

	Starkstromkabel Teil 605: Ergänzende Prüfverfahren Deutsche Fassung HD 605 S1:1994	DIN VDE 0276-605
VDE	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Vorstand beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter nebenstehenden Nummern in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der etz Elektrotechnische Zeitschrift bekanntgegeben worden.	Klassifikation VDE 0276 Teil 605
Diese Norm enthält die Deutsche Fassung des Harmonisierungsdokuments HD 605 S1 ICE 29.060.20 Deskriptoren: Starkstromkabel, Prüfverfahren, Kabel Power cables – Part 605: Additional test methods – German version HD 605 S1:1994 Câbles électriques – Partie 605: Méthodes d'essais supplémentaires – Version allemande HD 605 S1:1994 Die Norm enthält das Europäische Harmonisierungsdokument HD 605 S1:1994. Beginn der Gültigkeit Diese Norm gilt ab 1. Oktober 1995. Entwurf war veröffentlicht als DIN VDE 0472-100 (VDE 0472 Teil 100):1992-10. Fortsetzung Seite 2 bis 4 124 Seiten HD Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)		

Nationales Vorwort

Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium UK 411.1 „Starkstromkabel“ der DKE zuständig.

Das Harmonisierungsdokument HD 605 ist zusammen mit dem HD 603 „Energieverteilungskabel mit Nennspannungen 0,6/1 kV“ und HD 604 „Starkstromkabel mit Nennspannungen 0,6/1 kV mit verbessertem Verhalten im Brandfall für Kraftwerke“ vor dem Hintergrund der europäischen öffentlichen Beschaffungsrichtlinie (Public Procurement Directive) erstellt worden. Es enthält ergänzende Prüfverfahren, die noch nicht in der Reihe der Harmonisierungsdokumente HD 505 (entsprechend IEC 811) bzw. HD 21.2 oder HD 22.2 enthalten sind. Das vorliegende Harmonisierungsdokument enthält also eine Sammlung von Prüfverfahren für die unterschiedlichsten Kabelkonstruktionen. Deshalb gilt auch hier, daß nur die Prüfungen für die Anwendung relevant sind, die in den Kabelaufbaunormen speziell gefordert sind. Es sind dies für die Kabel nach HD 603 (DIN VDE 0276-603 (VDE 0276 Teil 603)) und HD 604 (DIN VDE 0276-604 (VDE 0276 Teil 604)) folgende fettgedruckten Abschnitte:

- 2.1.4 Messung der Drähte, Streifen und Bänder
- 2.1.4.2 Drähte und Bänder des konzentrischen Leiters oder Schirms**
- 2.2.1 Härteprüfung nach Shore D am PE-Mantel**
- 2.4.4 Schrumpfungsprüfung am Kabelmantel
- 2.4.4.1 Verfahren 1**
- 2.4.13 Verhalten bei hohen Temperaturen**
- 3.1 Elektrischer Widerstand
- 3.1.1 Leiter**
- 3.2 Spannungsprüfung
- 3.2.1 Prüfungen am vollständigen Kabel**
- 3.2.1.1 Einadrige Kabel**
- 3.2.1.2 Mehradrige Kabel**
- 3.3.1 Isolationswiderstandsprüfung an Adern**
- 3.4 Oberflächenwiderstand des Kabelaußenmantels**

Das UK 411.1 „Starkstromkabel“ der DKE hat beschlossen, den Aufbau des Harmonisierungsdokumentes unverändert zu übernehmen; hierdurch ergibt sich eine völlig neue Struktur in der nationalen Normung auch auf dem Gebiet der Prüfungen von Kabeln und isolierten Leitungen. Bisher waren alle Prüfungen in den Normen der Reihe DIN VDE 0472 (VDE 0472) enthalten. Zukünftig wird dies nicht mehr zusammenfassend in einer Reihe von Normen der Fall sein können.

Der Text dieser Norm enthält neben den gesetzlichen Einheiten auch die Einheiten „mm Wassersäule“, „mm Quecksilbersäule (mm Hg)“ und „Btu/h“, die im Deutschen Normenwerk nicht zugelassen sind. Es wird jedoch ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die Anwendung dieser Einheiten im nationalen amtlichen und geschäftlichen Verkehr auf Grund des Gesetzes über Einheiten im Meßwesen nicht zulässig ist.

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist nachstehend wiedergegeben.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in bezug genommene Ausgabe der Norm.

Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig.

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
Normen der Reihe HD 21	Normen der Reihe IEC 227	Normen der Reihe DIN VDE 0281 (VDE 0281)	VDE 0281
Normen der Reihe HD 22	Normen der Reihe IEC 245	Normen der Reihe DIN VDE 0282 (VDE 0282)	VDE 0282
HD 383 S2:1986	IEC 228:1982	DIN VDE 0295 (VDE 0295)	VDE 0295
Normen der Reihe HD 405	Normen der Reihe IEC 332	DIN VDE 0472-804 (VDE 0472 Teil 804)	VDE 0472 Teil 804
Normen der Reihe HD 505	Normen der Reihe IEC 811	Normen der Reihe E DIN EN 60811 (VDE 0473)	VDE 0473
HD 603 S1:1994	–	DIN VDE 0276-603 (VDE 0276 Teil 603)	VDE 0276 Teil 603
HD 604 S1:1994	–	DIN VDE 0276-604 (VDE 0276 Teil 604)	VDE 0276 Teil 604
Normen der Reihe HD 606	Normen der Reihe IEC 1034	DIN VDE 0472-816 (VDE 0472 Teil 816)	VDE 0472 Teil 816
EN 10002-1:1990	–	DIN EN 10002-1	–
–	IEC 52:1960	–	–
–	IEC 230:1966	DIN VDE 0472-511 (VDE 0472 Teil 511)	VDE 0472 Teil 511
–	IEC 584-1:1977	–	–
–	ISO 48	–	–
–	ISO 75	–	–
–	ISO 2818	–	–
–	ISO 4589	–	–

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise in nationalen Zusätzen

DIN VDE 0276-603 (VDE 0276 Teil 603)	Starkstromkabel – Teil 603: Energieverteilungskabel mit Nennspannungen U_0/U 0,6/1 kV; Deutsche Fassung HD 603 S1 Teile 1, 3G und 5G :1994
DIN VDE 0276-604 (VDE 0276 Teil 604)	Starkstromkabel – Teil 604: Starkstromkabel mit Nennspannungen U_0/U 0,6/1 kV mit verbessertem Verhalten im Brandfall für Kraftwerke; Deutsche Fassung HD 604 S1 Teile 1 und 5G :1994
Normen der Reihe DIN VDE 0281 (VDE 0281)	PVC-isolierte Starkstromleitungen
Normen der Reihe DIN VDE 0282 (VDE 0282)	Gummi-isolierte Starkstromleitungen
DIN VDE 0295 (VDE 0295)	Leiter für Kabel und isolierte Leitungen für Starkstromanlagen
DIN VDE 0472-511 (VDE 0472 Teil 511)	Prüfung an Kabeln und isolierten Leitungen – Stoßspannungsfestigkeit
DIN VDE 0472-804 (VDE 0472 Teil 804)	Prüfung an Kabeln und isolierten Leitungen – Brennverhalten
DIN VDE 0472-816 (VDE 0472 Teil 816)	Prüfung an Kabeln und isolierten Leitungen – Rauchdichte (IEC 1034-1:1990, modifiziert und IEC 1034-2:1991, modifiziert)
Normen der Reihe E DIN EN 60811 (VDE 0473)	Isolier- und Mantelwerkstoffe für Kabel und isolierten Leitungen – Allgemeine Prüfverfahren (IEC 811); Deutsche Fassung EN 60811
DIN EN 10002-1	Metallische Werkstoffe – Zugversuch – Teil 1: Prüfverfahren (bei Raumtemperatur) – enthält Änderung AC1:1990; Deutsche Fassung EN 10002-1:1990 und AC1:1990

HARMONISIERUNGSDOKUMENT
HARMONIZATION DOCUMENT
DOCUMENT D'HARMONISATION

HD 605 S1

Juni 1994

DK 621.315.2 : 620.1

Deskriptoren: Kabel, Prüfung, Messung der Abmessungen, mechanische Prüfung, physikalische Prüfung, chemische Prüfung, elektrische Prüfung, Prüfung des Brennverhaltens, thermische Langzeitprüfung, Klassifikation, Prüfbedingungen

Deutsche Fassung

Elektrische Kabel
Ergänzende Prüfverfahren

Electric cables – Additional test methods

Câbles électriques – Méthodes d'essais
supplémentaires

Dieses Harmonisierungsdokument wurde von CENELEC am 1993-12-08 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen für die Übernahme dieses Harmonisierungsdokumentes auf nationaler Ebene festgelegt sind.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Übernahme mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Dieses Harmonisierungsdokument besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch).

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien und dem Vereinigten Königreich.

CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

Vorwort

Das HD 605 wurde gemeinsam von WG 9 und WG 10 des TC 20 vorbereitet und im April 1991 dem Technischen Komitee auf seiner Tagung in Frankfurt vorgelegt.

Das Dokument rationalisiert alle die Prüfverfahren, die die im HD 405 und HD 505 aufgeführten Prüfverfahren ergänzen und welche ursprünglich jeweils im Teil 2 vom HD 603 (Verteilerkabel der Nennspannung 0,6/1 kV) und vom HD 604 (0,6/1 kV Starkstromkabel mit besonderem Brandverhalten oder besonderen Anforderungen für Kraftwerke) enthalten sein sollten. Folglich gibt es weder im HD 603 noch im HD 604 einen Teil 2. Auf Beschluß des Technischen Vorstandes (D68/047) sind die Nationalen Komitees gefordert, nur die national zutreffenden Teile der HD 603 und HD 604 in ihre Landessprache zu übersetzen. Deshalb beziehen sich nicht alle Prüfverfahren im HD 605 auf beide anderen HD, noch sind sie in irgendwelchen nationalen Teilen genannt.

Der Entwurf wurde den CENELEC-Mitgliedern zur formalen Abstimmung im März 1993 vorgelegt und wurde als HD 605 S1 am 8. Dezember 1993 angenommen.

Bezüge zu anderen HD, EN und internationalen Normen sind in Anhang III angegeben.

Folgende Termine sind festgelegt:

- letztes Datum der Bekanntmachung auf nationaler Ebene (doa): 1994-06-01
- letztes Datum zur Publikation einer harmonisierten nationalen Norm (dop): 1994-12-01
- letztes Datum zur Zurücknahme nationaler widersprechender Normen (dow): 1994-12-01

Inhalt

	Seite
1 ALLGEMEINES	6
1.1 Anwendungsbereich	6
1.2 Anzuwendende Prüfungen	6
1.3 Klassifizierung der Prüfungen	6
1.4 Probenentnahme	6
1.5 Prüfbedingungen	6
2 NICHELEKTRISCHE PRÜFUNGEN	7
2.1 Prüfung der Maße	7
2.1.1 Messung der Isolierwanddicke	7
2.1.2 Messung der Wanddicke des nichtmetallinen Mantels	7
2.1.3 Bestimmung der Maße des Kabels	7
2.1.3.1 Messung der Außenmaße	7
2.1.3.2 Messung der Ovalität	7
2.1.4 Messung der Drähte, Streifen und Bänder	7
2.1.4.1 Leiterdrähte	7
2.1.4.2 Drähte und Bänder des konzentrischen Leiters oder Schirms	8
2.1.4.3 Drähte, Streifen und Bänder von Bewehrungen	8
2.1.5 Messung der Dicke von Metallmänteln	8
2.1.6 Prüfung der Anordnung von Schirm- oder Bewehrungsbändern oder -drähten	8
2.1.6.1 Verfahren 1	8
2.1.6.2 Verfahren 2	9
2.1.7 Prozentuale Bedeckung durch ein Metallgeflecht	9
2.1.8 Messung des Abstandes zwischen nichtmetallinen Bändern der Bandzwischen-schicht	9
2.1.9 Messung der Dicke der Gummischicht	9

	Seite
2.1.9.1 Einlagige Gummischicht	9
2.1.9.2 Zweilagige Gummischicht	9
2.2 Mechanische Prüfungen an nichtmetallenen Aufbauelementen	9
2.2.1 Härteprüfung nach Shore D am PE-Mantel	9
2.2.2 Bestimmung des Weiterreißwiderstandes des Mantels	11
2.2.2.1 Verfahren 1	11
2.2.2.2 Verfahren 2	12
2.2.3 Druckprüfung	12
2.2.4 Wärmedruckprüfung an der Isolierhülle und am Mantel	13
2.2.5 Bestimmung der Härte von elastomeren Isolierhüllen und Mänteln	13
2.2.6 Prüfung des Zugmoduls	13
2.2.6.1 Prüfung des Zugmoduls bei Umgebungstemperatur	13
2.2.6.2 Prüfung des Zugmoduls bei erhöhter Temperatur	13
2.2.7 Qualität von einlagigen (S) und zweilagigen (D) Gummischichten von Kabeln mit konzentrischem Schutzleiter	14
2.2.8 (reserviert)	17
2.2.9 (reserviert)	17
2.2.10 (reserviert)	17
2.2.11 (reserviert)	17
2.2.12 Wassereindringprüfung am Mantel	17
2.3 Mechanische Prüfungen an metallenen Aufbauelementen	17
2.3.1 Zugprüfung metallener Aufbauelemente	17
2.3.1.1 Verfahren 1 – Aufbauelemente aus Aluminium	17
2.3.1.2 Verfahren 2 – Leiter aus Aluminium	17
2.3.1.3 Verfahren 3 – Aluminium- und Kupferleiter	17
2.3.2 Wickelprüfung verzinkter Stahldrähte	17
2.4 Nichtelektrische Prüfungen an Proben des vollständigen Kabels	18
2.4.1 Biegeprüfung des vollständigen Kabels	18
2.4.1.1 Übliche Biegeprüfung des vollständigen Kabels	18
2.4.1.2 Spezielle Biegeprüfung des vollständigen Kabels	18
2.4.1.3 Biegeprüfung für das vollständige Kabel bei sehr niedriger Temperatur	18
2.4.1.4 Biegeprüfung bei niedriger Temperatur vor und nach der Alterung	18
2.4.2 Prüfung der Bewehrung aus Formdrähten nach der Biegeprüfung	20
2.4.3 Eindringprüfung am Kabelmantel	20
2.4.4 Schrumpfungsprüfung am Kabelmantel	21
2.4.4.1 Verfahren 1	21
2.4.4.2 Verfahren 2	22
2.4.5 Abriebprüfung	22
2.4.6 Kerbkraftprüfung am Kabelmantel	23
2.4.7 Druckprüfung	24
2.4.8 Verhalten des PVC-Mantels bei niedriger Temperatur	24
2.4.9 Längswasserdichtheit	25
2.4.10 Prüfung des Neutral-/Erdleiters auf Korrosion	27
2.4.11 Wirksamkeit der Korrosionsschutzschicht nach der Alterung	27
2.4.12 Prüfung der gegenseitigen Beeinflussung	27
2.4.12.1 Verfahren 1	27
2.4.12.2 Verfahren 2	27

2.4.13	Verhalten bei hohen Temperaturen	28
2.4.14	Überlastungsprüfung von Leitern im Installationskanal	28
2.4.15	Unversehrtheit von einlagigen Schichten aus Gummi.	28
2.5	Physikalische und chemische Prüfungen	28
2.5.1	Verzinkungsgüte	28
2.5.1.1	Messung der Masse des Zinküberzuges.	28
2.5.1.2	Prüfung der Gleichmäßigkeit des Zinküberzuges	30
2.5.2	Thermogravimetrische Prüfung an nichtmetallinen Werkstoffen	30
2.5.3	Kontrolle der Verzinnung der Kupferdrähte	31
2.5.4	Kontrolle der Haltbarkeit von Farben und Kennzeichnung	31
2.5.5	Prüfung auf Wasserdampfdurchlässigkeit	32
2.5.6	Bestimmung der Wasseraufnahme durch Kapazitätsmessung	34
3	ELEKTRISCHE PRÜFUNGEN	35
3.1	Elektrischer Widerstand.	35
3.1.1	Leiter	35
3.1.2	Bewehrung	35
3.1.3	Elektrischer Widerstand einer Kombination von Bewehrung und Schutzleiter	36
3.1.4	Widerstandsprüfung des Schirmes oder konzentrischen Leiters	38
3.1.4.1	Verfahren 1	38
3.1.4.2	Verfahren 2	38
3.2	Spannungsprüfungen	38
3.2.1	Prüfungen am vollständigen Kabel	38
3.2.1.1	Einadrige Kabel	38
3.2.1.2	Mehradrige Kabel	38
3.2.2	Prüfungen an Adern	38
3.2.2.1	Gleichspannungsprüfung an der Isolierhülle	38
3.2.2.2	Wechselspannungsprüfung an der Isolierhülle	39
3.2.3	Prüfungen am Außenmantel	39
3.2.3.1	Verfahren 1	39
3.2.3.2	Verfahren 2	39
3.2.3.3	Verfahren 3	39
3.3	Isolationswiderstandsprüfungen	39
3.3.1	Isolationswiderstandsprüfung an Adern	39
3.3.2	Isolationswiderstandsprüfung am vollständigen Kabel mit Schirm oder Bewehrung	40
3.3.3	Isolationswiderstandsprüfung am vollständigen Kabel ohne Schirm oder Bewehrung	40
3.3.4	Widerstandsprüfung des Außenmantels am vollständigen Kabel mit Schirm oder Bewehrung	40
3.3.5	Prüfverfahren für die Isolationskonstante K des Mantels	40
3.4	Oberflächenwiderstand des Kabelaußenmantels	41
3.5	Prüfung des Isoliervermögens der Kabelfüllmischung	41
3.6	Durchlaufspannungsprüfung	42
3.6.1	Verfahren 1	42
3.6.2	Verfahren 2	45
3.6.3	Verfahren 3	48
3.6.4	Verfahren 4	48
3.7	Messung des Kopplungswiderstandes	48

	Seite
4 PRÜFUNGEN DES BRANDVERHALTENS	50
4.1 Prüfungen des Brennverhaltens (Brandweiterleitung)	50
4.1.1 Brennverhalten-Prüfverfahren 1	50
4.1.2 Brennverhalten-Prüfverfahren 2	51
4.1.3 Brennverhalten-Prüfverfahren 3	70
4.1.4 Brennverhalten-Prüfverfahren 4	73
4.1.5 Brennverhalten-Prüfverfahren 5	74
4.1.6 Brennverhalten-Prüfverfahren 6	75
4.2 Rauchdichte	76
4.2.1 Rauchdichte-Prüfverfahren 1	76
4.2.2 Rauchdichte-Prüfverfahren 2	76
4.2.3 Rauchdichte-Prüfverfahren 3	77
4.2.4 Rauchdichte-Prüfverfahren 4	79
4.2.5 Rauchdichte-Prüfverfahren 5	81
4.3 Korrosivität von Brandgasen	82
4.3.1 Korrosivität von Brandgasen-Prüfverfahren 1	82
4.4 Toxizität der Brandgase	86
4.4.1 Toxizität der Brandgase-Prüfverfahren 1	86
4.4.2 Toxizität der Brandgase-Prüfverfahren 2	91
4.5 Temperaturindexprüfung	95
4.6 Sauerstoffindexprüfung bei hoher Temperatur	104
5 LANGZEITPRÜFUNGEN	110
5.1 Thermische Langzeitprüfung	110
5.1.1 Thermische Langzeitprüfung Prüfverfahren 1	110
5.1.2 Thermische Langzeitprüfung Prüfverfahren 2	116
5.1.3 Thermische Langzeitprüfung Prüfverfahren 3	116
5.1.4 Thermische Langzeitprüfung Prüfverfahren 4	116
5.1.5 Thermische Langzeitprüfung Prüfverfahren 5	116
5.1.6 Thermische Langzeitprüfung Prüfverfahren 6	116
5.1.7 Thermische Langzeitprüfung Prüfverfahren 7	117
5.2 Beständigkeit gegen Ziehschmiermittel	117
5.3 Langzeitprüfung in Wasser	117
5.3.1 Verfahren 1	117
5.3.2 Verfahren 2	118
Anhang I Beschreibung der Prüfeinrichtung	119
Anhang II Berechnung der Indizes	123
Anhang III Normative Verweisungen	124

1 ALLGEMEINES

1.1 Anwendungsbereich

Dieses HD faßt zusammen und legt die Prüfverfahren fest, die zum Prüfen von polymerisierten und ummantelten elektrischen Kabeln der Nennspannung 0,6/1 kV anzuwenden sind, die für öffentliche Verteilersysteme sowie für die Verwendung in Kraftwerken und Umspannwerken vorgesehen sind.

