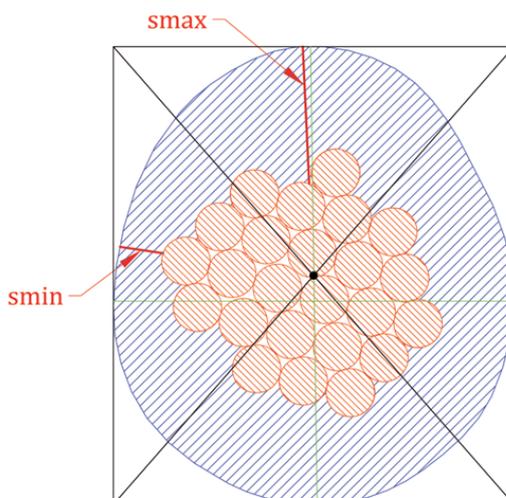
Beispielrechnung

$$AF = \frac{s_{min}}{s_{max}} \times 100 \%$$

$$AF = \frac{0,182}{0,598} \times 100 \% = 30,4 \%$$

- AF* ist der A-Faktor
- s_{min}* ist die kürzestmögliche ununterbrochene Strecke auf einer dieser Linien innerhalb der Isolation
- s_{max}* ist die längstmögliche ununterbrochene Strecke auf einer dieser Linien innerhalb der Isolation

Abb. 3: Streckenmessung s_{min} und s_{max}



Quelle: GG-group

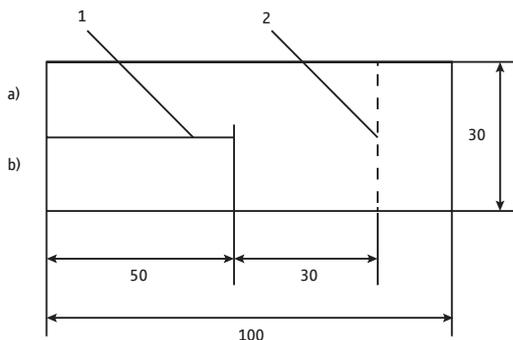
Physikalische und chemische Eigenschaften der Isolierung

Die aus den nachfolgend aufgeführten Prüfungen an jeweils einer Leitungsprobe gewonnenen Messwerte sind als Anhang dem Prüfbericht beizufügen und dienen der eindeutigen Identifikation der Leitung.

<p>Prüfung: 4.8 Dichte</p> <p>Prüfbedingung: Prüfung nach Abschnitt „Verfahren A – Eintauchverfahren“ aus DIN EN ISO 1183-1</p>	<p>Anforderung: Mustergerecht</p>
<p>Prüfung: 4.9 Thermische Stabilität für PVC</p> <p>Prüfbedingung: Prüfung nur für PVC nach DIN EN 60811-405</p>	<p>Anforderung: >140 min (Klasse T105)</p>
<p>Prüfung: 4.10 Bestimmung des Infrarot-Spektrums IR</p> <p>Prüfbedingung: Die Prüfung ist nach ATR-Methode (ATR = Attenuated Total Reflectance) im Anlieferzustand durchzuführen. Die Leitung wird im Winkel 90° quer zur Längsachse geschnitten. Die Schnittfläche der Leitung wird mit Isopropanol gereinigt. Die Messung ist an der gereinigten Schnittfläche durchzuführen. In Ausnahmefällen kann nach Reinigung an der Oberfläche geprüft werden.</p>	<p>Anforderung: Mustergerecht</p>
<p>Prüfung: 4.11 Bestimmung der Zugfestigkeit und Reißdehnung</p> <p>Prüfbedingung: Die Prüfung wird nach IEC 60811-501 durchgeführt. Bei Bedarf sind mindestens fünf Prüflinge eines jeden Compounds zusätzlich für die mykologische Prüfung anzufertigen. Ziehgeschwindigkeit vorzugsweise 250 (± 50) mm/min. Die Ziehgeschwindigkeit ist im Prüfbericht zu dokumentieren.</p>	<p>Anforderung: Mustergerecht</p>

<p>Prüfung: 4.12 Weiterreißfestigkeit / Prüfung an der Platte</p> <p>Prüfbedingung: Die Weiterreißfestigkeitsprüfung wird nur an Silikonmaterial bzw. Silikonisolierung durchgeführt. Prüfung nur für Silikon nach „Verfahren B“. Winkelprobe nach Graves mit Einschnitt an Plattenmaterial aus DIN ISO 34-1. Vorbereitung der Proben: Entscheidend für ein repräsentatives Ergebnis ist die Position der Ausstanzung im Bezug auf die Walzrichtung. Zunächst wird die Walzrichtung vor dem Pressen der Platten markiert. Im Anschluss wird der Prüfling vor dem Ausstanzen um 90° zur Walzrichtung gedreht. Es werden fünf Proben ausgestanzt und nach Lagerung bei Normklima mittels Zugprüfmaschine geprüft.</p>	<p>Anforderung ≥ 15 N/mm für Temperaturklasse E ≥ 10 N/mm für Temperaturklasse F</p>
<p>Prüfung: 4.13 Weiterreißfestigkeit / Prüfung an der Leitung</p> <p>Prüfbedingung: Die Weiterreißfestigkeitsprüfung wird nur an Silikonmaterial bzw. Silikonisolierung durchgeführt. Die Prüfung wird in Anlehnung an DIN EN 50396 vorzugsweise an dem Querschnitt 25 mm² oder 35 mm² durchgeführt, außerdem für jede Materialcompoundvariante. Der Leitung ist eine Probe der Isolierung zu entnehmen, und daraus sind fünf Proben mit den Maßen nach Abbildung 4 (Maße in mm) herzustellen. Bei Leitungen mit einem Außendurchmesser von weniger als 10 mm darf der Isolierungsumfang der Probekbreite entsprechen. Aus den Proben sind die Rillen (Kontur der Kupferlitze) zu entfernen. Dieses kann mittels geeigneter Schälvorrichtung erfolgen, sodass eine gleichmäßige Wandstärke der Isolierhülle vorliegt. Dabei ist zu beachten, dass nur die Rillen entfernt werden. Wie in Abbildung 4 dargestellt, ist die Probe mittig mit einem Längsschnitt (zum Beispiel mit einer scharfen Rasierklinge) zu versehen. Die mittlere Dicke jeder Probe muss durch drei Messungen in gleichmäßigen Abständen entlang der erwarteten Reißlänge festgestellt werden. Die Hälften der durchtrennten Proben müssen, wie in Abbildung 5 dargestellt, in die Spannköpfe der Zugprüfmaschine geklemmt werden. Die Geschwindigkeit, mit der sich die Spannbacken auseinanderbewegen, muss 250 (\pm 50) mm/min betragen. Für die Errechnung des Weiterreißwiderstands wird der jeweilige Höchstwert der Kraft in N durch die mittlere Dicke der Probe in mm dividiert. Als Weiterreißwiderstand gilt der Mittelwert aus den so errechneten Werten.</p>	<p>Anforderung: Mustergerecht</p>

