

**DIN IEC 62818
(VDE 0212-308)**
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 29.240.20

Einsprüche bis 2016-06-08

Entwurf
**Leiter für Freileitungen –
Faserverstärkter Verbundwerkstoffkern zur Verwendung als Werkstoff für
Grundprofile
(IEC 7/645/CD:2015)**

Conductors for overhead lines –
Fiber reinforced composite core used as supporting member material
(IEC 7/645/CD:2015)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2016-04-08 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 des DIN unter www.entwuerfe.din.de 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/stellungnahme 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 44 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist

Inhalt	Seite
Nationales Vorwort.....	4
Nationaler Anhang NA (informativ) Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Dokumenten	4
Nationaler Anhang NB (informativ) Literaturhinweise.....	5
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich und Zweck	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	8
4 Symbole und Abkürzungen	10
5 Fertigung von Verbundwerkstoffkernen, Probenahme und Rückverfolgbarkeit.....	10
5.1 Fertigung von Verbundwerkstoffkernen	10
5.2 Probenahme und Prüfungen von Verbundwerkstoffkernen	11
5.3 Rückverfolgbarkeit und Verpackung von Verbundwerkstoffkernen	11
6 Betriebsverhalten eines Verbundwerkstoffkerns	12
7 Prüfungsbeschreibung für die Charakterisierung des Verbundwerkstoffkerns im Anfangszustand	12
7.1 Allgemeine Aspekte – Äußere Oberfläche	13
7.2 Durchmesser eines Verbundwerkstoffkerns.....	13
7.3 Spezifischer elektrischer Widerstand bei Gleichstrom (DC)	13
7.4 Lineare Masse (Masse je Längeneinheit)	14
7.5 Faservolumenanteil	14
7.6 Porosität und Fasermatrixverteilung.....	14
7.7 Thermischer Ausdehnungskoeffizient	14
7.8 Temperaturabhängiger Masseverlust (Nur für PMC)	15
7.9 Glasübergangstemperatur (Nur PMC)	15
7.10 Mechanische Eigenschaften – Zugfestigkeit.....	15
7.11 Mechanische Eigenschaften – Biegefestigkeit.....	16
7.12 Mechanische Eigenschaften – Druckfestigkeit.....	16
8 Alterungsprüfungen eines Verbundwerkstoffkerns	17
8.1 Isothermische und thermische Alterung	17
8.2 UV-Alterung (Nur für PMC).....	18
8.3 Salznebelprüfung.....	18
8.4 Temperaturwechsel	18
8.5 Biege-/Wickelprüfung	19
8.6 Torsionsprüfung.....	19
8.7 Druckprüfung	20

	Seite
Anhang 1 (normativ).....	21
Anhang 2 (informativ).....	23
Anhang 3 (normativ).....	25
Anhang 4 (normativ).....	26

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 7/645/CD:2015 „Conductors for overhead lines – Fiber reinforced composite core used as supporting member material“ (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 7 „Overhead electrical conductors“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die 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 prEN nur 2 Monate 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 K 421 „Freileitungen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO [und/oder] IEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

Die deutsche Fassung wurde in den Abschnitten 2 und 3 an die aktuellen Standardsätze angepasst.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Dokumenten

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.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden Deutschen Dokumenten ist nachstehend wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäisches Dokument	Internationales Dokument	Deutsches Dokument	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60068-2-11:1999	IEC 60068-2-11:1981	DIN EN 60068-2-11:2000-02	–
EN 60216 (alle Teile)	IEC 60216 (alle Teile)	DIN EN 60216 (VDE 0304) (alle Teile)	VDE 0304
EN 60216-1:2013	IEC 60216-1:2013	DIN EN 60216-1 (VDE 0304-21):2014-01	VDE 0304-21
–	IEC 60468:1981	DIN IEC 60468:1981-03	–
EN 60811-401:2012	IEC 60811-401:2012	DIN EN 60811-401 (VDE 0473-811-401):2012-12	VDE 0473-811-401
EN ISO 527-5:2009	ISO 527-5:2009	DIN EN ISO 527-5:2010-01	–
EN ISO 4892-2:2013	ISO 4892-2:2013	DIN EN ISO 4892-2:2013-06	–
EN ISO 6721 (alle Teile)	ISO 6721 (alle Teile)	DIN EN ISO 6721 (alle Teile)	–
EN ISO 6721-1:2011	ISO 6721-1:2011	DIN EN ISO 6721-1:2011-08	–
EN ISO 11358:1997 ersetzt durch:	ISO 11358:1997 ersetzt durch:	DIN EN ISO 11358:1997-11 ersetzt durch:	–
EN ISO 11358-1:2014	ISO 11358-1:2014	DIN EN ISO 11358-1:2014-10	–
–	ISO 11359-1	–	–
–	ISO 11359-2:1999	–	–
EN ISO 14125:1998 + AC:2001 + A1:2011	ISO 14125:1998 + Cor.1:2001 + Amd.1:2011	DIN EN ISO 14125:2011-05	–