Die Prüfverfahren in diesem HD ergänzen die bereits harmonisierten, z. B. **HD 405** und **HD 505**, und werden zum Prüfen der Kabeltypen verwendet, die im **HD 603** und **HD 604** festgelegt sind. In jedem Falle vermitteln diese HD zusätzliche Informationen, die für die praktische Anwendung auf jeden spezifischen Typ benötigt werden. Daher ist das vorliegende HD selbst nicht ausreichend, um die Prüfungen an elektrischen Kabeln durchzuführen und auszuwerten.

Die vollständigen Prüfbedingungen (z. B. Temperaturen, Zeit) und/oder Prüfanforderungen werden im vorliegenden HD nicht festgelegt. Derartige Daten, die zur Durchführung der Prüfungen erforderlich sind, werden in den Hauptabschnitten angegeben.

(Anmerkung: Der Begriff „Hauptabschnitt“ bezieht sich ausnahmslos auf den Abschnitt im **HD 603** oder **HD 604** oder andere HD, auf die sich das HD 605 bezieht, in welchen ein spezieller Kabeltyp festgelegt ist.)

1.2 Anzuwendende Prüfungen

Die auf jeden Typ des Kabels anwendbaren Prüfungen sind in den Hauptabschnitten angegeben, die ebenfalls die Reihenfolge, die Prüfhäufigkeit sowie die Möglichkeit der Wiederholung fehlerbehafteter Prüfungen festlegen.

1.3 Klassifizierung der Prüfungen

Die Klassifizierung der Prüfungen wird im **HD 603-1** und **HD 604** angegeben.

1.4 Probenentnahme

Die Größe und die Anzahl der Proben werden entweder in dem vorliegenden HD oder in den entsprechenden HDs angegeben.

Wenn eine Kennzeichnung in der Oberfläche der Isolierung oder des Mantels eingeprägt ist, müssen die für die Prüfungen verwendeten Proben so ausgewählt werden, daß derartige Kennzeichnungen einbezogen sind.

Bei mehradrigen Kabeln müssen, mit Ausnahme der in **2.1.1** festgelegten Prüfung, nicht mehr als drei Adern (von verschiedener Farbe, falls vorhanden) geprüft werden, sofern keine anderweitige Festlegung getroffen wurde.

1.5 Prüfbedingungen

1.5.1 Umgebungstemperatur

Die Prüfungen müssen bei einer Umgebungstemperatur von 5 °C bis 35 °C durchgeführt werden, falls keine anderweitige Festlegung in den Angaben der einzelnen Prüfungen getroffen wurde.

1.5.2 Grenزابweichungen der Temperaturwerte

Wenn im Hauptabschnitt keine anderweitige Festlegung getroffen wurde, sind die in den Prüfverfahren genannten Grenزابweichungen wie folgt einzuhalten:

Vorgeschriebene Temperatur t in °C	Grenزابweichung in K
$-40 < t \leq 0$	± 2
$0 < t \leq 50$	entsprechend betreffendem Abschnitt
$50 < t \leq 150$	± 2
$t > 150$	± 3

1.5.3 Frequenz und Wellenform der Netzfrequenz-Prüfspannungen

Falls keine anderweitigen Festlegungen getroffen werden, muß die Prüfspannung von 49 Hz bis 61 Hz eine angenäherte Sinus-Wellenform aufweisen, wobei der Spitzenwert/Effektivwert gleich $\sqrt{2}$ mit einer Grenزابweichung von $\pm 7\%$ beträgt. Die Werte werden als Effektivwerte angegeben.

1.5.4 Vorbehandlung

Sämtliche Prüfungen dürfen nicht früher als 16 h nach der Extrusion oder der Vernetzung der Isolier- oder Mantelmischung, falls diese stattfand, durchgeführt werden.

2 NICHELEKTRISCHE PRÜFUNGEN

2.1 Prüfung der Maße

2.1.1 Messung der Isolierwanddicke

2.1.1.1 Verfahren

Die Isolierwanddicke muß nach 8.1 von HD 505.1.1 gemessen werden. Falls keine anderweitige Festlegung getroffen wurde, ist an drei Stellen jeweils eine Kabelprobe zu entnehmen.

Bei Kabeln bis 5 Adern muß die Übereinstimmung an jeder Ader des Kabels überprüft werden und bei Kabeln mit mehr als fünf Adern an der im Hauptabschnitt festgelegten Anzahl.

Falls das Herausnehmen des Leiters schwierig ist, muß er in eine Zugprüfmaschine eingespannt werden, oder das Aderstück ist in eine geeignete Flüssigkeit zu legen, bis sich die Isolierung löst.

2.1.1.2 Auswertung

Falls keine anderweitige Festlegung getroffen wurde, ist der Mittelwert der 18 Werte in mm, die aus den drei Isolierungsstücken einer jeden Ader erhalten wurden, auf zwei Dezimalstellen zu berechnen und, wie nachfolgend dargestellt, zu runden, und dieses Ergebnis gilt als Mittelwert der Isolierwanddicke.

Wenn bei der Berechnung die zweite Dezimalstelle nach dem Komma größer oder gleich 5 ist, muß die erste Dezimalstelle auf die nächste Ziffer erhöht werden, beispielsweise ist 1,74 auf 1,7 und 1,75 auf 1,8 zu runden.

Der niedrigste sämtlicher erhaltenen Werte gilt als Mindestdicke der Isolierung an beliebiger Stelle.

2.1.2 Messung der Wanddicke des nichtmetallinen Mantels

2.1.2.1 Verfahren

Die Dicke des Mantels muß nach 8.2 des HD 505.1.1 gemessen werden. Falls keine anderweitige Festlegung getroffen wurde, muß jeweils eine Kabelprobe an drei Stellen entnommen werden.

2.1.2.2 Auswertung

Der Mittelwert aller Werte in mm, die aus den drei Stücken des Mantels gewonnen wurden, muß auf zwei Dezimalstellen berechnet werden und, wie nachfolgend dargestellt, gerundet werden, und dieses Ergebnis gilt als Mittelwert der Dicke des Mantels.

Wenn bei der Berechnung die zweite Dezimalstelle nach dem Komma größer oder gleich 5 ist, muß die erste Dezimalstelle auf die nächste Ziffer erhöht werden, beispielsweise ist 1,74 auf 1,7 und 1,75 auf 1,8 zu runden.

Der niedrigste sämtlicher erhaltenen Werte gilt als Mindestdicke des Mantels an beliebiger Stelle.

2.1.3 Bestimmung der Maße des Kabels

2.1.3.1 Messung der Außenmaße

Falls keine anderweitige Festlegung getroffen wurde, müssen die drei nach 2.1.1 oder 2.1.2 entnommenen Proben verwendet werden.

Die Messung des Außendurchmessers eines Rundkabels und der Außenabmessungen von Flachkabeln mit einer größten Abmessung bis 15 mm muß nach 8.3 des HD 505.1.1 durchgeführt werden.

Für die Messung von Flachkabeln mit einer größten Abmessung über 15 mm muß eine Bügelmeßschraube, ein Meßprojektor oder eine ähnliche Einrichtung verwendet werden.

Der Mittelwert der erhaltenen Werte gilt als das mittlere Außenmaß.

2.1.3.2 Messung der Ovalität

Zum Prüfen der Ovalität von runden ummantelten Kabeln müssen zwei Messungen an demselben Querschnitt des Kabels ausgeführt werden, die den Höchst- und den Mindestwert einschließen.

2.1.4 Messung der Drähte, Streifen und Bänder

2.1.4.1 Leiterdrähte

Messung des Durchmessers der Leiterdrähte (Leiter der Klasse 5).

a) Probenentnahme

Aus einer Ader jedes für die Prüfung ausgewählten Kabelabschnittes werden stichprobenartig entweder aufgerundet 10 % der Gesamtanzahl der Drähte oder 10 Drähte entnommen. Die Auswahl erfolgt so, daß immer so wenig wie möglich Drähte entnommen werden.

b) Verfahren

Mit Hilfe einer Meßschraube wird an drei Stellen, die etwa 300 mm voneinander entfernt liegen müssen, der Durchmesser jedes einzelnen Drahtes bestimmt. Es wird auf zwei Dezimalstellen nach dem Komma abgelesen. Der Mittelwert der drei Messungen gilt als der Drahtdurchmesser.

2.1.4.2 Drähte und Bänder des konzentrischen Leiters oder Schirms

a) Probenentnahme

Eine Probe von etwa 500 mm Länge ist aus dem Prüfstück zu entnehmen und mit Hilfe eines Werkzeuges zu richten, wobei sie nicht beschädigt werden darf. Danach wird sie gereinigt.

b) Verfahren

Bei Drähten und Bändern wird die Dicke mit einer Meßschraube oder einer Meßuhr mit einem Meßeinsatz mit ebenen Meßflächen mit einem Durchmesser von 4 mm bis 8 mm gemessen. Die Messungen müssen an drei Stellen durchgeführt werden, die gleichmäßig entlang der Probe verteilt sind.

c) Auswertung

Als Dicke gilt der aus den drei Messungen erhaltene Mittelwert. Die Prüfung gilt als erfüllt, wenn der Mittelwert nicht unter dem im Hauptabschnitt vorgeschriebenen Mindestwert liegt.

2.1.4.3 Drähte, Streifen und Bänder von Bewehrungen

a) Runddrähte

Aus einem Stück des vollständigen Kabels werden etwa 10 % der Gesamtanzahl der Runddrähte entnommen. Den Durchmesser jeden Runddrahtes dieser Probenentnahme bestimmt man mit Hilfe einer Meßschraube mit flachen Einsätzen und durch zwei Messungen im rechten Winkel zueinander. Der Mittelwert gilt als Drahtdurchmesser.

b) Flachdrähte oder Streifen

Aus einer Probe des vollständigen Kabels werden etwa 10 % der Gesamtanzahl der Flachdrähte oder Streifen genommen. Die Dicke und Breite jedes Flachdrahtes bestimmt man mit einer Meßschraube oder einem Meßschieber mit flachen Einsätzen. Die Mittelwerte gelten als Dicke bzw. Breite des Flachdrahtes bzw. Streifens.

c) Dicke der Metallbänder

Man entnimmt von jedem Bewehrungsband ein Stück, richtet dieses, entfernt gegebenenfalls den nichtmetallenen Überzug und bestimmt die Banddicke an sechs verschiedenen Stellen mit einer Meßschraube oder einem Meßschieber mit flachen Einsätzen. Man nimmt den Mindestwert, um ihn mit der festgelegten Dicke sowie der angegebenen Grenzabweichung im Hauptabschnitt zu vergleichen.

2.1.5 Messung der Dicke von Metallmänteln

Die Dicke von Bleimänteln muß durch eines der nachfolgenden Verfahren nach dem Ermessen des Herstellers bestimmt werden. (Verfahren zur Dickenmessung anderer Metallmäntel sind in Bearbeitung.)

a) Streifenverfahren: Die Messung muß an einer Probe des Mantels von etwa 50 mm Länge vorgenommen werden, das von der fertigen Kabellänge entnommen wurde. Die Probe muß in ausreichender Entfernung vom Kabelende entnommen werden, damit eine eindeutige Prüfung durchgeführt werden kann.

Die Probe muß längs geschlitzt und sorgfältig geglättet werden. Nach dem Reinigen der Probe sind eine Anzahl von Messungen entlang des Umfanges des Mantels vorzunehmen, die mindestens 10 mm von der Kante der geglätteten Probe entfernt liegen müssen, damit sichergestellt ist, daß die dünnste Stelle gemessen wird. Die Messung muß mit einer Meßschraube mit ebenen Flächen eines Durchmessers von 4 mm bis 8 mm und einer Meßunsicherheit von $\pm 0,01$ mm vollzogen werden.

a) Ringverfahren: Die Messungen müssen an einem Ring des Mantels vorgenommen werden, der sorgfältig aus dem Probestück geschnitten wurde. Die Dicke muß an einer ausreichenden Anzahl von Punkten entlang des Umfanges des Ringes bestimmt werden, damit sichergestellt ist, daß die dünnste Stelle erfaßt wird.

Die Messungen sind mit einer Meßschraube vorzunehmen, die entweder einen flachen und einen kugelförmigen Einsatz oder einen flachen Einsatz und einen flachen rechtwinkligen Einsatz von 0,8 mm Breite sowie 2,4 mm Länge aufweist. Der kugelförmige oder der flache rechtwinklige Einsatz muß an der Innenseite des Ringes angesetzt werden. Die Fehlergrenze der Meßschraube muß $\pm 0,01$ mm betragen.

2.1.6 Prüfung der Anordnung von Schirm- oder Bewehrungsbändern oder -drähten

2.1.6.1 Verfahren 1

In einem Abstand von mindestens 150 mm vom Ende einer Fertigungslänge wird eine 300 mm lange Probe genommen. Man mißt den Spalt zwischen den nebeneinanderliegenden Kanten des Bandes (der Bänder) sowie die Bandbreite. Die Messung ist an 4 Stellen entlang der Probe mit einer Meßunsicherheit von höchstens 0,5 mm vorzunehmen.

2.1.6.2 Verfahren 2

Man entfernt zwei Ringe des Mantels von jeweils 50 mm Länge, in einem Abstand von 5 D und 15 D (wobei D den Gesamtdurchmesser darstellt) vom einen Ende des Kabels, so daß die Metallbänder oder -drähte freigelegt werden.

Es ist eine Sichtprüfung der freigelegten Bauteile vorzunehmen und der größte Spalt zwischen nebeneinanderliegenden Drähten oder Bändern zu messen. Die Messung muß mit einer Meßunsicherheit von höchstens 0,5 mm vorgenommen und das Ergebnis mit einer Dezimalstelle angegeben werden.

2.1.7 Prozentuale Bedeckung durch ein Metallgeflecht

Die prozentuale Bedeckung B der Beflechtung ist nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$B = \frac{100 d}{q} \left(m_1 n_1 + m_2 n_2 - m_1 n_1 m_2 n_2 \frac{d}{q} \right)$$

Dabei ist:

$$q = \frac{\pi D S}{\sqrt{\pi^2 D^2 + S^2}}$$

- D mittlerer Durchmesser der Beflechtung (Durchmesser unter dem Metallgeflecht plus 2 d in mm)
 d Nenndurchmesser der Drähte des Geflechtes in Millimeter
 S Schlaglänge der Drähte des Geflechtes in Millimeter
 m_1 Anzahl der Fachungen in einer Richtung
 m_2 Anzahl der Fachungen in der anderen Richtung
 n_1, n_2 Anzahl der Drähte je Fachung entsprechend der Richtung

2.1.8 Messung des Abstandes zwischen nichtmetallinen Bändern der Bandzwischen-schicht

Es wird eine 300 mm lange Probe vom Kabel in einer Entfernung von mindestens 150 mm vom Ende einer Fertigungslänge entnommen. Daran mißt man den Abstand zwischen den nebeneinanderliegenden Kanten jedes Zwischenbandes im rechten Winkel zum Band sowie auch die Bandbreite.

Die Messungen sind mit jedem geeigneten Gerät vorzunehmen, bei dem die Fehlergrenze 0,5 mm nicht überschreitet. Man mißt die Abstände an vier Stellen, etwa 50 mm voneinander entfernt, entlang der Länge der Probe.

2.1.9 Messung der Dicke der Gummischicht

2.1.9.1 Einlagige Gummischicht

Die Durchmesser über der Oberfläche des konzentrischen Neutral/Erd-Kupferleiters und den verseilten Adern muß mit einem Meßband an derselben Stelle bestimmt werden. Die Nennwanddicke der Gummischicht ist die halbe Differenz zwischen diesen zwei Durchmessern, vermindert um den Durchmesser eines Kupferdrahtes des konzentrischen Leiters.

2.1.9.2 Zweilagige Gummischicht

Die Durchmesser über der Korrosionsschutzschicht und über der Ader von Einphasenkabeln, oder über den verseilten Adern von Dreiphasenkabeln sind an derselben Stelle zu bestimmen. Die mittlere Dicke der Korrosionsschutzschicht ist die halbe Differenz zwischen diesen beiden Durchmessern. Bei Dreiphasenkabeln mit Rundleitern und ohne Lückenfüllung muß der Wert, der vom Meßband über den Adern angezeigt wird, um 10 % erhöht werden, um den richtigen Durchmesser über den verseilten Adern anzugeben.

