

**DIN EN IEC 63190
(VDE 0115-190)****DIN**

Diese Norm ist zugleich eine **VDE-Bestimmung** im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.

VDE

ICS 29.280

Einsprüche bis 2021-01-13

Entwurf

**Bahnanwendungen –
Ortsfeste Anlagen –
Elektrische Zugförderung – Botenkabel aus Kupfer und Kupferlegierungen
für Oberleitungssysteme
(IEC 9/2592/CD:2020);
Text Deutsch und Englisch**

Railway applications –
Fixed installations –
Electric traction – Copper and copper alloy messenger wires for overhead contact line systems
(IEC 9/2592/CD:2020);
Text in German and English

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2020-11-13 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 55 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 9/2592/CD:2020 „Railway applications – Fixed installations – Electric traction – Copper and copper alloy messenger wires for overhead contact line systems“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom TC 9 „Electrical equipment and systems for railways“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und unterliegt dem Copyright der IEC . Das Dokument wurde den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf FprEN nur 6 Wochen beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium UK 351.2 „Ortsfeste Anlagen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. IEC ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DKE (www.dke.de) und DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Inhalt

Seite

Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Benennungssystem	8
4.1 Materialbenennung	8
4.2 Benennungssystem für Längstragseile	8
5 Eigenschaften der Längstragseile	8
5.1 Erscheinungsbild und Zustand	8
5.2 Konfiguration, Art, Querschnitt und Größe der Längstragseile	9
5.2.1 Allgemeines	9
5.2.2 Berechnungen für alternative Arten/Größen von Seilen	13
5.3 Allgemeine Anforderungen	14
5.4 Anforderungen an Einzeldrähte	14
5.5 Weitere Längstragseilkonstruktionen	15
6 Prüfungen	15
6.1 Allgemeines	15
6.2 Durchmesser des Einzeldrahts	17
6.3 Zugfestigkeit und Dehnung	17
6.4 Spezifischer elektrischer Widerstand	17
6.5 Hin- und Herbiegeversuch	17
6.6 Wicklungsprüfung	17
6.7 Erscheinungsbild sowie Qualität und Struktur der Leiterbündelung	18
6.8 Masseneinheit und Länge	18
6.9 Schlaglängenverhältnis und Schlagrichtung	18
6.10 Durchmesser des Längstragseils	18
6.11 Bruchlast (Zugbelastung)	18
6.12 Gleichstrom-Widerstand	18
6.13 Wärmewiderstand	19
6.14 Überprüfung der Übereinstimmung	19
7 Auftrag, Verpackung und Kennzeichnung	19
7.1 Verpackung und Handhabung	19
7.2 Toleranz bezüglich der Länge des Längsdrahtseils	20
7.3 Kennzeichnung der Trommel des Längstragseils	20
Anhang A (normativ) Vom Auftraggeber erforderliche Angaben	21
Anhang B (informativ) Beispiele für mögliche chemische Zusammensetzungen	22
Anhang C (normativ) Berechnete Bruchlast	23
C.1 Berechnete Bruchlast	23

Anhang D (normativ) Definition der Masseneinheit und des elektrischen Widerstands für mehrere Arten von Längstragseilen mit unterschiedlichen Schlaglängenverhältnissen	24
D.1 Definition des Leiterbündelungsfaktors	24
D.2 Definition der Masseneinheit	24
D.3 Definition des elektrischen Widerstands	25
Anhang E (normativ) Besondere nationale Bedingungen	26
E.1 Russland, international	26
E.2 Russland und China	27
E.3 China	28
Literaturhinweise	29

Tabellen

Tabelle 1 – Mechanische Eigenschaften eines Einzeldrahtes	10
Tabelle 2 – Eigenschaften des spezifischen elektrischen Widerstands eines Einzeldrahtes	11
Tabelle 3 – Eigenschaften der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit eines Einzeldrahtes	11
Tabelle 4 – Referenzwerte für allgemeine Konstruktionen	12
Tabelle 5 – Schlaglängenverhältnis	15
Tabelle 6 – Art der Prüfung	16
Tabelle 7 – Art der Prüfung nach Anhang E	17
Tabelle B.1 – Beispiele für mögliche chemische Zusammensetzungen	22
Tabelle C.1 – Minderungskoeffizient der berechneten Bruchlast	23
Tabelle E.1 – Verdichtete Längsdrahtseile	26
Tabelle E.2 – Konstruktion eines verdichteten Längsdrahtseils	26

Einleitung

Die folgenden Patente beziehen sich auf die Herstellung verdichteter Längstragseile und wurden im Rahmen der Erstellung dieser Norm ermittelt:

RU2509666C1 – *Railway contact system load-bearing cable*. Die Erfindung bezieht sich auf den Bereich Elektrotechnik, insbesondere auf die Ausführung von Mehrdraht-Seilen für Oberleitungen zur Übertragung elektrischer Energie in Oberleitungsanlagen und auf elektrifizierten Verkehrsstrecken als Längstragseilen.