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60068-2-11:2000-02, *Umweltprüfungen – Teil 2: Prüfungen; Prüfung Ka: Salznebel* (IEC 60068-2-11:1981); Deutsche Fassung EN 60068-2-11:1999

DIN EN 60216 (VDE 0304) (alle Teile), *Elektroisolierstoffe – Eigenschaften hinsichtlich des thermischen Langzeitverhaltens*

DIN EN 60216-1 (VDE 0304-21):2014-01, *Elektroisolierstoffe – Eigenschaften hinsichtlich des thermischen Langzeitverhaltens – Teil 1: Warmlagerungsverfahren und Auswertung von Prüfergebnissen* (IEC 60216-1:2013); Deutsche Fassung EN 60216-1:2013

DIN EN 60811-401 (VDE 0473-811-401):2012-12, *Kabel, isolierte Leitungen und Glasfaserkabel – Prüfverfahren für nichtmetallene Werkstoffe – Teil 401: Sonstige Prüfungen – Thermische Alterungsverfahren – Alterung im Wärmeschrank* (IEC 60811-401:2012); Deutsche Fassung EN 60811-401:2012

E DIN IEC 62818 (VDE 0212-308):2016-05

DIN EN ISO 527-5:2010-01, *Kunststoffe – Bestimmung der Zugeigenschaften – Teil 5: Prüfbedingungen für unidirektional faserverstärkte Kunststoffverbundwerkstoffe (ISO 527-5:2009); Deutsche Fassung EN ISO 527-5:2009*

DIN EN ISO 4892-2:2013-06, *Kunststoffe – Künstliches Bestrahlen oder Bewittern in Geräten – Teil 2: Xenonbogenlampen (ISO 4892-2:2013); Deutsche Fassung EN ISO 4892-2:2013*

DIN EN ISO 6721 (alle Teile), *Kunststoffe – Bestimmung dynamisch-mechanischer Eigenschaften*

DIN EN ISO 6721-1:2011-08, *Kunststoffe – Bestimmung dynamisch-mechanischer Eigenschaften – Teil 1: Allgemeine Grundlagen (ISO 6721-1:2011); Deutsche Fassung EN ISO 6721-1:2011*

DIN EN ISO 11358-1:2014-10, *Kunststoffe – Thermogravimetrie (TG) von Polymeren – Teil 1: Allgemeine Grundsätze (ISO 11358-1:2014); Deutsche Fassung EN ISO 11358-1:2014*

DIN EN ISO 14125:2011-05, *Faserverstärkte Kunststoffe – Bestimmung der Biegeeigenschaften (ISO 14125:1998 + Cor.1:2001 + Amd.1:2011); Deutsche Fassung EN ISO 14125:1998 + AC:2002 + A1:2011*

DIN IEC 60468:1981-03, *Verfahren zur Messung des spezifischen (elektrischen) Widerstandes metallischer Werkstoffe*

**Leiter für Freileitungen –
Faserverstärkter Verbundwerkstoffkern zur Verwendung als Werkstoff für
Grundprofile**

Einleitung

Diese Internationale Norm stellt ein System faserverstärkter Verbundwerkstoffkerne zur Verwendung als Werkstoff für Grundprofile in Leitern für Freileitungen, welches als Grundlage für Spezifikationen verwendet werden darf, auf.