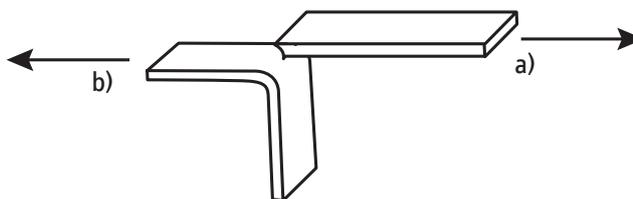
Abb. 4: Abmaße Isolierungsprobe (in mm)



1 = Schnitt
2 = Markierungslinie
a)/b) = Zuordnung siehe Abb. 5

Quelle: ZVEI

Abb. 5: Zugrichtung Isolierungsprobe



a)/b) = Zuordnung siehe Abbildung 4

Quelle: ZVEI

Prüfung:

4.14 Bestimmung des Vernetzungsgrads

Prüfbedingung:

Die Prüfung für vernetzte Leitungen erfolgt nach DIN EN 60811-507 bei einer Prüftemperatur von +200 (± 3) °C und einer Belastung von 20 N/cm².

Anforderung:

Strahlenvernetzte Leitungen:
Dehnung unter Belastung ≤100 %
Dehnung nach Belastung ≤25 %
Nicht strahlenvernetzte Leitungen: mustergerecht

Mechanische Eigenschaften im Anlieferungszustand

Prüfung:

4.15 Abisolierbarkeit/Leiterfestitz

Prüfbedingung:

ISO 19642 Teil 2-5.3.1

Die zum Abziehen der Isolierung benötigte Kraft muss größer als die in Tabelle 6 angegebene minimale Kraft sein.

Anforderung:

ISO 19642 Teil 3-5.4.1

Tab. 6: Leiterfestitz

Leiterquerschnitt (mm²)	0,35–1,00	1,5–6,0
Minimale Kraft (in N)	≥3	≥10

Prüfung:

4.16 Abriebfestigkeit der Isolierung

Prüfbedingung:

ISO 19642 Teil 2-5.3.2

Anforderung:

ISO 19642 Teil 3-5.4.2

Prüfung:

4.17 Biegekraft der Leitung

Prüfbedingung:

ISO 19642 Teil 2-5.3.5

Anforderung:

Mustergerecht

<p>Prüfung: 4.18 Kerbfestigkeit der Isolierung</p> <p>Prüfbedingung: Die Prüfvorrichtung besteht aus einer Zugprüfmaschine oder einem Kraftmessgerät, einem Kerbwerkzeug (Schneide) und einem Stromkreis mit einer Kleinspannung. Als Kerbwerkzeug ist ein runder Federdraht nach Abschnitt „Abrasion test“ aus ISO 19642-2 und Nadeldurchmesser 0,45 (± 0,01) mm zu verwenden.</p> <p>Die Probe wird in der Zugprüfmaschine befestigt. Der Stahldraht wird mit einer konstanten Geschwindigkeit von ≤10 mm/min durch die Isolierung gedrückt, bis ein elektrischer Kontakt zwischen Stahldraht und Leiter der Probe entsteht und die Maschine dadurch abschaltet. Die Achsen der Probe und der Schneide stehen dabei rechtwinkelig zueinander. Die beim Kontakt angezeigte Kraft wird notiert. Nach jeder Ablesung wird die Probe mindestens 10 mm weitergeschoben und 90° um ihre Längsachse gedreht, d. h. es sind vier Messungen vorzunehmen, aus deren Mittelwert die Kerbkraft bestimmt wird.</p> <p>Für Leitungen >6 mm² wird die maximale Prüfkraft auf 500N begrenzt.</p>	<p>Anforderung: Die Kerbkraft muss den Werten aus Tabelle 7 entsprechen.</p> <p>Für Leiterquerschnitte größer 6 mm² mustergerecht</p> <p>Abweichende Werte können für ultradünnwandige Leitungen vereinbart werden.</p>																		
<p>Tab. 7: Kerbkraft</p> <table border="1" data-bbox="539 913 1442 1014"> <tr> <td>Leiternennquerschnitt (in mm²)</td> <td>0,35</td> <td>0,5</td> <td>0,75</td> <td>1,0</td> <td>1,5</td> <td>2,5</td> <td>4,0</td> <td>6,0</td> </tr> <tr> <td>Minimale Kerbkraft (in N)</td> <td>30</td> <td>40</td> <td>50</td> <td>50</td> <td>60</td> <td>70</td> <td>100</td> <td>120</td> </tr> </table>		Leiternennquerschnitt (in mm²)	0,35	0,5	0,75	1,0	1,5	2,5	4,0	6,0	Minimale Kerbkraft (in N)	30	40	50	50	60	70	100	120
Leiternennquerschnitt (in mm²)	0,35	0,5	0,75	1,0	1,5	2,5	4,0	6,0											
Minimale Kerbkraft (in N)	30	40	50	50	60	70	100	120											
<p>Prüfung: 4.19 Flammwidrigkeit</p> <p>Prüfbedingung: ISO 19642 Teil 2–5.4.15</p>	<p>Anforderung: ISO 19642 Teil 3–5.5.15</p>																		
<p>Elektrische Eigenschaften im Anlieferungszustand</p>																			
<p>Prüfung: 4.20 Spezifischer Durchgangswiderstand der Isolierung</p> <p>Prüfbedingung: ISO 19642 Teil 2–5.2.6</p>	<p>Anforderung: ISO 19642 Teil 3–5.3.6</p>																		
<p>Prüfung: 4.21 30-Minuten-Spannungsfestigkeit</p> <p>Prüfbedingung: ISO 19642 Teil 2–5.2.3</p>	<p>Anforderung: ISO 19642 Teil 3–5.3.3</p>																		
<p>Mechanische und elektrische Eigenschaften nach mechanischer, thermischer oder chemischer Beanspruchung</p>																			
<p>Prüfung: 4.22 Stresstest</p> <p>Prüfbedingung: Diese Prüfung ist nur für Leitungen mit einer Isolation aus spannungsrisseanfälligen Kunststoffen durchzuführen, wie zum Beispiel den Fluorpolymeren FEP und ETFE.</p> <p>Die Prüfung ist nach ISO 19642 Teil 2–5.4.13 durchzuführen, wobei die Prüftemperaturen in Tabelle 8 vorzusehen sind.</p>	<p>Anforderung: ISO 19642 Teil 3–5.5.13</p>																		