2.2 Mechanische Prüfungen an nichtmetallinen Aufbauelementen

2.2.1 Härteprüfung nach Shore D am PE-Mantel

- a) Prüfeinrichtung
- „Härteprüfgerät nach Shore D“ mit ergänzender Vorrichtung, bei der die prüfende Einrichtung festgeklemmt werden kann und die ein Andrücken mit einer Kraft von 50 N gestattet;
 - Eindringkörper;
 - Auflage für Kabelproben (siehe Bild 2.2.1);
 - Stahlrahmen mit den Maßen von etwa 75 mm × 75 mm × 6,5 mm;
 - Beheizbare Presse zum Herstellen von Prüfplatten;
 - Thermometer.

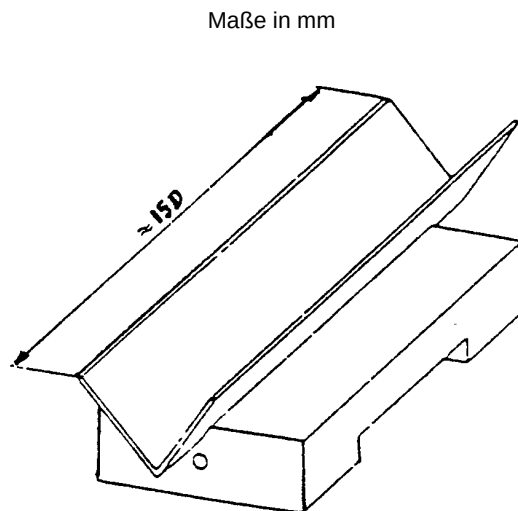


Bild 2.2.1: Auflage für Kabelproben

b) Prüfverfahren A (Prüfung am Kabel)

Prüfen der Härte des Mantels an Kabelproben mit einem Außendurchmesser > 20 mm und einer Mantelwanddicke > 2 mm.

i) Probenentnahme: Eine Probe von etwa 200 mm Länge wird dem zu prüfenden Kabel entnommen. Die Probe ist so auszuwählen, daß es keinerlei Krümmungen aufweist. Die Oberfläche des Mantels muß glatt und riefenfrei sein.

ii) Vorbereitung der Prüfung: Nach der Entnahme der Probe aus dem Kabel ist sie für mindestens 16 h bei einer Temperatur von (23 ± 2) °C zu lagern.

Die Probe wird so auf die Auflage gelegt, daß sie gleichmäßig aufliegt und bei Beleuchtung von der Rückseite kein Licht zwischen dem Eindringkörper und der Oberfläche des Mantels hindurchscheint.

iii) Prüfverfahren: Die Prüfung wird bei einer Temperatur von (23 ± 2) °C mit der Prüfeinrichtung und dem Eindringkörper nach 2.2.1 (a) durchgeführt. Die Härte muß 3 s nach der Berührung zwischen der Auflagefläche des Härteprüfgerätes und der Probe abgelesen werden.

Die Prüfung wird auf einer Mantellinie an 4 und auf der diametral entgegengesetzten Linie an 3 etwa 20 mm voneinander entfernten Stellen durchgeführt. Die gemessenen Werte müssen auf ganze Zahlen gerundet werden.

iv) Auswertung: Die Prüfung gilt als bestanden, wenn der Median aus den 7 Messungen nicht unterhalb des im Hauptabschnitt angegebenen Mindestwertes liegt.

ANMERKUNG: Die am Kabelmantel bestimmte Shorehärte D kann nicht als Materialkoeffizient betrachtet werden. Im Zweifelsfalle muß das Verfahren B angewendet werden.

c) Prüfverfahren B (Prüfung an Prüfplatten)

Prüfen der Härte des Mantelwerkstoffs für Kabel mit einem Außendurchmesser ≤ 20 mm und einer Wanddicke des Mantels ≤ 2 mm.

i) Probenentnahme: Der Mantelwerkstoff wird zerkleinert und in die Presse entsprechend a) gegeben. Es darf auch unverarbeitetes Granulat des Mantelwerkstoffs verwendet werden.

In der Presse entsprechend a) wird der Werkstoff bei einer Temperatur von (180 ± 3) °C im Stahlrahmen zu einer Platte geformt. Zuerst wird der Werkstoff innerhalb von 5 min ohne Druck auf die vorgegebene Temperatur erwärmt. Danach wird er mit einem Druck von 20 MPa innerhalb von 5 min geformt.

Die Dicke der Platte muß mindestens 6 mm betragen, und die Oberflächen müssen so eben und glatt wie möglich sein.

Hergestellt werden zwei Platten, die nach der Entnahme aus der Presse mindestens 5 min in Wasser abgekühlt werden. Danach werden sie weiter bei Raumtemperatur abgekühlt. Diese Proben müssen bei (23 ± 2) °C mindestens 16 h gelagert werden.

ii) Durchführung: Die Prüfung wird an beiden Proben durchgeführt. Hierbei werden an einer Probe 4 Messungen und an der anderen Probe 3 Messungen durchgeführt.

iii) Auswertung: Die Meßwerte müssen auf ganze Zahlen gerundet werden. Die Prüfung gilt als bestanden, wenn der Median aus den 7 Messungen nicht unterhalb des in den Hauptabschnitten angegebenen Mindestwertes liegt.

2.2.2 Bestimmung des Weiterreißwiderstandes des Mantels

2.2.2.1 Verfahren 1

a) Prinzip

Die Prüfung beinhaltet die Messung der erforderlichen Kraft für den Beginn eines Risses in einer Probe, das einen Winkel von 90° einschließt.

Die zum Beginnen des Reißens erforderliche Kraft, bezogen auf Wanddicke in mm, gilt als Weiterreißwiderstand des Mantels.

b) Probestück

b1) Probenentnahme

Die Proben werden vom Mantelwerkstoff hergestellt, die über eine Länge von mindestens 1 m an drei Stellen entnommen wurden. Im Falle vernetzter Werkstoffe wird die Probenentnahme frühestens 3 Tage nach der Herstellung durchgeführt.

Jede schlauchförmige Probe wird entlang zweier Längslinien aufgetrennt, so daß zwei zylindrisch gewölbte Abschnitte von 120 mm oder mehr in der Länge und mindestens 34 mm Breite gebildet werden.

Diese Platte wird dann geschliffen oder so zurechtgeschnitten, daß ein Streifen mit ebenen und parallelen Oberflächen von mindestens 1 mm Dicke entsteht.

Beim Schleifen ist darauf zu achten, daß es zu keiner Überhitzung kommt.

b2) Vorbereitung der Probe

Unter Verwendung eines Stanzwerkzeuges mit einer Form, wie in Bild 2.2.2.1 dargestellt, werden drei Proben aus dem so erhaltenen Streifen geschnitten

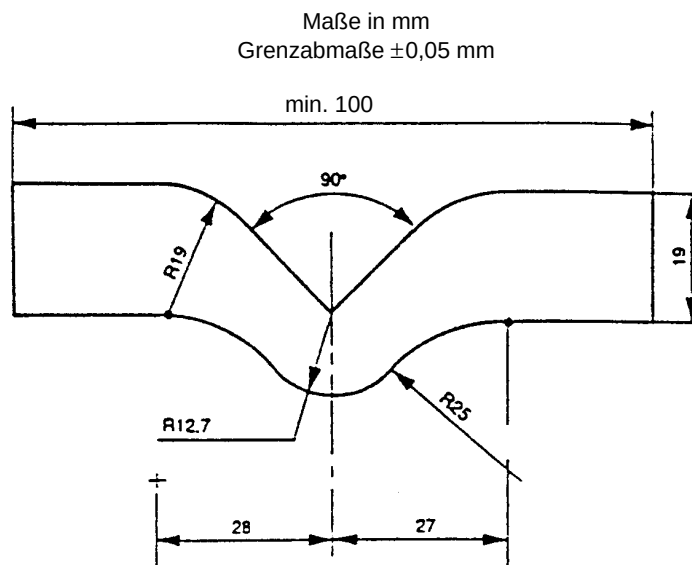


Bild 2.2.2.1: Probe für das Verfahren 1 der Prüfung des Weiterreißwiderstandes

b3) Bestimmung der Dicke

Unter Verwendung einer Meßschraube oder eines ähnlichen Meßgerätes werden bei einem Druck von maximal 0,07 MPa an drei Stellen entlang der rechtwinkligen Biegung Messungen durchgeführt, deren Mittelwert als Dicke der Probe gilt.

b4) Konditionierung der Proben

Vor der Prüfung werden die Proben mindestens 16 h bei einer Temperatur von $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ aufbewahrt.

c) Prüfverfahren

Die Probe wird so auf einem Dynamometer befestigt, daß die Mittellinie der Enden der Probe mit der Zugachse zusammenfallen und der Abstand zwischen den Klemmbacken 60 mm beträgt.

Hinsichtlich Größe und Form müssen die Klemmbacken so beschaffen sein, daß es weder zur Beschädigung noch zum Rutschen der Probe kommen kann.

Das Kraftmeßsystem darf eine Fehlergrenze von höchstens 1 % aufweisen. Der Meßbereich des Systems muß so beschaffen sein, daß die Messung zwischen 10 % und 90 % des Skalenbereichs vorgenommen werden kann, gleichgültig, um welche Probe es sich handelt.

Bei einer auf 50 mm/min eingestellten Geschwindigkeit wird die Belastung aufgebracht. Beim Reißen der Proben wird die durch die Maschine aufgezeichnete größte Kraft abgelesen.

d) Auswertung

Der Mittelwert der drei Ergebnisse, bezogen auf 1 mm Dicke der Proben, bildet den Weiterreißwiderstand, der in N/mm ausgedrückt wird.

2.2.2.2 Verfahren 2

a) Allgemeines

Dieses Prüfverfahren dient zur Bestimmung des Weiterreißwiderstandes von Mantelwerkstoffen.

Der Weiterreißwiderstand muß entlang der Richtung der Kabelachse und, wo dies möglich ist, im rechten Winkel zur Richtung des Kabelumfanges gemessen werden.

b) Vorbereitung der Proben

Man bereitet sechs Proben mit den Maßen, wie in Bild 2.2.2.2 dargestellt, sowie einer Dicke von nicht mehr als 4,0 mm und nicht weniger als 1,0 mm vor. Mit Hilfe eines scharfen Messers oder Stanzwerkzeugs werden diese Proben, vorzugsweise entlang der Richtung der Kabelachse, aus Abschnitten des Mantels herausgeschnitten, von dem alle eventuell vorhandenen Unregelmäßigkeiten durch Schleifen oder Schneiden entfernt worden sind. Mit einer scharfen Rasierklinge wird ein zentraler Längsschnitt senkrecht zur Breite der Proben bis zu einem Punkt gezogen, der 3,8 mm vom breiteren Ende entfernt liegt.

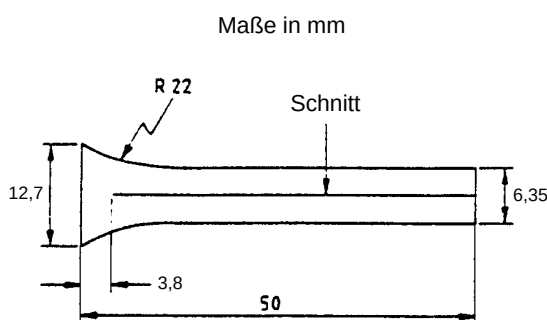


Bild 2.2.2.2: Probe für den Weiterreißwiderstand nach Verfahren 2

c) Konditionierung der Proben

Vor dem Beginn der Prüfung sind die Proben mindestens 3 h bei der Umgebungstemperatur aufzubewahren, bei der die Prüfung durchgeführt werden muß. Die Umgebungstemperatur muß bei $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ liegen, wobei die Prüfung innerhalb von 5 min nach der Entnahme aus dem Konditionierungsraum zu beginnen ist.

d) Verfahren

Jede Probe ist wie folgt zu prüfen. Es werden die Hälften der aufgetrennten Enden in den Klemmbacken einer Zugprüfmaschine eingeklemmt und die Klemmbacken mit einer Geschwindigkeit zwischen 350 mm/min und 500 mm/min auseinander bewegt.

e) Auswertung

Der Weiterreißwiderstand wird bestimmt, indem die höchste, zum Zerreißen des Abschnittes erforderliche Kraft, in Newton, durch die Dicke der Probe in mm dividiert wird. Die Ergebnisse sind nach aufsteigenden Werten zu ordnen, und der Mittelwert der beiden mittleren Werte gilt als Weiterreißwiderstand.

2.2.3 Druckprüfung

a) Probenentnahme

Es sind aus dem Kabel 4 Proben mit einer Mindestlänge von 0,5 m herauszuschneiden.

b) Prüfung bei Umgebungstemperatur

Auf einer Stützplatte werden zwei Metallzylinder von 10 mm Durchmesser parallel zueinander mit einem Abstand von 30 mm zwischen den Achsen angeordnet. Zwei Proben werden dann quer und im rechten Winkel

zu den Metallzylindern darüber gelegt. Über jeder Probe wird eine 100 mm lange Halbschale mit einem Innendurchmesser annähernd gleich dem Kabelaußendurchmesser angeordnet.

Die Halbschalen werden jeweils mit einer Kraft in $10 \cdot N$ gleich dem Betrag $0,7$ mal dem Kabelaußendurchmesser in mm belastet. Die Proben müssen mechanisch für 4 h belastet und auch für diese Zeit unter Spannung entsprechend der Festlegung in d) gehalten werden.

c) Prüfung bei 65 °C

Bei Anwendung des in b) angegebenen Verfahrens werden die verbleibenden zwei Proben mit einem Gewicht gleich dem Betrag von $0,5 \cdot D$ (D ist der Kabelaußendurchmesser in mm) belastet und in einer Wärmekammer bei 65 °C für 4 h angeordnet. Die Proben werden dann aus der Wärmekammer genommen und innerhalb 1 h der 4-h-Spannungsprüfung unterzogen, wie sie in d) festgelegt ist.

d) Anlegen der Spannung

Es ist eine Wechselspannung von 2,5 kV zwischen dem(n) Leiter(n) und dem konzentrischen Leiter anzulegen.

2.2.4 Wärmedruckprüfung an der Isolierhülle und am Mantel

a) Probenentnahme

Es sind drei Proben mit einer Länge von 40 mm an den beiden Enden eines Kabels zu entnehmen, das eine Länge von 1,25 m aufweist.

b) Vorbereitung der Proben

Die Prüfungen der Isolierhülle von sektorförmigen Adern werden an Streifen durchgeführt. Die Streifen, die so breit wie möglich sein müssen, werden im bogenförmigen Abschnitt auf der Isolierhülle parallel zur Leiterachse entnommen.

Die Streifen werden durch einen Stab oder ein Metallrohr unterstützt, das parallel zur Achse angebracht werden kann, um die Stütze stabiler zu gestalten. Der Radius des Stabes (oder des Metallrohres) muß in etwa der gleiche wie der Innenradius der Isolierhülle auf dem bogenförmigen Abschnitt der sektorförmigen Ader sein.

Die Schneide muß senkrecht zur Achse der Spitze oder des Metallrohres stehen.

c) Erwärmung der belasteten Proben

Die Prüfung muß in Luft oder in Wasser wenigstens 16 h nach der Extrusion durchgeführt werden. Die Isolierhülle von Adern mit einem Leiternennquerschnitt größer als 35 mm² wird in Luft geprüft. Das Prüfgerät, die Spitze (oder das Metallrohr) müssen solange vorgewärmt werden, bis sie die Prüftemperatur erreichen.

d) Berechnung der Druckkraft

Die Berechnung erfolgt nach 8.1.4 von HD 505.3.1 für Isolierhüllen oder 8.2.4 für Mäntel mit $k = 0,8$.

e) Abschrecken der belasteten Proben

Wenn die Prüfung in einem Wasserbad ausgeführt wird, müssen die Proben über die Wasseroberfläche angehoben (oder der Wasserstand bis unter die Proben gesenkt) werden, und die Proben sind durch kaltes Wasser abzukühlen.

Die Leistung der Heizelemente muß so ausgelegt sein, daß die Prüfung der größten Ader möglich ist.

2.2.5 Bestimmung der Härte von elastomeren Isolierhüllen und Mänteln

Die Härte von elastomeren Isolierhüllen und von Mänteln ist nach ISO R 48 zu bestimmen.

2.2.6 Prüfung des Zugmoduls

2.2.6.1 Prüfung des Zugmoduls bei Umgebungstemperatur

Die Zugfestigkeit ist unter Heranziehung des in 9.1 oder gegebenenfalls 9.2 von HD 505.1.1 angegebenen Zugfestigkeitsprüfverfahrens bei Umgebungstemperatur und 150 % Dehnung, sofern nichts anderes festgelegt ist, zu bestimmen.

Der Wert des Zugmoduls in N/mm² ist zu berechnen. Er muß mit den Angaben in den Hauptabschnitten übereinstimmen.

2.2.6.2 Prüfung des Zugmoduls bei erhöhter Temperatur

Unter Heranziehung des in 9.1 oder gegebenenfalls 9.2 von HD 505.1.1 angegebenen Zugfestigkeitsverfahrens ist die Zugfestigkeit bei 100 % Dehnung zu bestimmen.

Proben mit einer Mindestdicke von 2 mm müssen für 15 min bei 130 °C konditioniert werden, bevor sie auf einer Zugprüfmaschine bei derselben Temperatur geprüft werden.

Der Wert des Zugfestigkeitsmoduls in N/mm² ist zu berechnen. Er muß mit den im Hauptabschnitt angegebenen Daten übereinstimmen.

2.2.7 Qualität von einlagigen (S) und zweilagigen (D) Gummischichten von Kabeln mit konzentrischem Schutzleiter

2.2.7.1 Vorbereitung des Kabels

Von einem vollständigen Kabel beliebigen Querschnitts 3 mm × 185 mm oder größer, nicht kürzer als 600 mm, wird ein Stück entnommen. Der Mantel ist durch zwei Längsschnitte bis auf den Kupferdraht oder die äußere Gummischicht zu entfernen. Der Mantel muß in zwei Hälften entfernt werden. Bei der Durchführung muß die äußere Gummischicht (D) unberührt bleiben. Am abgemantelten (D) Kabel, das festgehalten wird, müssen zwei Markierungen in festgelegter Entfernung auf dem Umfang um das Kabel gemacht werden, an einem Ende mit Hilfe einer nichtmetallinen Schneideinrichtung. Der Abstand zwischen den Markierungen muß so sein, daß beim Entfernen der beiden Schichten die Gesamtmasse des Gummis mindestens 200 g beträgt.