Aufgrund der Vielfalt von Produkten, die für diesen Zweck verwendet werden, legt diese Norm keine Minimal- oder Maximalwerte fest (welche üblicherweise vom Lieferanten bereitgestellt werden), sondern normiert vielmehr Prüfverfahren zur Bestimmung des Werts der grundlegenden Eigenschaften, welche der Käufer benötigt, um den zweckmäßigen Werkstoff für das Grundprofil entsprechend den Eigenschaften der Leiter von Freileitungen auszuwählen.

1 Anwendungsbereich und Zweck

Diese Internationale Norm gilt für faserverstärkte Verbundwerkstoffkerne, polymer oder metallisch, die als Werkstoff von Grundprofilen in Freileitungsleitern verwendet werden.

Der Zweck dieser Norm ist:

- die Festlegung allgemeiner Begriffe, die für faserverstärkte Verbundwerkstoffkerne verwendet werden;
- die Vorgabe allgemeiner Verfahren und Empfehlungen für faserverstärkte Verbundwerkstoffkerne auf der Grundlage von Einzeldrähten oder Mehrfachdrähten wie PMC (Polymermatrix-Verbundwerkstoff; en: polymer matrix composite) oder MMC (Metallmatrix-Verbundwerkstoff; en: metallic matrix composite), die als Werkstoff von Grundprofilen in Leitern verwendet werden;
- die Vorgabe oder Empfehlung von Annahme-/Rückweisungskriterien, sofern zutreffend.

Diese Prüfungen, Kriterien und Empfehlungen sind dafür bestimmt, eine zufriedenstellende Anwendung und Qualität unter bestimmungsgemäßen Betriebs- und Umweltbedingungen sicherzustellen.

Diese Internationale Norm gibt keine Kriterien des Betriebsverhaltens oder der Konformität vor, welche möglicherweise gefordert werden, aber im Anhang könnten zur Orientierung Richtwerte angegeben werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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 60468:1981, *Method for measurement of resistivity of metallic materials*

ISO 11358-1:2014, *Plastic: Thermo gravimetric of polymer – General principles*

ISO 11359-2:1999, *Plastics: Thermo mechanical analysis (TMA) – Part 2: Determination of coefficient of linear thermal expansion and glass transition temperature*

ISO 6721-1:2011, *Plastics: Determination of dynamic mechanical properties – Part 1: General principles*

ISO 527-5:2009, *Plastics: Determination of tensile properties – Part 5: Test conditions for unidirectional fibre-reinforced plastic composites*

ISO 14125:1998, *Fibre-reinforced plastic composites – Determination of flexural properties*

IEC 60811-401:2012, *Electric and optical fibre cables – Test 162 methods for non-metallic materials – Part 401: Miscellaneous tests – Thermal ageing methods – Ageing in an air oven*

IEC 60216-1:2013, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 1: Ageing procedures and evaluation of test results*

ISO 4892-2:2013, *Plastics: Methods of exposure to laboratory light sources – Part 2: Xenon-arc lamps*

IEC 60068-2-11:1981, *Basic environmental testing procedures – Part 2-11: Tests – Test Ka: Salt mist*

3 Begriffe

Verbundwerkstoffkern

die Bezeichnung Verbundwerkstoffkern ist anwendbar für einadrige und mehradrige PMC/MMC, einschließlich zusätzlichem Schutz (metallisch oder nichtmetallisch), sofern in der Endanwendung vorhanden

Metallmatrix-Verbundwerkstoff-Draht (MMC)

Verbund von durchgehenden Fasern (z. B. Aluminiumoxid), die längslaufend in eine Metallmatrix (z. B. Aluminium) eingebettet sind

Polymermatrix-Verbundwerkstoff-Draht (PMC)

Verbund mit durchgehenden Fasern (z. B. Kohlenstoff oder Glasfaser), die längslaufend in eine Polymermatrix (z. B. Epoxidharz) eingebettet sind

äußere Schutzschicht

äußere Schutzschicht, bestehend aus metallischem oder nichtmetallischem Werkstoff, der auf MMC oder PMC angewendet wird, um diese gegenüber zerstörerischen äußeren Einflüssen (z. B. Korrosion, Oxidation, ...) zu schützen. Wenn ein Kern auf einem Verbund aus Verbundwerkstoff-Draht beruht, könnte diese Schutzschicht angewendet werden auf:

- alle Einzeldrähte;
- den Verbund aus Drähten;
- Einzeldrähte und den Verbund aus Drähten

Anmerkung 1 zum Begriff: Einzeldrähte könnten mit unterschiedlichen Werkstoffen geschützt werden. In diesem Fall wird empfohlen, die Protokolle in Bezug auf die Werkstoffe anzupassen.

