

Klass.-Nr.: 8ME30

Schlagwörter: E-Fahrzeuge, HV-Leitung, elektrische Antriebe, elektrische Leitung HV

Hochvolt-Einzel-, Mantel-Leitungen ungeschirmt für Kraftfahrzeuge und deren elektrische Antriebe

Anforderungen und Prüfungen

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich	2
2 Abkürzungen	3
3 Allgemeines	3
4 Maße und Leitungsaufbau	3
5 Aufbau der Kurzbezeichnung	3
6 Werkstoffe	4
6.1 Leiter	4
6.2 Isolierung	4
7 Kennzeichnung und Anlieferungsfestlegungen	5
7.1 Gebindekennzeichnung	5
7.2 Leitungs- Herstellerkennzeichnung	5
7.3 Farbe / Farbkennzeichnung	5
7.4 Anlieferbedingungen	6
7.4.1 Sichtprüfung	6
7.4.2 Prüfung auf Isolationsfehler der Aderisolation	6
7.4.3 Verpackungseinheiten	6
8 Allgemeine Prüfbedingungen	7
8.1 Prüfmatrix	7
8.2 Prüfklima	14
8.3 Proben	14
8.4 Runden von Zahlenwerten	14
9 Prüfungen	14
9.1 Prüfung Leitungsaufbau	14
9.2 Physikalische und chemische Eigenschaften der Isolierung bzw. des Mantels	15
9.2.1 Dichte	15
9.2.2 Thermische Stabilität	15

Norm vor Anwendung auf Aktualität prüfen.
Die elektronisch erzeugte Norm ist authentisch und gilt ohne Unterschrift.

Seite 1 von 24

Fachverantwortung			Normung	
EKEK/2	Dr. Thomas Hänsel	Tel.: +49 5361 9-40405		
I/EE-24	Dr. Sabine Denk	Tel.: +49 841 89-34925	K-ILI-5/1 Dirk Beinker	K-ILI-5
EEB2	Andreas Müller	Tel.: +49 711 911-82433	Tel.: +49 5361 9-32438	Sven-Uwe Döring

9.2.3	Bestimmung der Zugfestigkeit und Reißdehnung	15
9.2.4	Weiterreißfestigkeit	15
9.2.5	Bestimmung des Vernetzungsgrades	15
9.3	Mechanische Eigenschaften im Anlieferungszustand	15
9.3.1	Abisolierbarkeit / Leiterfestsitz	15
9.3.2	Abriebfestigkeit der Isolierung	15
9.3.3	Biegekraft der Leitung	15
9.3.4	Kerbfestigkeit der Isolierung	16
9.4	Flammwidrigkeit	16
9.5	Elektrische Eigenschaften im Anlieferungszustand	16
9.5.1	Spezifischer Durchgangswiderstand der Isolierung	16
9.5.2	30-Minuten Spannungsfestigkeit	16
9.5.3	Messung der 1-Minuten Spannungsfestigkeit (nur nach Alterung)	16
9.6	Mechanische und elektrische Eigenschaften nach mechanischer, thermischer oder chemischer Beanspruchung	16
9.6.1	Stress-Test	16
9.6.2	Schrumpfung der Isolierung in der Wärme	17
9.6.3	Wärmedruckbeständigkeit der Isolierung	17
9.6.4	Bestimmung der Derating Kurve	17
9.6.5	Thermische Belastbarkeit im gewickelten Zustand	17
9.6.6	Thermische Überlast	17
9.6.7	Wickelprüfung nach Kurzzeitalterung (240 h)	18
9.6.8	Langzeitalterung (3 000 h)	18
9.6.9	Wickelprüfung bei Niedrigtemperatur (-40 °C)	18
9.6.10	Schlagprüfung bei niedriger Temperatur (-15 °C)	18
9.6.11	Wischfestigkeit der Leitungskennzeichnung	18
9.6.12	Biegewechselbeständigkeit	18
9.6.13	Abknickprüfung	19
9.6.14	Elektrische Eigenschaften bei Wasserlagerung	19
9.6.15	Feuchte Wärme, konstant (Hydrolyseprüfung)	19
9.6.16	Ozonbeständigkeit	19
9.7	Mykologische Prüfung	19
9.8	Verträglichkeitsprüfungen	19
9.8.1	Chemikalienbeständigkeit nach ISO 6722-1	19
9.8.2	Beständigkeit gegen Chemikalien	19
10	Prüfungen spezifisch für Hochvoltleitungen	19
10.1	Durchgangswiderstand der Isolierung bis $T_0 + 50\text{ °C}$	19
10.2	Stecksystemfreigabe	20
11	Umweltschutz und Sicherheit	20
12	Mitgeltende Unterlagen	20
Anhang A	21

1 Anwendungsbereich

Diese Norm beschreibt Anforderungen und Prüfungen von einadrigen und mehradrigen ungeschirmten Fahrzeugleitungen für einen Nennspannungsbereich $\leq 600\text{ V AC} / 1\ 000\text{ V DC}$ (Spannungsklasse 2 nach Tabelle 1).

Die Prüfpunkte für die jeweiligen Anforderungen sind der Prüfmatrix Tabelle 6 zu entnehmen.

Tabelle 1 – Spannungsklassen

Spannungsklassen		AC		DC
		$U_{\text{eff}} (U_{\text{RMS}})$	U_{SS}	U_{DC}
Niedervolt	1 (A ^{a)})	≤ 30 V	≤ 42 V	≤ 60 V
Hochvolt	2	≤ 600 V	≤ 849 V	≤ 1 000 V
Hochvolt	3 (B ^{a)})	≤ 1 000 V	≤ 1 414 V	≤ 1 500 V

a) Spannungsklassenbezeichnung nach ISO 6469-3

Diese Tabelle wurde in Anlehnung an ISO 6469-3 erstellt. Die Spannungsklasse 2 ist in der ISO 6469-3 nicht berücksichtigt. Sie wurde in Anlehnung an die ISO 6722-1 erstellt.

2 Abkürzungen

T_{O}	maximale Dauergebrauchstemperatur
T_{U}	minimale Dauergebrauchstemperatur
U_{DC}	Gleichspannung
U_{SS}	Spannungswert Spitze / Spitze
$U_{\text{eff}} (U_{\text{RMS}})$	effektiver Spannungswert (RMS: Root Mean Square)
s_{max}	maximale Wanddicke
s_{min}	minimale Wanddicke

3 Allgemeines

Die Prüfungen in dieser Norm müssen in einem nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditierten, unabhängigen Institut durchgeführt werden.

Falls die in Mantelleitungen verwendeten Einzeladern nicht nach VW 60306-1 oder VW 60306-2 freigegeben sind, müssen an den Einzeladern die Prüfungen nach VW 60306-1 oder VW 60306-2 (Prüfmatrix für Einzeladerleitungen, die ausschließlich in Mantelleitungen eingesetzt werden) durchgeführt werden. Die Anforderungen beispielsweise bezüglich der Spannungsfestigkeit, auch nach Alterung, müssen dieser Norm entsprechen.

