

Spezifikation

für

110-kV-Kabelanlagen
mit Isolierung aus
vernetztem Polyethylen (VPE)

Inhaltsverzeichnis

1	Anwendungsbereich	3
2	Allgemeine Anforderungen	3
3	Technische Anforderungen	5
4	Zulassungsbedingungen	10
5	Prüfung	10
6	Qualitätssicherung	12
7	Dokumentation	12
8	Verpackung, Begleitpapiere und Transport	13
9	Anhang	14

1 Anwendungsbereich

Diese Spezifikation gilt in Verbindung mit der DIN VDE 0276-632 für einadrige Kabel mit einer Isolierung aus vernetztem Polyethylen (VPE) und extrudierten Leitschichten und Garnituren (Muffen und Endverschlüsse) mit Nennspannung $U_0/U=132/145\text{kV}$.

- $U_m=123\text{ kV}$ (Bemessungsspannung)
- $U_B=550\text{ kV}$ (Bemessungs-Blitzstoßspannung, Scheitelwert)

Diese Spezifikation wurde erstellt im Arbeitskreis 110-kV-Kabeltechnik und hat Gültigkeit für die Gesellschaften der Thüga-Gruppe.

Ansprechpartner und Leiter des technischen Arbeitskreises:

M.Sc. Jakob Kornhas
Tel.: (089) 38197- 1446
E-Mail: jakob.kornhas@thuega.de

Thüga AG
Nymphenburger Straße 39
80335 München

2 Allgemeine Anforderungen

2.1 Normen, Bestimmungen und Vorschriften

Die Kabel und Garnituren müssen die Anforderungen der aufgeführten Normen und Bestimmungen erfüllen, soweit in dieser Spezifikation keine abweichenden Forderungen gestellt werden.

Grundsätzlich sind alle in der Bundesrepublik Deutschland geltenden Normen, Bestimmungen, Vorschriften, Verordnungen und Gesetze einzuhalten, auch wenn sie in dieser Spezifikation nicht genannt werden. Die Geschäfts- und Verkehrssprache ist deutsch.

Es gilt deutsches Recht. Gerichtsstand ist der Sitz des Auftraggebers.

2.2 Fertigungsstätten

Bei Verlagerung der Produktion, auch nur von Teilmengen, ist der Mandatsführer in Kenntnis zu setzen. Produktionsstätten, die nicht Gegenstand des letzten Präqualifikationsverfahrens des betreffenden Herstellers waren, sind meldepflichtig und während eines laufenden Auftrages nur im gegenseitigen Einvernehmen zugelassen.

2.3 Qualitätskontrolle

Der Auftragnehmer hat ein durchgängiges Qualitätsmanagementsystem entsprechend DIN EN ISO 9001 nachzuweisen, das eine kontinuierliche Sicherung der in dieser Spezifikation geforderten und durch den Hersteller zugesicherten gleich bleibenden Produkteigenschaften gewährleistet ist.

Der Mandatsführer behält sich vor, jederzeit unangemeldet ein Audit des Fertigungsstandortes vorzunehmen. Dabei können auch Bauteile aus der laufenden Produktion entnommen werden, um diese zu prüfen.

Auf Anforderung sind dem Auftraggeber die Kabel vor der Auslieferung durch den Lieferanten termingerecht zur Abnahme bzw. Freigabe anzumelden. Der Auftraggeber behält sich eine Abnahme im Werk vor.

2.4 Technische Kundenbetreuung

Der Auftragnehmer hat eine technische Kundenbetreuung des Auftraggebers zu gewährleisten.

2.5 Meldepflicht des Herstellers

Nach der Feststellung eines Produktmangels durch den Hersteller ist der Mandatsführer unverzüglich zu informieren. Mögliche weitere fehlerhafte Produktlieferungen sind zu benennen. Alle betroffenen Unternehmen der Thüga-Gruppe sind unaufgefordert schriftlich in Kenntnis zu setzen.

Folgende Angaben müssen hierbei – soweit zutreffend - aufgeführt sein:

- Lieferzeitraum
- Liefermenge
- Fertigungszeitraum
- Chargennummer
- Fertigungsstandort
- Genaue Beschreibung des Fehlers
- Abschätzung des Gefährdungspotentials

3 Technische Anforderungen

Kabel und Garnituren müssen in Drehstromnetzen (50 Hz) mit isoliertem Sternpunkt, mit Erdschlusskompensation oder mit niederohmiger Sternpunktterdung einsetzbar sein.

3.1 Kabel

3.1.1 Kennzeichnung der Kabel

Die Kabel müssen entsprechend der DIN VDE 0276-620 auf dem Mantel abriebfest geprägt beidseitig um 180° versetzt folgende Kennzeichnung aufweisen:

- Herstellerkennung und Herstellungsjahr
- Bauartkurzzeichen entsprechend DIN VDE 0276-632
- Kabelcode zur eindeutigen Zuordnung des Fertigungswerks und Fertigungslinie

Die Kennzeichnung auf dem Mantel muss sich mind. alle 100 cm wiederholen.

Die Kabel müssen auf einer Mantellinie eine Längenmarkierung in der Art einer Metermaßteilung haben, wobei die einzelnen Messmarken in 1-m-Abständen anzuordnen sind. Die einzelnen Messmarken sind fortlaufend mit 4stelligen Messzahlen zu nummerieren.

Die Längenmarkierung darf auf jedem Kabelstück mit einer beliebigen Zahl beginnen, sie muss jedoch der natürlichen Zahlenreihe folgen.

Bei Bestellungen mit leitfähigem Aussenmantel ist die Kennzeichnung am Ende mit dem Symbol: >c< zu ergänzen.

Anmerkung: Die Längenmarkierung, die nicht eichfähig ist, stellt ein Hilfsmittel dar, z. B. für eine einfache Aufmaßermittlung nach der Verlegung oder für die Feststellung der auf der Spule verbliebenen Restlänge. Die Abweichung der durch die Längenmarkierung ausgewiesenen Kabellängen beträgt bis zu 1%.