Faserverstärkung

Faserverstärkung besteht aus dem Einfügen einer durchgehenden Faser in eine Polymer- oder Metallmatrix, um ihr Betriebsverhalten zu verbessern.

Anmerkung 1 zum Begriff: Dies wird durch ein besonderes Verfahren, z. B. Wickel-, Gieß- oder Pultrusionsverfahren, erreicht.

Faser

organische oder anorganische Faser, welche im Prüfling oder im Bauteil durchgehend ist, oder deren Enden aus dem betrachteten Feld der Zugspannung herausragen

Porosität

Maß der Hohlräume im Werkstoff im Verhältnis zum Gesamtvolumen. Sie ergibt sich aufgrund eines Mangels der Matrixtränkung oder einer Matrixverschlechterung. Sie unterscheidet sich von Rissen oder Brüchen des Verbundwerkstoffs dadurch, dass es ein Matrixmangel oder ein Matrixdefizit ist und kein mechanischer Bruch der Matrix.

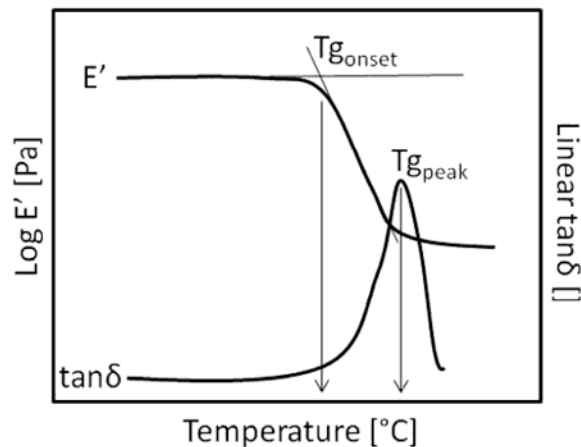
Glasübergang, T_g (nur für PMC)

Glasübergang (T_g ; en: glass transition) ist eine umkehrbare physikalische Änderung in einem amorphen Werkstoff von einem harten und verhältnismäßig spröden Zustand in einen geschmolzenen gummiähnlichen Zustand

Die $T_{g\text{onset}}$ (°C) ist die Temperatur, welche dem Einsetzen des Übergangs aus einem glasartigen Zustand, wie durch den Schnittpunkt der zwei Tangenten der Kurve des Speichermoduls (E') festgelegt, entspricht.

Anmerkung 1 zum Begriff: Die erste Tangente ist extrapoliert vom linearen Anteil der Kurve vor dem Übergang und die zweite Tangente ist extrapoliert aus dem Wendepunkt der Neigung in der Kurve entsprechend dem Glas-Gummi-Übergang.

Die $T_{g\text{peak}}$ (°C) ist die Temperatur, welche dem Scheitelwert (Maximalwert) in der $\tan\delta$ -Kurve entspricht.



onset	Einsetzen
peak	Scheitelwert
Linear	linear
Temperature	Temperatur

Bild – Darstellung für die Bestimmung von $T_{g\text{onset}}$ und $T_{g\text{peak}}$

Los

Gruppe von Produktionseinheiten eines Typs und einer Größe von Drähten, welche vom selben Hersteller während derselben Zeitspanne unter vergleichbaren Fertigungsbedingungen gefertigt wird. Ein Los kann aus einem Teil oder der Gesamtheit einer gekauften Menge bestehen

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn dies zwischen Lieferanten und Käufer vereinbart wurde, zum Beispiel für die Typprüfung, könnte ein Los aus nur einer Produktionseinheit bestehen.