Tab. 8: Prüftemperaturen

Fluorpolymere Temperaturklasse T200:	FEP:	(+225 ± 4) °C
	ETFE strahlenvernetzt:	(+225 ± 4) °C
Fluorpolymere Temperaturklasse T175:	ETFE:	(+225 ± 4) °C
Fluorpolymere Temperaturklasse T150:	ETFE:	(+200 ± 4) °C

Abweichend zu den Angaben in ISO 19642-2 werden die Wickeldorndurchmesser der Tabelle 9 verwendet.

Tab. 9: Dorndurchmesser

Leiternennquerschnitt (in mm ²)	0,35	0,5	0,75	1,0	1,5	2,5	4,0	6,0
Dorndurchmesser (in mm)	2			3		4		5

Prüfung: 4.23 Schrumpfung der Isolierung in der Wärme Prüfbedingung: ISO 19642 Teil 2–5.4.6	Anforderung: ISO 19642 Teil 3–5.5.6
---	---

Prüfung: 4.24 Wärmedruckbeständigkeit der Isolierung Prüfbedingung: ISO 19642 Teil 2–5.4.5	Anforderung: ISO 19642 Teil 3–5.5.5
--	---

Prüfung: 4.25 Bestimmung der Derating-Kurve Prüfbedingung: Die Durchführung ist zwischen Kunde und Hersteller zu definieren.	Anforderung: Mustergerecht
--	--------------------------------------

Prüfung: 4.26 Thermische Belastbarkeit im gewickelten Zustand Prüfbedingung: Eine Leitungsprobe von ausreichender Länge wird in sechs eng aneinanderliegenden Windungen auf einen Dorn mit einem Durchmesser nach Tabelle 10 gewickelt und festgebunden. Die so vorbereitete Probe wird eine Stunde in einem Wärmeschrank mit natürlicher Belüftung bei der Temperatur für die thermische Überlast nach Abschnitt „Ovens“, Tabelle 5 aus ISO 19642-2 gelagert (am Dorn aufgehängt). Nach Abkühlen auf Raumtemperatur wird die Prüfung nach Abschnitt 4.41 (Messung der 1-Minuten-Spannungsfestigkeit) durchgeführt.	Anforderung: Es darf kein Durchschlag auftreten.
--	--

Tab. 10: Dorndurchmesser

Leiternennquerschnitt (in mm ²)	0,35	0,5	0,75	1,0	1,5	2,5	4,0	6,0
Durchmesser (in mm)	5			9			13	

<p>Prüfung: 4.27 Thermische Überlast $T_0 + 50\text{ °C}$</p> <p>Prüfbedingung: ISO 19642 Teil 2–5.4.4</p> <p>Die Farben der gealterten und nicht gealterten Leitung sind auf einem Bild zu dokumentieren.</p>	<p>Anforderung: ISO 19642 Teil 3–5.5.4</p>
<p>Prüfung: 4.28 Kurzzeitalterung (240 h)</p> <p>Prüfbedingung: ISO 19642 Teil 2–5.4.3</p> <p>Die Farben der gealterten und nicht gealterten Leitung sind auf einem Bild zu dokumentieren.</p>	<p>Anforderung: ISO 19642 Teil 3–5.5.3</p>
<p>Prüfung: 4.29 Langzeitalterung (3.000 h)</p> <p>Prüfbedingung: ISO 19642 Teil 2–5.4.2</p> <p>Die Farben der gealterten und nicht gealterten Leitung sind auf einem Bild zu dokumentieren.</p>	<p>Anforderung: ISO 19642 Teil 3–5.5.2</p>
<p>Prüfung: 4.30 Minimaler zulässiger Biegeradius für statische Verlegung</p> <p>Prüfbedingung: Durch eine Langzeitalterung der gebogenen Prüflinge wird der Nachweis erbracht, dass die Leitung mit Biegeradien größer gleich dem angegebenen Radius verlegt werden kann. Je zwei Leitungsmuster von etwa 400 mm Länge werden an beiden Enden je 25 mm abisoliert. Prüflingsvorbereitung siehe Tabelle 11 Die verwendeten Kabelbinder müssen folgende Anforderungen erfüllen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ihr Grundmaterial muss für die entsprechende Lagertemperatur geeignet sein • Keine Unverträglichkeit mit dem zu prüfenden Isolationsmaterial • Außenverzahnt • Keine scharfen Kanten • Breite $\geq 0,8 \times d_{\max}$ • Die Anzugskraft ist so zu wählen, dass im neutralen Zustand keine oder nur geringfügige Eindrücke an der Isolationsoberfläche entstehen <p>Die vorbereiteten Muster werden während der Langzeitalterung 3.000 Stunden mitgealtert. Anschließend werden die noch gewickelten und befestigten Prüflinge entsprechend Prüfung 4.41 (Messung der 1-Minuten-Spannungsfestigkeit) geprüft.</p>	<p>Anforderung: Kein Durchschlag, keine Brüche der Isolierung</p>