Für die Nachprüfung der vom Kabelhersteller angegebenen Lieferlänge gilt die Messung mit geeichten Kabelmessvorrichtungen. Unvollständige Längenmarkierungen, die aber noch eine Längenermittlung ermöglichen oder auf kurzen Strecken fehlende Längenmarkierungen gelten nicht als Mängel.

3.1.2 Kabelaufbau und Anforderungen

3.1.2.1 Allgemeine Anforderungen an Kabel

Die Kabel müssen zur Feldbegrenzung über dem Leiter eine innere und über der Isolierhülle eine äußere Leitschicht haben. Diese Leitschichten sind mit der Isolierung in einem Arbeitsgang mit einem Dreispritzkopf (Dreifachextrusion) zu fertigen; es muss eine feste Verbindung gewährleistet sein.

Leitschicht und Isolierhüllen-Material müssen aufeinander abgestimmt sein.

Die Kabel müssen für Verlegung in Innenräumen, im Freien, in Erde und in Wasser geeignet sein.

Die Kabel müssen für die geforderten Leiter- bzw. Schirmkurzschlussbeanspruchungen (Strom und Dauer) der jeweiligen Kabelanlage ausgelegt sein.

Es muss die Möglichkeit bestehen, einen Lichtwellenleiter für ein Temperatur-Monitoring System in den Schirmbereich des Kabels zu integrieren.

3.1.2.2 Leiter

Der Leiter muss DIN EN 60228 „Leiter für Kabel und isolierte Leitungen“ entsprechen.

Der Leiter ist in folgender Bauart auszuführen:

Mehrdrätiger Rundleiter aus Kupfer oder Aluminium verdichtet (RM). RE-Leiter sind bis zu einem Leiterquerschnitt von 800 mm² nach Abstimmung mit dem Auftraggeber ebenfalls zulässig. Bei großen Querschnitten ab 1200mm² ist der Leiter ggf. projektbezogen segmentgeteilt auszuführen (Millikenleiter) (RMS). Der Millikenleiter muss aus mindestens 5 Einzelsegmenten bestehen.

Alle Leiterkonstruktionen sind längswasserdicht auszuführen. Die für das Erreichen der Längswasserdichtigkeit verwendeten Materialien dürfen nicht toxisch sein. Entsprechende Sicherheitsdatenblätter sind zu übergeben.

Im Falle von RM- oder RMS-Leitern ist eine halbleitende Bebänderung auf den Leiter aufzutragen, damit die innere Leitschicht nicht in die Leitervertiefungen eindringen kann.

3.1.2.3 Innere und äußere Leitschicht inkl. Bebänderung

Die Leitschichten müssen aus einer leitfähigen homogenen extrudierten Polyethylenmischung bestehen.

Die Wanddicke des extrudierten Teils der Leitschichten darf an keiner Stelle den Wert von 0,5 mm unterschreiten. Maximal- und Minimalwert der Wanddicke, in einer Ebene gemessen, dürfen um 0,8 mm voneinander abweichen. (Vertiefungen im Zwickelbereich von RMS-Segmenten werden nicht gemessen.)

Die innere Leitschicht darf nicht so weit in die äußeren Drahtlagen des Leiters eindringen, dass die Grenzschicht zur Isolierung verändert wird; sie muss bei der Montage entfernbar sein. Bänder unter der inneren Leitschicht sind zulässig, wenn ein elektrischer Kontakt zwischen Leiter und innerer Leitschicht sichergestellt ist.

Über der äußeren Leitschicht muss eine Bebänderung aufgebracht sein, die eine leitfähige Verbindung zwischen der äußeren Leitschicht und dem Schirm sicherstellt und das Eindringen der Schirmdrähte verhindert.

Die Leitschichten müssen möglichst frei von Unregelmäßigkeiten sein; diese dürfen keine ausgeprägten Spitzen haben. Unregelmäßigkeiten dürfen um nicht mehr als 0,08 mm in die Isolierhülle hineinragen. Für Unregelmäßigkeiten mit einer Höhe $h \geq 0,04$ mm muss das Verhältnis ihrer Basis (b) zu ihrer Höhe (h) = 3 sein.

Die Leitschichten und die ggf. vorhandenen Bänder dürfen bei der höchstmöglichen Kurzschlussbeanspruchung keine Veränderungen erfahren, die die Funktionsfähigkeit des Kabels beeinträchtigen. Die Leitschichten müssen fest mit der Isolierhülle verbunden sein.

3.1.2.4 Isolierhülle

Die Isolierhülle muss aus einschichtig extrudiertem vernetztem Polyethylen nach HD620 bestehen.

Die Vernetzung muss trocken und peroxydisch erfolgen. Die Entgasung der gefertigten Ader muss in einer geeigneten Art und Weise sowie über eine ausreichende Zeitdauer erfolgen.

Die Nennwanddicke der Isolierung beträgt 18,0 mm. Der zulässige Kleinstwert beträgt 16,2 mm. Innere und äußere Leitschichten dürfen in die Isolierwanddicke nicht mit eingerechnet werden.

Die Gleichmäßigkeit der Wanddicke darf nicht mehr als $0,1 (t_{\max} - t_{\min}) / t_{\max}$ betragen.

Unregelmäßigkeiten dürfen nicht mehr als um 0,1 mm in die Leitschichten hineinragen; dabei muss für Unregelmäßigkeiten mit einer Höhe $\geq 0,05$ mm das Verhältnis ihrer Basis (b) / Höhe (h) ≥ 3 sein.

3.1.2.5 Schirm

Der Schirm muss aus Kupferdrähten mit ein oder zwei Querleitwendeln aus Kupfer bestehen und auf den leitfähigen Bändern über der äußeren Leitschicht aufgebracht sein.