Die äußere Gummischicht muß zwischen den beiden Umfangsmarkierungen mit Hilfe einer nichtmetallinen Schneideinrichtung durch Abschälen vom Nulleiter entfernt werden. Die so erhaltene Masse muß aufgehoben werden. Die Drähte müssen durch einzelnes Herausziehen aus dem einen Ende der Probe aus dem Kabel entfernt werden. Beim Typ (S) müssen die Drähte über einen größeren Abstand entnommen werden, um von der inneren Schicht allein 200 g zu erhalten.

Die innere Schicht muß über die erforderliche Länge durch Schälen oder durch geeignet angeordnete Längsschnitte auf die verseilten Adern herunter entfernt werden, und die Gummistreifen werden entnommen. Vorhandene Reste des Haltebandes müssen über den verseilten Adern entfernt werden. Dabei muß darauf geachtet werden, Kontaminationen mit Aluminium oder Kupferstaub oder Spänen zu vermeiden.

Durch Zusammenfügen der Proben von der inneren und der äußeren Schicht für einen Typ (D) oder der einfachen Schicht beim Typ (S) und 10maligem Passieren einer gekühlten Walze muß eine homogene Probe hergestellt werden. Die Walzen müssen bei einer Temperatur von $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$ und einem Reibungsverhältnis zwischen 1,15 : 1 und 1,25 : 1 gehalten werden. Der Gummi muß nach dem Passieren des Walzenspaltes aufgerollt werden, und die aufgerollte Probe wird bis zur Fertigstellung wieder in den Walzenspalt gegeben. Der Walzenspalt muß so eingestellt sein, daß die Schichtdicke bei jedem Arbeitsgang zwischen 3 und 4 mm liegt, und es darf nicht dazu kommen, daß sich der Gummi verbindet.

Die homogenisierte Schicht muß nach dem zehnten Durchgang als flache Schicht zurückbleiben, und danach wird sie günstigerweise auf eine flache Oberfläche (z.B. eine saubere Glasplatte) aufgebracht bis die Probestücke geschnitten werden.

2.2.7.2 Schnelle Plastizitätsprüfung

2.2.7.2.1 Allgemeines

Die schnelle Plastizitätsprüfung muß an einer Probe der Gummimischung, die wie beschrieben vorbereitet wurde, durchgeführt werden.

Es wird ein Parallel-Platten-Plastometer verwendet. Die Bestimmung muß bei 100 °C an einer 14 mm dicken Platte durchgeführt werden. Die Prüfeinrichtung muß wie folgt kalibriert werden.

Mit einem Stanzwerkzeug müssen aus der vorbereiteten Gummiprobe geeignete Scheiben mit einem Durchmesser von 13 mm, 3 mm dick, ausgeschnitten werden. Die Scheiben müssen für 1 h bei Raumtemperatur auf eine Glasplatte gelegt werden.

Sechs Plastizitätsbestimmungen müssen entsprechend dem beschriebenen Verfahren durchgeführt werden.

Die verwendeten Papiertücher müssen eine rechteckige Form und die Maße 17 mm × 19 mm haben. Im Falle, daß eines der beiden Papiertücher während der Prüfung reißt, muß das Ergebnis verworfen und eine weitere Scheibe vorbereitet werden.

2.2.7.2.2 Verfahren zur Bestimmung der Plastizitätszahl

a) Allgemeines

Ein scheibenförmiges Probestück wird zügig zwischen kleinen parallelen Platten bis zu einer Dicke von 1 mm gepreßt und für 15 s gehalten, um ungefähr ein Temperaturgleichgewicht mit den Platten zu erreichen. Dann wird eine konstante Druckkraft von 100 N für 15 s aufgebracht. Die am Ende dieser Periode erhaltene Dicke, ausgedrückt in Hundertstelmillimeter ($\text{mm} \times 10^{-2}$), gilt als Messung der Plastizität (Plastizitätszahl, Schnellbestimmung).

b) Prüfeinrichtung

Das Parallel-Platten-Plastometer hat zwei parallele kreisrunde Platten mit ebenen, flachen Oberflächen, die zueinander austauschbar sind. Beide Platten sind mit einer geeigneten Einrichtung zum Aufheizen und einem Mantel, der so gestaltet ist, daß das zu prüfende Material und die Umgebung bei der spezifischen Prüftemperatur gehalten werden, ausgestattet.

Eine der zwei Platten ist ein Zylinder aus Edelstahl mit einem Durchmesser von 14,0 mm (Grenzabmaß $\pm 0,02$ mm). Seine effektive Länge muß $(4,5 \pm 0,15)$ mm sein. Es muß gesichert werden, daß der Rand der Arbeitsfläche weder abgenutzt noch beschädigt wird. Der Durchmesser muß so gewählt werden, daß die gemess-

sene Plastizität zwischen 20 und 85 liegt. Die andere der beiden Platten muß entweder aus Edelstahl oder chrombeschichteter Kupfer-Zink-Legierung sein und einen größeren Durchmesser als die erste Platte haben. Seine effektive Tiefe einschließlich eines Heizmantels muß $(3,5 \pm 0,25)$ mm sein. (Geeignete Formen für die zwei Platten mit den beschriebenen Maßen sind in Bild 2.2.7 abgebildet.) Die Platten sind coaxial übereinander angeordnet.

Eine Einrichtung zur Bewegung der einen oder anderen der beiden Platten senkrecht zu deren Oberfläche muß vorhanden sein, um die Proben auf eine Dicke von $(1,00 \pm 0,01)$ mm zu pressen. Der Bewegungsvorgang der Platten und die Kräfte, die bei diesem Vorgang aufgewendet werden, müssen so sein, daß sowohl mit als auch ohne die Probe die Bewegung innerhalb von 2 s ausgeführt wird. Eine Kraft von mindestens 300 N ist ausreichend und kann mittels Federn erzeugt werden.

Eine Einrichtung zum Aufbringen der einen oder der anderen Platten mit einer Prüfkraft von (100 ± 1) N senkrecht zu deren Oberfläche muß vorhanden sein, um die Proben zu pressen.

Es muß eine Einrichtung zur Messung der Dicke der Proben auf 0,005 mm vorhanden sein, die es erlaubt, die Dicke der Proben, während dem sie sich zwischen den Platten befinden, zu messen.

Eine Zeitmeßeinrichtung muß vorhanden sein, mit der die Prüfung in Sekunden mit einer Meßunsicherheit von 0,2 s gemessen werden kann.

Eine Labor-Mischeinrichtung, die bei gleichmäßiger Geschwindigkeit und mit einer Drehzahl von (24 ± 1) min⁻¹ arbeitet, muß vorhanden sein. Die Oberflächentemperatur der Walze muß im Bereich von 15 °C bis 35 °C liegen.

ANMERKUNG: Der Einfluß der Reibung bis zu einem Verhältnis von 1,34 und die Verwendung der Walze mit einer Drehzahl von 18 min⁻¹ bis 32 min⁻¹ haben keinen signifikanten Einfluß auf das Ergebnis.

Das Stanzwerkzeug zur schnellen und problemlosen Herstellung von Proben mit annähernd konstantem Volumen besteht aus einem flachen abgeschlossenen zylindrischen Amboß und einem coaxialen zylindrischen Messer, die sich unabhängig voneinander aufeinander zu bewegen. Ein einmaliger Stanzvorgang muß einen Teil des Materials auf eine Dicke von etwa 3 mm drücken und eine Scheibe mit einem Durchmesser von etwa 13 mm schneiden.

Seidenpapier, unbeschichtet, säurefrei mit einem Flächengewicht von etwa 17 g/mm², muß vorhanden sein.

c) Kalibrierung des Plastometers

Man überprüfe die Kalibrierung der Vorrichtung zur Beladung nach den Festlegungen des Herstellers und kalibriere alle 6 Wochen nach (geforderte Meßunsicherheit ± 1 N) und die Zeitmeßeinrichtung (geforderte Meßunsicherheit ± 2 s) alle 4 Wochen. Man prüfe die Lage der oberen Platte vor jeder Meßreihe.

d) Vorbereitung der Proben

Man stelle eine Probe, die aus einer Gummischeibe mit einem Durchmesser von etwa 13 mm und einer Dicke von etwa 3 mm besteht und ein Volumen von $(0,40 \pm 0,04)$ cm³ hat, her.

ANMERKUNG 1: Die Probe muß lediglich bezüglich des Volumens annähernd konstant sein, da die letzte Formgebung auf die genauen Maße während der Aufheizphase im Gerät erfolgt.

ANMERKUNG 2: Die Plastizität (Schnellbestimmung) wird durch die Art und Weise der Vorbereitung des Gummis und die Lagerbedingungen vor der Prüfung beeinflusst. Danach sollte das Verfahren zur Vorbereitung des Gummis – wie beschrieben – streng eingehalten werden.

e) Prüftemperatur

Die bevorzugte Prüftemperatur ist (100 ± 1) °C.

f) Durchführung

Man lege zwei Stücke des Seidenpapiers zwischen die beheizten Platten und stelle die Dickenmeßeinrichtung auf Null, wobei die Platten geschlossen sind.

Danach füge man die Probe zwischen die beiden Papierstücke und lege sie direkt zwischen die beheizten Platten. Dann drücke man die Probe auf eine Dicke von $(1,00 \pm 0,01)$ mm in nicht mehr als 2 s und halte sie im gedrückten Zustand während einer Aufheizzeit von (15 ± 1) s.

Am Ende der Aufheizzeit lege man eine Prüfkraft von (100 ± 1) N an die bewegliche Platte für eine Dauer von $(15 \pm 0,2)$ s. Die Ablesung der Dicke erfolgt genau dann, wenn die 15 s vorüber sind.

ANMERKUNG: Bei Modellen mit elektronischer digitaler Ausgabe wird eine Messung solange durchgeführt, bis das Instrument zurücksetzt. Bei Instrumenten mit Ziffernanzeige erfolgt die Ablesung, bevor irgendein Öffnen des Verschlußmechanismus auftritt.

g) Auswertung

Die Plastizitätsmessungen müssen direkt vom Plastometer abgelesen werden. Der größte und der kleinste Wert der sechs Messungen wird gestrichen. Der Mittelwert der vier übrigbleibenden Werte gilt als die Plastizität des Werkstoffes.

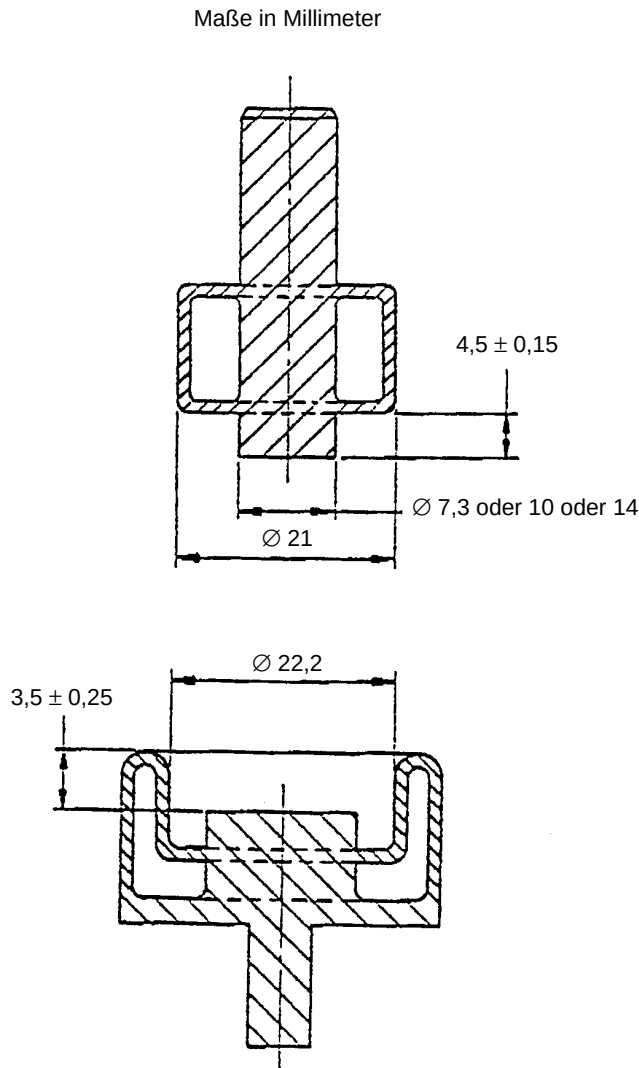


Bild 2.2.7: Parallel-Platten-Plastometer

2.2.7.3 Reißdehnung vor der Alterung

Sechs Prüfstäbe müssen aus dem Stück nach 2.2.7.1 ausgeschnitten werden. Drei müssen für die Bestimmung der Bruchdehnung vor der Alterung und drei für die Bestimmung nach der Alterung verwendet werden.

Alle Prüfstäbe müssen mindestens 3 h bei einer Temperatur von (23 ± 5) °C gelagert werden.

Die Prüfung muß nach 9.1.7 von HD 505.1.1 durchgeführt werden.

2.2.7.4 Reißdehnung nach der Alterung

Bei Aluminiumkabeln müssen die drei Prüfstäbe vorsichtig auf eine flache Aluminiumplatte gelegt werden (oder eine andere geeignete flache Oberfläche, die mit Aluminiumfolie beschichtet ist). Bei Kupferkabeln müssen die drei Prüfstäbe vorsichtig auf eine flache Kupferplatte gelegt werden (oder eine andere geeignete flache Oberfläche, die mit Kupferfolie beschichtet ist). Die Platte und die Prüfstäbe müssen dann in einer geeigneten Wärmekammer mit Luftzirkulation gelegt werden. Die Temperatur des Wärmeschrankes muß (120 ± 2) °C betragen und die Alterungsdauer muß 168 h betragen. Danach müssen die Platte und die Prüfstäbe aus dem Wärmeschrank entnommen werden, abgekühlt und mindestens 16 h bei Raumtemperatur gelagert werden.

Zum Abschluß der Alterung müssen die Prüfstäbe vorsichtig von der flachen Platte genommen werden, und es wird die Reißdehnung nach 9.1.7 HD 505.1.2 bestimmt.

2.2.8 (reserviert)

2.2.9 (reserviert)

2.2.10 (reserviert)

2.2.11 (reserviert)

2.2.12 Wassereindringprüfung am Mantel

2.2.12.1 Allgemeines

Die Prüfung demonstriert den Einfluß von Wasser auf die mechanischen Eigenschaften des Mantels bezüglich der Zugfestigkeit und Reißdehnung des Mantelwerkstoffes. Die Prüfung wird an unbehandeltem Ausgangsmaterial und nach Wasserlagerung durchgeführt.

Die Zugprüfung am behandelten und unbehandelten Prüfstab muß unmittelbar hintereinander erfolgen.

2.2.12.2 Probennahme und Vorbereitung der Prüfstäbe

Die Prüfstäbe müssen nach 9.2.3 von HD 505.1.1 vorbereitet werden.

2.2.12.3 Durchführung

Die Prüfstäbe werden in ungefähr 1 l entionisiertes Wasser eingetaucht, für eine Zeit und bei einer Temperatur, wie sie im Hauptabschnitt angegeben sind. Danach dürfen die Prüfstücke auf eine Temperatur von $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ abgekühlt werden, bevor sie aus dem Wasser entnommen werden. Die Prüfstäbe müssen danach mit saugfähigem Papier abgetrocknet werden, und nach 60minütiger Trocknung muß beides, die Zugkraft und die Reißdehnung, nach 9.2 von HD 505.1.1 bestimmt werden.

2.2.12.4 Auswertung

Die Zugkraft und Reißdehnung wird nach 9.2.8 von HD 505.1.1 bestimmt.

2.3 Mechanische Prüfungen an metallenen Aufbauelementen

2.3.1 Zugprüfung metallener Aufbauelemente

2.3.1.1 Verfahren 1 – Aufbauelemente aus Aluminium

Aus einer Probe des vollständigen Kabels werden stichprobenartig 10 % der Gesamtanzahl der Drähte oder Flachdrähte genommen. Es ist die Zugfestigkeit des Drahtes oder Flachdrahtes nach EN 10 002-1 zu messen. Der Mittelwert aller Messungen gilt als Zugfestigkeit.

Die Querschnittsfläche ist durch Wägung einer Probe von ungefähr 350 mm Flachdrahtes zu bestimmen. Die Länge der Probe ist mit einer Meßunsicherheit von $\pm 0,5$ mm zu bestimmen. Die Masse ist nach Verfahren 2 zu messen.

2.3.1.2 Verfahren 2 – Leiter aus Aluminium

Die Zugfestigkeit und Reißdehnung der Proben von Aluminiumleitern, die dem vollständigen Kabel entnommen wurden, müssen den Festlegungen in dem betreffenden Hauptabschnitt entsprechen.

Die Querschnittsfläche ist durch Wägung einer Probe des Leiterwerkstoffes mit einer Länge von etwa 350 mm zu bestimmen. Die Länge der Probe muß mit einer Meßunsicherheit von $\pm 0,5$ mm gemessen, die Masse mit einer Meßunsicherheit von $\pm 0,02$ g bestimmt werden. Die Dichte ist mit $2\,700\text{ kg/m}^3$ festgelegt.

Der Abstand zwischen den Markierungslinien auf der Probe muß 200 mm betragen, und der Abstand zwischen den Klemmbacken der Zugprüfmaschine muß etwa 250 mm sein. Die Reißgeschwindigkeit der Klemmbacken muß mindestens 20 mm/min betragen. Die Erhöhung der Zugspannung darf $10\text{ N/mm}^2\text{ s}$ nicht überschreiten.

2.3.1.3 Verfahren 3 – Aluminium- und Kupferleiter

Die Zugbeanspruchung der zylindrischen, geradeaus gerichteten Drahtproben, deren Bezugspunkte einen Abstand von 200 mm haben, muß so gleichmäßig wie möglich erhöht werden, wobei darauf zu achten ist, daß zwischen dem Aufbringen der Kraft und dem Brechen der Probe mindestens 40 s liegen. Die Bruchkraft muß auf den Anfangsquerschnitt bezogen werden (entspricht dem effektiven Drahtdurchmesser). Die Reißdehnung, die gemessen wird, indem die Probenenden des Bruchbereiches miteinander in Berührung gebracht werden, muß in Prozent auf den Anfangsabstand zwischen den Bezugsmarken von 200 mm bezogen werden. Falls die Probe außerhalb der Bezugslinien bricht, ist die Prüfung an anderen Proben zu wiederholen.

2.3.2 Wickelprüfung verzinkter Stahldrähte

Einer Probe eines vollständigen Kabels werden stichprobenartig 10 % der Gesamtanzahl der Drähte entnommen. Jeder Draht ist für eine vollständige Windung auf einen runden Wickeldorn zu wickeln. Der Durchmesser des Wickeldorns muß etwa das Vierfache des angegebenen Durchmessers des in der Prüfung befindlichen Drahtes sein.