Tab. 11: Prüflingsvorbereitung

Maximaler Leitungsdurchmesser d_{max} in mm	Kleinster zulässiger Biegeradius in mm	Maximaler Wickeldorn-durchmesser in mm	Ausführungsart
$\leq 3,0$ (bis $2,5 \text{ mm}^2$)	$2,0 \times d_{max}$		3 mal 360° um sich selbst gewickelt (siehe Abbildung 6)
$> 3,0$ und $\leq 5,0$ (von $4,0 \text{ mm}^2$ bis $6,0 \text{ mm}^2$)	$2,0 \times d_{max}$	$1,5 \times d_{max}$	2 mal 360° um Dorn wickeln, Befestigung mit zwei Kabelbindern: 1. Kabelbinder im halben Abstand des entstehenden Schlaufendurchmessers 2. Kabelbinder im halben Abstand des entstehenden Schlaufendurchmessers, Dorn entfernen (siehe Abbildung 7)
$> 5,0$ (ab $6,0 \text{ mm}^2$)	$3,0 \times d_{max}$	$2,0 \times d_{max}$	180° um Dorn gebogen, Befestigung mit Kabelbindern: 1. Kabelbinder im einfachen Abstand des entstehenden Schlaufendurchmessers 2. Kabelbinder im halben Abstand des entstehenden Schlaufendurchmessers, Dorn entfernen (siehe Abbildung 8)

Abb. 6: $d_{max} \leq 3,0 \text{ mm}$



Abb. 7: $d_{max} > 3,0$ und $\leq 5,0 \text{ mm}$

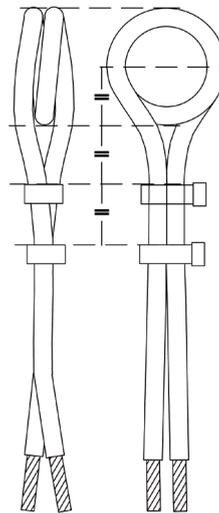
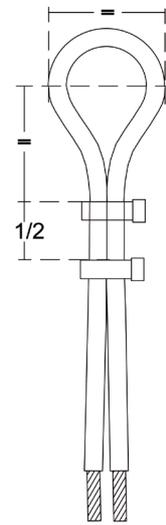


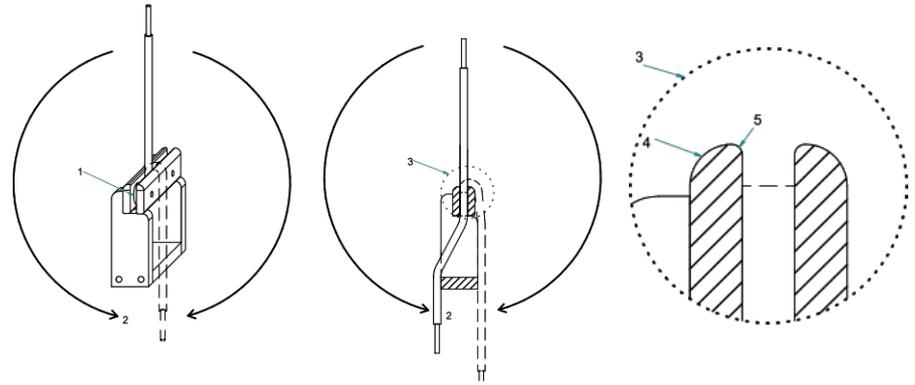
Abb. 8: $d_{max} > 5,0 \text{ mm}$



Quelle: GG-group

<p>Prüfung: 4.31 Wickelprüfung bei niedriger Temperatur (-40 °C)</p> <p>Prüfbedingung: ISO 19642 Teil 2–5.4.7</p>	<p>Anforderung: ISO 19642 Teil 3–5.5.7</p>																																				
<p>Prüfung: 4.32 Schlagprüfung bei niedriger Temperatur (-15 °C)</p> <p>Prüfbedingung: ISO 19642 Teil 2–5.4.8</p>	<p>Anforderung: ISO 19642 Teil 3–5.5.8</p>																																				
<p>Prüfung: 4.33 Wischfestigkeit der Leitungskennzeichnung</p> <p>Prüfbedingung: ISO 19642 Teil 2–5.4.12</p> <p>Diese Prüfung ist nur bei Leitungen anwendbar, die durch Bedrucken markiert sind.</p>	<p>Anforderung: ISO 19642 Teil 3–5.5.12</p>																																				
<p>Prüfung: 4.34 Biegewechselbeständigkeit</p> <p>Prüfbedingung: ISO 19642 Teil 2–5.3.4</p>	<p>Anforderung: ISO 19642 Teil 3–5.4.4</p>																																				
<p>Prüfung: 4.35 Abknickprüfung</p> <p>Prüfbedingung: Diese Prüfung ist nur für Leitungen mit Querschnitten $\leq 6,0 \text{ mm}^2$ anzuwenden.</p> <p>Vor der Prüfung wird die Prüfvorrichtung (siehe Abbildung 9) ausgewählt, deren innerer Biegeradius r dem zu prüfenden Leitungsquerschnitt entspricht, und die vorgeschriebenen Distanzringe werden nach Tabelle 12 eingesetzt.</p> <p>Leitungsproben mit einer Mindestlänge von 200 mm an den Enden 20 mm abisolieren. Probe senkrecht zu den Spannbacken aus der Prüfvorrichtung herausführen und zwischen die Backen der Prüfvorrichtung spannen, bis die Distanzringe auf Block gehen. Anschließend wird die Leitung 20 Biegezyklen unterzogen. Ein Zyklus entspricht einer Biegung der Leitung um 180° zu einer Seite, bis die Leitung an der Vorrichtung anliegt, der Biegung um 360° auf die andere Seite der Prüfvorrichtung und der Rückführung um 180° in die Ausgangslage. Es ist darauf zu achten, dass während der Prüfung die Leitung möglichst wenig auf Zug belastet wird.</p> <p>Anschließend werden die Prüflinge entsprechend Prüfung 4.41 (Messung der 1-Minuten-Spannungsfestigkeit) geprüft.</p>	<p>Anforderung: Es darf kein Durchschlag auftreten.</p>																																				
<p>Tab. 12: Distanzringe</p> <table border="1" data-bbox="539 1637 1422 1839"> <tr> <td>Leiternennquerschnitt in mm^2</td> <td>0,35</td> <td>0,5</td> <td>0,75</td> <td>1,0</td> <td>1,5</td> <td>2,5</td> <td>4,0</td> <td>6,0</td> </tr> <tr> <td>Biegeradius (r) in mm</td> <td colspan="3">1,0</td> <td colspan="3">1,5</td> <td colspan="2">3,0</td> </tr> <tr> <td>Distanzringdicke in mm</td> <td>1,1</td> <td>1,3</td> <td>1,6</td> <td>1,8</td> <td>2,1</td> <td>2,6</td> <td>3,3</td> <td>3,9</td> </tr> <tr> <td>Toleranz Distanzringdicke in mm</td> <td colspan="8">-0,1</td> </tr> </table>		Leiternennquerschnitt in mm^2	0,35	0,5	0,75	1,0	1,5	2,5	4,0	6,0	Biegeradius (r) in mm	1,0			1,5			3,0		Distanzringdicke in mm	1,1	1,3	1,6	1,8	2,1	2,6	3,3	3,9	Toleranz Distanzringdicke in mm	-0,1							
Leiternennquerschnitt in mm^2	0,35	0,5	0,75	1,0	1,5	2,5	4,0	6,0																													
Biegeradius (r) in mm	1,0			1,5			3,0																														
Distanzringdicke in mm	1,1	1,3	1,6	1,8	2,1	2,6	3,3	3,9																													
Toleranz Distanzringdicke in mm	-0,1																																				