Der Minstdurchmesser der Schirmdrähte beträgt 0,5 mm. Der Mindestquerschnitt des Schirmes wird projektbezogen angegeben, beträgt jedoch in jedem Fall > 50 mm². Weitere Schirmquerschnittsstufen sind 70 mm² und 95 mm².

Nach Auswertung der Kurzschlussstrombeanspruchung des Netzes und der möglichen Kurzschlussstrombelastung des Kabelschirmes (Ks bei 1 sek., max. 250°C im Schirmbereich) ist die jeweils höhere Schirmstufe zu wählen.

Die Schirmdrähte sollen über den Umfang gleichmäßig aufgeteilt sein. Der mittlere rechnerische Abstand zwischen den Einzeldrähten darf nicht größer als 4 mm sein. Der lichte Abstand zwischen zwei benachbarten Schirmdrähten darf an keiner Stelle mehr als 8 mm betragen.

Die Minstdicke der Querleitwende beträgt 0,1 mm.

Es dürfen entweder eine Kupferwende von mind. 1 mm² Querschnitt aufgebracht sein, wobei der Abstand zwischen zwei Windungen in Längsachse des Kabels 4D (D = rechnerisch ermittelter Durchmesser unter Schirm) nicht überschreiten soll, oder zwei Kupferwende von je mind. 0,5 mm² Querschnitt und einem entsprechenden Abstand zwischen zwei benachbarten Windungen von höchstens 2D.

Der spezifische Widerstand der Aufbauelemente von Schirmen aus Kupfer darf den Wert 0,01786 $\Omega \times \text{mm}^2/\text{m}$ bei 20 °C nicht überschreiten.

Der geometrische Querschnitt des Schirmes wird aus den geometrischen Querschnitten der einzelnen Aufbauelemente ohne Querwassersperre additiv ermittelt.

Das Kabel muss im Schirmbereich längswasserdicht sein. Das Quellvlies darf nicht toxisch sein. Entsprechende Sicherheitsdatenblätter sind zu übergeben. Quellpulver ist nicht zulässig.

3.1.2.6 LWL-Faser

Optional muss die Möglichkeit bestehen, im Schirm zwei um 180 ° versetzte Faseraufnahmeelemente (FAE) mit jeweils mind. 4 Lichtwellenleiterfasern einzubringen, um den Anschluss eines Temperatur Monitoring Systems zu ermöglichen. Die tatsächliche Anzahl der benötigten FAE ist mit dem Auftraggeber abzustimmen.

Das FAE muss mit Gel gefüllt sein und aus Edelstahl bestehen und somit die Fasern dauerhaft vor Feuchtigkeit und mechanischer Beschädigung schützen. Das FAE ist beidseitig mittels Polyesterdrähten in gleichem Durchmesser wie das FAE zu begleiten.

Die Art (Singlemode und/oder Multimode) und Parameter der werden projektbezogen bekannt gegeben. Hierbei sind die Längenbegrenzung und das Monitoringsystem zu beachten. Die LWL-Fasern müssen vor Auslieferung auf Einhaltung projektbezogener Parameter überprüft werden:

- Dämpfung
- Bandbreite
- Durchgangsprüfung

Die Einhaltung dieser Grenzwerte ist in einer Stückprüfung zu protokollieren und der Dokumentation beizufügen.

3.1.2.7 Trennschicht

Zwischen Schirm und Querwassersperre muss eine geeignete Trennschicht, z. B. in Form eines halbleitenden Quellvlieses aufgebracht sein. Die Trennschicht darf bei der höchstzulässigen Kurzschlussbeanspruchung keine Veränderungen erfahren, die die Funktionsfähigkeit der Kabel beeinträchtigen.

3.1.2.8 Querwassersperre

Über der Trennschicht muss eine metallische Querwassersperre in Form einer vollflächig verklebten, blasen- und faltenfrei und ca. 15 mm überlappenden längseinlaufenden Metallfolie (Al/PE-Folie) vorhanden sein, die mit dem Aussenmantel verbunden ist. Die Folienstärke muss mind. 150 µm betragen.

3.1.2.9 Außenmantel

Der Mantel besteht aus Polyethylen und muss den Anforderungen und Prüfbedingungen der PE-Mischung HDPE Type ST 7 nach HD 632 Part 1 Tab.7 genügen.

Der PE-Mantel muss durchgehend schwarz gefärbt sein und eine Mindesthärte von 55 (58 +3 /-3) Shore-D besitzen.

Die Mindestwanddicke des PE-Außenmantels beträgt 4,0 mm. Die metallische Querwassersperre und ggf. die leitfähige Schicht darf nicht in die Wanddicke des Außenmantels eingerechnet werden.

Optional ist eine schwarze leitfähige extrudierte Schicht mit einer Mindestschichtdicke von 0,2mm auf dem Außenmantel aufzubringen. In diesem Fall muss sich die Farbe des UV-beständigen Aussenmantels von der der Leitschicht abheben.

3.2 Garnituren

3.2.1 Allgemeine Anforderungen an Garnituren

3.2.1.1 Garniturenart

Es sind nur vorgefertigte und vorgeprüfte, aufschiebbare Stresskonen in den Muffen und Endverschlüssen zugelassen. Ausgenommen sind davon Übergangsmuffen von Öl- auf VPE-Kabel und von Gasdruck- auf VPE-Kabel.

Für Bolzen, Schrauben und sonstige Verbindungselemente sind rostfreie Materialien einzusetzen.

3.2.1.2 Verbindung von Querwassersperre und Schirm des Kabels

In den Muffen und Endverschlüssen muss eine stromtragfähige Verbindung zwischen der metallischen Querwassersperre des Kabels und dem Schirm des Kabels vorhanden sein.