2.4 Nichtelektrische Prüfungen an Proben des vollständigen Kabels

2.4.1 Biegeprüfung des vollständigen Kabels

2.4.1.1 Übliche Biegeprüfung des vollständigen Kabels

Eine Probe des Kabels von ausreichender Länge ist um einen Prüfzylinder herum für eine vollständige Windung zu biegen, falls keine anderweitige Festlegung getroffen wurde. Sie ist dann wieder abzuwickeln und der Prozeß zu wiederholen, jedoch wird die Probe in die entgegengesetzte Richtung gebogen werden. Dieser Biegezyklus muß dreimal hintereinander erfolgen.

Statt des Drehens der Probe ist es gestattet, die Richtung der Drehung um den Prüfzylinder umzukehren, wobei die Probe abhängig von der Drehrichtung entweder über oder unter dem Zylinder liegt. Das Biegen muß bei einer fast gleichmäßigen Geschwindigkeit durchgeführt werden, wobei jeder halbe Zyklus zwischen $0,5 \text{ s mm}^{-1}$ und $1,0 \text{ s mm}^{-1}$ Kabeldurchmesser betragen muß.

Falls die Prüfung bei einer anderen als der Umgebungstemperatur auszuführen ist, muß sie unmittelbar nach der Konditionierung vorgenommen werden.

Prüftemperatur und Wickeldorndurchmesser müssen den Angaben im Hauptabschnitt entsprechen.

2.4.1.2 Spezielle Biegeprüfung des vollständigen Kabels

Die Probe ist bei Raumtemperatur um einen Prüfzylinder (z.B. den Kern einer Trommel) für mindestens eine vollständige Windung herumzubiegen. Der Durchmesser des Zylinders muß $7 D$ sein, wobei D den gemessenen äußeren Durchmesser der Probe darstellt. Das Kabel ist danach abzuwickeln, und die Prüfung ist in der entgegengesetzten Richtung zu wiederholen.

Dieser Vorgang ist dreimal durchzuführen. Dann ist die Probe für 24 h in eine Wärmekammer zu geben, die auf die höchste Arbeitstemperatur des Kabels erwärmt ist, wobei die Probe um den Zylinder gebogen bleibt.

Nachdem das Kabel abgekühlt ist, muß die Spannungsprüfung nach 3.2.1 durchgeführt werden, wobei das Kabel noch gebogen ist.

2.4.1.3 Biegeprüfung für das vollständige Kabel bei sehr niedriger Temperatur

Für die Prüfung wird ein ausreichend langes Kabel gewählt, so daß eine vollständige Windung um die Trommel möglich ist. Der Durchmesser der Trommel entspricht dem 25fachen Außendurchmesser des Kabels.

Das Kabel und die Prüftrommel werden bei einer Temperatur, die im Hauptabschnitt angegeben ist, für mindestens 24 h belassen, wonach das Kabel vorsichtig zu einer vollen Windung um die Trommel gebogen wird. Die Dauer des Biegens beträgt etwa 30 s.

Danach wird das Kabel vorsichtig abgewickelt und dann in entgegengesetzter Richtung um die Trommel gewickelt sowie wieder abgewickelt.

Das Verfahren des Auf- und Abwickelns in entgegengesetzten Richtungen muß dreimal bei der Prüftemperatur oder, falls die Platzverhältnisse des Prüfraums das Verfahren einschränken, bei einer Temperatur von nicht mehr als 25°C wiederholt werden. Wenn das Verfahren nicht bei Prüftemperatur durchgeführt wird, muß die erste Windung so schnell wie möglich, aber spätestens 5 min nach der Entnahme des Kabels aus dem Prüfraum, begonnen werden, und die Prüfung ist innerhalb der im Hauptabschnitt angegebenen Zeit abzuschließen.

Wenn wegen der Platzverhältnisse die Prüfung außerhalb des kalten Prüfraumes durchgeführt wird, darf das Kabel vor dem Biegen nicht erwärmt werden. Kabel mit Außendurchmessern bis 30 mm müssen immer im Prüfraum geprüft werden.

Bei einer Temperatur von $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ muß sich dann das Kabel in einer Zeit von mindestens 24 h erwärmen können. Nach dieser Zeit werden die Konstruktionsteile des Kabels geprüft. Mit bloßem Auge dürfen keine Risse in der Isolierhülle oder dem Mantel erkennbar sein.

2.4.1.4 Biegeprüfung bei niedriger Temperatur vor und nach der Alterung

a) Vorbereitung für die Prüfung der Isolierhülle

Es werden sämtliche, die Isolierhülle überdeckenden Schichten von einem ausreichend langen Drahtabschnitt entfernt. Zwei Proben der Adern werden nach der nachfolgenden Prüfung geprüft, wobei eine Probe ohne zusätzliche Vorbehandlung bleibt, die andere nach der in HD 505.1.2 vorgeschriebenen Alterungsprüfung (für 7mal 24 h bei 80°C) behandelt wird.

b) Vorbereitung für eine Prüfung am Außenmantel

Auf einem ausreichend langen Drahtabschnitt werden sämtliche, den Außenmantel bei flexiblen Leitern überdeckende Schichten entfernt. Zwei dieser Proben werden gemäß der nachfolgenden Prüfung geprüft, wobei eine Probe ohne zusätzliche Vorbehandlung bleibt, die andere nach der in HD 505.1.2 vorgeschriebenen Alterungsprüfung (für 7mal 24 h bei 80°C) behandelt wird.

c) Prüfverfahren

Ein Ende der Probe wird an einem der Dorne, der in Bild 2.4.1.4 dargestellten Prüfeinrichtung, befestigt. Die Probe wird eng um diesen Dorn gewickelt, und das freie Ende, das nicht länger als erforderlich sein muß, wird am äußeren Dorn befestigt. Die Anzahl der Windungen und der Durchmesser der Dorne sind in der nachfolgenden Tabelle festgelegt.

Außendurchmesser des Probestückes d mm	Anzahl der Windungen	Dorndurchmesser mm
$d \leq 2,5$	6	5
$2,5 < d \leq 4,5$	6	9
$4,5 < d \leq 6,5$	6	13
$6,5 < d \leq 9,5$	4	19
$9,5 < d \leq 12,5$	2	40
$12,5 < d \leq 15,0$	2	60
$15,0 < d \leq 19,5$	1	80
$19,5 < d \leq 25,5$	1	130

Die Biegeprüfung sowohl an Kabeln für ortsfeste Verlegung und flexiblen Leitungen als auch an Adern wird bei einer Temperatur von -25 °C (ohne Alterungsprüfung) und von -15 °C (nach der Alterungsprüfung) durchgeführt. Der Mindestwert des Verhältnisses zwischen dem Durchmesser des Dornes und dem äußeren Durchmesser der Probe ist 3.

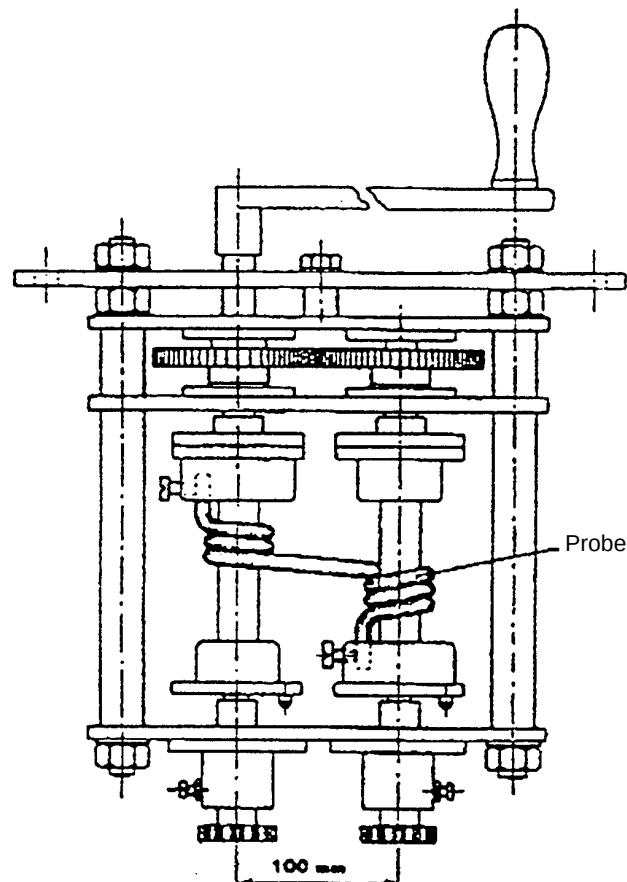


Bild 2.4.1.4: Prüfeinrichtung für Biegeprüfung

Die Probe (in der Prüfeinrichtung befestigt) wird für mindestens 16 h in einem Klimaraum belassen, dessen Temperatur konstant auf dem vorgeschriebenen Wert gehalten wird. Nach dieser Behandlung wird die Probe, die noch auf dem vorgeschriebenen Wert gehalten wird, von dem einen Dorn abgewickelt und mit einer Geschwindigkeit von 1 Umdrehung innerhalb von etwa 5 s in engen Windungen auf den anderen Dorn aufgewickelt. Die Probe wird so belassen, bis sie die Umgebungstemperatur erreicht hat.

2.4.2 Prüfung der Bewehrung aus Formdrähten nach der Biegeprüfung

Es werden sämtliche Umhüllungen an der Außenseite der Formdrähte von einer etwa 1,20 m langen Probe entfernt. Die Enden der Probe werden abgebunden, um das Herabgleiten der Formdrähte zu verhindern. Die Probe wird in ihrer Mitte um einen Prüfzylinder gebogen, dessen Durchmesser M sich wie folgt errechnet:

- der theoretische Zylinderdurchmesser ist $A = 12 \times D$ für bewehrte Kabel ohne Bleimantel, wobei D der am vollständigen Kabel gemessene Durchmesser ist;
- der effektive Zylinderdurchmesser M ergibt sich dann mit A aus Tabelle 2.4.2

Die Probe nimmt die Form eines Halbkreises an, über den zwei geradlinige Teile hinausragen. Dann wird die Probe geradlinig ausgerichtet und erneut gebogen, so daß die im ersten Fall unter Druck stehende Faser im zweiten Fall gedehnt wird.

Dieser Vorgang wird einmal wiederholt, was zwei Biegungen in der einen Richtung und zwei Biegungen in der anderen Richtung entspricht.

Tabelle 2.4.2: Bestimmung des effektiven Durchmessers des Prüfzylinders zum Prüfen der Bandkrümmung

Theoretischer Durchmesser des Prüfzylinders A mm	Effektiver Durchmesser des Prüfzylinders M ($\pm 5\%$) mm
112,5 < A ≤ 142,5	125
142,5 < A ≤ 180	160
180 < A ≤ 225	200
225 < A ≤ 282,5	250
282,5 < A ≤ 357,5	315
357,5 < A ≤ 450	400
450 < A ≤ 565	500
565 < A ≤ 715	630
715 < A ≤ 900	800
900 < A ≤ 1100	960

2.4.3 Eindringprüfung am Kabelmantel

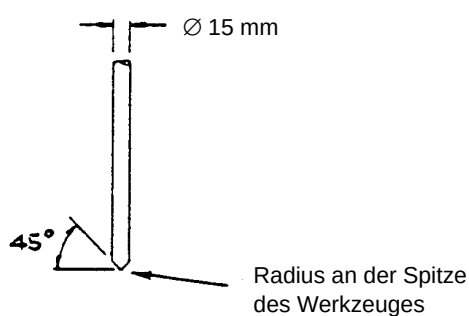
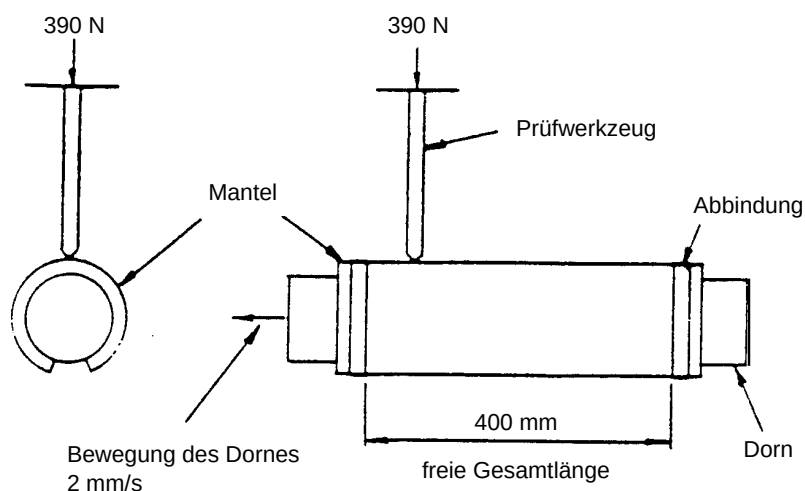
Die Prüfung muß an einer Probe des vollständigen Kabels durchgeführt werden.

Die Probe ist in einem Prüfgerät zu befestigen, wie es in [Bild 2.4.3](#) dargestellt ist.

Die Probe muß mit etwa 2 mm/s bewegt werden, und bei ihrer Bewegung muß die belastete Spitze allmählich auf die Oberfläche des Mantels herabgesenkt werden. Die Probe muß 100 mm bewegt werden, wobei die Spitze den Mantel berühren muß.

Am Ende der Bewegung ist die Spitze anzuheben und eine leitfähige Beschichtung auf die Innenseite der Nut aufzubringen. Zwischen der leitfähigen Beschichtung und der Bewehrung ist innerhalb von 2 min nach dem Wegnehmen der Belastung eine Gleichspannungsprüfung mit 5 kV für die Dauer von 1 min durchzuführen.

Nach dem Wegnehmen der belasteten Spitze muß die Probe für die Dauer 1 h zum Erholen belassen werden, und dann ist die Eindringtiefe zu messen und aufzuzeichnen.



Prüfwerkzeug – Baustahl

Bild 2.4.3: Meßplatz für die Eindringprüfung am Mantel

2.4.4 Schrumpfungsprüfung am Kabelmantel

2.4.4.1 Verfahren 1

a) Prüfvorrichtung und Prüfmittel

Elektrisch beheizte Wärmekammer mit natürlicher oder Zwangsdurchlüftung. Meßband mit einer Skalenteilung von 1 mm.

b) Probenentnahme

Das zu prüfende Kabel ist mindestens 24 h vor der Prüfung bei einer Umgebungstemperatur von $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$ zu lagern. In einem Abstand von 2 m vom Ende des Kabels ist eine etwa (500 ± 5) mm lange Probe zu entnehmen.

Die genaue Länge L_1 ist unmittelbar nach dem Abschneiden als Mittelwert aus zwei Messungen zu bestimmen, die an entgegengesetzten Seiten des Kabels unter Benutzung des Meßbandes nach a) vorgenommen werden. Wenn die Probe leicht gebogen ist, müssen die Messungen so durchgeführt werden, daß in jedem Falle je eine Strecke an der Außenseite und der Innenseite gemessen wird.

c) Prüfverfahren

Nach Bestimmung der Länge wird die Probe für eine Dauer von 5 h in der Wärmekammer bei 80 °C gelagert. Dann läßt man die Probe außerhalb der Wärmekammer an der Luft auf die Umgebungstemperatur von (23 ± 5) °C abkühlen. Dieser Temperaturzyklus ist viermal zu wiederholen. Danach ist die Länge L_2 des Mantels auf die gleiche Weise wie L_1 zu bestimmen.

d) Auswertung

Die Schrumpfung (L) ist aus der nachfolgenden Gleichung zu berechnen:

$$L = \frac{L_1 - L_2}{2}.$$

Die Prüfung gilt als bestanden, wenn der erzielte Wert L den im betreffenden Hauptabschnitt angegebenen Wert nicht überschreitet.

2.4.4.2 Verfahren 2

Eine 10 m lange Probe eines Kabels ist an jedem Ende mit einer Stopfbuchse zu verschließen. Die Probe muß geradlinig ausgerichtet ausgelegt und die Stelle des Kabeleintritts in die Stopfbuchse gekennzeichnet werden.

Das Kabel ist zyklisch zwischen der Umgebungstemperatur und einer Leitertemperatur von 90 °C zu belasten. Bei jedem Zyklus muß die Leitertemperatur in etwa 3 h von der Umgebungstemperatur auf 90 °C gesteigert und die Temperatur für mindestens 1 h sowohl bei der Umgebungstemperatur als auch bei 90 °C stabil gehalten werden. Die Probe ist 40 Zyklen zu unterziehen.

Die Bewegung zwischen der Kennzeichnung auf dem äußeren Mantel und der Stopfbuchse ist zu messen.

2.4.5 Abriebprüfung

Man legt das Kabel gerade ausgerichtet und waagrecht auf einer festen Unterlage ab. Auf dem mittleren Teil der Probe wird ein kohlenstoffarmer Winkelstahl waagrecht im rechten Winkel zum Kabel aufgelegt, wobei die Winkelkante auf dem Kabel ruht und die Schenkel symmetrisch über der senkrechten Ebene durch die Längsachse des Kabels liegen. Es ist sicherzustellen, daß der äußere Radius der Wölbung des Winkelstahls nicht kleiner als 1 mm und nicht größer als 2 mm ist (siehe Bild 2.4.5).

Der Winkelstahl wird senkrecht über der Berührungsstelle belastet, so daß eine Kraft nach Tabelle 2.4.5 erzeugt wird.

Mit einer Geschwindigkeit zwischen 150 mm/s und 300 mm/s wird der Winkelstahl über eine Strecke von mindestens 600 mm waagrecht am Kabel entlang gezogen. Die Bewegungsrichtung ist am Ende jedes Durchganges umzukehren, so daß sich 50 Durchgänge ergeben, 25 in jeder Richtung über die 600 mm lange Prüfstrecke hinweg.