Abb. 9: Prüfvorrichtung Abknickprüfung



1: Distanzring 2: $\pm 180^\circ$ 3: Vergrößerung Bildausschnitt 4: $r = 4 \text{ mm}$ 5: Biegeradius $r =$ nach Tabelle 12

Quelle: Kromberg & Schubert GmbH Cable & Wire

<p>Prüfung: 4.36 Elektrische Eigenschaften bei Wasserlagerung Prüfbedingung: ISO 19642 Teil 2–5.4.10</p>	<p>Anforderung: ISO 19642 Teil 2–5.5.10</p>
<p>Prüfung: 4.37 Wechseltest Temperatur Feuchte Prüfbedingung: ISO 19642 Teil 2–5.4.9</p>	<p>Anforderung: ISO 19642 Teil 3–5.5.9</p>
<p>Prüfung: 4.38 Ozonbeständigkeit Prüfbedingung: ISO 19642 Teil 2–5.4.14</p>	<p>Anforderung: ISO 19642 Teil 3–5.5.14</p>

<p>Prüfung: 4.39 Mykologische Prüfung</p> <p>Prüfbedingung: Der Bewuchs auf der Isolierung darf maximal der Kennziffer 3 (Bewuchs unter Normalsicht erkennbar, bis zu 50 % der Probenoberfläche dürfen bewachsen sein) nach Abschnitt „Verfahren A: Pilz-Wachstumstest“ aus DIN EN ISO 846 entsprechen.</p> <p>ANMERKUNG Zwei Prüfungen, die bisher nach DIN EN 60068-2-10 mit einer Bewuchskennziffer ≤1 absolviert wurden, gelten weiterhin als bestanden.</p> <p>Der Zusatz von Fungiziden ohne Rücksprache mit der Fachabteilung ist verboten.</p> <p>Die Prüfung ist nach Abschnitt „Verfahren A: Pilz-Wachstumstest“ aus DIN EN ISO 846 durchzuführen.</p> <p>Es werden die Leitungen des größten Querschnitts verwendet. Es sind jeweils mindestens fünf Prüflinge eines jeden Compounds zu prüfen.</p> <p>Die Proben sind mit Ethanol-Wassergemisch nach Abschnitt „Reinigung“ aus DIN EN ISO 846 zu reinigen. Sie sind mit den Prüfpilzsporen zu beimpfen.</p> <p>Die Proben sind in der Petrischale auf Mineralsalz-Agar mit den Prüfpilzsporen zu beimpfen und bei 29 (± 1) °C 28 Tage lang zu bebrüten. Eine Zwischenkontrolle auf Pilzwachstum ist nach 14 Tagen zulässig.</p> <p>Nach 28 Tagen des Bebrütens sind die Proben nach Abschnitt „Bewertung“ aus DIN EN ISO 846 auf Pilzwachstum zu kontrollieren.</p> <p>Das Pilzwachstum ist durch die Kennziffer DIN EN ISO 846, Tabelle 4 zu bewerten.</p> <p>Wenn ein Bewuchs >2 festgestellt wird, ist nach der mykologischen Prüfung eine Prüfung entsprechend Prüfung 4.41 (Messung der 1-Minuten-Spannungsfestigkeit) durchzuführen.</p>	<p>Anforderung: Die Mittelwerte von Zugfestigkeit und Reißdehnung dürfen sich bei Bewuchsstufe >2 um maximal 50 % verändern.</p>
Verträglichkeitsprüfungen	
<p>Prüfung: 4.40 Beständigkeit gegen flüssige Chemikalien</p> <p>Prüfbedingung: ISO 19642 Teil 2 – 5.4.11</p> <p>Die Liste der Prüfflüssigkeiten ist mit dem Kunden abzustimmen.</p> <p>Bei Fluorpolymeren kann die Prüfung nach vorheriger Absprache mit dem Kunden entfallen.</p>	<p>Anforderung: ISO 19642 Teil 3–5.5.11</p>
<p>Prüfung: 4.41 Messung der 1-Minuten-Spannungsfestigkeit (nur nach Beanspruchung)</p> <p>Prüfbedingung: ISO 19642 Teil 2–5.2.4</p>	<p>Anforderung: ISO 19642 Teil 2–5.3.4</p>