3.2.2 Endverschlüsse

Freiluftendverschlüsse, Transformatorenendverschlüsse und Endverschlüsse für gekapselte GIS-Anlagen sind grundsätzlich isoliert aufzustellen bzw. zu befestigen, so dass eine Kabelmantelprüfung durchgeführt werden kann. Im Falle des Vorhandenseins von LWL-Fasern im Schirmbereich des Kabels sind die Messfasern metallfrei zu einer Haubenmuffe außerhalb des elektrischen Gefahrenbereiches zu führen, um Potentialfreiheit bei Arbeiten an der Haubenmuffe zu gewährleisten.

3.2.2.1 Freiluftendverschlüsse

Bei Freiluftendverschlüssen besteht der Isolator aus Verbundwerkstoff (GFK-Rohr mit aufvulkanisierten Silikonschirmen). Für das Isolieröl ist ein Sicherheitsdatenblatt zu übergeben.

Das Anschlussmaß der Grundplatte muss 345x345 mm bei einem Bohrungsdurchmesser von 18 mm betragen.

3.2.2.2 Transformatorendverschlüsse

Die Endverschlüsse müssen den Festlegungen der DIN EN 50299 entsprechen. Die Elektrode ist Bestandteil des Kabelendverschlusses.

Damit der Transformatorhersteller sein Einverständnis mit der Kabelanlagenprüfung geben kann, sind ihm ggf. die geometrischen Daten der Elektrodenform zur Verfügung zu stellen.

3.2.2.3 Endverschlüsse für GIS-Anlagen

Die Endverschlüsse müssen den Festlegungen DIN VDE 0670-80x entsprechen oder diesen kompatibel sein. Die Erdung der Endverschlüsse muss auch für sehr schnell ansteigende, transiente Vorgänge geeignet sein.

3.2.3 Muffen

Muffen müssen zum Schutz gegen eindiffundierende Feuchtigkeit eine metallische Querwassersperre besitzen.

Schirm und Querwassersperre müssen gegen Erde isoliert sein, so dass eine Kabelmantelprüfung durchgeführt werden kann.

4 Zulassungsbedingungen

Bedingung für den Einsatz des in dieser Spezifikation spezifizierten Produktes ist das Vorliegen einer herstellerabhängigen technischen Produktzulassung (Präqualifikation).

Die technische Produktzulassung kann erfolgen, wenn der Auftragnehmer zu seinen Lasten anhand eines voll funktionsfähigen Geräte- bzw. Anlagenmusters die seitens des Auftraggebers geforderten und durch den Auftragnehmer zugesicherten Produkteigenschaften nachweist, die Eignung für den betrieblichen Einsatz durch entsprechende Erprobung oder Referenzen belegt und die geforderten Prüfzertifikate beibringt.

Die Durchführung der Zulassungsprüfung bzw. die Bemusterung kann auch durch ein vom Mandatsführer bestimmtes Prüfinstitut erfolgen.

Jede Abänderung eines auf Basis dieser Spezifikation zugelassenen Produktes muss neu zugelassen, gegebenenfalls neu verhandelt werden. Änderungen während einer laufenden Bestellung sind nur im gegenseitigen Einvernehmen zulässig.

Eventuelle Zulieferer sind dem Mandatsführer auf Anfrage zu nennen.

5 Prüfung

Bei der Abnahmeprüfung sind die Ergebnisse der Qualitätssicherung und sofern schon vorher durchgeführt- die Protokolle der werksinternen Stück- und Auswahlprüfungen zur Einsicht vorzulegen.

In Anwesenheit des Auftraggebers sind die Stück- und Auswahlprüfungen nach „Tabelle 1“ und „Tabelle 2“ durchzuführen. Die zu prüfenden Muster sind im Beisein des Auftraggebers von den ausgewählten Lieferlängen abzuschneiden. Die Stückprüfung ist an jeder Lieferlänge, die Auswahlprüfungen sind an 10% der gesamten Lieferlängen, mindestens jedoch an einer Lieferlänge durchzuführen. In Abstimmung können andere Vereinbarungen getroffen werden.

Wiederholungsprüfungen sind im Einzelfall zu vereinbaren. Von sämtlichen Prüfungen sind dem Auftraggeber Prüfprotokolle zu übergeben.

Für Stück-, Auswahl- und Typenprüfungen gelten die aktuellen Erzeugnis- und Prüfstandards für das jeweilige Produkt/Erzeugnis gemäß HD 632 und vorliegender technischer Spezifikation.

Die Form der Prüfberichte zu Stück- und Auswahlprüfungen sowie der Prüfplan ist zuvor vom Auftraggeber zu bestätigen.

Die Typprüfungen von Kabeln und Garnituren müssen gleichzeitig in einem Prüfkreis unter Aufsicht/Begleitung eines unabhängigen Prüfinstituts erfolgen.

5.1 Prüfung an Kabeln

5.1.1 Stückprüfung

Die Prüfung ist entsprechend „Tabelle 1“ durchzuführen. Bei der Prüfung der Spannungsfestigkeit und Teilentladung ist während der gesamten Prüffolge der Verlauf der Teilentladungsstärke zu protokollieren.

5.1.2 Auswahlprüfung

Die Prüfungen nach HD 632 werden an 10% der Fertigungslängen eines Fertigungsloses des gleichen Kabeltyps, jedoch an mindestens einer Fertigungslänge durchgeführt. Die Prüfung ist entsprechend „Tabelle 2“ durchzuführen. Häufigkeit und Wiederholung von Auswahlprüfungen entsprechend HD 632.

5.1.3 Typprüfung

5.1.3.1 Typprüfung an Kabeln

Typprüfungen sind stets als Systemprüfung der Kabel mit allen zum Einsatz kommenden Garnituren auszuführen. Vor Beginn der Typprüfungen ist ein Prüfplan, der dem AG Möglichkeiten der Begleitung und Überwachung einräumt, zur Genehmigung vorzulegen.