Tabelle 2.4.5: Senkrechte Kraft auf das Kabel während der Abriebprüfung

1	2	3
Gesamtdurchmesser des Kabels mm		Kraft N
größer oder gleich	kleiner als	
10	20	15
20	30	35
30	40	65
40	50	105
50	60	155
60	70	210
70	80	270

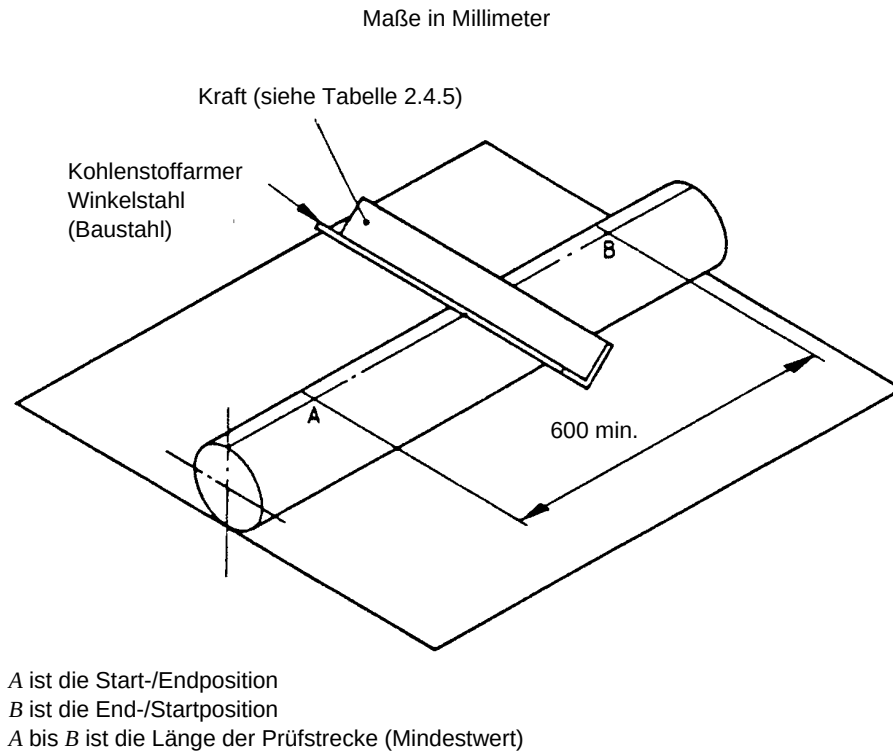


Bild 2.4.5: Abriebprüfung

2.4.6 Kerbkraftprüfung am Kabelmantel

Diese Prüfung ist an einer Probe des vollständigen Kabels von etwa 300 mm Länge durchzuführen.

Die dynamische Kerbkraftprüfung muß unter Verwendung einer nach dem Druckmodus arbeitenden Zugprüfmaschine oder eines beliebigen gleichartigen Gerätes, das mit einer Geschwindigkeit von 1 mm/min arbeitet, durchgeführt werden.

Das Prüfgerät muß so ausgestattet sein, daß es die Kraft aufzeichnen kann, die für das Einkerbigen der Schneidkante in den Mantel erforderlich ist, wie in [Bild 2.4.6](#) dargestellt. Das Prüfgerät muß mit einer Schaltung zur Spannungsmessung ausgestattet sein, die dafür sorgt, daß das Prüfgerät ausgeschaltet wird, wenn die Schneidkante mit der Bewehrung in Kontakt kommt, wobei die Empfindlichkeit so sein muß, daß die höchste Belastung ermittelt wird. Wenn im anderen Falle ein undurchdringbares Band über der Bewehrung aufgebracht ist, wird die Kerbkraft aus einer Lastverformungsdarstellung bestimmt.

Die Prüfung muß bei einer Temperatur des Kabels und der Schneidkante von $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ und $(70 \pm 5) ^\circ\text{C}$ durchgeführt werden. Die 70°C -Temperatur wird durch Anbringen einer Kammer am Prüfgerät erzielt, mit der die Temperatur auf dieses Niveau erhöht wird.

Es sind vier Prüfungen an jeder Probe vorzunehmen, und die Kerbkraft ist aufzuzeichnen. Die Probe muß zwischen den einzelnen Prüfungen jeweils um mindestens 50 mm vorwärts bewegt und um 90° gedreht werden, wobei sorgfältig darauf zu achten ist, daß ausgebaute Flächen umgangen werden.

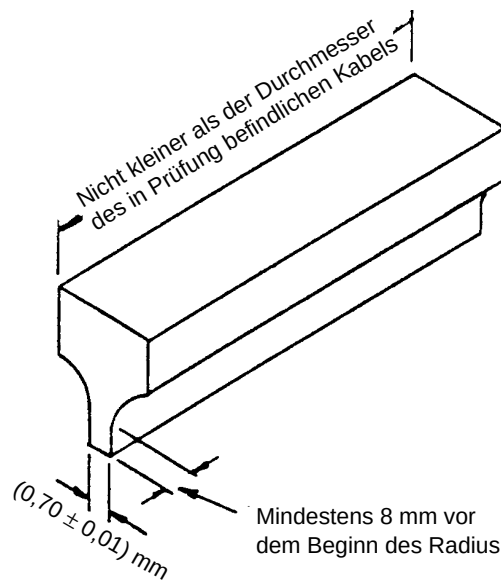


Bild 2.4.6: Korbwerkzeug zum Prüfen von Kabelmänteln

2.4.7 Druckprüfung

Die Prüfung muß an Proben des vollständigen Kabels von etwa 300 mm Länge durchgeführt werden.

Die Widerstandsfähigkeit gegen dynamischen Druck muß nach 2.4.6 gemessen werden, außer, daß zwei parallele flache Stahlblöcke anstelle der Schneidkante und des Dornes verwendet werden. Diese Blöcke müssen 50 mm breit sein (entlang der Längsachse der in Prüfung befindlichen Probe). Das Prüfgerät muß mit einer Schaltung zur Niederspannungsanzeige ausgestattet sein, mit deren Hilfe das Prüfgerät im Moment des Kontaktes zwischen:

- i) dem Block und der Bewehrung oder
- ii) einem Leiter und der Bewehrung oder
- iii) einem Leiter und irgendeinem anderen Leiter ausgeschaltet wird.

Die Prüfung ist bei einer Temperatur des Kabels von $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ und $(70 \pm 5) ^\circ\text{C}$ auszuführen. Die 70°C -Temperatur wird durch Anbringen einer Kammer am Prüfgerät erzielt.

Es sind vier Prüfungen an getrennten Proben vorzunehmen, und die Druckkraft, bei der das Prüfgerät ausschaltet, ist auf die gleiche Weise aufzuzeichnen, wie in 2.4.6 festgelegt. Eine identische Reihe von Prüfungen muß an Proben durchgeführt werden, die entsprechend den Angaben im Hauptabschnitt gealtert sind.

2.4.8 Verhalten des PVC-Mantels bei niedriger Temperatur

Die Schlagprüfung wird bei der im Hauptabschnitt angegebenen Temperatur sowohl für 10 Probestücke mit 10 d (240 h) Alterung bei $90 ^\circ\text{C}$ als auch für 10 Probestücke ohne Alterung durchgeführt. Die Schlagprüfung wird nach 8.5 von HD 505.1.4 mit den Werten für die Masse des Hammers, des Zwischenstücks und für die Fallhöhe entsprechend Tabelle 2.4.8 ausgeführt.

Tabelle 2.4.8: Parameter für die Prüfung des PVC-Mantels bei niedriger Temperatur

Kabeldurchmesser mm	Masse des Hammers g	Masse des Zwischenstückes g	Fallhöhe mm
unter 15	1 000	200	100
15 bis 25	1 500	200	150
über 25	2 000	200	200

Die Innen- und die Außenseite des Mantels und die Isolierhülle müssen dann mit normalem bzw. entsprechend korrigiertem Sehvermögen ohne Vergrößerung überprüft werden. Die Isolierhülle von Kabeln und Leitungen mit Mantel ist nur an der Außenseite zu prüfen.

2.4.9 Längswasserdichtheit

2.4.9.1 Anwendungsbereich

Die Prüfung der Längswasserdichtheit muß auf solche Kabelkonstruktionen angewendet werden, bei denen der Hersteller den Anspruch erhebt, daß sie Sperren gegen ein Eindringen von Wasser in Längsrichtung enthalten. Die Prüfung ist darauf angelegt, die Anforderungen an Erdkabel zu erfüllen, gilt jedoch nicht für Kabel, die für den Einsatz als Unterwasserkabel konstruiert sind.

Die Prüfung ist auf die folgenden Kabelkonstruktionen anwendbar:

- i) Es ist eine Sperre enthalten, die das Eindringen von Wasser in Längsrichtung entlang dem Spalt zwischen der äußeren Oberfläche der Isolierhülle und einer wasserundurchlässigen Sperre verhindert.
- ii) Es ist eine Sperre enthalten, die das Eindringen von Wasser in Längsrichtung entlang dem Leiter (den Leitern) verhindert.

ANMERKUNG 1: Das Ansprechen von bestimmten Sperren auf das Eindringen in Längsrichtung kann abhängig von der Zusammensetzung des Wassers sein (z. B. pH-Wert, Ionenkonzentration). Es ist für die Prüfung übliches Leitungswasser zu verwenden, wenn keine anderweitige Festlegung erfolgt ist.

ANMERKUNG 2: Wenn das Kabel diskontinuierliche Sperren gegen das Eindringen von Wasser in Längsrichtung enthält, muß die Probe mindestens zwei dieser Sperren umfassen, wobei der Ring zwischen den Sperren entfernt wird. Hierbei ist der durchschnittliche Abstand zwischen den Sperren in diesen Kabeln festzustellen, und es ist die Länge der Probe entsprechend zu bestimmen.

2.4.9.2 Vorbereitung der Probe

Im betreffenden Hauptabschnitt ist festgelegt, welche der beiden nachfolgenden Vorbereitungen anzuwenden sind.

a) 3-m-Probe

Ein mindestens 6 m langes Stück des vollständigen Kabels, das noch keiner anderen Prüfung unterzogen worden ist, wird einer Biegeprüfung nach 2.4.1.1 mit den im Hauptabschnitt angegebenen Bedingungen unterworfen.

Ein 3 m langes Kabel ist von der Länge abzuschneiden, die der Biegeprüfung unterzogen wurde, und ist waagrecht abzulegen. Ein etwa 50 mm breiter Ring ist aus der Mitte des Kabels herauszunehmen. Dieser Ring muß sämtliche Schichten außerhalb der Isolierhülle enthalten.

Wo auch der Leiter als sperrend erklärt wird, muß der Ring sämtliche Schichten außerhalb des Leiters (der Leiter) enthalten. Die Oberflächen müssen so geschnitten werden, daß die entsprechenden Zwischenräume leicht dem Wasser ausgesetzt werden können. Falls die Konstruktion lediglich eine Leitersperre beinhaltet, dürfen die betreffenden Schnittflächen mit einem geeigneten Werkstoff abgedichtet werden, oder die äußeren Umhüllungen dürfen entfernt werden.

b) 1-m-Probe

Diese Prüfung muß an einer repräsentativen Probe des vollständigen Kabels durchgeführt werden. Die Probenlänge muß ausreichen, um mindestens eine vollständige Windung um einen Zylinder zu ergeben, dessen Durchmesser wie nachfolgend angegeben sein muß.

Die Probe mit dem offenen Ende muß dann bei Raumtemperatur um einen Zylinder gebogen werden, der einen Durchmesser von $20 D$ hat, wobei D annähernd dem Außendurchmesser des Kabels, der im betreffenden Hauptabschnitt angegeben ist, entspricht.

Die Probe muß dann abgewickelt werden und der Prozeß in entgegengesetzter Richtung wiederholt werden. Dieser Zyklus ist zweimal zu wiederholen. Die Probe muß mit möglichst gleichmäßiger Geschwindigkeit gebogen werden, jeder halbe Zyklus dauert dabei zwischen 0,5 s je mm und 1 s je mm Außendurchmesser des Kabels.

Ein 1 m langes Kabelstück ist aus der Mitte der Länge, die gebogen wurde, herauszuschneiden, und ein Ring des Mantels und der äußeren Schicht des Korrosionsschutzmaterials ist aus der Mitte der Länge herauszunehmen, so daß der gesamte Neutral-/Erdleiter auf einer Strecke von 10 mm freigelegt ist.

2.4.9.3 Eindringprüfung

a) 3-m-Probe

Ein Rohr mit einem Durchmesser von mindestens 10 mm wird senkrecht über dem offenen Ring angeordnet und zur Oberfläche des Mantels abgedichtet. Innerhalb von 5 min wird das Rohr bei einer Umgebungstemperatur von $(20 \pm 10) ^\circ\text{C}$ mit Wasser gefüllt, so daß die Höhe des Wassers im Rohr h über dem Kabelmittelpunkt beträgt. Der Wert von h ist im betreffenden Hauptabschnitt angegeben.

Die Probe muß dann für 24 h stehenbleiben, wobei der Wasserstand bei h aufrechterhalten wird. Sie muß dann zehn Erwärmungszyklen unterzogen werden, wobei sich der Leiter 4 h auf eine Temperatur zwischen 95 °C und 100 °C erwärmt (dabei ist ein Kochen des Wassers zu vermeiden), mit anschließender achtstündiger natürlicher Abkühlung. Während der Erwärmungszeit muß der Leiter mindestens 2 h auf der angegebenen Temperatur gehalten werden. Falls keine anderweitige Festlegung im betreffenden Hauptabschnitt getroffen wurde, ist übliches Leitungswasser zu verwenden.

b) 1-m-Probe

Die 1 m lange Probe mit offengelassenen Enden muß dann in der im Bild 2.4.9 dargestellten Anordnung eingelegt werden. Diese ist mit einer Wassersäule beaufschlagt, deren Höhe h im betreffenden Hauptabschnitt definiert ist.

Das Wasser muß Raumtemperatur haben und Fluoreszenzmittel enthalten. Der freigelegte Neutral-/Erdleiter muß unter diesen Bedingungen 24 h eingetaucht bleiben.

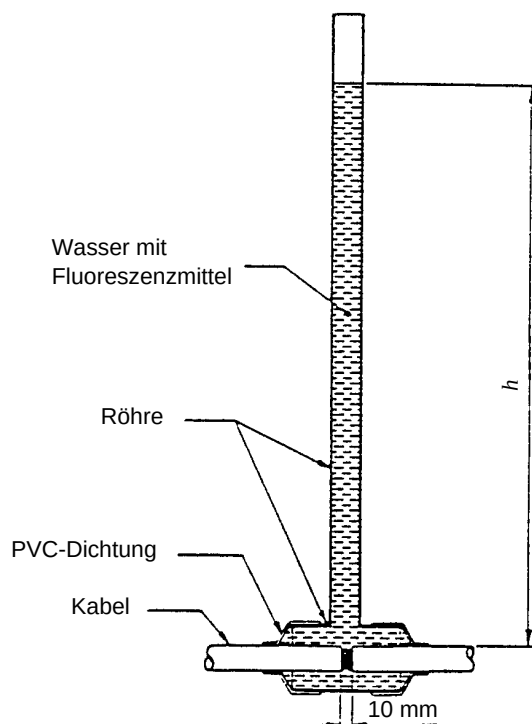


Bild 2.4.9: Anordnung für die Prüfung der Längswasserdichtheit

2.4.9.4 Kontrolle der geprüften Proben

a) 3-m-Probe

Während der Prüfung muß beobachtet und vermerkt werden, ob Wasser aus den Enden der Probe austritt.

b) 1-m-Probe

Nachdem das Kabelstück aus der Vorrichtung herausgenommen wurde, muß es sorgfältig mit einem sauberen Tuch oder Papier getrocknet werden.

Die Umhüllung muß durch Ausführen zweier um 180° versetzter Schnitte parallel zur Achse des Kabels entfernt werden. Die Innenseite der Umhüllung und die äußere Oberfläche der Korrosionsschutzschicht müssen auf vorhandenes Wasser überprüft werden, und gegebenenfalls ist die Länge der Wassereindringung zu vermerken.

Die äußere Schicht des Korrosionsschutzmaterials ist sorgfältig durch Abschälen oder Abtragen dünner Lagen zu entfernen, um die Drähte freizulegen, wobei von den Enden her zu beginnen und einwärts vorzugehen ist. Es ist wiederum gegebenenfalls die Länge der Wassereindringung entlang den Drähten zu vermerken.

Die den Neutral-/Erdleiter bildenden Drähte sind dann vorsichtig herauszunehmen, und sowohl die Drähte als auch die freigelegte Oberfläche des Korrosionsschutzmaterials unter den Drähten sind auf vorhandenes Wasser zu prüfen, und es ist der Abstand zu vermerken, über den das Wasser gewandert ist.

Das verbleibende Korrosionsschutzmaterial muß dann entfernt und die Adern des Kabels müssen auf Anwesenheit von Wasser geprüft werden. Beim Zerlegen des Kabels ist Sorgfalt anzuwenden, um ein unbeabsichtigtes Ausbreiten des Wassers zu vermeiden.

2.4.10 Prüfung des Neutral-/Erdleiters auf Korrosion

Der Mantel und die Korrosionsschutzschicht einer Probe, die der in 2.4.1.1 festgelegten Biegeprüfung unterzogen wurde, muß an vier Stellen im Mittelabschnitt der Probe bis zum konzentrischen Neutral-/Erdleiter durchbohrt werden, z. B. mit Hilfe eines Bohrers zur Erzeugung von Löchern mit einem Durchmesser von 10 mm.

Die vier Löcher müssen etwa 100 mm voneinander entfernt entlang der Probe angeordnet und in einem Winkel von 90° zueinander über den Umfang verteilt sein. Ohne das Material in den Zwischenräumen zwischen den Drähten zu beschädigen, sind die freigelegten Oberflächen der Aluminiumdrähte sorgfältig von sämtlichem anhaftendem Material zu reinigen, welches die Korrosionsschutzschicht bildet.

Die Probe ist dann in eine U-Form mit einem Radius zu biegen, der nicht kleiner als der für die Biegeprüfung festgelegt ist (siehe 2.4.1.1), und in ein Bad einzubringen, das bei Raumtemperatur eine 1%ige Natriumsulfatlösung enthält, so daß die vier Löcher mit mindestens 500 mm Lösung bedeckt sind, während die Kabelenden herausragen. Alle den konzentrischen Neutral-/Erdleiter bildenden Drähte sind an einem Ende der Probe miteinander zu verbinden und dann an den negativen Pol einer Spannungsquelle von etwa 100 V Gleichspannung zu legen.

Der positive Pol der Spannungsquelle ist an eine Metallelektrode zu legen, die in die Lösung eintaucht. Mit Hilfe eines veränderbaren Widerstandes von etwa 10 kΩ, der in den Stromkreis einbezogen ist, muß der Strom annähernd konstant auf 10 mA gehalten werden.

Nachdem die Probe über eine Zeit von etwa (100 ± 2) h unter Spannung gestanden hat, ist sie aus dem Bad herauszunehmen.

Der Mantel und die Korrosionsschutzschicht müssen von der Probe entfernt werden, und die den Neutral-/Erdleiter bildenden Aluminiumdrähte sind auf Anzeichen von Korrosion zu prüfen.