5 Anhang (Tabellenanhänge)

Tab. 1: Spannungsklassen

Spannungsklassen		AC		DC
		$U_{(eff)} (U_{(RMS)})$	$U_{(SS)}$	$U_{(DC)}$
Niedervolt	1 (A ^{a)})	≤30 V	≤42 V	≤60 V

a) Spannungsklassenbezeichnung nach ISO 6469-3

Tab. 2: Leiter Cu blank

Bezeichnungen				Durchmesser (Nennmaß)		Zugfestigkeit R_m	Bruchdehnung A_T oder $A_{200\text{ mm}}$
Werkstoff		Zustand		in mm		in N/mm ²	ein- und mehradriger Draht in %
Kurzzeichen	Nummer	einadriger Draht	mehradriger Draht	über	bis	mindestens	mindestens
Cu-ETP1 Cu-ETP	CW003A CW004A	A010	A008	0,04	0,08	200	10
		A015	A013	0,08	0,16		15
		A021	A019	0,16	0,32		21
		A022	A020	0,32	0,50		22
		A024	A022	0,50	1,00		24
		A026	A024	1,00	1,50		26
		A028	A026	1,50	3,00		28
		A033	-	3,00	5,00		33

Tab. 3: Leiter Cu verzinkt – Eigenschaften

Bezeichnungen				Durchmesser (Nennmaß)		Zugfestigkeit R_m	Bruchdehnung A_T oder $A_{200\text{ mm}}$
Werkstoff		Zustand		in mm		in N/mm ²	ein- und mehradriger Draht in %
Kurzzeichen	Nummer	einadriger Draht	mehradriger Draht	über	bis	mindestens	mindestens
Cu-ETP1 Cu-ETP	CW003A CW004A	A007	A005	0,04	0,08	200	7
		A013	A011	0,08	0,16		13
		A019	A017	0,16	0,32		19
		A020	A018	0,32	0,50		20
		A022	A020	0,50	1,00		22
		A024	A022	1,00	1,50		24
		A026	-	1,50	3,00		26
		A031	-	3,00	5,00		31

Tab. 4: Temperaturklassifizierung

Klasse in Anlehnung an ISO 19642-1	Temperaturklasse	Dauergebrauchstemperatur (3.000 h) T_U °C bis T_0 °C	Kurzzeittemperatur (240 h) $(T_0 + 25)$ °C	Temperatur für thermische Überlast (6 h) $(T_0 + 50)$ °C
A	T85	-40 bis +85	+110 ± 3	+135 ± 3
B	T100	-40 bis +100	+125 ± 3	+150 ± 3
B (105)	T105	-40 bis +105	+130 ± 3	+155 ± 3
C	T125	-40 bis +125	+150 ± 3	+175 ± 3
D	T150	-40 bis +150	+175 ± 3	+200 ± 3
E	T175	-40 bis +175	+200 ± 3	+225 ± 4
E (180)	T180	-40 bis +180	+205 ± 4	+230 ± 4
F	T200	-40 bis +200	+225 ± 4	+250 ± 4
G	T225	-40 bis +225	+250 ± 4	+275 ± 4
H	T250	-40 bis +250	+275 ± 4	+300 ± 4
	Txyz	-40 bis +xyz	xyz + 25	xyz + 50

Tab. A.1: FLR – Leiteraufbau symmetrisch Typ A mit reduzierter Wanddicke

Leiternennquerschnitt	Einzeldraht		Leiter								Leitung					
	Anzahl	Durchmesser	Durchmesser d1	Schlaglänge	Querschnitt für blanke Leiter ^{a)}		Widerstand bei 20 °C		Widerstand bei 20 °C verzinkt		Außendurchmesser d2		Wanddicke der Isolierung s	C _{PVC} -Wert (bezogen auf s)	Abisolierbarkeitsfaktor A	Gewicht ^{b)}
					maximal	maximal	maximal	minimal	maximal	maximal	minimal	maximal				
mm ²	Stück	mm	mm	mm	mm ²	mm ²	mΩ/m	mΩ/m	mΩ/m	mΩ/m	mm	mm	mm	%	g/m	
0,35 ^{d)}	7	0,27	0,80	27	0,332	0,358	52,0	48,1	55,5	51,4	1,3	-0,10	0,20	≥1,33	35	4,6
0,50	19	0,20	1,00	45	0,465	0,502	37,1	34,4	38,2	35,4	1,6	-0,20	0,22			6,3
0,75	19	0,24	1,20	45	0,698	0,754	24,7	22,9	25,4	23,5	1,9	-0,20	0,24			9,2
1,0	19	0,27	1,35	50	0,932	1,01	18,5	17,1	19,1	17,7	2,1	-0,20	0,24			12
1,5	19	0,33	1,70	60	1,36	1,47	12,7	11,8	13,0	12,0	2,4	-0,20	0,24			17
2,5	19	0,41	2,20	75	2,27	2,45	7,60	7,04	7,82	7,24	3,0	-0,30	0,28			27
2,5	37	0,30	2,20	75	2,27	2,45	7,60	7,04	7,82	7,24	3,0	-0,30	0,28			27
4,0	37	0,38	2,75	75	3,66	3,95	4,71	4,36	4,85	4,49	3,7	-0,30	0,32			43
6,0	37	0,45	3,40	75	5,49	5,93	3,14	2,91	3,23	2,99	4,3	-0,30	0,32	63		

^{a)} Errechnet einen Wert der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit von 58,0 Sm/mm², Qualitätskontrolle durch Widerstandsmessung

^{b)} Gewicht mustergerecht, Tabellenwerte gelten für PVC.

^{d)} Die Widerstandswerte beim Querschnitt 0,35 mm² weichen von ISO 19642-3 deutlich ab.