4 Maße und Leitungsaufbau

Maße und Leitungsaufbau sind Anhang A zu entnehmen. Nicht angegebene Einzelheiten sind mit der Fachabteilung abzustimmen.

5 Aufbau der Kurzbezeichnung

Die Leitungsbezeichnung erfolgt in Anlehnung an DIN 76722.

1. Einadrige HV-Leitungen:

FHL2G 16/0,21-B OR/T180

- ungeschirmte Hochvoltleitung mit dickwandiger Isolierung (**FHL**)
- Kurzzeichen des Isolierwerkstoffes – SiR – (**2G**)
- Leiternennquerschnitt 16 mm² (**16**)
- blanke Einzeldrähte maximaler Durchmesser 0,21 mm (**0,21**)
- Leiteraufbau unsymmetrisch Typ B (**B**)

- Mantelfarbe orange (**OR**)
- maximale Dauergebrauchstemperatur T_O 180 °C (**T180**)

2. Mehradrige HV-Leitungen:

FHLR2G2G 5x6,0-B OR/T180

- ungeschirmte Hochvoltleitung mit dünnwandiger Isolierung (**FHLR**)
- Kurzzeichen des Isolierwerkstoffes – Silikonkautschuk – (**2G**)
- Kurzzeichen des Mantelwerkstoffes – Silikonkautschuk – (**2G**)
- Leiternennquerschnitt $5 \times 6 \text{ mm}^2$ (**5x6,0**)
- Leiteraufbau unsymmetrisch Typ B (**B**)
- Mantelfarbe orange (**OR**)
- maximale Dauergebrauchstemperatur T_O 180 °C (**T180**)

6 Werkstoffe

6.1 Leiter

siehe [VW 60306-1](#) und [VW 60306-2](#)

6.2 Isolierung

Die minimale und maximale Dauergebrauchstemperatur (T_U und T_O) für eine Beanspruchungsdauer von 3 000 h sind entsprechend den Temperaturklassen nach [Tabelle 2](#) oder in Ausnahmefällen nach Zeichnung zu wählen. Die Temperaturklasse der Mantelleitung wird von dem Isolationsmaterial mit der geringeren Temperaturklasse bestimmt. Die Dauergebrauchstemperatur definiert den Gebrauch der Leitungen inklusive Leitererwärmungen im bestromten Zustand.

Leitererwärmungen können nach Vorgaben aus [VW 60306-3](#) rechnerisch ermittelt werden.

Tabelle 2 – Temperaturklassen

Klasse nach ISO 6722-1	Temperaturklasse	Dauergebrauchstemperatur (3 000 h) T_U °C bis T_O °C	Kurzzeittemperatur (240 h) $(T_O + 25)$ °C	Temperatur für thermische Überlast (6 h) $(T_O + 50)$ °C
A	T85	-40 bis +85	+110 ± 2	+135 ± 3
B	T100	-40 bis +100	+125 ± 3	+150 ± 3
B (105)	T105	-40 bis +105	+130 ± 3	+155 ± 3
C	T125	-40 bis +125	+150 ± 3	+175 ± 3
D	T150	-40 bis +150	+175 ± 3	+200 ± 3
E	T175	-40 bis +175	+200 ± 3	+225 ± 3
E (180)	T180	-40 bis +180	+205 ± 3	+230 ± 4
F	T200	-40 bis +200	+225 ± 4	+250 ± 4
G	T225	-40 bis +225	+250 ± 4	+275 ± 4
H	T250	-40 bis +250	+275 ± 4	+300 ± 4
	Txyz	-40 bis xyz	xyz + 25	xyz + 50

In Sonderfällen ermöglicht Txyz die Klassifizierung von Zwischentemperaturen, zum Beispiel Temperaturklasse T135. Für Aluminiumleitungen ist die Maximale Temperaturklasse von F (T200) zugelassen.

7 Kennzeichnung und Anlieferungsfestlegungen

7.1 Gebindekennzeichnung

Die Kennzeichnung von Gebinden muss konform zu **VDA Band 6 Teil 1** sein und ist zwischen Abnehmer und Zulieferer zu vereinbaren.

7.2 Leitungs- Herstellerkennzeichnung

Auf der Isolierung muss eine Herstellerkennzeichnung z. B. durch Bedrucken oder erhabener Prägung erfolgen. Alternativ kann ein Kennfaden verwendet werden.

Auf der Isolierung Querschnitte $> 1 \text{ mm}^2$ muss folgende Kennzeichnung aufgebracht werden: Blitz (als Symbol) – ATTENTION HIGH VOLTAGE MAX 600 V AC / 1 000 V DC – Blitz (als Symbol)

Es ist ein gut lesbarer Kontrast in einer ausreichenden Buchstabengröße zu wählen. Der nicht gekennzeichnete Bereich zwischen den Texten darf maximal 200 mm betragen.

ANMERKUNG Die Bedruckung / Kennzeichnung kann auch beim Konfektionär erfolgen.

7.3 Farbe / Farbkennzeichnung

Die Außenmantelgrundfarbe Orange ähnlich RAL 2003 ist zu verwenden.

Zur Unterscheidung mehrerer HV-Leitungen im Bordnetz sind farbige Längsstreifen zulässig. Diese müssen unverwischbar in die Isolation integriert sein.

Die Farbkennzeichnung erfolgt in Anlehnung an **DIN 72551-7**.

Vorzugsfarben für die Längsstreifen sind **Tabelle 3** zu entnehmen.

Tabelle 3 – Vorzugsfarbe für die Längsstreifen bei Einzelleitungen

Farbe	Rot	Braun	Blau	Grün	Violett
Anwendung	DC „+“	DC „-“	AC „L1“	AC „L2“	AC „L3“
Beispiel	Traktionsleitung		3-Phasenleitung		

Bei mehradrigen Mantelleitungen darf der Zwischenmantel naturfarben sein.

Bei mehradrigen Mantelleitungen sind die Farben der Aderisolierung wie folgt (siehe **Tabelle 4**) zu favorisieren:

Tabelle 4 – Vorzugsfarbe Einzelader in Mantelleitungen

	Rot	Grün / Gelb ^{a)}	Braun	Blau	Schwarz	Grau	Empfohlene Farbfolge
5-adrig		X	X	X	X	X	BN-BU-GNYE-GY-BK
4-adrig		X	X		X	X	BN-GY-GNYE-BK

	Rot	Grün / Gelb ^{a)}	Braun	Blau	Schwarz	Grau	Empfohlene Farbfolge
3-adrig		X	X	X			BN-BU-GNYE
2-adrig	X				X		RD-BK

a) Die Farbe Grün / Gelb (GNYE) ist auch als Gelb / Grün (YEGN) entsprechend der DIN EN 60445 zulässig. Die Bezeichnung des Schutzleiters bleibt in beiden Fällen Grün / Gelb (GNYE).