RU186285U1 – *Bearing cable of the railway contact network*. Das Gebrauchsmuster bezieht sich auf den Bereich Elektrotechnik, und zwar auf die Konstruktion von Mehrlagen- und Mehrdraht-Längstragseilen für die Übertragung elektrischer Energie in Oberleitungsanlagen und auf elektrifizierten Verkehrsstrecken, z. B. Eisenbahnen.

DE102014101833B4 – *Verfahren zum Herstellen eines Drahtseils*. Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Herstellen eines Drahtseils, in dem mehrere Drähte spiralförmig zusammengewickelt werden.

RU187304U1 – *Bearing cable of the railway contact network*. Das Gebrauchsmuster bezieht sich auf den Bereich Elektrotechnik, und zwar auf die Konstruktion von Mehrlagen- und Mehrdraht-Längstragseilen für die Übertragung elektrischer Energie in Oberleitungsanlagen und auf elektrifizierten Verkehrsstrecken, z. B. Eisenbahnen.

RU161777U1 – *Bearing cable of the railway contact network*. Das Gebrauchsmuster bezieht sich auf den Bereich Elektrotechnik, und zwar auf die Konstruktion von Mehrlagen- und Mehrdraht-Längstragseilen für die Übertragung elektrischer Energie in Oberleitungsanlagen und auf elektrifizierten Verkehrsstrecken, z. B. Eisenbahnen.

**Bahnanwendungen –
Ortsfeste Anlagen –
Elektrische Zugförderung – Botenkabel aus Kupfer und Kupferlegierungen für
Oberleitungssysteme**

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument spezifiziert die Eigenschaften von Längstragseilen aus Kupfer und Kupferlegierungen zur Verwendung bei Oberleitungen.

Dieses Dokument gilt auch für Hilfstragseile. Der in diesem Dokument verwendete Begriff „Längstragseil“ schließt daher auch Hilfstragseile ein. Es legt die für Längstragseile zu verwendenden Produkteigenschaften, Prüfverfahren und Kontrollverfahren sowie die Bestell- und Lieferbedingungen fest.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60050-461:2008, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 461: Electric cables*

IEC 60050-466:1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 466: Overhead lines*

IEC 60468:1974, *Method of measurement of resistivity of metallic materials*

IEC 60913:2013, *Railway applications – Fixed installations – Electric traction overhead contact lines*

IEC 62917-1:2016, *Railway applications – Fixed installations – Electric traction – Copper and copper alloy grooved contact wires*

ISO 6892-1, *Metallic materials – Tensile testing – Part 1: Method of test at room temperature*

ISO 7801:1984, *Metallic materials – Wire – Reverse bend test*

ISO 7802:2013, *Metallic materials – Wire – Wrapping test*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO-Online-Browsing-Plattform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>

3.1

verseilter Leiter

Leiter, der aus einer Anzahl einzelner nichtisolierter Drähte besteht, die in rechts- und linksgängigen spiralförmigen Lagen verseilt sind

3.2

verdichteter Draht

verseilter Leiter, in dem die Zwischenräume zwischen den Einzeldrähten durch mechanisches Pressen oder Ziehen oder durch geeignete Wahl des Profils oder der Anordnung der Drähte verkleinert wurden

[QUELLE: IEC 60050-461:2008, 461-01-14, modifiziert – die Anmerkung zum Begriff wurde gelöscht.]