Produktionseinheit

Spule, eine Rolle, eine Trommel oder ein Paket einzelner Verbundwerkstoffkerne, welche(s) eine einzelne nutzbare Länge darstellt

4 Symbole und Abkürzungen

PMC	Polymermatrix-Verbundwerkstoff (en: Polymer Matrix Composite)
MMC	Metallmatrix-Verbundwerkstoff (en: Metal Matrix Composite)
CTE	thermischer Ausdehnungskoeffizient ($^{\circ}\text{C}^{-1}$) (en: Coefficient of Thermal Expansion)
DMA	dynamisch-mechanische Analyse (en: Dynamic Mechanical Analysis)
TGA	thermogravimetrische Analyse (en: thermo-gravimetric analysis)
TMA	thermomechanische Analyse (en: thermo-mechanical analysis)
$T_{C,\text{Core}}$	maximale Dauertemperatur ($^{\circ}\text{C}$) des Verbundwerkstoffkerns
$T_{P,\text{Core}}$	Temperaturgrenzwert ($^{\circ}\text{C}$) zur Verwendung bei Spitzenlast des Verbundwerkstoffkerns
$\tan\delta$	Verlustfaktor (δ ist der Phasenwinkel zwischen Spannung und Dehnung bei der DMA)
DC	Gleichstrom (en: direct current)

5 Fertigung von Verbundwerkstoffkernen, Probenahme und Rückverfolgbarkeit

5.1 Fertigung von Verbundwerkstoffkernen

Der Verbundwerkstoffkern darf keine Fehler aufweisen und muss sowohl bezüglich der in der vorliegenden Spezifikation beschriebenen Eigenschaften (Anhang 1) als auch der zusätzlichen zwischen dem Käufer und

dem Lieferanten vereinbarten Eigenschaften geprüft werden. Der Verbundwerkstoffkern muss über das Los gleichmäßig sein, d. h.:

- Die Eigenschaften müssen über das Los stabil sein.
- Er muss mit der gleichen Art von Faserreferenz(en) und Matrix gefertigt werden, ausgenommen es wurde anderweitig zwischen dem Käufer und dem Lieferanten vereinbart.

Außerdem muss der Verbundwerkstoffkern mit einem Verbund einer durchgehenden Faserlänge gefertigt werden, d. h. es ist kein Verbinden von Faserenden miteinander zulässig, außer, wenn dies zwischen beiden Parteien ausdrücklich vereinbart wurde.

5.2 Probenahme und Prüfungen von Verbundwerkstoffkernen

Bezüglich der Charakterisierung der Eigenschaften von Verbundwerkstoffkernen ist eine Liste in den Abschnitten 7 und 8 angegeben. Diese Prüfungen könnten in verschiedenen Situationen durchgeführt werden, wie sie in dieser Einteilung erklärt sind:

- Typprüfung;
- Werksabnahmeprüfung;
- Stückprüfung.

Um die Eigenschaften von Verbundwerkstoffkernen ordnungsgemäß zu charakterisieren, ist im Anhang 1 eine Liste einer verbindlichen Typprüfung und Werksabnahmeprüfung enthalten. Diese Tabelle legt die Mindestanzahl an Prüfungen fest, die für eine(n) zufriedenstellende(n) Gebrauch und Qualität des Kerns durchzuführen sind. Diese Liste ist mit einer angepassten Probenahme angegeben. Zusätzliche/wahlfreie Prüfungen sind zur Vervollständigung der Liste ebenfalls angegeben.

Für alle Prüfungen und Charakterisierungen sollte der Prüfstandort angegeben werden, um das Laboratorium/Unternehmen festzulegen, welches die Messungen durchführen wird.

5.2.1 Typprüfung

Typprüfungen (*T*) sind dafür bestimmt, die wesentlichen Kenngrößen eines Verbundwerkstoffkerns nachzuweisen, welche im Wesentlichen von seiner Auslegung abhängig sind. Diese Prüfungen werden üblicherweise für eine gegebene Bauart eines Verbundwerkstoffkerns nur einmalig durchgeführt.

5.2.2 Werksabnahmeprüfung

Werksabnahmeprüfungen (*F*) müssen in Anwesenheit eines Vertreters des Käufers durchgeführt werden, wobei ein Prüfling eines Verbundwerkstoffkerns verwendet wird, der aus der Fertigung entnommen wird, um nachzuweisen, dass er die Auslegungsspezifikation erfüllt. Die Probenahme der Werksabnahmeprüfung muss zwischen dem Käufer und dem Hersteller vereinbart werden.