Die empfohlene Farbkombination ist:

- Grundfarbe Gelb (YE)
- Kennfarbe Grün (GN)

Andere Farbkennzeichnungen sind nach Absprache zulässig.

7.4 Anlieferbedingungen

7.4.1 Sichtprüfung

Die Isolation darf keine Knoten, Risse, Blasen und Fremdeinschlüsse enthalten. Die Aderisolation muss auf handelsüblichen Abisoliermaschinen rückstandsfrei abziehbar sein.

7.4.2 Prüfung auf Isolationsfehler der Aderisolation

Prüfung auf Isolationsfehler der Aderisolation (Sparktest) nach VW 60306-1, Abschnitt „Prüfung auf Isolationsfehler“.

Diese Prüfungen erfolgen im Zuge der Aderextrusion oder bei einem nachfolgenden Umwickelvorgang. Der Sparktest muss nicht während der Extrusion erfolgen, wenn die Leitung umgewickelt wird. Die Prüfspannungen des Sparktesters sind Tabelle 5 zu entnehmen.

Tabelle 5

Leiternennquerschnitt	Prüfspannung Aderisolation
< 0,5 mm ²	6 kV
≥ 0,5 mm ²	8 kV

Bei Fehlstellen ist nach Abschnitt 7.4.3.1 zu verfahren.

7.4.3 Verpackungseinheiten

Die Verpackungseinheiten sind zwischen Abnehmer und Hersteller zu vereinbaren.

7.4.3.1 Teillängen, Anbinder, Fehlstellen

siehe VW 60306-1

7.4.3.2 Kennzeichnung der Anlieferungseinheit

Die Gebindekennzeichnung muss so angebracht sein, dass sie auch im palettenverpackten Zustand jederzeit sichtbar ist.

Die Rückverfolgbarkeit ist zu gewährleisten. Kennzeichnung:

- Leitungs-Bezeichnung nach Abschnitt 5
- Hersteller
- Herstellernummer

- Herstellungsdatum
- Mischungsnummer (optional)
- Leitungslänge
- Lage der Anbinder und Fehlstellen

8 Allgemeine Prüfbedingungen

8.1 Prüfmatrix

Prüfmatrix siehe [Tabelle 6](#)

Tabelle 6 – Prüfmatrix

Abschnitt	Prüfung	Freigabeprüfung			Standortprüfung	Veränderung Vormaterialien	Requalifizierungsprüfung	Prozessprüfung	Sonderprüfung
		A1	A2 AI2 B2 C2	AI1					
Abschnitt 7.3	Farbe	X	X	X	X	X			
Abschnitt 7.4.1	Sichtprüfung							X ^{a)}	
Abschnitt 7.4.2	Prüfung auf Isolationsfehler ^{b)}							X ^{a)}	
Abschnitt 9.1	Prüfung Leitungsaufbau	X	X	X	X	X	X	X ^{a)}	
Abschnitt 9.2	Physikalische und chemische Eigenschaften der Isolierung								
Abschnitt 9.2.1	Dichte ^{c)}	X				X	X		
Abschnitt 9.2.2	Thermische Stabilität	X	X	X	X	X	X		
Abschnitt 9.2.3	Bestimmung der Zugfestigkeit und Reißdehnung	X	X	X	X	X	X		
Abschnitt 9.2.4	Weiterreißfestigkeit	X		X	X	X			
Abschnitt 9.2.5	Bestimmung des Vernetzungsgrades	X	X	X	X	X	X	X ^{a)}	
Abschnitt 9.3	Mechanische Eigenschaften im Anlieferungszustand								
Abschnitt 9.3.1	Abisolierbarkeit / Leiterfestsitz	X	X	X	X	X	X	X ^{a)}	
Abschnitt 9.3.2	Abriebfestigkeit der Isolierung	X	X	X	X	X	X		
Abschnitt 9.3.3	Biegekraft der Leitungen	X	X	X	X	X			
Abschnitt 9.3.4	Kerbfestigkeit der Isolierung	X				X	X		
Abschnitt 9.4	Flammwidrigkeit	X				X	X		

Abschnitt	Prüfung	Freigabeprüfung			Standortprüfung	Veränderung Vormaterialien	Requalifizierungsprüfung	Prozessprüfung	Sonderprüfung
		Prüfumfang	A1	A2 A12 B2 C2					
Abschnitt 9.5	Elektrische Eigenschaften im Anlieferungszustand								
Abschnitt 9.5.1	Spezifischer Durchgangswiderstand der Isolierung ^{c)}	X							
Abschnitt 9.5.2	30-Minuten-Spannungsfestigkeit	X							
Abschnitt 9.6	Mechanische und elektrische Eigenschaften nach mechanischer, thermischer oder chemischer Beanspruchung								
Abschnitt 9.6.1	Stress-Test ^{d)}	X			X		X	X	
Abschnitt 9.6.2	Schrumpfung der Isolierung in der Wärme	X	X	X	X	X	X	X ^{a)}	
Abschnitt 9.6.3	Wärmedruckbeständigkeit der Isolierung	X							
Abschnitt 9.6.4	Bestimmung der Derating-Kurve	X	X						
Abschnitt 9.6.5	Thermische Belastbarkeit im gewickelten Zustand ^{d)}	X							
Abschnitt 9.6.6	Thermische Überlast								
Abschnitt 9.6.6.1	Thermische Überlast T ₀ + 50 °C	X				X			
Abschnitt 9.6.6.2	Extreme thermische Überlast T ₀ + 75 °C für 1 h								X
Abschnitt 9.6.7	Wickelprüfung nach Kurzzeitalterung (240 h)	X	X	X	X	X	X		
Abschnitt 9.6.8	Langzeitalterung (3 000 h)								
Abschnitt 9.6.8.1	Wickelprüfung nach Langzeitalterung	X							
Abschnitt 9.6.8.2	Minimaler zulässiger Radius für statische Verlegung	X							
Abschnitt 9.6.9	Wickelprüfung bei Niedrigtemperatur (-40 °C)	X	X	X	X	X	X		
Abschnitt 9.6.10	Schlagprüfung bei niedriger Temperatur (-15 °C)	X							
Abschnitt 9.6.11	Wischfestigkeit der Leitungskennzeichnung ^{c)}	X							