Zur Lieferantenqualifikation sind pro Produktionsstätte sind jeweils die folgenden Präqualifikationsprüfungen am vollständigen Kabelsystem gemäß aktuell anzuwendender HD 632 durchzuführen:

- 1x Kabelsystemprüfung eines kleinen Leiterquerschnittes (z.B. 630 mm² Kupfer oder Aluminium) zur Prüfung der elektrischen Feldbelastungen.
- 1x Kabelsystemprüfung mit dem größtmöglichen Leiterquerschnitt in Aluminium zur Prüfung der thermo-mechanischen Eigenschaften.

Gemäß Gültigkeitsbereich der Präqualifikationsprüfungen in HD 632 werden Typprüfungen akzeptiert, wenn die projektbezogenen Feldbelastungen nicht größer sind als in den geprüften Systemen und der projektbezogene Leiterquerschnitt nicht größer ist als der geprüfte Leiterquerschnitt in Aluminium.

5.1.3.2 Typprüfung an Kabeln (nichtelektrische Eigenschaften)

Die Prüfung der nichtelektrischen Eigenschaften ist entsprechend „Tabelle 4“ durchzuführen.

5.2 Prüfung der Garnituren

5.2.1 Stückprüfung an Garnituren

An allen vorgefertigten und vorprüfbareren Muffen und Stresskonen von Endverschlüssen sind Stückprüfungen durchzuführen. Für die durchzuführenden Stückprüfungen gilt die HD 632 und „Tabelle 5“.

5.2.2 Typprüfung an Garnituren

5.2.2.1 Allgemeines

Alle zu prüfenden Garnituren müssen vor Beginn der Typprüfung einer o. g. Stückprüfung unterzogen werden.

Für die durchzuführenden Prüfungen gilt die „Tabelle 6“. Die dort aufgeführten Prüfungen werden an einer Probe in der angegebenen Reihenfolge durchgeführt.

Die Garnituren werden mit einem Kabelstück, das vom prinzipiellen Aufbau diesen „Technischen Lieferbedingungen“ entspricht, montiert. Die Kabellänge zwischen den Garnituren muss mind. 5 m betragen.

Die Typprüfung der Garnituren kann auch zusammen mit einer Typprüfung des Kabels durchgeführt werden.

Wiederholungsprüfungen entsprechend HD 632.

5.2.2.2 Dichtigkeitsprüfung mit Lastwechseln und Gleichspannungsprüfung der äußeren Schutzhülle von Muffen

Zum Nachweis der Dichtigkeit wird die Muffe einer Lastwechselprüfung gemäß HD 632 unterzogen.

5.2.2.3 Spannungsfestigkeit der Schirmunterbrechung an Crossbonding-Muffen

Die Trennstrecke zwischen den leitfähigen Schichten und der Oberfläche der äußeren Umhüllung sowie zwischen den leitfähigen Schichten wird einer Prüfung mit Gleichspannung und einer Prüfung mit Stossspannung gemäß HD 632 unterzogen.

5.3 Vor-Ort-Prüfung an Kabelanlagen

5.3.1 Allgemeines

Für die Spannungsprüfungen gelten nachstehende Anforderungen. Optional kann die Spannungsprüfung mit einer TE-Messung ergänzt werden.

5.3.2 Prüfung der Isolierung

Neu errichtete und bis zu 10 Jahre alte VPE-Kabel werden zur Inbetriebnahme und bei Wiederholungsprüfungen mit Wechselspannung geprüft.

5.3.2.1 Prüfanforderungen für neu errichtete Anlagen und Anlagen mit einer Betriebszeit bis zu 10 Jahren

- Prüfwechselspannung 2,5 U₀, optional mit TE-Messung
- Prüfdauer 30 min
- Spannungsfrequenz 20-300 Hz

5.3.2.2 Prüfanforderungen für bestehende Kabelanlagen mit einer Betriebszeit von mehr als 10 Jahren

- Prüfwechselspannung 2,0 U₀, optional mit TE-Messung
- Prüfdauer 30 min
- Spannungsfrequenz 20-300 Hz

5.3.3 Prüfung des Außenmantels

Die Prüfung erfolgt mit 10 kV (Neuanlagen) / 5 kV (Alter > 10 Jahre) Gleichspannung während 5 Minuten.

Während der Mantelprüfung dürfen die Grundplatten der Kabelendverschlüsse nicht geerdet sein (Gefahr von Durchschlägen im Endverschluss).

5.4 Prüftabellen (siehe Anhang)

- Tabelle 1: „Stückprüfung an 110-kV-VPE-Kabeln“
- Tabelle 2: „Auswahlprüfung an 110-kV-VPE-Kabeln“
- Tabelle 3: „Typprüfung (elektrische Eigenschaften) an 110-kV-VPE-Kabeln“
- Tabelle 4: „Typprüfung (nichtelektrische Eigenschaften) an 110-kV-VPE-Kabeln“
- Tabelle 5: „Stückprüfungen an vorgefertigten 110-kV-VPE-Garnituren und vorprüfba- ren Garniturteilen“
- Tabelle 6: „Typprüfung (elektrische Eigenschaften) an 110-kV-VPE-Kabelgarnituren“

6 Qualitätssicherung

Der Mandatsführer ist berechtigt, jederzeit die Einhaltung der Produkteigenschaften und Qualitätsparameter zu prüfen bzw. prüfen zu lassen.

7 Dokumentation

Auf Anforderung des Mandatsführers sind vom Auftragnehmer vorzulegen:

- ein gültiges QS-Zertifikat für die Fertigungsstätte nach EN ISO 9001 ggf. DIN ISO 14001. Die Zertifizierungsstelle muss beim DAR oder bei einer Stelle, die Mitglied des European co-operation of Accreditation (EA) ist, akkreditiert sein;
- ggf. Nachweise über die Gültigkeit des QS-Zertifikates und die regelmäßige Überwachung durch die Zertifizierungsstelle;
- die gültige VDE-Zeichengenehmigung;
- Prüfberichte / Nachweise über die Zulassungsprüfungen;
- Typprüfberichte für nicht zeichenfähige Ausführungen (die Zertifizierungsstelle muss beim DAR oder bei einem Mitglied des European co-operation of Accreditation (EA) akkreditiert oder vom VDE Prüf- und Zertifizierungsinstitut auditiert und anerkannt sein);
- Konformitätserklärung des Herstellers für Zusatzforderungen aus dieser Spezifikation;

Ferner sind dem Auftraggeber alle geforderten produktspezifischen Dokumentationen, Nachweise und Prüfprotokolle auf Verlangen in zweifacher Ausfertigung bzw. in elektronischer Form (z.B. im PDF-Format) zu übergeben.