5.2.3 Stückprüfung

Stückprüfungen (*R*) müssen vom Hersteller an der Produktion des Verbundwerkstoffkern-Drahtes vorgenommen werden, um seine Integrität nachzuweisen. Prüflinge für Prüfungen müssen durch den Hersteller aus mindestens 10 % der einzelnen Längen von fertiggestellten Verbundwerkstoffkern-Drähten entnommen werden.

5.3 Rückverfolgbarkeit und Verpackung von Verbundwerkstoffkernen

Zur Sicherstellung der Rückverfolgbarkeit eines Verbundwerkstoffkerns müssen Bestellungen für Werkstoffe im Anwendungsbereich der vorliegenden Spezifikation die folgenden Informationen umfassen:

- Loszertifizierungsnummer;
- Anzahl der Produktionseinheiten je Los;
- Zertifizierungsnummer der Produktionseinheit;

- Verpackungsgröße und -art;
- Besondere Verpackungsaufschrift.

6 Betriebsverhalten eines Verbundwerkstoffkerns

Verbundwerkstoffkerne werden für Freileitungen bezüglich ihrer Temperaturklasse eingeteilt, welche auf der Betriebstemperatur des im Einsatz befindlichen Kabels beruht. Diesbezüglich ist das Betriebsverhalten durch zwei Temperaturen festgelegt, welche nachgenannt festgelegt sind:

- maximale Dauertemperatur des Verbundwerkstoffkerns: $T_{C,Core}$
- Temperaturgrenzwert des Verbundwerkstoffkerns für den Gebrauch bei Spitzenlast: $T_{P,Core}$

ANMERKUNG Die festgelegten Temperaturen entsprechen den Temperaturen, welche auf der äußeren Oberfläche des Verbundwerkstoffkerns auftreten. Sie können sich von der Temperatur der Leitung unterscheiden. Der Verbundwerkstoffkern ist das Zentrum der Leitung, und es ist häufig zulässig, dass die im Kern auftretende Temperatur ungefähr 10 °C höher ist, als die Temperatur der Leitung.

Aufgrund der Vielzahl von Freileitungen ist in der vorliegenden Norm keine Temperaturklasse angegeben. Zur Information sind jedoch in der Tabelle in Anhang 2 Richtwerte angegeben.

6.1.1 Maximalwert der Dauertemperatur des Verbundwerkstoffkerns: $T_{C,Core}$

Diese Temperatur ist der Maximalwert der Dauertemperatur, welchem der Verbundwerkstoffkern ausgesetzt werden kann, ohne maßgebliche zulässige Schädigungen zu erleiden.

6.1.2 Temperaturgrenzwert des Verbundwerkstoffkerns für den Gebrauch bei Spitzenlast: $T_{P,Core}$

Diese Temperatur ist die maximale Spitzenlasttemperatur, welcher der Verbundwerkstoffkern für eine kumulierte Mindestdauer ausgesetzt werden kann, ohne maßgebliche zulässige Schädigungen zu erleiden. Die Dauer dieser kumulierten Mindestdauer sollte zwischen dem Käufer und dem Hersteller vereinbart werden.

7 Prüfungsbeschreibung für die Charakterisierung des Verbundwerkstoffkerns im Anfangszustand

Die technischen Kenngrößen eines Verbundwerkstoffkerns müssen im Anfangszustand geprüft werden. Keine der Prüfungen ist für MMC anwendbar oder gerechtfertigt. In diesem Fall wird dies in der Prüfungsbeschreibung erwähnt. Nachgenannt sind zwölf Prüfverfahren für die Charakterisierung der Anfangseigenschaften eines Verbundwerkstoffkerns angegeben:

- Allgemeine Aspekte – äußere Oberfläche;
- Durchmesser;
- spezifischer elektrischer Widerstand;
- Dichte;
- Faservolumenanteil;
- Porosität und Fasermatrixverteilung;
- Koeffizient der Wärmeausdehnung;
- temperaturabhängiger Masseverlust (nur für PMC);
- Glasübergangstemperatur (nur für PMC);
- Mechanische Eigenschaften – Zugfestigkeit;
- Mechanische Eigenschaften – Biegefestigkeit;
- Mechanische Eigenschaften – Druckfestigkeit.