Abschnitt	Prüfung	Freigabeprüfung			Standortprüfung	Veränderung Vormaterialien	Requalifizierungsprüfung	Prozessprüfung	Sonderprüfung
		A1	A2 A12 B2 C2	A11					
Abschnitt 9.6.12	Biegewechselbeständigkeit ^{e)}	X							
Abschnitt 9.6.13	Abknickprüfung ^{d)}	X							
Abschnitt 9.6.14	Elektrische Eigenschaften bei Wasserlagerung	X							
Abschnitt 9.6.15	Feuchte Wärme, konstant (Hydrolyseprüfung)	X							
Abschnitt 9.6.16	Ozonbeständigkeit ^{c)}	X							
Abschnitt 9.7	Mykologische Prüfung ^{c)}	X							
Abschnitt 9.8	Verträglichkeitsprüfungen								
Abschnitt 9.8.1	Chemikalienbeständigkeit nach ISO 6722-1	X							
Abschnitt 9.8.2	Beständigkeit gegen Chemikalien	X							
Abschnitt 10	Prüfungen spezifisch für Hochvoltleitungen								
Abschnitt 10.1	Durchgangswiderstand der Isolierung bis T _O	X				X			

- a) Diese Prüfung ist nur dann erforderlich, wenn die Komponenten sich von VW 60306-1 unterscheiden.
- b) Der Nachweis ist vom Leitungshersteller zu erbringen.
- c) Die Prüfung wird nur am größten Querschnitt jeden Compounds durchgeführt.
- d) Ist für Leitungsquerschnitte > 6 mm² nicht durchzuführen.
- e) Ist für Leitungsquerschnitte > 16 mm² nicht durchzuführen.

Dokumentation:

Die Dokumentation der Prüfungen nach Fall A, Fall B, Fall C und Fall D ist an den Kunden zu senden. Für Fall E und Fall F liegt die Dokumentations- und Archivierungspflicht beim Leitungshersteller und braucht nur auf Anforderung an den Kunden gesendet zu werden.

Ist eine erteilte Freigabe älter als 10 Jahre, kann eine neue komplette Prüfung (A1) nach dem aktuellsten Stand der jeweiligen Hausnorm durch die Fachabteilung gefordert werden. In diesem Fall wird der kleinste Querschnitt (z. B. 1,50 mm²) bzw. die kleinste Querschnittskombination (2 × 1,50 mm²) jedes Compounds geprüft.

Prüfumfang A1 / A2:

Prüfung für den Hauptfertigungsstandort, Vorstellung

- neuer Leitungen oder
- bekannter Leitungen mit neuem Compound.

Die Vorgehensweise bei geringfügigen Compound-Änderungen ist mit der Fachabteilung abzusprechen.

Prüfumfänge B bis E setzen eine Freigabe nach A1 voraus.

Prüfumfang A1 / A12:

Prüfung für den Hauptfertigungsstandort.

Wird durchgeführt, wenn Isolationsmaterialien bereits mit anderen Leiterwerkstoffen im vergleichbaren Querschnittbereich geprüft und freigegeben sind.

Prüfumfang B1 / B2:

Gleiches Compound, anderer Standort des gleichen Leitungsherstellers. Wenn das Isolationsmaterial bereits nach VW 60306-1 freigegeben wurde.

Prüfumfang C1 / C2:

Bei unveränderter Compound-Zusammensetzung und

- chemisch identischen Vormaterialien von anderen Unterlieferanten oder
- Änderung des Compound-Herstellstandortes.

Prüfumfang D:

Umfang, der zur Requalifizierung durchgeführt wird um die BMG-Freigabe zu erneuern. Spätestens nach 10 Jahren ist mit der Fachabteilung abzustimmen, ob eine Requalifizierung notwendig ist.

Prüfumfang E:

Empfohlene prozessbegleitende Prüfung (z. B. chargenbezogen oder kontinuierlich). Für die Prozesssicherheit ist der Lieferant verantwortlich.

Prüfumfang F:

Sonderprüfumfang: Durchführung nur auf Anfrage der Fachabteilung

Querschnittszuordnung:

Prüfumfang A1 / A11 / B1 / C1: Wird an Leitungen mit geringster Wanddicke der Isolation durchgeführt.

Kurzprüfung A2 / A12 / B2 / C2: alle weiteren Querschnitte

Prüfmatrix für Einzeladerleitungen, die ausschließlich in Mantelleitungen eingesetzt werden siehe [Tabelle 7](#)

Tabelle 7 – Prüfmatrix

Abschnitt	Prüfung	Freigabeprüfung			Standortprüfung	Veränderung Vormaterialien	Requalifizierungsprüfung	Prozessprüfung	Sonderprüfung
		Prüfumfang	A1	A2 A12 B2 C2					
Abschnitt 7.3	Farbe	X	X	X	X	X			
Abschnitt 7.4.1	Sichtprüfung							X ^{a)}	
Abschnitt 7.4.2	Prüfung auf Isolationsfehler ^{b)}							X ^{a)}	
Abschnitt 9.1	Prüfung Leitungsaufbau	X	X	X	X	X	X	X ^{a)}	
Abschnitt 9.2	Physikalische und chemische Eigenschaften der Isolierung								
Abschnitt 9.2.1	Dichte ^{c)}	X				X	X		
Abschnitt 9.2.2	Thermische Stabilität	X	X	X	X	X	X		
Abschnitt 9.2.3	Bestimmung der Zugfestigkeit und Reißdehnung	X	X	X	X	X	X		
Abschnitt 9.2.4	Weiterreißfestigkeit	X			X	X	X		
Abschnitt 9.2.5	Bestimmung des Vernetzungsgrades	X	X	X	X	X	X	X ^{a)}	
Abschnitt 9.3	Mechanische Eigenschaften im Anlieferungszustand								
Abschnitt 9.3.1	Abisolierbarkeit / Leiterfestsitz	X	X	X	X	X	X	X ^{a)}	
Abschnitt 9.3.2	Abriebfestigkeit der Isolierung								
Abschnitt 9.3.3	Biegekraft der Leitungen								
Abschnitt 9.3.4	Kerbfestigkeit der Isolierung								
Abschnitt 9.4	Flammwidrigkeit								
Abschnitt 9.5	Elektrische Eigenschaften im Anlieferungszustand								
Abschnitt 9.5.1	Spezifischer Durchgangswiderstand der Isolierung ^{c)}	X							
Abschnitt 9.5.2	30-Minuten-Spannungsfestigkeit	X							
Abschnitt 9.6	Mechanische und elektrische Eigenschaften nach mechanischer, thermischer oder chemischer Beanspruchung								
Abschnitt 9.6.1	Stress-Test ^{d)}	X			X		X	X	
Abschnitt 9.6.2	Schrumpfung der Isolierung in der Wärme	X	X	X	X	X	X	X ^{a)}	
Abschnitt 9.6.3	Wärmedruckbeständigkeit der Isolierung	X							