Alle Prüfberichte sind beim Auftragnehmer 10 Jahre zu archivieren.

Alle Unterlagen, Dokumente und Beschreibungen sowie Hinweis-, Typen-, Warnschilder usw. sind in deutscher Sprache auszuführen. Übersetzungen sind zu beglaubigen und mit dem Originaltext zu übergeben.

Für alle eingesetzten Materialien müssen, soweit sie nicht umweltneutral sind, entsprechende Sicherheitsdatenblätter übergeben werden.

Dem Auftraggeber sind die Aufbauzeichnungen des Kabels und die Montagezeichnungen der eingesetzten Endverschlüsse bzw. Muffen zu übergeben. Diese Zeichnungen werden vom Auftraggeber (AG) vertraulich behandelt und dürfen nicht an Dritte weitergegeben werden.

Für die Kabelendverschlüsse sind Mustergestellzeichnungen zur Verfügung zu stellen.

8 Verpackung, Begleitpapiere und Transport

Die Verpackung der Produkte hat so zu erfolgen, dass Schäden beim Transport vermieden werden.

Die Kabel sind auf geeigneten Stahlspulen entsprechend DIN 46391 zu liefern. Der Kerndurchmesser der Liefertrommeln kann mit $20 \times D$ (D ist der Kabelaussendurchmesser) berechnet werden. Das innere Kabelende ist so zu befestigen, dass ein Lockern bzw. Abrutschen von der Einlaufspirale/Knaggen während der Legung ausgeschlossen ist (z.B. Schellen). Entsprechend den Anforderungen im Produktionswerk, beim Transport und auf der Baustelle sind die Kabel auf den Trommeln in geeigneter Weise umlaufend vor mechanischer Beschädigung zu schützen. Dazu müssen die Spulen sich im einwandfreien Zustand befinden und nur so weit bewickelt werden, dass von der äußeren Kabellage zum Rand der Spulenscheibe ein ausreichender Mindestabstand von 50 mm gewährleistet ist.

Die korrekte Rollrichtung (nicht Abrollrichtung) der Spule ist beidseitig durch eine entsprechende Kennzeichnung auf der Spule anzugeben. Die Kabelenden müssen während des Transportes bis zur Montage wasserdicht verschlossen sein. Die Trommel muss vor Auslieferung mit wetterfesten Kennzeichen versehen werden, die den Namen des AG und Herstellers, Projektnummer und Bezeichnung, Lieferlänge/Teillänge, Kabeltyp, Codenummer und Fertigstellungswerk, sowie -datum enthalten.

Der Hersteller/Lieferant gewährleistet eine kostenlose Rücknahme der Verpackungs- und Befestigungsmaterialien sowie den Einsatz von einem Umlaufverbund angeschlossenen Transportmitteln (z.B. Euro-Flachpaletten, Euro-Gitterboxen, KTG-Kabelspulen).

9 Anhang

9.1 Prüftabellen

Tabelle 1	Stückprüfung an 110-kV-VPE-Kabeln		
	Prüfungen	Anforderungen	Prüfverfahren
1	Leiterwiderstand • Probe Fertigungslänge • Konditionierung bei Umgebungstemperatur • Dauer der Konditionierung min. 12 h, wenn erforderlich 24 h	HD 632 EN 60228	HD 605, Abschn. 3.1.1
2	Spannungsprüfung und Teilentladungsmessung • Probe: Fertigungslänge • Randbedingungen zulässiger Grundstörpegel 1pC Stärke des Kalibrierimpulses 2pC Während der ganzen Prüfung bleibt die TE-Messeinrichtung angeschlossen • Prüffolge Vorbelastung: Steigerung der Spannung auf 2,5 U₀=160 kV Absenken der Spannung auf 2 U₀=128 kV Steigerung der Spannung auf 3 U₀=192 kV für 30 min Absenken der Spannung auf Null • nach 5 min Prüfspannung: Steigerung der Spannung auf 2,5 U₀=160 kV	kein Durchschlag keine sichtbaren inneren TE im Prüfling bei 2,5 U ₀	HD 605, Abschn. 3.2.1; EN 60885-3
*TE kleiner als 1 pC in der Größenordnung des Grundstörpegels			

Tabelle 2 Auswahlprüfung an 110-kV-VPE-Kabeln			
	Prüfungen	Anforderungen	Prüfverfahren
1	Aufbau des Leiters	HD 632 EN 60228	EN 60811-1-1 Abschn. 8.3
2	Innere Leitschicht • Wanddicke • Unregelmäßigkeiten • Leitfähigkeit	diese techn. Spezifikation HD 632 Cl. 3.9	EN 60811-1-1 HD 605
3	Isolierhülle • Ausführung • Wanddicke • Mindestwert der Wanddicke • Gleichmäßigkeit der Wanddicke • Durchmesser Isolierhülle • Hot-Set Test • Unregelmäßigkeiten • Aufklartest längs/quer innere/äußere Leitschicht	diese techn. Spezifikation HD 632 $(t_{\max}-t_{\min})/t_{\max} \leq 0.1$, HD 632, Abschnitt Deutlich ungetrübter Einblick ohne erkennbare Spitzen und Dellen	EN 60811-1-1, Abschnitt 8 HD 605 Abschnitt 2.1.10.2 EN 60811-2-1, Abschnitt 9 EN 60811-1-1
4	Äußere Leitschicht • Wanddicke • Gleichmäßigkeit der Wanddicke • Leitfähigkeit	diese techn. Spezifikation HD 632 Cl. 12.3.9	EN 60811-1-1 HD 605
5	Schirm • Maße und Nennquerschnitt (geometrisch) • Spezif. Widerstand der Aufbauelemente • Abstand der Schirmdrähte • Knicke im Schirm & Querleitwendel • Schlaglänge Querleitwendel • Halbleitendes Quellvlies	HD 632 diese techn. Spezifikation	EN 60811-1-1, Abschnitt 8.3 HD 605 Sichtprüfung (Mantelöffnung ca. 1m)