7.1 bis 7.2 beschreiben die Prüfverfahren für die Bewertung der Eigenschaften des Verbundwerkstoffkerns im Anfangszustand.

7.1 Allgemeine Aspekte – Äußere Oberfläche

Der Verbundwerkstoffkern, d. h. sowohl die PMC/MMC-Drähte als auch die äußere Schutzschicht müssen frei von Fehlern sein, welche mit bloßem Auge sichtbar sind (Kratzer und Schläge, Kerben, klebrige Oberfläche ...). Im Bericht müssen Bilder der Oberfläche untersucht werden, um allgemeine Aspekte der äußeren Oberfläche zu bestätigen.

7.2 Durchmesser eines Verbundwerkstoffkerns

7.2.1 Messung des Durchmessers für einadrige Verbundwerkstoffkerne

Der Durchmesser des Verbundwerkstoffkerns, d. h. sowohl PMC/MMC-Drähte als auch die äußere Schutzschicht, muss unter Verwendung einer kontinuierlichen Prozessmessung (Online-Messung) gemessen werden. Wenn die Online-Messung nicht ausgeführt werden kann, sollte eine direkte/manuelle Messung des Verbundwerkstoffkerns durchgeführt werden.

Die kontinuierliche/online Prozessmessung wird unter Verwendung eines Lasers mit mindestens drei phasenverschobenen Erfassungen von 60° im selben geraden Abschnitt durchgeführt.

Bei einer direkten/manuellen Messung wird die Erfassung am Querschnitt eines durchgeschnittenen Prüflings in mindestens drei Richtungen im Winkel von 60° durchgeführt. In diesem Fall sollten mindestens drei Prüflinge zufällig ausgewählt und geprüft werden.

Sowohl für die direkten als auch für die kontinuierlichen Messungen sollte das Messgerät eine Genauigkeit von mindestens 0,010 mm aufweisen.

Der Bericht muss den mittleren Durchmesser, die höchsten und die geringsten Werte enthalten.

Bei Drähten ohne kreisförmigen Querschnitt (wie z. B. geformte Drähte) sollte der Abschnitt jedes Drahtes gemessen werden und der entsprechende Durchmesser sollte aus den gemessenen Abschnitten berechnet werden.

ANMERKUNG Der entsprechende Durchmesser ist der Durchmesser eines Kreises, welcher die gleiche Querschnittsfläche wie ein gegebener geformter Draht aufweisen würde.

7.2.2 Messung des Durchmessers für mehradrige Verbundwerkstoffkerne

Der Durchmesser jedes PMC/MMC-Drahtes (mit äußerer Schutzschicht, sofern vorhanden) muss entsprechend 7.2.1 gemessen werden. Zusätzlich muss der Außendurchmesser des Verbundwerkstoffkerns unter Verwendung des direkten manuellen Messverfahrens entsprechend 7.2.1 gemessen werden.

Der Bericht muss den mittleren Durchmesser, die höchsten und die geringsten Werte für jeden einzelnen Draht enthalten. Der Bericht muss außerdem die Mittel-, Maximal- und Minimalwerte des äußeren Durchmessers des Verbundwerkstoffkerns enthalten.

7.3 Spezifischer elektrischer Widerstand bei Gleichstrom (DC)

Der spezifische elektrische Widerstand des Verbundwerkstoffkerns, d. h. sowohl PMC/MMC-Drähte als auch die äußere Schutzschicht, sofern zutreffend, muss nach IEC 60468 (Abschnitt 7) für eine Mindestlänge von 1 m gemessen werden. Mindestens fünf Prüflinge sollten zufällig ausgewählt und geprüft werden. Der Bericht muss die Widerstandswerte mit dem Mittelwert, in Ω/m , und die entsprechenden Leitfähigkeiten, in %IACS, bei 20 °C enthalten.