Abschnitt	Prüfung	Freigabeprüfung			Standortprüfung	Veränderung Vormaterialien	Requalifizierungsprüfung	Prozessprüfung	Sonderprüfung
		Prüfumfang	A1	A2 A12 B2 C2					
Abschnitt 9.6.4	Bestimmung der Derating-Kurve								
Abschnitt 9.6.5	Thermische Belastbarkeit im gewickelten Zustand ^{d)}								
Abschnitt 9.6.6	Thermische Überlast								
Abschnitt 9.6.6.1	Thermische Überlast T ₀ + 50 °C	X				X			
Abschnitt 9.6.6.2	Extreme thermische Überlast T ₀ + 75 °C für 1 h								X
Abschnitt 9.6.7	Wickelprüfung nach Kurzzeitalterung (240 h)	X	X	X	X	X	X		
Abschnitt 9.6.8	Langzeitalterung (3 000 h)								
Abschnitt 9.6.8.1	Wickelprüfung nach Langzeitalterung	X							
Abschnitt 9.6.8.2	Minimaler zulässiger Radius für statische Verlegung	X							
Abschnitt 9.6.9	Wickelprüfung bei Niedrigtemperatur (-40 °C)	X	X	X	X	X	X		
Abschnitt 9.6.10	Schlagprüfung bei niedriger Temperatur (-15 °C)								
Abschnitt 9.6.11	Wischfestigkeit der Leitungskennzeichnung ^{c)}								
Abschnitt 9.6.12	Biegewechselbeständigkeit ^{e)}	X							
Abschnitt 9.6.13	Abknickprüfung ^{d)}	X							
Abschnitt 9.6.14	Elektrische Eigenschaften bei Wasserlagerung	X							
Abschnitt 9.6.15	Feuchte Wärme, konstant (Hydrolyseprüfung)	X							
Abschnitt 9.6.16	Ozonbeständigkeit ^{c)}								X
Abschnitt 9.7	Mykologische Prüfung ^{c)}								X
Abschnitt 9.8	Verträglichkeitsprüfungen								
Abschnitt 9.8.1	Chemikalienbeständigkeit nach ISO 6722-1	X							

Abschnitt	Prüfung	Freigabeprüfung			Standortprüfung	Veränderung Vormaterialien	Requalifizierungsprüfung	Prozessprüfung	Sonderprüfung
		A1	A2 A12 B2 C2	A11					
Abschnitt 9.8.2	Beständigkeit gegen Chemikalien	X							
Abschnitt 10	Prüfungen spezifisch für Hochvoltleitungen								
Abschnitt 10.1	Durchgangswiderstand der Isolierung bis T ₀	X				X			

- a) Diese Prüfung ist nur dann erforderlich, wenn die Komponenten sich von VW 60306-1 unterscheiden.
- b) Der Nachweis ist vom Leitungshersteller zu erbringen.
- c) Die Prüfung wird nur am größten Querschnitt jeden Compounds durchgeführt.
- d) Ist für Leitungsquerschnitte > 6 mm² nicht durchzuführen.
- e) Ist für Leitungsquerschnitte > 16 mm² nicht durchzuführen.

Dokumentation:

Die Dokumentation der Prüfungen nach Fall A, Fall B, Fall C und Fall D ist an den Kunden zu senden. Für Fall E und Fall F liegt die Dokumentations- und Archivierungspflicht beim Leitungshersteller und braucht nur auf Anforderung an den Kunden gesendet zu werden.

Ist eine erteilte Freigabe älter als 10 Jahre, kann eine neue komplette Prüfung (A1) nach dem aktuellsten Stand der jeweiligen Hausnorm durch die Fachabteilung gefordert werden. In diesem Fall wird der kleinste Querschnitt (z. B. 1,50 mm²) bzw. die kleinste Querschnittskombination (2 × 1,50 mm²) jedes Compounds geprüft.

Prüfumfang A1 / A2:

Prüfung für den Hauptfertigungsstandort, Vorstellung

- neuer Leitungen oder
- bekannter Leitungen mit neuem Compound.

Die Vorgehensweise bei geringfügigen Compound-Änderungen ist mit der Fachabteilung abzusprechen.

Prüfumfänge B bis E setzen eine Freigabe nach A1 voraus.

Prüfumfang A11 / A12:

Prüfung für den Hauptfertigungsstandort.

Wird durchgeführt, wenn Isolationsmaterialien bereits mit anderen Leiterwerkstoffen im vergleichbaren Querschnittsbereich geprüft und freigegeben sind.

Prüfumfang B1 / B2:

Gleiches Compound, anderer Standort des gleichen Leitungsherstellers. Wenn das Isolationsmaterial bereits nach VW 60306-1 freigegeben wurde.

Prüfumfang C1 / C2:

Bei unveränderter Compound-Zusammensetzung und

- chemisch identischen Vormaterialien von anderen Unterlieferanten oder
- Änderung des Compound-Herstellstandortes.

Prüfumfang D:

Umfang, der zur Requalifizierung durchgeführt wird um die BMG-Freigabe zu erneuern. Spätestens nach 10 Jahren ist mit der Fachabteilung abzustimmen, ob eine Requalifizierung notwendig ist.

Prüfumfang E:

Empfohlene prozessbegleitende Prüfung (z. B. chargenbezogen oder kontinuierlich). Für die Prozesssicherheit ist der Lieferant verantwortlich.

Prüfumfang F:

Sonderprüfumfang: Durchführung nur auf Anfrage der Fachabteilung

Querschnittszuordnung:

Prüfumfang A1 / AI1 / B1 / C1:	Wird an Leitungen mit geringster Wanddicke der Isolation durchgeführt.
Kurzprüfung A2 / AI2 / B2 / C2:	alle weiteren Querschnitte

8.2 Prüfklima

siehe VW 60306-1

8.3 Proben

siehe VW 60306-1

8.4 Runden von Zahlenwerten

siehe VW 60306-1

9 Prüfungen

Im Falle unterschiedlicher Angaben in Zeichnung und Norm ist generell der Zeichnungseintrag bindend sofern nicht anders vereinbart. Alle Anforderungen in der Zeichnung werden zusätzlich zu den Anforderungen entsprechend der Prüfmatrix Tabelle 6 geprüft.

9.1 Prüfung Leitungsaufbau

Prüfdurchführung: siehe VW 60306-1, VW 60306-2

Maße: entsprechend den Tabellen in Anhang A und Zeichnungseintrag

Der Einsatz von konstruktiv notwendigen Hilfsmitteln (wie z. B. Bänder, Folien) ist zulässig.

9.2 Physikalische und chemische Eigenschaften der Isolierung bzw. des Mantels

9.2.1 Dichte

siehe VW 60306-1

9.2.2 Thermische Stabilität

siehe VW 60306-1

9.2.3 Bestimmung der Zugfestigkeit und Reißdehnung

siehe VW 60306-1 bzw. VW 75209-1

9.2.4 Weiterreißfestigkeit

siehe VW 60306-1

9.2.5 Bestimmung des Vernetzungsgrades

siehe VW 60306-1

9.3 Mechanische Eigenschaften im Anlieferungszustand

Die Leitung muss so aufgebaut sein, dass sie sich einwandfrei verarbeiten lässt.