Tab. A.2: FLU – Leiteraufbau symmetrisch Typ A mit ultradünner Wanddicke

Leiternennquerschnitt	Einzeldraht		Leiter						Leitung					
	Anzahl	Durchmesser	Durchmesser d1	Schlaglänge	Querschnitt für blanke Leiter ^{a)}		Widerstand bei 20 °C blank (verzinkt ^{b)})		Außendurchmesser d2		Wanddicke der Isolierung s	C _{PVC} -Wert (bezogen auf s)	Abisolierbarkeitsfaktor A	Gewicht ^{c)}
					maximal	maximal	maximal	minimal	maximal	minimal				
mm ²	Stück	mm	mm	mm	mm ²	mm ²	mΩ/m	mΩ/m	mm	mm	mm	%	g/m	
0,35 ^{d)}	7	0,27	0,80	27	0,332	0,358	52,0	48,1	1,20	-0,10	0,16	≥1,33	35	4,3
0,50	19	0,20	1,00	45	0,465	0,502	37,1	34,4	1,40	-0,10	0,16			5,8
0,75	19	0,24	1,20	45	0,698	0,754	24,7	22,9	1,60	-0,15	0,16			8,4
1,0	19	0,27	1,35	50	0,932	1,01	18,5	17,1	1,75	-0,15	0,16			11
1,5	19	0,33	1,70	60	1,36	1,47	12,7	11,8	2,10	-0,20	0,16			16
2,5	19	0,41	2,20	75	2,27	2,45	7,60	7,04	2,70	-0,20	0,20			26
2,5	37	0,30	2,20	75	2,27	2,45	7,60	7,04	2,70	-0,20	0,20			26

^{a)} Errechnet mit einem Wert der spezifischen Leitfähigkeit von 58,0 Sm/mm², Qualitätskontrolle durch Widerstandsmessung

^{b)} Widerstandswerte von verzinkten Leitern sind ISO 19642-3 zu entnehmen.

^{c)} Gewicht mustergerecht, Tabellenwerte gelten für PVC

^{d)} Die Widerstandswerte beim Querschnitt 0,35 mm² weichen von ISO 19642-3 deutlich ab.

Tab. A.3: FLR – Leiteraufbau unsymmetrisch Typ B mit reduzierter Wanddicke

Leiternennquerschnitt	Einzeldraht			Leiter							Leitung					
	Anzahl ^{a)}	Durchmesser	Durchmesser d1	Schlaglänge	Querschnitt für blanke Leiter ^{b)}		Widerstand bei 20 °C blank		Widerstand bei 20 °C verzinkt		Außendurchmesser d2		Wanddicke der Isolierung s	C _{pk} -Wert (bezogen auf s)	Abisolierbarkeitsfaktor A	Gewicht ^{c)}
					mm	mm	mΩ/m	mΩ/m	mΩ/m	mΩ/m	mm	mm				
mm ²	Stück	mm maximal	mm maximal	mm maximal	mm ² minimal	mm ² maximal	mΩ/m maximal	mΩ/m minimal	mΩ/m maximal	mΩ/m minimal	mm maximal	zulässige Abweich.	mm minimal	minimal	% minimal	g/m
0,35 ^{d)}	12	0,21	0,90	Nicht festgelegt	0,332	0,358	52,0	48,1	55,5	51,4	1,4	-0,20	0,20	≥1,33	35	4,6
0,50	16	0,21	1,00		0,465	0,502	37,1	34,4	38,2	35,4	1,6	-0,20	0,22			6,3
0,75	24	0,21	1,20		0,698	0,754	24,7	22,9	25,4	23,5	1,9	-0,20	0,24			9,2
1,0	32	0,21	1,40		0,932	1,01	18,5	17,1	19,1	17,7	2,1	-0,20	0,24	≥1,0	Nicht anwendbar	12
1,5	30	0,26	1,70		1,36	1,47	12,7	11,8	13,0	12,0	2,4	-0,20	0,24			17
2,5	50	0,26	2,20		2,27	2,47	7,60	7,04	7,82	7,24	3,0	-0,30	0,28			27
4,0	56	0,31	2,75		3,66	3,95	4,71	4,36	4,85	4,49	3,7	-0,30	0,32			43
6,0	84	0,31	3,40		5,49	5,93	3,14	2,91	3,23	2,99	4,3	-0,30	0,32			63
10	80	0,41	4,50		9,47	10,2	1,82	1,69	1,85	1,71	5,8	-0,40	0,48			111
16	126	0,41	5,50		14,9	16,1	1,16	1,07	1,18	1,09	7,0	-0,50	0,52			171
25	196	0,41	7,00		23,2	25,1	0,743	0,688	0,757	0,701	8,7	-0,50	0,52			160
36	276	0,41	8,30		32,7	35,3	0,527	0,488	0,538	0,498	10,4	-0,60	0,64			368
50	396	0,41	9,80		46,9	50,6	0,368	0,341	0,375	0,347	12,2	-0,70	0,72			524
70	360	0,51	11,6		66,6	71,9	0,259	0,264	0,264	0,244	14,4	-0,90	0,80	743		
95	475	0,51	13,8		88,0	95,0	0,196	0,181	0,200	0,185	16,7	-1,00	0,88	979		

^{a)} Geringfügige Abweichungen sind zulässig:

Bei 50 Einzeldrähten ± 5 % bei Einhaltung des elektrischen Widerstands und des maximalen Einzeldrahtdurchmessers

Bei ≤ 50 Einzeldrähten ist keine Abweichung zulässig.

^{b)} Errechnet mit einem Wert der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit von 58,0 Sm/mm². Qualitätskontrolle durch Widerstandsmessung

^{c)} Gewicht mustergerecht, Tabellenwerte gelten für PVC

^{d)} Die Widerstandswerte beim Querschnitt 0,35 mm² weichen von ISO 19642-3 deutlich ab.