3.3

Längstragseil

längslaufender verseilter Leiter, der direkt oder indirekt den Fahrdraht oder die Fahrdrähte trägt

3.4

Schlaglänge

axiale Länge eines vollständigen Umlaufs der Spirale eines Drahts in einem verseilten Leiter

[QUELLE: IEC 60050-466:1990, 466-10-05]

3.5

Schlaglängenverhältnis

Verhältnis der Schlaglänge zum Durchmesser der Spirale

[QUELLE: IEC 60050-466:1990, 466-10-06]

3.6

gemessener Drahtdurchmesser

Ist-Drahtdurchmesser

durch Messungen ermittelter Durchmesser

3.7

Nennquerschnittsfläche des Drahts

vorgesehene Querschnittsfläche des Drahts

Nennquerschnitt

Name eines Drahtquerschnittes als Bezeichnung der Querschnittsfläche

3.8

berechnete Querschnittsfläche eines Drahts

Querschnittsfläche eines Drahts, die als die Summe der Querschnittsflächen der Einzeldrähte berechnet wird

3.9

Schlagrichtung

Verdrillungsrichtung einer Drahtlage eines verseilten Leiters, vom Ende her betrachtet

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein „Rechtsschlag“ ist eine Richtung im Uhrzeigersinn, ein „Linksschlag“ ist eine Richtung entgegen dem Uhrzeigersinn.

[QUELLE: IEC 60050-466:1990, 466-10-07]

3.10

Nennwert

Wert einer Größe, der zur Bezeichnung und Identifizierung eines Bauelements, eines Geräts, einer Ausrüstung oder eines Systems verwendet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Nennwert ist im Allgemeinen ein gerundeter Wert.

3.11

berechnete Bruchlast

Nennbruchlast

berechnete Schätzung der Bruchlast eines Leiters unter Verwendung der angegebenen Zugfestigkeit der Einzeldrähte

3.12

Einzeldraht

ein einziger Draht eines verseilten Leiters

3.13

Inkrement wegen Leiterbündelung

Kennzahl für die Erhöhungsrates des Gewichts und des elektrischen Widerstandes aufgrund der Leiterbündelung als eine Funktion des Schlaglängenverhältnisses

3.14

Leiterbündelungsfaktor

prozentuale Erhöhung des Gewichts und des elektrischen Widerstandes aufgrund der Leiterbündelung als eine Funktion des Schlaglängenverhältnisses

4 Benennungssystem

4.1 Materialbenennung

Die in diesem Dokument beschriebenen Längstragseile müssen aus Kupfer oder einer Kupferlegierung sein. Bei der Ausschreibung muss der Anwender ausdrücklich das/die für die Konstruktion zu verwendende(n) Legierungsmaterial(ien) angeben. Die chemische Zusammensetzung muss zwischen dem Auftraggeber und dem Auftragnehmer vereinbart werden. Einige Beispiele für mögliche chemische Zusammensetzungen eines Längstragseils aus Kupfer oder einer Kupferlegierung werden in [Anhang B](#) vorgestellt.

4.2 Benennungssystem für Längstragseile

Die Benennung eines Längstragseils muss Folgendes beinhalten:

- Bezeichnung (Längstragseil);
- Nummer dieses Dokuments;
- Konfigurationsbenennung (nach [Tabelle 4](#));
- Leitfähigkeit (nach [Tabelle 2](#) oder [Tabelle 3](#));
- mechanische Eigenschaften (C0 – C7 nach [Tabelle 1](#));
- Materialbenennung (nach [Anhang B](#)).

Beispiele:

- Längstragseil IEC 63190-60-19x2,0-NC-C1-CuAg0,1
- Längstragseil IEC 63190-180-37x2,5-HC-C6-CuMg0,7

5 Eigenschaften der Längstragseile

5.1 Erscheinungsbild und Zustand

Die Längstragseile dürfen keine Fehlstellen (Rauheit, Gräte, Nähte, Einschlüsse oder Risse) aufweisen, die die in diesem Dokument festgelegten mechanischen und/oder elektrischen Eigenschaften beeinflussen oder während der Errichtung oder des Betriebs zu Problemen führen könnten.

Die Oberfläche muss sauber und ohne Oxideinschlüsse oder während der Herstellung erzeugtes Sulfid oder Fremdkörper wie Beizreste sein. Leichte farbliche Veränderungen der hellen Metalloberfläche, die unmittelbar nach der Herstellung wegen atmosphärischer Einflüsse auftreten, sind zulässig.

- Entsprechend der guten handelsüblichen Weise darf das Längstragseil keine Kreuzungen, Vorsprünge, Brüche, Gräte, Kratzer, Einkerbungen, Kerben oder Risse aufweisen.

- Das Längstragseil sollte vorsichtig in Lagen auf die Trommel gewickelt werden. Die beiden Enden des Seils sollten fest an die Trommelflansche befestigt werden. Beim Aufwickeln dürfen keine Verdrehungen oder Kreuzkontaminationen der Lagen auftreten.