9.3.1 Abisolierbarkeit / Leiterfestsitz

Prüfdurchführung: siehe VW 60306-1

Anforderung: mustergerecht

Falls erforderlich, sind die Haftsitzwerte zwischen dem Lieferanten und dem Abnehmer zu vereinbaren.

9.3.2 Abriebfestigkeit der Isolierung

siehe VW 60306-1 bzw. VW 75209-1

Die Mindestzyklenzahl (siehe Tabelle 8) ist von jeder einzelnen Messung zu erfüllen.

Sofern die Applikationen hochflexible HV-Leitungen erfordern, sind abweichende Abriebzyklen zulässig. Geeignete Schutzmaßnahmen sind mit der jeweiligen Fachabteilung abzustimmen.

Tabelle 8 – Zyklenzahl

Leiternenn- querschnitt	in mm ²	0,35	0,5	0,75	1,0	1,5	2,5	4,0	≥ 6,0 ≤ 25,0
Auflagekraft	in N	7,00 ± 0,05							
Anzahl der Zyklen	minimal	300	450	500	750	2 500	2 500	2 500	2 500

9.3.3 Biegekraft der Leitung

siehe VW 60306-1 bzw. VW 75209-1

9.3.4 Kerbfestigkeit der Isolierung

siehe VW 60306-1

Die Kerbkraft muss den Werten aus Tabelle 9 entsprechen.

Sofern die Applikationen hochflexible HV-Leitungen erfordern, sind abweichende Kerbkraften zulässig. Geeignete Schutzmaßnahmen sind mit der jeweiligen Fachabteilung abzustimmen.

Tabelle 9 – Kerbkraft

Leiternennquerschnitt	in mm ²	0,35	0,5	0,75	1,0	1,5	2,5	4,0	6,0	< 6,0
Anzahl der Zyklen	in N	45	60	75	75	75	90	105	120	120

9.4 Flammwidrigkeit

nach ISO 6722-1

9.5 Elektrische Eigenschaften im Anlieferungszustand

9.5.1 Spezifischer Durchgangswiderstand der Isolierung

siehe VW 60306-1

Spezifischer Durchgangswiderstand mindestens $10^{13} \Omega\text{mm}$ (Bei Mantelleitungen muss der Nachweis für die Einzelleitung erbracht werden).

9.5.2 30-Minuten Spannungsfestigkeit

Prüfdurchführung: siehe VW 60306-1

Anforderung: siehe VW 60306-1

Die zusätzlichen Anforderungen 600 V Leitungen nach ISO 6722-1 sind zu beachten (Bei Mantelleitungen muss der Nachweis für die Einzelleitung erbracht werden).

9.5.3 Messung der 1-Minuten Spannungsfestigkeit (nur nach Alterung)

Siehe VW 60306-1, jedoch mit 3 kV für Querschnitte $\leq 6,0 \text{ mm}^2$ und 5 kV bei Querschnitten $> 6,0 \text{ mm}^2$

- Ader gegen Ader,
- Ader gegen Lösung (3 % NaCl). Dabei ist die Leitung derart abzuisolieren, dass die Lösung zwischen Mantel und Einzelader eintreten kann (mindestens 4 h Lagerung).

9.6 Mechanische und elektrische Eigenschaften nach mechanischer, thermischer oder chemischer Beanspruchung

9.6.1 Stress-Test

Prüfdurchführung der Einzelader: siehe VW 60306-1

Bei Mantelleitungen muss der Nachweis für die Einzelleitung erbracht werden

9.6.2 Schrumpfung der Isolierung in der Wärme

siehe VW 60306-1 bzw. VW 75209-1

9.6.3 Wärmedruckbeständigkeit der Isolierung

siehe VW 60306-1 bzw. VW 75209-1

9.6.4 Bestimmung der Derating Kurve

siehe VW 60306-1

Bei mehradrigen Leitung ist die Bestromung symmetrisch wie folgt durchzuführen. Die Bestromung der Einzeladern erfolgt in Reihenschaltung mit einer Stromquelle:

HV-Leitungen 2-adrig Bestromung 2 Adern

HV-Leitungen 3-adrig – Bestromung 2 Adern wenn 1 Aderfarbe angegeben

– Bestromung 3 Adern wenn keine Aderfarbe vorhanden

HV-Leitungen 4-adrig Bestromung 3 Adern

HV-Leitungen 5-adrig Bestromung 3 Adern

Im Prüfbericht werden die Anzahl und die Aderfarben der bestromten Adern angegeben.

Die charakteristischen Leitungskenngrößen von a und b sind für jeden Querschnitt im Prüfbericht anzugeben. Für jeden Querschnitt sind die für die Berechnung herangezogenen Parameter anzugeben.

Zusätzlich ist das nach VW 60306-3 berechnete τ bei folgenden Temperaturen und maximaler Dauerbestromung im Prüfbericht anzugeben:

- 23 °C
- 55 °C
- 85 °C
- 105 °C

Maximale Dauerbestromung ist der Strom der bei Prüftemperatur benötigt wird um T_0 zu erreichen.

Folgende Diagramme müssen (wie in VW 60306-1 gezeigt) dargestellt werden:

- zulässiger Strom bei vorgegebener Umgebungstemperatur.
- Temperaturerhöhung bei vorgegebenem Strom bei den Umgebungstemperaturen 23 °C, 55 °C, 85 °C und 105 °C.

9.6.5 Thermische Belastbarkeit im gewickelten Zustand

siehe VW 60306-1

Prüfung der Durchschlagfestigkeit nach Abschnitt 9.5.3

9.6.6 Thermische Überlast

siehe VW 60306-1 bzw. VW 75209-1

Prüfung der Durchschlagfestigkeit nach Abschnitt 9.5.3

Die Farbe der gealterten und ungealterten Leitungen sind auf einem Bild zu dokumentieren.

9.6.6.1 Thermische Überlast $T_0 + 50\text{ °C}$

siehe [VW 60306-1](#) bzw. [VW 75209-1](#)

Prüfung der Durchschlagfestigkeit nach [Abschnitt 9.5.3](#)

9.6.6.2 Extreme thermische Überlast $T_0 + 75\text{ °C}$ für 1 h

siehe [VW 60306-1](#) bzw. [VW 75209-1](#)

Prüfung der Durchschlagfestigkeit nach [Abschnitt 9.5.3](#)

9.6.7 Wickelprüfung nach Kurzeitalterung (240 h)

siehe [VW 60306-1](#) bzw. [VW 75209-1](#)

Die Farbe der gealterten und ungealterten Leitung sind auf einem Bild zu dokumentieren.

Prüfung der Durchschlagfestigkeit nach [Abschnitt 9.5.3](#)

9.6.8 Langzeitalterung (3 000 h)

siehe [VW 60306-1](#) bzw. [VW 75209-1](#)

Die Farbe der gealterten und ungealterten Leitung sind auf einem Bild zu dokumentieren.