Tab. A.4: FLR – Leiteraufbau unsymmetrisch Typ B mit reduzierter Wanddicke (Zwischenquerschnitte)

Leiternennquerschnitt	Einzeldraht		Leiter								Leitung					
	Anzahl ^{a)}	Durchmesser	Durchmesser d1	Schlaglänge	Querschnitt für blanke Leiter ^{b)}		Widerstand bei 20 °C blank		Widerstand bei 20 °C verzinkt		Außendurchmesser d2		Wanddicke der Isolierung s	C ₉₀ -Wert (bezogen auf s)	Abisolierbarkeitsfaktor A	Gewicht ^{c)}
mm ²	Stück	mm	mm	mm	mm ²	mm ²	mΩ/m	mΩ/m	mΩ/m	mΩ/m	mm	mm	mm	%	%	g/m
		minmal	maximal	maximal	minimal	maximal	maximal	minimal	maximal	minimal	maximal	zulässige Abweich.	minimal	minimal	minimal	
Zwischenquerschnitte > 10 mm²																
12 ^{d)}	96	0,41	4,80	Nicht festgelegt	11,3	12,3	1,52	1,41	1,60	1,48	6,5	-0,30	0,48	≥1,0	35	131
20 ^{d)}	153		6,10		18,1	19,5	0,955	0,884	0,999	0,925	7,8	-0,40	0,52			205
30 ^{d)}	225		7,40		26,6	28,8	0,647	0,599	0,684	0,633	9,6	-0,50	0,64			303
40 ^{d)}	308		8,60		36,5	39,4	0,473	0,438	0,500	0,463	11,1	-0,50	0,72			413
60 ^{d)}	463		10,50		54,7	59,1	0,315	0,292	0,333	0,308	13,3	-0,60	0,80			614
85 ^{d)}	418	0,51	13,20	78,7	85,0	0,219	0,203	0,232	0,215	15,3	-0,70	874				

^{a)} Geringfügige Abweichungen sind zulässig:

Bei 50 Einzeldrähten ± 5 % bei Einhaltung des elektrischen Widerstands und des maximalen Einzeldrahtdurchmessers

Bei ≤ 50 Einzeldrähten ist keine Abweichung zulässig.

^{b)} Errechnet mit einem Wert der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit von 58,0 Sm/mm², Qualitätskontrolle durch Widerstandsmessung

^{c)} Gewicht mustergerecht, Tabellenwerte gelten für PVC

^{d)} ISO 19642-3 Zwischenquerschnitte, Einsatz nach Abstimmung mit der Fachabteilung

Tab. A.5: FLR – Leiteraufbau unsymmetrisch feindrätig / flexibel Typ B

Leiternennquerschnitt	Einzeldraht		Leiter								Leitung									
	Anzahl ^{a)}	Durchmesser	Durchmesser d1	Schlaglänge	Querschnitt für blankte Leiter ^{b)}		Widerstand bei 20 °C blank		Widerstand bei 20 °C verzinkt		Außendurchmesser d2		Wanddicke der Isolierung s	C _{PK} -Wert (bezogen auf s)	Absolierbarkeitsfaktor A	Gewicht ^{c)}				
					minimal	maximal	maximal	minimal	maximal	minimal	maximal	zulässige Abweich.					minimal	minimal	minimal	
mm ²	Stück nominal	mm maximal	mm maximal	mm maximal	mm ²		mΩ/m		mΩ/m		mm		mm		%	g/m				
0,35	45	0,11	0,90	Nicht festgelegt	0,332	0,358	52,0	48,1	55,5	51,4	1,4	-0,20	0,20	≥1,33	35	4,5				
0,50	63		1,00		0,465	0,502	37,1	34,3	38,2	35,4	1,6		0,22			6,6				
0,75	94		1,20		0,698	0,754	24,7	22,9	25,4	23,5	1,9		0,24			9,0				
1,0	125		1,40		0,932	1,01	18,5	17,1	19,1	17,7	2,1	-0,30	0,28			11				
1,5	182		1,70		1,36	1,47	12,7	11,8	13,0	12,0	2,4		0,32			16				
2,5	304		2,20		2,27	2,45	7,60	7,04	7,82	7,24	3,0		0,28			26				
4,0	500		2,85		3,66	3,95	4,71	4,36	4,85	4,49	3,7		0,32			42				
1,5	48		0,21		1,70	Nicht festgelegt	1,36	1,47	12,7	11,8	13,0	12,0	2,4			-0,20	0,24	≥1,0	35	16
2,5	74				2,20		2,27	2,45	7,60	7,04	7,82	7,24	3,0			-0,30	0,28			26
4,0	123				2,75		3,66	3,95	4,71	4,36	4,85	4,49	3,7				0,32			42
6,0	184				3,40		5,49	5,93	3,14	2,91	3,23	2,99	4,3			-0,40	0,48			61
10	318				4,50		9,47	10,2	1,82	1,69	1,85	1,71	5,8				0,52			118
16	504				5,50		14,9	16,1	1,16	1,07	1,18	1,09	7,0			-0,50	0,64			174
25	784				7,00		23,2	25,1	0,743	0,688	0,757	0,701	8,8			-0,60	0,72			263
35	1106	8,30		32,7	35,3		0,527	0,488	0,538	0,498	10,5	-0,70	0,80	377						
50	1582	10,5		46,9	50,6		0,368	0,341	0,375	0,347	12,6	-0,80	0,88	529						
70	2240	12,5		66,6	71,9		0,259	0,240	0,264	0,244	14,9	-0,90	0,88	747						
95	2964	14,7	88,0	95,0	0,196	0,181	0,200	0,185	17,2	-1,00	0,88	983								

^{a)} Geringfügige Abweichungen sind zulässig:

Bei 50 Einzeldrähten ± 5 % bei Einhaltung des elektrischen Widerstands und des maximalen Einzeldrahtdurchmessers

Bei ≤ 50 Einzeldrähten ist keine Abweichung zulässig.

^{b)} Errechnet mit einem Wert der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit von 58,0 Sm/mm², Qualitätskontrolle durch Widerstandsmessung

^{c)} Gewicht mustergerecht, Tabellenwerte gelten für PVC



ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik-
und Elektronikindustrie e.V.

Lyoner Straße 9
60528 Frankfurt am Main

Telefon: +49 69 6302-0

Fax: +49 69 6302-317

E-Mail: zvei@zvei.org

www.zvei.org