2.4.11 Wirksamkeit der Korrosionsschutzschicht nach der Alterung

Die Prüfung muß an einer repräsentativen Probe des vollständigen Kabels von mindestens 5 m Länge durchgeführt werden.

Die Probe ist auf dem Fußboden abzulegen oder entsprechend gestützt über dem Fußboden des Prüflabors anzuordnen, und es ist eine Strombelastung an den (die) Phasenleiter anzulegen, so daß deren Temperatur auf mindestens 130 °C erhöht wird. Diese Temperatur muß dann ununterbrochen über eine Zeit von 14 Tagen aufrechterhalten werden.

Die Probe darf geradlinig oder in anderer Anordnung abgelegt werden, vorausgesetzt, daß die Anordnung eine im wesentlichen geradlinige Länge einschließt, die für die nachfolgende Biegeprüfung und die Wassereindringprüfung ausreicht.

Die Temperaturen müssen durch ein Thermoelement gemessen werden, das im mittleren Zwischenraum zwischen den verseilten Adern eingesetzt wird oder in Kontakt mit einem Phasenleiter ist.

Wenn eine Unterbrechung der Erwärmung auftreten sollte oder die Temperatur aus einem anderen Grund unter 130 °C fällt, darf, um dieses zu kompensieren, die Prüfzeit verlängert werden, jedoch muß die Gesamtzeit bei einer Temperatur von mindestens 130 °C wenigstens 14 Tage betragen.

Nach Beendigung der Erwärmungszeit und nach Abkühlen des Kabels muß eine Probe aus einem geradlinigen Teil der Installation unter Ausschluß jeglicher Stellen, an denen die Überzüge zum Einsetzen eines Thermoelements zerstört worden sind, den Biegevorgängen sowie der in 2.4.9 festgelegten Prüfung der Längswasserdichtigkeit unterzogen werden, deren Verfahren und Anforderungen im betreffenden Hauptabschnitt angegeben sind.

2.4.12 Prüfung der gegenseitigen Beeinflussung

2.4.12.1 Verfahren 1

Das Prüfverfahren muß mit 8.1.4 von HD 505.1.2 übereinstimmen, außer, daß zwei Proben derselben Alterungstemperatur, jedoch mit unterschiedlicher Dauer ausgesetzt werden, wie im betreffenden Hauptabschnitt angegeben.

2.4.12.2 Verfahren 2

Das Prüfverfahren muß mit 8.1.4 von HD 505.1.2 unter Heranziehung der im betreffenden Hauptabschnitt angegebenen Temperatur und Zeit übereinstimmen.

In der Wärmekammer muß unter jeder Probe ein Blatt sauberes weißes Löschpapier gelegt werden, um eine eventuell vom Kabel herabtropfende Ausschwitzung festzustellen. Am Ende der Prüfzeit in der Wärmekammer ist das Löschpapier zu kontrollieren, und eventuelle Flecken sind im Prüfbericht festzuhalten.

2.4.13 Verhalten bei hohen Temperaturen

Dem Kabel wird eine 200 mm bis 300 mm lange Probe entnommen. Die inneren und äußeren Aufbauelemente sind zu entfernen. An beiden Enden werden die Adern auf etwa 50 mm Länge freigelegt.

Die Probe wird waagrecht in einer Wärmekammer nach 8.1.4 von HD 505.1.2 gelegt. Prüfzeiten und Temperaturen sind in dem betreffenden Hauptabschnitt angegeben.

Nach der Prüfung muß die Probe mit normalem oder korrigiertem Sehvermögen ohne Vergrößerung auf Risse in der Isolierhülle und im Mantel geprüft werden. Die Aderfarben müssen noch erkennbar und unterscheidbar sein, und aus der gemeinsamen Aderumhüllung darf nichts ausgelaufen sein.

2.4.14 Überlastungsprüfung von Leitern im Installationskanal

Zur Durchführung dieser Prüfung wird eine Probe von 6 m Länge entnommen und in einem Kanal von 100 mm Durchmesser angeordnet.

Es wird ein Strom durch den Leiter geschickt, so daß innerhalb von maximal 2 h die Temperatur erreicht wird, wie sie im betreffenden Hauptabschnitt festgelegt ist.

Unmittelbar nach dem Erreichen dieser Temperatur wird die Probe herausgenommen und einer Sichtprüfung unterzogen.

2.4.15 Unversehrtheit von einlagigen Schichten aus Gummi

Von einem Ende des vollständigen Kabels wird 1 m des Kabels entnommen und durch Entfernen des Mantels und der Kupferdrähte untersucht. Die darunterliegende Gummischicht muß unversehrt sein.

2.5 Physikalische und chemische Prüfungen

2.5.1 Verzinkungsgüte

2.5.1.1 Messung der Masse des Zinküberzuges

2.5.1.1A Prinzip der Prüfung

Die Prüfung besteht aus dem Auflösen des Zinküberzuges einer Drahtprobe mit festgelegten Maßen in einer Lösung aus Salzsäure-Antimonchlorid. Die Masse des so aufgelösten Zinks wird entweder durch die Massendifferenz der Probe vor und nach dem Auflösen (gravimetrisches Bestimmungsverfahren) oder durch die Messung des Wasserstoffvolumens bestimmt, das während des AuflöSENS des Überzuges emittiert wird (gasvolumetrisches Verfahren). Über die Bildung des Verhältnisses aus der so bestimmten Masse des Zinks zu der nach dem Auflösen des Überzuges gemessenen Oberfläche kann man die Masse des je Flächeneinheit niedergeschlagenen Zinks erhalten.

2.5.1.1B Vorbereitung der Proben

Nach dem sorgfältigen Richten der entnommenen Drähte müssen Proben geschnitten werden, deren Länge betragen muß:

- 300 mm für Drähte mit einem Durchmesser unter 1,5 mm;
- 100 mm für Drähte mit einem Durchmesser von 1,5 mm bis 3 mm;
- 50 mm für Drähte mit einem Durchmesser über 3 mm.

Es ist erforderlich, sicherzustellen, daß diese Längen auf 0,5 mm eingehalten werden. Bei dünnen Drähten muß die 300 mm lange Probe zusammengefaltet und verdreht werden, so daß sich eine Länge von ungefähr nur 100 mm ergibt.

2.5.1.1C Beschreibung der gasvolumetrischen Prüfung

a) Prüfeinrichtung

Die verwendete Einrichtung ist im [Bild 2.5.1](#) schematisch dargestellt und enthält hauptsächlich:

- 1) ein mit einer Skalenteilung versehenes Meßrohr, das an jedem Ende einen Hahn aufweist
- 2) eine Flasche, deren unteren Auslauf man durch einen Gummischlauch mit der Unterseite des Meßrohres verbindet
- 3) ein Becherglas, das zum Auffangen der Proben benutzt wird.

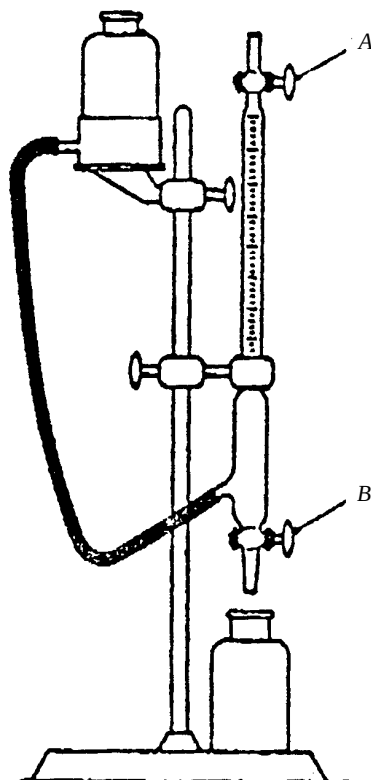


Bild 2.5.1: Prüfeinrichtung für die gasvolumetrische Prüfung

b) Bedienungsanleitung

Bei geöffnetem Hahn *B* sind das Meßrohr und ein Teil der Flasche bis etwa 30 % des Volumens mit der wie folgt hergestellten Lösung zu füllen:

- 100 ml Salzsäure (Dichte bei 20 °C: 1,19 g/ml)
- 5 ml Antimonchloridlösung, erhalten aus 20 g Sb_2O_3 oder 32 g SbCl_3 in 1 000 ml Salzsäure (Dichte bei 20 °C: 1,19 g/ml)

Der Flüssigkeitsstand wird im Meßrohr bis in das Innere des Hahngehäuses *A* durch Anheben der Säuretankflasche auf eine ausreichende Höhe gesteigert.

Nach dem Hineingeben der Probe aus dem zu prüfenden Draht wird der Hahn *A* geschlossen, und der beim Ätzen der Zinkschicht emittierte Wasserstoff sammelt sich an der Oberseite des Meßrohres.

Wenn die Wasserstoffemission beendet ist, wird die Flasche so abgesenkt, daß die Pegel im Rohr und in der Flasche niveaugleich sind. Die Lage des Meniskus der Flüssigkeit im Rohr gibt dann das Volumen des emittierten Wasserstoffs an, woraus die Masse des aufgelösten Zinks beim Wert von 2,72 mg Zink je ml emittiertem Wasserstoff abgeleitet werden kann; die Temperatur im Rohr wird hierbei auf 20 °C gehalten.

Der größere Teil der Lösung im Meßrohr ist in der Flasche zu sammeln, indem die Flasche auf den Tisch gestellt und der Hahn *A* geöffnet wird.

Danach muß der Hahn *B* geöffnet werden, um die Probe im Becherglas aufzufangen. Diese Probe muß gewaschen und sorgfältig vor dem Bestimmen ihrer Abmessungen abgewischt werden.

2.5.1.1D Beschreibung der gravimetrischen Methode

Es wird ein 600-ml-Becherglas mit Säurelösung nach 2.5.1.1C b) gefüllt. Schneide eine Länge von ungefähr 100 mm vom Draht ab und wäge sie auf drei Dezimalstellen nach dem Komma. Lege den Draht in das Becherglas mit Säure und belasse ihn solange, bis die Reaktion abklingt. Nimm den Draht aus dem Becherglas, spüle ihn in Wasser ab und trockne ihn. Wäge die Probe auf drei Dezimalstellen nach dem Komma. Bestimme den mittleren Durchmesser des Stahldrahtes.

Berechne die Zinkschichtdicke unter Verwendung der folgenden Gleichung:

$$\text{Masse der Zinkschicht in g/m}^2 \text{ Stahldrahtoberfläche} = \frac{(W_{zs} - W_s)}{W_s} d \cdot 1962$$

wobei

- W_{zs} Masse der Zinkschicht des Stahldrahtes in g
 W_s Masse des blanken Stahldrahtes in g
 d Durchmesser des blanken Stahldrahtes

2.5.1.2 Prüfung der Gleichmäßigkeit des Zinküberzuges

2.5.1.2A Prinzip der Prüfung

Die Prüfung besteht im ein- oder mehrmaligen Eintauchen einer Drahtprobe oder eines Metallstreifens in eine Kupfersulfatlösung, die den Zinküberzug allmählich auflöst und dadurch die möglichen Fehler in diesem Überzug erkennen läßt.

2.5.1.2B Vorbereitung der Probe

Die Probe wird aus einem Draht oder einem Metallstreifen von etwa 250 mm Länge hergestellt, das von Hand geradegerichtet wird. Diese Probe muß vollständig mit Benzin oder Trichlorethylen*) entfettet werden. Danach ist es mit destilliertem Wasser abzuspielen und mit einem sauberen Baumwolltuch abzutrocknen. Von diesem Augenblick an darf die Probe nur noch an dem Teil gehalten werden, der nicht einzutauchen ist.

2.5.1.2C Reagenz

Bei dem verwendeten Reagenz muß es sich um eine frische Kupfersulfatlösung handeln, die aus reinem kristallisiertem Kupfersulfat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) mit 314 g reinem Salz in 1 000 ml destilliertem Wasser gelöst hergestellt wird, welches einer Dosierung von 275 g Salz je l Lösung entspricht. Die Dichte dieser Lösung muß $(1,17 \pm 0,002) \text{ g/cm}^3$ bei einer Temperatur von $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ betragen.

2.5.1.2D Beschreibung der Prüfung

Das oben festgelegte Reagenz muß in ein Wasserglas von mindestens 8 cm Innendurchmesser gegossen werden, so daß dieses bis mindestens 10 cm Höhe gefüllt ist. Die Drahtprobe oder die Probe eines Metallstreifens ist aufeinanderfolgenden Eintauchvorgängen in dieses Reagenz auszusetzen, das während der Prüfung auf einer Temperatur von $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ gehalten werden muß.

Die senkrecht gehaltene Probe darf während der Eintauchzeit weder die Innenseiten des Behälters berühren noch geschüttelt werden.

Unmittelbar nach jedem Eintauchen muß die Probe abgewischt und mit fließendem Wasser gewaschen sowie das niedergeschlagene, jedoch nicht festhaftende Kupfer durch leichtes Reiben mit saugfähiger Baumwolle entfernt werden.

Die Anzahl und die Dauer der Eintauchvorgänge, denen jede Probe unterzogen werden muß, sind in den betreffenden Hauptabschnitten angegeben.

2.5.1.2E Sichtkontrolle

Nach der Prüfung ist durch Sichtkontrolle der Probe festzustellen, ob ein lachsfarbener, glänzender KupfERNIEDERSCHLAG an irgendeiner Stelle auf der Oberfläche, mehr als 25 mm vom eingetauchten Ende entfernt, anhaftet, was darauf hindeutet, daß der Stahl freigelegt worden ist.

Eventueller KupfERNIEDERSCHLAG an einer Stelle auf der Probe, der unbeabsichtigt durch Reiben oder mechanische Beanspruchung beschädigt wurde, ist außer acht zu lassen.

2.5.1.2F Verfahren der Gegenprobe

Im Zweifelsfalle über die wahre Beschaffenheit oder die Haftfestigkeit des Niederschlages muß eine weitere Prüfung unter Verwendung einer neuen Probe durchgeführt werden, die von demselben Probestück genommen wurde.

2.5.2 Thermogravimetrische Prüfung an nichtmetallinen Werkstoffen

2.5.2.1 Prüfeinrichtung

Die Prüfeinrichtung muß enthalten:

- eine Thermowaage;
- eine Vorrichtung, die den Graph der ersten Ableitung der thermogravimetrischen Kurve (Auflösungswert in bezug auf die Temperatur) liefert. Diese Einrichtung ist erforderlich, da sie die genauesten Daten liefert. Sie gestattet auch die Trennung von übergreifenden Erscheinungen, die unbeachtet bleiben, wenn nur die thermogravimetrische Kurve verwendet wird;

*) Nationale Fußnote: Trichlorethylen ist in Deutschland verboten; statt dessen kann Trichlorethan verwendet werden.

- eine Waage zum Wägen der Proben und der verbleibenden Asche bei 850 °C mit einer Fehlergrenze von 0,1 %;
- einen Mehrkanal-Meßschreiber:
 - ein Kanal für die Aufzeichnung des Masseverlustes als eine Funktion des Temperaturgraphs,
 - ein zweiter Kanal für die Aufzeichnung der ersten Ableitung,
 - ein dritter Kanal für die Anzeige des Temperaturanstieges (dies kann durch eine Ereignismarkierung ersetzt werden).

2.5.2.2 Optimale Betriebsbedingungen

Diese Bedingungen sind:

- Temperaturintervall: 30 °C bis 850 °C
- Aufheizrate: 10 K min⁻¹ bis zu 850 °C mit anschließender Isotherme für ungefähr 30 min, um ein Zersetzungsplateau zu erzielen
- konstanter Luftdurchfluß; synthetische Luft (z. B. 45 cm³/min).

2.5.2.3 Vorsichtsmaßnahmen

Bei der Vorbereitung der Proben müssen stets Probestücke desselben Gewichts und derselben Form hergestellt werden. Die Proben dürfen

- entweder mit einem Mikrotom und einem Hohlstempel geschnitten
- oder geschliffen werden.

Falls es die Thermowaage gestattet, wird für die Probe ein Gewicht von (10 ± 0,5) mg gewählt. Die Probe muß vor der Analyse gewogen werden; die verbleibende Asche muß gesammelt und nach der Analyse gewogen werden.

Die Erfahrung lehrt, daß Differenzen zwischen den Temperaturwerten bestehen, bei denen die Thermowaage eine Verringerung der Masse feststellt und dies vom Gewicht der erhitzten Substanz, der Aufheizgeschwindigkeit und der die Substanz umgebenden Atmosphäre abhängt.

2.5.2.4 Prüfbericht

Der Prüfbericht muß das folgende enthalten:

- Zusammensetzung der Probe, Herkunft und Reinheitsgrad
- Aufheizgeschwindigkeit
- Zusammensetzung der die Probe umgebenden Atmosphäre
- Druckwert
- Größe, Form und Zusammensetzung der Schale
- Teilung von Ordinate und Abszisse,
- Typ der Thermowaage und Lage des Thermoelements in bezug auf die Probe.

2.5.3 Kontrolle der Verzinnung der Kupferdrähte

a) Probenentnahme

Die Prüfung muß auf eine Ader jeder für die Prüfung ausgewählten Länge begrenzt werden. Es sind alle Drähte bei Leitern bis 14 Drähten und einige Drähte bei Leitern mit mehr als 14 Drähten 500 mm vor dem einen Ende des Kabels für die Prüfung auszuwählen.

b) Verfahren

200 mm lange Drahtstücke werden zwei Eintauchzyklen unterzogen, wobei jeder Zyklus aus folgendem besteht:

- i) ein 60 s dauerndes Eintauchen in eine HCl-Lösung mit einer Dichte von 1,088 g/cm³ bei 20 °C, Waschen in sauberem Wasser und Trocknen.
- ii) ein 30 s dauerndes Eintauchen in eine Lösung aus Na₂S · 9 H₂O mit einer Dichte von 1,142 g/cm³ bei 20 °C, Waschen in sauberem Wasser und Trocknen.

Die Probe wird mit einem sauberen Tuch abgerieben, und es wird die Anzahl der schwarzen Stellen gezählt, wobei diejenigen zu vernachlässigen sind, die sich weniger als 10 mm vom Ende des Drahtes entfernt befinden.

2.5.4 Kontrolle der Haltbarkeit von Farben und Kennzeichnung

Die Einhaltung dieser Forderung muß kontrolliert werden, indem man zehnmal durch leichtes Reiben unter Verwendung von mit Wasser durchränkter Rohbaumwolle oder durchränktem Baumwollstoff versucht, die Kennzeichnung des Herstellers oder des Warenzeichens sowie die Farben der Adern oder Ziffern zu entfernen.