9.6.8.1 Wickelprüfung nach Langzeitalterung

siehe [VW 60306-1](#) bzw. [VW 75209-1](#)

Prüfung der Durchschlagfestigkeit nach [Abschnitt 9.5.3](#)

9.6.8.2 Minimal zulässiger Biegeradius für statische Verlegung

siehe [VW 60306-1](#) bzw. [VW 75209-1](#)

Prüfung der Durchschlagfestigkeit nach [Abschnitt 9.5.3](#)

9.6.9 Wickelprüfung bei Niedrigtemperatur (-40 °C)

siehe [VW 60306-1](#) bzw. [VW 75209-1](#)

Prüfung der Durchschlagfestigkeit nach [Abschnitt 9.5.3](#)

9.6.10 Schlagprüfung bei niedriger Temperatur (-15 °C)

siehe [VW 60306-1](#)

9.6.11 Wischfestigkeit der Leitungskennzeichnung

siehe [VW 60306-1](#) bzw. [VW 75209-1](#)

9.6.12 Biegewechselbeständigkeit

siehe [VW 60306-1](#) bzw. [VW 75209-1](#)

9.6.13 Abknickprüfung

siehe VW 60306-1 (Bei Mantelleitungen muss der Nachweis für die Einzelleitung erbracht werden)

9.6.14 Elektrische Eigenschaften bei Wasserlagerung

siehe VW 60306-1 (Bei Mantelleitungen muss der Nachweis für die Einzelleitung erbracht werden)

9.6.15 Feuchte Wärme, konstant (Hydrolyseprüfung)

siehe VW 60306-1 bzw. VW 75209-1

Prüfung der Durchschlagfestigkeit nach Abschnitt 9.5.3

9.6.16 Ozonbeständigkeit

siehe VW 60306-1

Prüfung der Durchschlagfestigkeit nach Abschnitt 9.5.3

9.7 Mykologische Prüfung

siehe VW 60306-1

9.8 Verträglichkeitsprüfungen

9.8.1 Chemikalienbeständigkeit nach ISO 6722-1

Prüfdurchführung: siehe VW 60306-1 bzw. VW 75209-1

Anforderung: siehe VW 60306-1 bzw. VW 75209-1

Prüfung der Durchschlagfestigkeit nach Abschnitt 9.5.3

9.8.2 Beständigkeit gegen Chemikalien

siehe VW 60306-1 bzw. VW 75209-1

Prüfung der Durchschlagfestigkeit nach Abschnitt 9.5.3

Beständigkeit mindestens

- 480 h gegenüber Chemikalien der Chemikaliengruppe 1 (siehe VW 60306-1 Beiblatt 1) und
- 240 h gegenüber Chemikalien der Chemikaliengruppe 2 (siehe VW 60306-1 Beiblatt 1).

10 Prüfungen spezifisch für Hochvoltleitungen

10.1 Durchgangswiderstand der Isolierung bis $T_0 + 50 \text{ °C}$

Die gemessenen Werte werden zur Datensammlung benötigt:

- Messreihen innerhalb der Leitungshersteller notwendig.
- Betrachtung in Abhängigkeit der Leitungsgeometrien notwendig, da der Durchgangswiderstand in Abhängigkeit Isolationsoberfläche zu sehen ist.

Die Prüfbeschreibung erfolgt nach Vorlage der Ergebnisse der Leitungshersteller.

10.2 Stecksystemfreigabe

Die Stecksystemfreigabe erfolgt nach [VW 80332](#) (Prüfung und Bewertung der Eignung der Leitung im Stecksystem).

11 Umweltschutz und Sicherheit

Neben geltenden gesetzlichen Anforderungen müssen zudem die Anforderungen aus [VDA 232-101](#) (Gefahrstoffliste) erfüllt werden.

Es gilt zudem [VW 50180](#).

12 Mitgeltende Unterlagen

Die folgenden zitierten Dokumente sind zur Anwendung dieses Dokuments erforderlich:

VW 50180	Bauteile, Komponenten, Halbzeuge und Werkstoffe des Fahrzeuginnenraumes; Emissionsverhalten
VW 60306-1	Elektrische Leitungen für Kraftfahrzeuge - Teil 1: Kupferleitung; einadrig, ungeschirmt
VW 60306-1 Beiblatt 1	Chemikalienliste
VW 60306-2	Elektrische Leitungen für Kraftfahrzeuge - Teil 2: Aluminiumleitungen; einadrig, ungeschirmt
VW 60306-3	Bestimmung der Strombelastbarkeit von Fahrzeugleitungen
VW 75205	Verdrillte Leitungen
VW 75209-1	Manteleitungen für Kraftfahrzeuge - Anforderungen und Prüfungen
VW 80332	Kfz-Hochvolt-Kontaktierung
DIN 72551-7	Straßenfahrzeuge - Niederspannungsleitungen - Teil 7: Farben und Farbkennzeichnung von Adern für Niederspannungsleitungen
DIN 76722	Straßenfahrzeuge - Elektrische Leitungen - Regel für den Aufbau der Kurzbezeichnungen
DIN EN 60445	Grund- und Sicherheitsregeln für die Mensch-Maschine-Schnittstelle - Kennzeichnung von Anschlüssen elektrischer Betriebsmittel, angeschlossenen Leiterenden und Leitern (IEC 60445:2010); Deutsche Fassung EN 60445:2010
DIN EN ISO/IEC 17025	Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien
ISO 6469-3	Elektrisch angetriebene Straßenfahrzeuge - Sicherheitsspezifikation - Teil 3: Elektrische Sicherheit
ISO 6722-1	Straßenfahrzeuge - 60 V und 600 V einadrige Niederspannungsleitungen - Teil 1: Maße, Prüfverfahren und weitere Anforderungen für Kupferkabel
VDA 232-101	Globale Liste für deklarationspflichtige Stoffe im Automobilbau
VDA Band 6 Teil 1	Qualitätsmanagement in der Automobilindustrie - Teil 1: QM-Systemaudit, Serienproduktion

Anhang A (informativ)

In Anhang A sind nachfolgend aufgeführt:

Tabelle A.1 „Aufbautabelle für ungeschirmte einadrige HV-Leitungen FHL und FHLR“

Tabelle A.2 „FHRL - Leitungen einadrig ungeschirmt mit reduzierter Isolierwanddicke (maximal Spannungsklasse 2 = 600 / 1 000 V AC/DC)“

Tabelle A.3 „Mantelleitungen mehradrig ungeschirmt mit reduzierter Isolierwanddicke (maximal Spannungsklasse 2 = 600 / 1 000 V AC/DC) - Leiterwerkstoff: Kupfer“