5.2 Konfiguration, Art, Querschnitt und Größe der Längstragseile

5.2.1 Allgemeines

Die Längstragseile bestehen aus einer Anzahl von Einzeldrähten, die zusammen geschichtet werden. Die mechanischen Eigenschaften typischer Einzeldrähte gehen aus [Tabelle 1](#) hervor und die elektrischen aus [Tabelle 2](#) und [Tabelle 3](#).

In [Tabelle 4](#) werden die Einzelheiten der üblicherweise verwendeten, aus Runddrähten bestehenden, in konzentrischen Lagen verseilten Längstragseile aufgeführt. Es gibt vier unterschiedliche Konstruktionen mit 7, 19, 37 und 61 Einzeldrähten. Jeder Leiter besteht aus einem zentralen Kern, der von einer oder mehreren Drahtlagen umgeben ist, wobei die Drähte spiralförmig in entgegengesetzten Richtungen gelegt sind.

Der Durchmesser des Längstragseils darf höchstens wie folgt abweichen:

- um ± 1 % bei Durchmessern größer als oder gleich 10 mm;
- um $\pm 0,1$ mm bei Durchmessern unter 10 mm.

Andere Ausführungen dürfen nach einer Vereinbarung zwischen dem Auftraggeber und dem Auftragnehmer nach [5.5](#) erlaubt werden.

Tabelle 1 – Mechanische Eigenschaften eines Einzeldrahtes

Zugfestigkeit in MPa vor der Leiterbündelung sowie nach der Leiterbündelung und dem prozentualen Verlust																
Material >	C0		C1		C2		C3		C4		C5		C6		C7	
Durchmesser	Vorher	Nachher	Vorher	Nachher	Vorher	Nachher	Vorher	Nachher	Vorher	Nachher	Vorher	Nachher	Vorher	Nachher	Vorher	Nachher
mm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
bis zu 1	430	409	430	409	490	466	520	494	620	589						
> 1,00 bis 1,25	430	409	430	409	490	466	520	494	620	589			736	714		
> 1,25 bis 1,50	430	409	430	409	490	466	520	494	620	589			718	696		
> 1,50 bis 1,75	430	409	430	409	490	466	520	494	620	589	663	643				
> 1,75 bis 2,00	430	409	430	409	490	466	520	494	620	589	639	620	696	675	775	760
> 2,00 bis 2,25	430	409	430	409	490	466	520	494	620	589	628	609				
> 2,25 bis 2,50	430	409	430	409	490	466	520	494	620	589	624	605			750	735
> 2,50 bis 2,75	430	409	430	409	490	466	520	494	620	589						
> 2,75 bis 3,00	430	409	430	409	490	466	520	494	620	589						
> 3,00 bis – 3,25	424	402	424	402	485	460	520	494	620	589						
> 3,25 bis 3,50	424	402	424	402	485	460	500	475	600	570						
> 3,50 bis 3,75	418	397	418	397	479	455	500	475	600	570						
> 3,75 bis 4,00	418	397	418	397	479	455	500	475	600	570						
> 4,00 bis 4,25	413	392	413	392	474	450	500	475	600	570						
Verlust durch Leiterbündelung	95 %		95 %		95 %		95 %		95 %		97 %		97 %		98 %	
Wärmewiderstand*	Nein		Ja		Ja		Ja		Ja		Ja		Ja		Ja	

* Der Wärmewiderstand zeigt an, ob die Legierung im Falle von Temperaturwechseln Veränderungen ihrer physikalischen Eigenschaften widersteht; falls vom Auftraggeber gefordert muss das mit den in 6.13 beschriebenen Prüfverfahren übereinstimmen.

Tabelle 2 – Eigenschaften des spezifischen elektrischen Widerstands eines Einzeldrahtes

Maße in nΩm

Benennung der spezifischen Leitfähigkeit	Spezifischer Widerstand des Materials							
	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Normal (NC)	17,77	17,96	24,63		27,78	31,35	57,47	
Hoch (HC)				21,55	22,99	24,40	29,30	50,80
Sehr hoch (EC)			20,28	20,48	21,55			
Ultrahoch (UC)			19,16	19,82	20,28	21,55	23,00	

Tabelle 3 – Eigenschaften der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit eines Einzeldrahtes