2.5.5 Prüfung auf Wasserdampfdurchlässigkeit

Die Prüfung muß an besonders vorbereiteten Proben von Einbettungs- und Mantelmaterial durchgeführt werden. Die Dicke der Probe muß mindestens 0,5 mm betragen. Wo mehrlagige Mäntel eingesetzt werden, müssen alle Bestandteile als Einzelmaterial geprüft werden. Die Prüfung ist an drei Proben aus jedem Material durchzuführen.

2.5.5.1 Einführung

Dieses Verfahren dient zum Bestimmen der Durchlässigkeit von Kunststoffen gegenüber Wasserdampf, wie sie durch die Masse des Wasserdampfes in $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ definiert ist, die innerhalb von 24 h durch eine Probe in Film- oder Tafelform unter festgelegten Bedingungen von Temperatur und Luftfeuchte hindurchdringt.

Bei diesem Verfahren wird die Probe mit Wachs über der Öffnung einer Schale abgedichtet, die ein Trockenmittel enthält. Bei dem Verfahren beträgt die Temperatur 38 °C und die relative Luftfeuchte 90 %. Die Wasserdampfdurchlässigkeit wird aus dem Wert der Masseerhöhung der Schalenanordnung errechnet.

2.5.5.2 Prüfeinrichtung

- Waage zum Wägen bis 0,000 5 g.
- Flache Aluminiumschalen, wie in [Bild 2.5.5](#) (siehe Anmerkung 1) dargestellt. Die Schalen sind so konstruiert, daß die offene Fläche der Probe exakt definiert entweder 25 cm² oder 50 cm² beträgt und die Übertragung von Wasserdampf an den oder durch die Kanten der Probe mit Hilfe einer Wachsabdichtung verhindert werden kann.
- Schablone zum Einwachsen, wie in [Bild 2.5.5](#) dargestellt, zum Abdichten der Probe auf der Schale mit Wachs.
- Wägeabdeckungen in Form von Aluminiumdeckeln zum Verschließen der Schalen (siehe [Bild 2.5.5](#)). Diese Abdeckungen sind nur erforderlich, wenn die Schalen aus dem Wägeschrank oder -raum entnommen werden müssen, um die Veränderungen der Masse gering zu halten, wenn sich die Schalen außerhalb der kontrollierten Atmosphäre befinden.
- Klimakammer mit Gestell zum Aufnehmen der Schalen und mit kontinuierlicher Luftumwälzung über der Probe sowie geregelt bei: $(90 \pm 2) \%$ relative Luftfeuchte und $(38 \pm 0,5) \text{ } ^\circ\text{C}$.

Die Luftzirkulation muß ausreichend schnell erfolgen, um die festgelegte relative Luftfeuchte an der Oberfläche zu sichern. Die Konstruktion der Klimakammer muß so beschaffen sein, daß es während der Prüfung zu keiner Kondensation der Feuchte in der Nähe der Probe kommt. Es ist sorgfältig darauf zu achten, daß die Klimakammer nicht in einem solchen Umfang beladen wird, daß die relative Luftfeuchte durch das Tempo der Feuchtaufnahme unter die untere festgelegte Grenze verringert wird. (Siehe [Anmerkung 2](#), [Seite 34.](#))

2.5.5.3 Trockenmittel: Zusammensetzung der Wachsdichtung

- Beim Trockenmittel muß es sich um wasserfreies Calciumchlorid oder ein beliebiges anderes Trockenmittel handeln, das nachweisbar dieselben Ergebnisse erbringen kann.
- Die als Dichtung verwendete Wachsmischung muß so beschaffen sein, daß sie sowohl fest an den Oberflächen der Proben als auch an der Schale haftet und bei Raumtemperatur nicht spröde wird. Es ist wichtig, daß das Wachs beständig ist und keinen Wasserdampf absorbiert. Wenn eine Probe mit einer Oberfläche von 50 cm² über eine Dauer von 24 h einer Atmosphäre von 90 % relativer Luftfeuchte bei 38 °C ausgesetzt wird, muß die Veränderung der Masse weniger als 0,001 g betragen. (Siehe [Anmerkung 3](#), [Seite 34.](#))

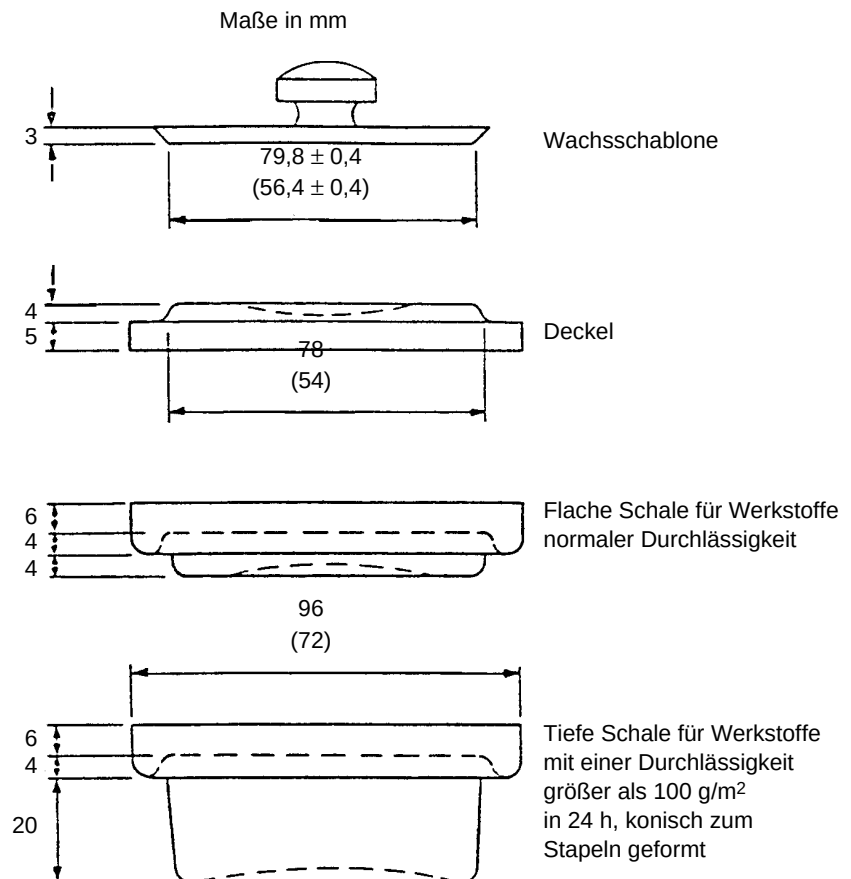
2.5.5.4 Form der Proben

Bei den Proben muß es sich um runde Scheiben handeln, die aus einer Platte geschnitten oder zu dieser Form gepreßt werden und einen solchen Durchmesser aufweisen, daß ihre Kanten zur Hälfte über den ringförmigen Rücksprung der Schale hinausragen.

2.5.5.5 Verfahren

Die Schale ist 1 mm bis 2 mm an den Stützring heran mit Trockenmittel zu füllen, auf dem danach die Probe mittig angeordnet wird. Die Schablone zum Einwachsen muß dann zentral über der Schale und der Probe aufgesetzt werden, und das geschmolzene Wachs läuft in den Rücksprung der Schale, bis das Wachs niveaugleich mit der oberen Fläche der Schablone ist.

Eventuelle Luftblasen im Wachs müssen mit einer kleinen Gasflamme beseitigt werden, das Wachs läßt man aushärten, und die Einwachsschablone wird abgenommen. Die Anordnung ist zu begutachten, um sicherzustellen, daß die Dichtung ausreichend ist und eventuelles Wachs an der Außenseite der Schale entfernt worden ist. Das Füllen der Schale und deren Abdichtung ist so schnell wie möglich durchzuführen, damit das Trockenmittel ein Minimum an Wasserdampf aus der Atmosphäre aufnimmt. Es ist darauf zu achten, daß die Probe während der Bearbeitung nicht beschädigt wird und daß das Trockenmittel nicht mit ihm in Berührung kommen darf. Zur Erleichterung des Entnehmens der Schablone aus dem Wachs ist vor dem Abdichten ein dünner Film aus Rohvaseline auf die abgeschrägte Kante aufzutragen; überschüssige Vaseline an der unteren Fläche muß entfernt werden.



Die dargestellten Maße gelten für Prüfflächen von 50 cm³ und 25 cm³, die letzteren stehen in Klammern. Die Maße sind Innenmaße, mit Ausnahme der Gesamtdurchmesser der Schalen, bei denen es sich um Außenmaße handelt.

Empfohlener Werkstoff: Aluminiumblech, etwa 1 mm dick

Bild 2.5.5: Dosen und Schablonen

Es sind mindestens zwei Schalenanordnungen mit einer Gesamtfläche von mindestens 100 cm² vorzubereiten und in der Klimakammer aufzustellen. Es sind aufeinanderfolgende Wägungen in entsprechenden Zeitabständen vorzunehmen, die so lang sind, daß die Prüfung beendet ist, bevor die relative Luftfeuchte in der Schale über 2 % ansteigt. Calciumchlorid überschreitet diesen Wert der relativen Luftfeuchte nicht, vorausgesetzt, daß die Gesamtaufnahme von Wasser weniger als 1,5 g je 15 g Trockenmittel beträgt. Die kumulative Erhöhung der Masse jeder Anordnung in Milligramm muß gegenüber der Gesamtzeit der Einwirkung in der Klimakammer aufgezeichnet werden. Wenn mindestens drei, besser jedoch vier Punkte auf einer Geraden liegen, ist ein konstanter Wert der Zunahme erreicht, und die Prüfung darf abgebrochen werden. Die Wägungen müssen mit einer Meßunsicherheit von 1 % der Masseveränderung zwischen zwei aufeinanderfolgenden Wägungen oder auf 0,001 g vorgenommen werden, je nachdem, welcher Wert größer ist.

Wenn die Schalenanordnungen in der Klimakammer behandelt werden, aus dem sie zum Zwecke der Wägung entnommen werden, müssen Vorkehrungen getroffen werden, mit denen sichergestellt ist, daß für sie bei jeder folgenden Wägung außerhalb der Klimakammer die gleiche Zeit und dieselben Bedingungen zutreffen.

ANMERKUNG: Es wird empfohlen, etwa acht Anordnungen zur gleichen Zeit aus der Klimakammer zu entnehmen, diese sofort mit ihren Deckeln zu bedecken und solange abkühlen zu lassen, bis ihre Temperatur nicht wesentlich von der des Raumes abweicht. Nach Abschluß der Wägungen werden die Deckel abgenommen und die Anordnungen sofort zurückgestellt. Bei jeder folgenden Wägung werden genau dieselbe Prozedur und derselbe Zeitplan befolgt. Wo dies möglich ist, werden die Klimakammer und die Waage in einer Atmosphäre mit konstanter Luftfeuchte und Temperatur gehalten.

Die Wasserdampfdurchlässigkeit muß aus der Neigung des Graphs errechnet werden, den man durch die Aufzeichnung der kumulativen Massezunahme in Milligramm jeder Schalenanordnung gegenüber der Gesamtzeit der Einwirkung in der Klimakammer erhält. Die erforderliche Neigung ergibt sich aus der Geraden, die so nahe wie möglich durch solche Punkte gezogen wird, die einen im wesentlichen konstanten Wert der Zunahme darstellen. Wenn also x mg die Massezunahme während einer Zeit y für eine behandelte Fläche von A cm² darstellt, dann ist die Durchlässigkeit

$$\frac{240}{Ay} \cdot \text{g/m}^2 \text{ in 24 h.}$$

Der Mittelwert muß auf zwei signifikante Stellen, jedoch besser als auf 0,2, genau erfaßt werden.

2.5.5.6 Prüfbericht

Der Prüfbericht muß enthalten:

- 1) Die Wasserdampfdurchlässigkeit in g/m² in 24 h;
- 2) Die einzelnen Prüfergebnisse;
- 3) Die Dicke der Probe.

ANMERKUNG 1: Aus den nachstehend genannten Gründen ist es wünschenswert, daß die Schalen flach sind und der Abstand zwischen dem Trockenmittel und dem in Prüfung befindlichen Material weniger als 2 mm beträgt.

- i) Die gemessene Durchlässigkeit schließt die Wirkung dieses Abstandes ein, der – falls er groß ist – die Ergebnisse bei verhältnismäßig durchlässigen Materialien beträchtlich beeinflussen kann.
- ii) Die Wirkung der Veränderung im barometrischen Druck auf die scheinbare Masse der Anordnung ist annähernd proportional zu ihrem Volumen und dies kann, wenn die Schale nicht flach ist, die Ergebnisse bei Materialien mit sehr niedriger Durchlässigkeit beträchtlich verändern. Die Verwendung einer Anordnung, mit der diesem Effekt entgegengewirkt werden kann, wird für das übliche Prüfen nicht empfohlen.
- iii) Wo die Prüfeinrichtungen, wie im Falle der Tropenprüfung, beträchtlichen Temperaturänderungen ausgesetzt sind, kann die entsprechende Ausdehnung oder Zusammenziehung der eingeschlossenen Luft das in Prüfung befindliche Material stark beanspruchen. Dieser Effekt kann durch die Verwendung flacher Schalen erheblich verringert werden.

ANMERKUNG 2: Es ist wichtig, daß die Klimakammer die festgelegten Bedingungen innerhalb weniger Minuten nach dem Schließen der Tür erreicht und daß die Bedingungen während der Prüfung innerhalb der festgehaltenen Grenzen gehalten werden. Wo eine gesättigte Salzlösung mit einem enthaltenen Überschuß an fester Substanz zum Aufrechterhalten einer konstanten relativen Luftfeuchte verwendet wird, ist es unwahrscheinlich, daß diese Bedingungen erreicht werden, wenn nicht sämtliche Öffnungen im Schrank abgedichtet werden und die Luft schnell über der Lösung zirkuliert. Die Tür sollte nicht so häufig geöffnet werden, damit die durchschnittliche tägliche Luftfeuchte im Schrank nicht unter den festgelegten Feuchtewert absinkt. Achtmaliges Öffnen je Tag wird als Höchstwert für eine Klimakammer angesehen, in der die Luftfeuchte durch eine Salzlösung aufrechterhalten wird. Eine gesättigte Kaliumnitratlösung hält eine relative Luftfeuchte von 90 % bei 38 °C aufrecht.

ANMERKUNG 3: Eine geeignete Wachszusammensetzung aus 90 % mikrokristallinem Wachs und 10 % Plastifikator ist im Handel erhältlich.

2.5.6 Bestimmung der Wasseraufnahme durch Kapazitätsmessung

Man nimmt eine Probe von einer Ader mit einer Länge von etwa 4,5 m, entfernt den Mantel und die eventuell vorhandene Umhüllung, ohne die Isolierhülle zu beschädigen.

Man trocknet die Probe in einer Trockenkammer bei 70 °C bis 75 °C während 24 h und taucht danach den etwa 3 m langen Mittelabschnitt bei der festgelegten Temperatur in Leitungswasser, wobei die Kabelenden außerhalb des Behälters belassen und durch zweckmäßige Kabelstutzen umschlossen werden. Das Wasser ist 14 Tage auf Prüftemperatur zu halten.

Während der gesamten Prüfperiode darf der Wasserstand um höchstens ± 10 mm schwanken.

Nach 1 Tag, 7 Tagen und 14 Tagen mißt man die Kapazität der Probe bei einer Frequenz zwischen 500 Hz und 1 500 Hz, wobei sorgfältig darauf zu achten ist, daß alle Messungen bei der gleichen Temperatur und dem gleichen Wasserstand ausgeführt werden.

ANMERKUNG: Die Messungen dürfen bei 50 Hz ausgeführt werden, jedoch ist im Zweifelsfall derjenige Wert als Kapazitätswert zu betrachten, der bei Tonfrequenz gemessen wurde.

3 ELEKTRISCHE PRÜFUNGEN

3.1 Elektrischer Widerstand

3.1.1 Leiter

Die Messung des elektrischen Widerstandes wird in allen Leitern des Kabels, einschließlich des gegebenenfalls vorhandenen konzentrischen Leiters, vorgenommen.

Das vollständige Kabel oder eine Probe davon muß sich im Prüfraum befinden, der mindestens 12 h vor der Prüfung bei einer weitestgehend konstanten Temperatur gehalten werden muß. Falls Zweifel bestehen, ob die Leiter-temperatur dieselbe wie die Raumtemperatur ist, darf erst gemessen werden, nachdem das Kabel 24 h im Prüfraum belassen wurde. Alternativ kann der Widerstand an einer Probe des Leiters gemessen werden, die mindestens 1 h in einem temperaturgesteuerten Flüssigbad konditioniert wurde.

Der gemessene Wert des Widerstandes muß auf 20 °C und 1 km Länge nach den in **HD 383** angegebenen Gleichungen und Faktoren korrigiert werden.

Der Gleichstromwiderstand eines jeden Leiters bei 20 °C darf nicht den entsprechenden Höchstwert überschreiten, der in **HD 383** festgelegt ist bzw. in anderen Fällen den Wert, der im Hauptabschnitt vorgeschrieben wird. Bei konzentrischen Leitern muß der Widerstandswert mit dem im betreffenden Hauptabschnitt übereinstimmen.

3.1.2 Bewehrung

Man bestimmt den Gleichstromwiderstand der Bewehrung durch Messung des Widerstandes sämtlicher Bewehrungs- oder Flachdrähte des vollständigen Kabels, die miteinander verbunden sind, und danach ist der Wert von t °C, der Bestimmungstemperatur, auf 20 °C unter Verwendung der Temperatur-Umrechnungsfaktoren aus Tabelle 3.1.2 zu korrigieren.

Tabelle 3.2.1: Temperatur-Umrechnungsfaktoren

1	2	3
Temperatur der Bewehrung t zum Zeitpunkt der Messung °C	Umrechnungsfaktor k_t	
	Bewehrung mit verzinktem Stahldraht	Bewehrung mit Aluminiumdraht oder Flachdraht
5	1,072	1,064
6	1,067	1,059
7	1,062	1,055
8	1,057	1,050
9	1,052	1,046
10	1,047	1,042
11	1,042	1,037
12	1,037	1,033
13	1,033	1,029
14	1,028	1,025
15	1,023	1,020
16	1,018	1,016
17	1,014	1,012
18	1,009	1,008
19	1,005	1,004
20	1,000	1,000
21	0,996	0,996
22	0,991	0,992
23	0,987	0,988
24	0,982	0,984
25	0,978	0,980

(fortgesetzt)