6	Außenmantel • Ausführung • Wanddicke • Mindestwert der Wanddicke • Shore D Härte • Haftungsprüfung Al-Folie (und Überlappungsnaht Folie/Folie > 0,5 N/mm) • Wanddicke äußerer halb-leitender Mantel und Farbe Außenmantel	diese techn. Spezifikation HD 632 Cl.4.3 HD632 Cl. 12.4.19	EN 60811-1-1 HD 632 Annex G Sichtprüfung
7	Außendurchmesser	HD 632, Abschnitt 4.8	EN 60811-1-1, Abschnitt 8.3
8	Kapazität	HD 632, Abschnitt 4.10 IEC 60840 Cl.10.10	DIN VDE 0472, Teil 505 Prüfarm B
9	Kennzeichnung Kabel	diese techn. Spezifikation	Sichtprüfung
10	Trommel: Kennzeichnung Maße Qualität	diese techn. Spezifikation	Sichtprüfung

Tabelle 3			
Typprüfung (elektrische Eigenschaften) an 110-kV-VPE-Kabeln			
	Prüfungen (vollständiges Kabel)	Anforderungen	Prüfverfahren
1	Biegeprüfungen mit anschl. Nennstehwechselspannungsprüfung und Teilentladungsprüfung		
1.1	Biegeprüfung Biegedurchmesser 20 (d+D) +/- 5% D=Außendurchmesser d=Leiterdurchmesser, Istwert	HD 632 Part 1 Cl.12.3.3	HD 605, Abschnitt 2.4.1
1.2	Teilentladungsprüfung Stärke d. Kalibrierimpulses 2 pC zulässiger Störpegel 1 pC Prüfwechselspannung 2,5 U₀	keine sichtbaren inneren TE im Prüfling bei 2,5U ₀ * HD 632 Cl. 12.3.4	EN 60885-3 HD 632, Teil 1 Abschn. 5.5.4 HD 632 Cl. 9.2
1.3	Dielektrischer Verlustfaktor bei U ₀ Temperatur 95 – 105°C	HD 632 Cl.12.3.5	HD 632 Tab. 3
2	Lastwechselprüfungen mit anschl. Stoßspannungsprüfung mit anschl. Teilentladungsprüfung		
2.1	Lastwechselprüfung - Aufheizen der Probe durch Leiterheizung - Heizzyklus 24 Std; 8 Std. heizen auf 5 bis 10 K über zul. Leitertemperatur, dabei mind. 2 Std. auf dieser Temperatur halten, 16 Std. abkühlen - Prüfwechselspannung 2.5 U₀ - Anzahl der Zyklen 20 - Heizzyklen sind zu dokumentieren	HD 632 Cl.12.3.6	
2.2	Teilentladungsprüfung - Stärke d. Kalibrierimpulses 2 pC - zulässigen Störpegel 1 pC - Prüfwechselspannung 2,5U₀	keine sichtbaren inneren TE im Prüfling bei 2,5U ₀ * HD 632 Cl.12.3.4	EN 60885-3

3	Stoßspannungsprüfung mit anschließender Wechselspannungsprüfung		
3.1	Stoßspannungsprüfung • Aufheizen der Probe durch Leiterheizung auf 5 bis 10 K über zul. Leitertemperatur, dabei mind. 2 Std. auf dieser Temperatur halten Stoßspannungshöhe 550 kV - 10 Stöße positiver Polarität - 10 Stöße negativer Polarität	kein Durchschlag HD 632 Cl.12.3.7	EN 60230
3.2	Nennsteh-Wechselspannungsprüfung 1. AC-Prüfspannung 230kV / 1 min 2. AC- Prüfspannung 2.5U₀ 3. Dauer der Prüfung 4 Std.	kein Durchschlag	HD 605 Abschnitt 3.2.1
4	Teilentladungsprüfung • Stärke d. Kalibrierimpulses 2 pC • zul. Störpegel 1 pC • Prüfwechselspannung 2,5U₀	keine sichtbaren inneren TE im Prüfling bei 2,5U ₀ * HD 632 Part 1 Cl.12.3.4	EN 60885-3
*TE kleiner als 1 pC in der Größenordnung des Grundstörpegels			

Tabelle 4

Typprüfung (nichtelektrische Eigenschaften) an 110-kV-VPE-Kabeln

	Prüfungen	Anforderungen	Prüfverfahren
1	Prüfungen an der Isolierung (mechanische Eigenschaften) a) vor Alterung b) nach Alterung im Wärmeschränk	HD 632 Part1 Cl. 12.4.2	EN 60811-1-1 Abschnitt 9 EN 60811-1-2 Abschnitt 8
2	Prüfungen an der Ader - Schrumpfung	HD 632 Cl. 12.4.13	EN 60811-1-3, Abschnitt 10
3	Prüfungen am Außenmantel		
3.1	Mechanische Eigenschaften a) vor Alterung c) nach Alterung im Wärmeschränk	HD 632 Cl. 14.4.3	EN 60811-1-1, Abschn. 9 EN 60811-1-1, Abschn. 8
3.2	Wärme-Druckbeständigkeit	HD 632 Cl. 12.4.6	EN 60811-3-1 Abschnitt 8.2
3.3	Rußgehalt	HD 632 Cl.12.4.12	EN 60811-4-1, Abschnitt 11
4	Prüfungen am vollständigen Kabel		
4.1	Alterung am vollständigen Kabel	HD 632 Cl. 12.4.4	EN 60811-1-1, Abschn. 9 EN 60811-1-2, Abschn. 8
4.2	Shore-D Härte am PE-Mantel	HD 620 Teil 1	HD 605, Abschnitt 2.2.1
4.3	Längswasserdichtheit im Schirmbe- reich	HD 632 Cl.12.4.18	HD 632*, Teil 1, Abschnitt 5.6.16