Maße in % IACS

Benennung der spezifischen Leitfähigkeit	Spezifische Leitfähigkeit des Materials							
	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Normal (NC)	97	96	70		62	55	30	
Hoch (HC)				80	75	71	59	34
Sehr hoch (EC)			85	84	80			
Ultrahoch (UC)			90	87	85	80	75	

Tabelle 4 – Referenzwerte für allgemeine Konstruktionen

Benennung	Anzahl Drähte	Draht- durch- messer mm	Leiter- durch- messer mm	Wider- stand Ohm/km	Masse kg/km	Quer- schnitt mm ²	Inkre- ment %	Mindestbruchlast							
								C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
								kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
35-7x2,5	7	2,5	7,5	1,1866	701,4	34,4	1,296	13,07	13,07	14,89	15,80	18,84	19,36		23,51
50-7x3,0	7	3,0	9,0	0,8240	1010,0	49,5	1,296	18,82	18,82	21,44	22,76	27,13			
70-7x3,5	7	3,5	10,5	0,6054	1374,7	67,3	1,296	25,26	25,26	28,89	29,78	35,74			
90-7x4,0	7	4,0	12,0	0,4635	1795,5	88,0	1,296	32,52	32,52	37,27	38,90	46,68			
35-19x1,5	19	1,5	7,5	1,4867	839,1	33,6	1,811	12,77	12,77	14,55	15,44	18,41		21,77	
60-19x2,0	19	2,0	10,0	0,8363	1491,6	59,7	1,811	22,70	22,70	25,87	27,45	32,73	34,44	37,52	42,21
19-19x2,5	19	2,5	12,5	0,5352	2330,7	93,3	1,811	35,47	35,47	40,42	42,89	51,14	52,56		63,82
135-19x3,0	19	3,0	15,0	0,3717	3356,2	134,3	1,811	51,08	51,08	58,20	61,77	73,65			
180-19x3,5	19	3,5	17,5	0,2731	4568,2	182,8	1,811	68,55	68,55	78,41	80,84	97,01			
240-19x4,0	19	4,0	20,2	0,2091	5966,6	238,8	1,811	88,27	88,27	101,15	105,59	126,70			
30-37x1,0	37	1,0	7,0	1,8748	792,6	29,1	2,068	11,05	11,05	12,59	13,36	15,94			
65-37x1,5	37	1,5	10,5	0,8333	1783,3	65,4	2,068	24,87	24,87	28,34	30,07	35,85		42,40	
115-37x2,0	37	2,0	14,0	0,4687	3170,4	116,2	2,068	44,21	44,21	50,38	53,46	63,74	67,08	73,06	82,19
180-37x2,5	37	2,5	17,5	0,3000	4953,7	181,6	2,068	69,07	69,07	78,71	83,53	99,59	102,35		124,28
260-37x3,0	37	3,0	21,0	0,2083	7133,3	261,5	2,068	99,47	99,47	113,35	120,28	143,42			
360-37x3,5	37	3,5	24,5	0,1530	9709,2	356,0	2,068	133,50	133,50	152,70	157,42	188,91			
50-61x1,0	61	1,0	9,0	1,1898	1367,2	47,9	2,210	18,22	18,22	20,76	22,03	26,27			
110-61x1,5	61	1,5	13,5	0,5288	3076,2	107,8	2,210	41,00	41,00	46,72	49,58	59,11		69,90	
190-61x2,0	61	2,0	18,0	0,2975	5468,7	191,6	2,210	72,88	72,88	83,05	88,14	105,09	110,59	120,45	135,51
300-6x2,5	61	2,5	22,5	0,1904	8544,9	299,4	2,210	113,88	113,88	129,77	137,71	164,20	168,74		204,90
Toleranz		±1 %	±1 %	±3 %	±3 %	±2%									

Bei der Berechnung der Werte wurden eine spezifische Leitfähigkeit von 100 % IACS oder ein elektrischer Widerstand von 17,241 nΩm, die in [Tabelle 4](#) aufgeführten Referenz-Schlaglängenverhältnisse und eine Dichte von 8,89 g/cm³ angenommen.

Die Abweichungen bei Masse und Widerstand wegen extremer Schlaglängenwerte führen zu einer Abweichung von weniger als 0,9 % von den in der Tabelle aufgeführten Werten; diese Abweichungen dürfen daher auch als ein Teil der Toleranz angesehen werden. Der Einfachheit halber ist die Toleranz für Widerstand und Masse daher auf 3 % aufgerundet worden.