7.4 Lineare Masse (Masse je Längeneinheit)

Die lineare Masse des Verbundwerkstoffkerns, d. h. sowohl PMC/MMC-Drähte als auch die äußere Schutzschicht, sofern zutreffend, muss gemessen werden. Mindestens fünf Prüflinge sollten zufällig ausgewählt und unter Verwendung einer Messeinrichtung mit einer Genauigkeit von $\pm 0,1\%$ gewogen werden. Die Länge des geprüften Prüflings sollte mindestens 1 m betragen.

Der Bericht muss die lineare Masse mit dem Mittelwert in kg/m genau angeben.

7.5 Faservolumenanteil

Bei PMC-Draht beruht das empfohlene Verfahren auf der thermischen Zersetzung der organischen Matrix. Bei hoher Temperatur in Stickstoff zerfällt die Polymermatrix. Da die Kohlenstofffasern bei diesen Temperaturen (üblicherweise 450 °C und 800 °C) stabil sind, kann der Faservolumenanteil mittels einer thermogravimetrischen Analyse (TGA) bestimmt werden. In diesem Fall wird das Protokoll entsprechend ISO 11358 in Stickstoff und mit einem Temperaturanstieg von 10 °C/min festgelegt. Die Restmasse, welche dem Faseranteil entspricht, wird bei 800 °C gemessen.

Der Bericht muss die TGA-Kurve mit der Masseverlustmessung bei 800 °C wiedergeben und den berechneten Wert des Faseranteils als Masse. Der verringerte Volumenanteil könnte behandelt werden.

Zusätzlich und für MMC-Draht sollte, wenn möglich, eine theoretische Berechnung des Faservolumenanteils auf der Grundlage von Prozessinformationen zum Bericht hinzugefügt werden.

7.6 Porosität und Fasermatrixverteilung

Die Porosität und Fasermatrixverteilung des PMC- oder MMC-Drahtes ist unter Verwendung einer mikrofotographischen Erfassung verbunden mit einer computergestützten Messung zu messen. Mindestens drei Prüflinge sollten zufällig ausgewählt und geprüft werden. Der Verbundwerkstoffkern muss zerschnitten und poliert werden, um den Querschnitt deutlich beobachten zu können. Die Porositätsmessung ist unter Verwendung einer Binarisierungssoftware durchzuführen, um die Porosität der Matrix und der Faser unterscheiden zu können. Die Porositätsmessung ist an Bildern auszuführen, die mit einer Gesamtvergrößerung von x100 aufgenommen wurden.

Der Bericht muss eine Vollaufnahme des Querschnitts des Verbundwerkstoffkerns mit einer Vergrößerung von x10 enthalten, um allgemeine Aspekte des Kerns zu veranschaulichen. Zusätzlich müssen Porositätswerte, gemessen in %, von den Bildern mit einer Vergrößerung von x100 bereitgestellt werden. Ein Mittelwert könnte hinzugefügt werden, um einen repräsentativen Wert des Kernquerschnitts anzugeben.

Ein alternatives Verfahren mit Verwendung theoretischer Werte von Faservolumenanteil, Dichte ..., könnte verwendet werden, wenn dies zwischen den verschiedenen Parteien vereinbart wurde.

Es ist anerkannt, dass die Porosität für jeden PMC/MMC-Draht weniger als 2 % betragen sollte.

ANMERKUNG Es ist bekannt, dass diese Verfahren beide nicht sehr empfindlich sind, um den Porositätsgrad unter 1 % genau berechnen zu können.

7.7 Thermischer Ausdehnungskoeffizient

Der thermische Ausdehnungskoeffizient (CTE) des PMC/MMC-Drahtes, mit oder ohne die äußere Schutzschicht, muss unter Verwendung einer thermomechanischen Analyse (TMA) entsprechend ISO 11359-1 und ISO 11359-2 gemessen werden. Mindestens zwei Prüflinge sollten zufällig ausgewählt und geprüft werden. Die Ausdehnung sollte in Faserrichtung (axial) zwischen -25 °C, ungefähr $T_{P,Core}$, mit einem Anstieg von 3 °C/min⁻¹ gemessen werden. Der Bericht sollte die TMA-Kurven mit den gemessenen Werten von CTE in °C⁻¹ mit dem Mittelwert wiedergeben.