Tabelle A.1 – Aufbautabelle für ungeschirmte einadrige HV-Leitungen FHL und FHLR

Leiternennquerschnitt	Einzeldraht ^{a)}				Leiter						Leitung				
	Anzahl ^{b)}	Durchmesser	Anzahl ^{b)}	Durchmesser	Durchmesser d1	Querschnitt für blanke Leiter ^{c)}		Widerstand bei 20 °C Einzeldrähte blank		Widerstand bei 20 °C Einzeldrähte verzinkt		Außendurchmesser d2	Wanddicke der Isolierung s	Konzentritätsfaktor K ^{d)}	
mm ²	Stück	mm	Stück	mm	mm	mm ²		mΩ/m		mΩ/m		mm	mm	%	
	nominal	maximal	nominal	maximal	maximal	maximal	minimal	maximal	minimal	maximal	minimal	maximal zulässige Abweichung	minimal	minimal	
0,35 bis 6	Werte siehe VW60306-1, Tabelle A.1 „FLR - Leiteraufbau symmetrisch Typ A mit reduzierter Wanddicke“														
10	80	0,41	320	0,21	4,5	10,2	9,39	1,82	1,67	1,85	1,70	6,5	-0,6	0,8	45
16	126		512		5,8	16,0	14,7	1,16	1,07	1,18	1,09	8,3			
25	196		790		7,2	25,0	23,0	0,743	0,683	0,757	0,701	10,0			
35	276		1 070		8,5	35,3	32,4	0,527	0,484	0,538	0,500	11,0	-0,7	1,04	
50	396		1 600		10,5	50,5	46,5	0,368	0,338	0,375	0,350	13,2	-0,8	1,2	
70	360	0,51	2 175	0,21	12,5	71,7	66,0	0,259	0,238	0,264	0,248	15,1	-	1,28	
95	475		3 000		14,8	94,8	87,2	0,196	0,180	0,200	0,189	17,4			
120	608		3 700		16,5	121	112	0,153	0,140	0,156	0,149	19,5			

- a) Andere Drahtdurchmesser und Drahtzahlen können nur verwendet werden, wenn diese zwischen Fachabteilung und Lieferant vereinbart wurden.
- b) Geringfügige Abweichungen der Drahtanzahl sind zulässig (±5 %) bei Einhaltung des elektrischen Widerstandes und des maximalen Einzeldrahtdurchmessers.
- c) Errechnet mit einem Wert der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit von 58,0 Sm/mm², Qualitätskontrolle durch Widerstandsmessung.
- d) $K \text{ in } \% = \left(\frac{s_{\min}}{s_{\max}} \right) \times 100$, s_{\max} muss dabei nicht gegenüber s_{\min} liegen.

Tabelle A.2 – FHLR - Leitungen einadrig ungeschirmt mit reduzierter Isolierwanddicke (maximal Spannungsklasse 2 = 600 / 1 000 V AC/DC)

Hier gelten alle Tabellen für FLR-Leitungen aus VW 60306-1

- „FLR - Leiteraufbau symmetrisch Typ A mit reduzierter Wanddicke“
- „FLR - Leiteraufbau unsymmetrisch Typ B mit reduzierter Wanddicke“
- „FLR - Leiteraufbau unsymmetrisch Typ B mit reduzierter Wanddicke (Zwischenquerschnitte)“
- „FLR - Leiteraufbau unsymmetrisch feindrätig / flexibel Typ B“

Tabelle A.3 – Mantelleitungen mehradrig ungeschirmt mit reduzierter Isolierwanddicke (maximal Spannungsklasse 2 = 600 / 1 000 V AC/DC) - Leiterwerkstoff: Kupfer

Leiter ^{a)}						Ader			Außenmantel ^{b)}				
Leiteranzahl	Leiternennquerschnitt	Einzeldraht-Anzahl	Einzeldraht-Durchmesser	Durchmesser d1	Widerstand bei 20 °C ^{c)} Einzeldrähte blank	Durchmesser d2		Wanddicke der Isolierung s2	Konzentritätsfaktor K ^{d)}	Außendurchmesser d3		Wanddicke der Isolierung s3	Konzentritätsfaktor K ^{d)}
Stück	mm ²	Stück	mm	mm	mΩ/m	maximal	zulässige Abweichung	minimal	%	maximal	zulässige Abweichung	minimal	%
1	0,5	16 19	0,21 0,19	1,1	38,2	1,6		0,18		3,0	-0,4	0,36	
2													
3													
4													
5													
1	0,75	19 24	0,23 0,21	1,3	25,6	1,9		0,2	45	3,4	-0,4	0,38	
2													
3													
4													
5													
1	1,0	19 32	0,26 0,21	1,5	18,9	2,1		0,2	45	3,6	-0,4	0,38	
2													
3													
4													
5													
1	1,5	19 30	0,32 0,26	1,8	13,3	2,4		0,22	45	3,9	-0,4	0,38	
2													
3													
4													
5													
1	2,5	19 50	0,41 0,26	2,1	8,1	3,0		0,24	45	4,5	-0,6	0,38	
2													
3													
4													
5													
1	4,0	56	0,31	2,8	5,2	3,7		0,28	45	5,2	-0,4	0,38	
2													
3													
4													
5													

Leiter ^{a)}						Ader			Außenmantel ^{b)}				
Leiteranzahl	Leiternennquerschnitt	Einzeldraht-Anzahl	Einzeldraht-Durchmesser	Durchmesser d1	Widerstand bei 20 °C ^{c)} Einzeldrähte blank	Durchmesser d2		Wanddicke der Isolierung s2	Konzentritätsfaktor K ^{d)}	Außendurchmesser d3		Wanddicke der Isolierung s3	Konzentritätsfaktor K ^{d)}
Stück	mm ²	Stück	mm	mm	mΩ/m	mm	zulässige Abweichung	mm	%	mm	zulässige Abweichung	mm	%
	nominal		maximal	maximal	maximal	maximal		minimal	minimal	maximal		minimal	minimal
2	4,0	120	0,21	2,8	5,2	3,7				9,7		0,72	
3										10,3			
4										11,3			
5										12,5			
1	6,0	84 183	0,31 0,21	3,4	3,3	4,3	-0,3	0,28	45	6,0	-0,6	0,42	45
2										11,0		0,76	
3										11,8			
4										13,0		0,86	
5										14,3			
1	10	80 320	0,41 0,21	4,5	2,0	6,0	-0,6	0,32	45	8,0	-0,8	0,56	45
2										14,6		0,86	
3										15,8			
4										17,6		1,10	
5										19,6			

- a) Andere Drahtdurchmesser und Drahtzahlen können nur verwendet werden, wenn diese zwischen Fachabteilung und Lieferant vereinbart wurden.
- b) Trennfolien optional unterhalb des Außenmantels einsetzbar
- c) Auf Datenbasis nach VW 60306-1 ermittelte Werte inklusive Zugabe Verseil- und Reckungszuschläge nach VW 75205 und VW 75209-1; Qualitätskontrolle durch Widerstandmessung.
- d) $K \text{ in } \% = \left(\frac{s_{\min}}{s_{\max}} \right) \times 100$, s_{\max} muss dabei nicht gegenüber s_{\min} liegen.