Die Masseneinheit und der elektrische Widerstand für mehrere Arten von Längstragseilen mit unterschiedlichen Schlaglängenverhältnissen werden in [Anhang D](#) definiert.

5.2.2 Berechnungen für alternative Arten/Größen von Seilen

5.2.2.1 Berechnung des Querschnittsverhältnisses

Weltweit werden viele verschiedene Arten und Größen von Längstragseilen verwendet. Folglich muss ein Querschnittsverhältnis berechnet werden, um eine bessere Näherung der Materialeigenschaften für alternative Leitergrößen zu bestimmen.

$$r_s = \left(\frac{d_a}{d_t} \right)^2$$

Dabei ist

r_s das Querschnittsverhältnis;

d_a der Durchmesser des alternativen Leiters, in mm;

d_t der Durchmesser des Leiters, der für einen Vergleich nach [Tabelle 4](#) dem alternativen Leiter am nächsten ist, in mm.

5.2.2.2 Berechnung des Widerstands

Für die Berechnung des Widerstands wird der spezifische Widerstand der tatsächlichen Kupferlegierung verwendet.

$$Z_a = Z_t \times \frac{R_a}{17,241}$$

Dabei ist

Z_a der tatsächliche Widerstand des Seils, in Ω/km;

Z_t der in [Tabelle 4](#) aufgeführte vorgegebene Widerstand des Seils, in Ω/km;

R_a der spezifische Widerstand des Seils aus der alternativen Legierung, in nΩm.

Für die Berechnung des Widerstands bei Konstruktionen mit alternativen Längstragseilen wird der Widerstand des Längstragseils, das dem alternativen Längstragseil am nächsten ist, durch das in 5.2.2 berechnete Querschnittsverhältnis r_s geteilt.

Der Widerstand eines alternativen Längstragseils mit einem abweichenden Schlaglängenverhältnis muss anhand der in [D.3](#) aufgeführten Formel berechnet werden.

5.2.2.3 Berechnung der Masse

Für die Berechnung der Masse wird die Dichte des tatsächlich verwendeten Kupfers verwendet.

$$m_a = m_t \times \frac{\rho_a}{8,89}$$

Dabei ist

m_a die tatsächliche Dichte des Seils, in kg/km;

m_t die in [Tabelle 4](#) aufgeführte vorgegebene Dichte des Seils, in kg/km;

ρ_a die Dichte des Seils aus der alternativen Legierung (aufgrund der [Tabelle B.1](#)), in g/cm³.

Für die Berechnung der Masse bei Konstruktionen mit alternativen Längstragseilen wird die Masse des Längstragseils, das dem alternativen Längstragseil am nächsten ist, mit dem in 5.2.2 berechneten Querschnittsverhältnis r_s multipliziert.

Die Masse des tatsächlich verwendeten Längstragseils mit einem abweichenden Schlaglängenverhältnis muss anhand der in [D.2](#) aufgeführten Formel berechnet werden.

5.2.2.4 Berechnung der Bruchlast

Für die Berechnung der Bruchlast wird der Querschnitt verwendet und mit der Zugfestigkeit nach der Leiterbündelung und dem Minderungskoeffizienten multipliziert (siehe [Tabelle 1](#) und [Tabelle C.1](#)). Das in [Anhang C](#) dargelegte Berechnungsverfahren ist zu verwenden.

5.3 Allgemeine Anforderungen

Während der Leiterbündelung dürfen keine Schweißungen der Drähte aus Kupfer oder einer Kupferlegierung geschehen, um die erforderliche Leiterlänge zu erreichen.

Verbindungen sind bei Längstragseilen erlaubt, die während der Leiterbündelung zwangsläufig brechen, vorausgesetzt, dass solche Brüche nicht entweder aus einem schon an sich fehlerhaften Seil oder aufgrund der Verwendung kurzer Seile aus Kupfer oder einer Kupferlegierung herrühren. Verbindungen müssen der Geometrie des ursprünglichen Seils entsprechen, d. h. sie müssen sanft auf einen Durchmesser nachgearbeitet werden, der dem des ursprünglichen Seils entspricht, und dürfen nicht geknickt werden.

Die Verbindungen müssen mittels elektrischen Stumpfschweißens, Antauchschweißens oder Kaltpressschweißens in guter handelsüblicher Weise gemacht werden. Sie dürfen nicht näher als 15 m zu einer Verbindung in demselben Seil oder in einem anderen Einzeldraht des fertigen Leiters sein.