*10 Heizzyklen 8/16 h auf zulässige Betriebstemperatur +5 bis 10 K

Tabelle 5 Stückprüfungen an vorgefertigten 110-kV-VPE-Garnituren und vorprüfbaren Garniturenteilen			
	Prüfungen (Garnituren oder Garniturenkomponenten)	Anforderungen	Prüfverfahren
1	Sichtprüfung	keine erkennbaren Abweichungen vom Sollzustand	
2	Teilentladungsprüfung • Stärke d. Kalibrierimpulses 2 pC • zul. Störpegel $\leq 1\text{pC}$ • Prüfspannung $2,5U_0$ (zuvor auf $3U_0$ für 1 min erhöhen, dann absenken auf Prüfspannung von $2,5U_0$ für 30 min.)	keine sichtbaren inneren TE im Prüfling bei $2,5 U_0^*$	EN 60885-3
* TE kleiner als 1 pC in der Größenordnung des Grundstörpegels			

Tabelle 6 Typprüfung (elektrische Eigenschaften) an 110-kV-VPE-Kabelgarnituren			
	Prüfungen	Anforderungen	Prüfverfahren
1	Nennstehwechselspannungsprüfung • Prüfwechselspannung 230 kV • Dauer der Prüfung 1 min	kein Durchschlag	HD 605, Abschn. 3.2.1
2	Teilentladungsprüfung • Stärke d. Kalibrierimpulses 2 pC • zul. Störpegel $\leq 1\text{pC}$ • Prüfspannung $2,5U_0$	keine sichtbaren inneren TE im Prüfling bei $2,5U_0^*$	EN 60885-3
3	Lastwechselprüfung mit anschl. Teilentladungsprüfung		
3.1	Lastwechselprüfung • Aufheizen der Probe durch Leiterheizung • Heizzyklus: 24 Std. 8 Std. heizen auf 5 bis 10 K über zul. Leitertemperatur, dabei mind. 2 Std. auf dieser • Temperatur halten, 16 Std. abkühlen • Prüfwechselspannung $2,5U_0$ • Anzahl der Zyklen 20		
3.2	Teilentladungsprüfung • Stärke d. Kalibrierimpulses 2 pC • zul. Störpegel $\leq 1\text{pC}$ • Prüfspannung $2,5U_0$	keine sichtbaren inneren TE im Prüfling bei $2,5U_0^*$	EN 60885-3
4	Stoßspannungsprüfung mit anschl. Wechselspannungsprüfung		
4.1	Stoßspannungsprüfung • Aufheizen der Probe durch Leiterheizung auf 5 bis 10 K über zul. Leitertemperatur, dabei mind. 2 Std. auf dieser Temperatur halten • Stoßspannungshöhe 550 kV • Anzahl der Stöße 10 Stöße positiver Polarität 10 Stöße negativer Polarität	keine Durchschläge	EN 60230
4.2	Spannungsprüfung • Prüfwechselspannung $2,5U_0$ • Dauer der Prüfung 4 Std.	kein Durchschlag	HD 605, Abschn. 3.2.1

5	Teilentladungsprüfung • Stärke d. Kalibrierimpulses 2 pC • zul. Störpegel $\leq 1 \text{ pC}$ • Prüfwechselspannung 2,5 U₀	keine sichtbaren inneren TE im Prüfling bei 2,5U ₀ *	EN 60885-3
6	Querwasserdichtheit der Muffe Die Muffe wird erst einer Lastwechselprüfung in Luft und danach in Wasser unterzogen. Während der Wasserlagerung müssen alle äußeren Dichtflächen der Muffe einem Wasserdruck von 1 m Höhe ausgesetzt sein.		
6.1	Lastwechselprüfung • Aufheizen der Probe durch Leiterheizung • Heizzyklus: 24 Std. 8 Std. heizen auf 5 bis 10 K über zul. Leitertemperatur, dabei mind. 2 Std. auf dieser Temperatur halten, 16 Std. abkühlen • Anzahl der Zyklen in Luft 10 • Anzahl der Zyklen in Wasser 10		
6.2	Spannungsprüfung • Prüfgleichspannung 20 kV • Dauer der Prüfung 1 min	kein Durchschlag	HD 605, Abschn. 3.2.1
7	Spannungsprüfung an Crossbonding-Muffen**		
7.1	Stoßspannungsprüfung zwischen den leitfähigen Schichten • Stoßspannungshöhe 75 kV • Anzahl der Stöße 10 Stöße positiver Polarität 10 Stöße negativer Polarität	kein Durchschlag	EN 60230
7.2	Stoßspannungsprüfung zwischen den leitfähigen Schichten und der Oberfläche der äußeren Umhüllung der Muffe • Stoßspannungshöhe 37,5 kV • 10 Stöße positiver und 10 Stöße negativer Polarität	kein Durchschlag	EN 60230
8	Stoßspannungsprüfung der äußeren Umhüllung** der Muffe • Prüfgleichspannung 20 kV • Dauer der Prüfung 1 min	kein Durchschlag	HD 605, Abschn. 3.2.1
* TE kleiner als 1 pC in der Größenordnung des Grundstörpegels ** Die Prüfung kann auch an einem separaten Prüfling durchgeführt werden.			