Der Hersteller muss nachweisen, dass das zum Verbinden von Einzeldrähten verwendete Verfahren die zwischen dem Auftraggeber und dem Auftragnehmer vereinbarte Festigkeit aufweist.

5.4 Anforderungen an Einzeldrähte

- Das Schlaglängenverhältnis des Längstragseils muss den Festlegungen in [Tabelle 5](#) entsprechen. Ein Schlaglängenverhältnis darf nicht größer sein als das innere angrenzende Schlaglängenverhältnis.
- Einzeldrähte einer Lage müssen eng und gleichmäßig auf dem Kerndraht oder der inneren angrenzenden Lage verseilt werden. Ein Längsdrahtseil darf nicht einen gerissenen Draht, weniger Drähte als vorgegeben oder unordentlich liegende Drähte aufweisen.
- Alle Einzeldrähte müssen nach der Leiterbündelung natürlich in ihrer Position liegen. Wenn sie geschnitten werden, müssen die Enden der Einzeldrähte in ihrer Position bleiben oder einfach manuell ausgetauscht werden und anschließend ungefähr in ihrer Position bleiben.
- Alle Einzeldrähte des Längstragseils müssen konzentrisch verseilt werden.
- Angrenzende Drahtlagen müssen in entgegengesetzten Schlagrichtungen verseilt werden. Die Schlagrichtung der äußeren Lage muss rechtsgängig sein, es sei denn, der Auftraggeber legt etwas anderes fest.

Tabelle 5 – Schlaglängenverhältnis

Verseilte Leiter- Konstruktion	6 Drahtlagen			12 Drahtlagen			18 Drahtlagen			24 Drahtlagen		
	min.	max.	Ref	min.	max.	Ref	min.	max.	Ref	min.	max.	Ref
7	10	14	12									
19	10	15	12,5	10	14	12						
37	10	16	13	10	15	12,5	10	14	12			
61	10	17	13,5	10	16	13	10	15	12,5	10	14	12

Legende
min. minimales Schlaglängenverhältnis
max. maximales Schlaglängenverhältnis
Ref in [Tabelle 4](#) verwendetes Referenz-Schlaglängenverhältnis

ANMERKUNG 1 Das Schlaglängenverhältnis wird immer auf die nächste ganze Zahl aufgerundet, aber Dezimalzahlen müssen für das Referenz-Schlaglängenverhältnis verwendet werden, um die Konstruktionsarten berechnen zu können.

5.5 Weitere Längstragseilkonstruktionen

Alternative Konstruktionsmethoden für Längsdrahtseile können entwickelt werden. Beispiele hierfür sind verseilte Leiter mit einem Füllfaktor von über 90 %. Besondere Anforderungen an die Konstruktion und die Prüfung sollten zwischen dem Auftraggeber und dem Auftragnehmer vereinbart werden.

Beispiele für andere Querschnittsstrukturen von zur Verwendung verfügbaren Längstragseilen sind in [Anhang E](#) enthalten.

6 Prüfungen

6.1 Allgemeines

Um die Übereinstimmung mit den in [Abschnitt 5](#) gestellten Anforderungen zu überprüfen, sind Typ- und Stichprobenprüfungen durchzuführen.

Längstragseile werden in Losmengen abgenommen. Ein Los besteht aus einem Längstragseil einer einzigen Art, das aus demselben Material von einem Hersteller mit einer einzigen Technologie hergestellt wurde; das Los sollte mit einem einzelnen Dokument zur Abnahme angeboten werden.

Als Prüflinge dürfen Längstragseile oder Einzeldrähte verwendet werden, die von einer Trommel genommen werden. Die Prüflinge müssen so ausgewählt werden, dass sie für die Normetikettierung geeignet sind.

Die an Längstragseilen oder Einzeldrähten durchzuführenden Prüfungen sind in [Tabelle 6](#) aufgeführt.

Tabelle 6 – Art der Prüfung

	Unter- abschnitt	Prüfung		Art der Prüfung	
				Typ- prüfung	Stichproben- prüfung
Für Hersteller	6.2	Prüfung des Einzeldrahts (vor der Leiterbündelung)	Durchmesser	√	√
	6.3		Zugfestigkeit	√	√
	6.3		Dehnung	√	√
	6.4		spezifischer elektrischer Widerstand	√	√
	6.5		Hin- und Herbiegeversuch	O	O
	6.6		Wicklungsprüfung	O	O
Für Endnutzer/Auftraggeber	6.7	Prüfung des Längstragseils	Erscheinungsbild (einschl. Verpackung)	√	√
	6.7		Qualität der Leiterbündelung	√	√
	6.7		Struktur der Leiterbündelung (z. B. 19x2.1)	√	√
	6.8		Masseneinheit (Masse/Länge)	√	√
	6.9		Schlagrichtung	√	√
	6.9		Schlaglängenverhältnis	√	√
	6.10		Durchmesser	√	√
	6.11		Bruchlast	√	O
	6.12		Gleichstrom-Widerstand	√	√
	6.13		Wärmewiderstand	O	-
	6.2	Prüfung des Einzeldrahts (nach der Leiterbündelung und der Separierung)	Durchmesser	√	√
	6.3		Zugfestigkeit*	√	√
	6.3		Dehnung	O	O
	6.4		spezifischer elektrischer Widerstand	O	O
	6.5		Hin- und Herbiegeversuch	O	O
	6.6		Wicklungsprüfung	O	O

Legende

√ Die Prüfung muss erfolgen.

O Die Prüfung ist optional.

- Die Prüfung ist nicht erforderlich

* Mindestens eins dieser Verfahren sollte für die Berechnung der Bruchlast verwendet werden.

Die in Tabelle 6 aufgeführten Prüfungen werden bei Raumtemperatur durchgeführt.

Tabelle 7 – Art der Prüfung nach Anhang E

Anhang	Land	Prüfung	Art der Prüfung	
			Typ- prüfung	Stichproben- prüfung
Anhang E	Russland und China	Schwingungsprüfung	O	-
		Ermüdungsprüfung	O	-
		Bruchlast nach Schwingungs- und Ermüdungsprüfung	O	-
	China	Strombelastbarkeit im Innenraum	O	-
	Russland	Relative Kriechprüfung	O	-
Legende O Die Prüfung ist optional. - Die Prüfung ist nicht erforderlich.				

Die in Tabelle 7 aufgeführten Prüfungen werden bei Raumtemperatur durchgeführt; lediglich die Kriechprüfung wird unter kontrollierten Bedingungen durchgeführt.

6.2 Durchmesser des Einzeldrahts

Die Messungen müssen mit geeigneten Messinstrumenten mit einer Abstufung durchgeführt werden, die das Ablesen der Ergebnisse in Schritten von 0,001 mm erlaubt. Die Messung muss zweimal an derselben Stelle durchgeführt werden; dabei müssen die beiden Messungen rechtwinklig zueinander sein. Der auf zwei Dezimalstellen aufgerundete Mittelwert der beiden Messungen muss als der gemessene Durchmesser des Drahts aufgezeichnet werden.

6.3 Zugfestigkeit und Dehnung

Diese Prüfung muss nach den in ISO 6892-1 aufgeführten Anforderungen durchgeführt werden. Die Messlänge für die Messung der prozentualen Dehnung muss 200 mm oder 250 mm betragen. Für andere Messlängen sollten die Werte zwischen dem Auftraggeber und dem Auftragnehmer vereinbart werden. Die ursprüngliche Messlänge muss mit einer Genauigkeit von 1 % gekennzeichnet werden.

6.4 Spezifischer elektrischer Widerstand

Diese Prüfung muss nach den in IEC 60468 aufgeführten Anforderungen durchgeführt werden. Vor der Prüfung sollten die Prüflinge ordentlich geradegebogen werden, ohne dass dies zu veränderten elektrischen Eigenschaften führt. Es wird empfohlen, die Prüflinge manuell geradezubiegen.

6.5 Hin- und Herbiegeversuch

Diese Prüfung muss nach den in ISO 7801 aufgeführten Anforderungen durchgeführt werden. Vor der Prüfung sollten die Prüflinge ordentlich geradegebogen werden, ohne dass dies zu veränderten mechanischen Eigenschaften führt. Es wird empfohlen, die Prüflinge manuell geradezubiegen.

6.6 Wicklungsprüfung

Diese Prüfung muss nach den in ISO 7802 aufgeführten Anforderungen durchgeführt werden.

Ein Prüfling wird in acht Windungen eng um einen Dorn gewickelt. Der Durchmesser des Dorns muss dem des Prüflings entsprechen. Falls erforderlich, sollten die Prüflinge vor der Prüfung ordentlich geradegebogen werden, ohne dass dies zu veränderten mechanischen Eigenschaften führt. Es wird empfohlen, die Prüflinge manuell geradezubiegen.