

DIN EN 60172

ICS 29.060.10

Einsprüche bis 2014-05-07
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 60172:2010-11

Entwurf**Prüfverfahren zur Bestimmung des Temperaturindex von Lackdrähten
(IEC 55/1398/CD:2013)**

Test procedure for the determination of the temperature index of enamelled winding wires
(IEC 55/1398/CD:2013)

Méthode d'essai pour la détermination de l'indice de température des fils de bobinage
émaillés
(CEI 55/1398/CD:2013)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2014-03-07 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

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

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

Gesamtumfang 48 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe	4
4 Kurzbeschreibung des Prüfverfahrens	5
5 Probekörper	5
5.1 Herstellung	5
5.2 Tränkmittel	6
5.3 Anmerkungen zur Anzahl der Probekörper	7
5.4 Probekörperhalter	7
6 Warmlagerung	7
7 Prüfspannung und Spannungsprüfung	8
8 Auswertung	10
8.1 Lebensdauer des Probekörpers	10
8.2 Lebensdauer	10
8.3 Linearität	10
8.4 Berechnung und Darstellung der Lebensdauer und des Temperaturindex	11
9 Prüfbericht	11
Anhang A (normativ) Verfahren zur Berechnung der Regressionsgeraden	17
Anhang B (normativ) Korrelationskoeffizient	22

Bilder

Bild 1 – Vorrichtung zum Herstellen von Probekörpern aus lackisoliertem Runddraht	11
Bild 2 – Abstandshalter	12
Bild 3 – Lehre zum Formen des Probekörpers	12
Bild 4 – Probekörper mit Abstandshalter in der Lehre	12
Bild 5 – Geformter Probekörper mit abgeschnittener Schlaufe	13
Bild 6 – Probekörperhalter	13
Bild 7 – Probekörperhalter	14
Bild 8 – Lebensdauerdiagramm – Temperaturindex	14
Bild 9 – Spannvorrichtung zum Biegen von Magnetdrähten, Probekörper für Dielektrizitätsprüfung	15
Bild 10 – Spannvorrichtung und Probekörper	16
Bild A.1 – Eingetragene Regressionsgerade, berechnet aus dem Rechenbeispiel	21

Tabellen

Tabelle 1 – Belastung und Anzahl der Verdrehungen für Probekörper	5
Tabelle 2 – Empfohlene Warmlagerungsperioden je Zyklus	8
Tabelle 3 – Prüfspannung für lackisierte Runddrähte	9
Tabelle 4 – Prüfspannung für mit Band umwickelte Runddrähte und für lackisierte oder mit Band umwickelte Flachdrähte	9
Tabelle A.1 – Empfohlene Prüftemperaturen in °C und entsprechend in K mit ihren reziproken und ihren reziprok-quadratischen Werten	19
Tabelle A.2 – Rechenbeispiel	20

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 55/1398/CD:2013 „Test procedure for the determination of the temperature index of enamelled winding wires“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

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

Das internationale Dokument wurde vom TC 55 „Winding wires“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

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

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf prEN nur 2 Monate beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 413 „Wickeldrähte“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

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.

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

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN 60172:2010-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) überarbeiteter Abschnitt 1, Anwendungsbereich, um den Text aus dem vorigen Abschnitt 2, Zweck, aufzunehmen;
- b) Streichung von Abschnitt 2, Zweck, durch Unterbringung des Textes in anderen Abschnitten;
- c) neuer Abschnitt 2, Normative Verweisungen;
- d) Überarbeitungen von 5.1.1, 5.3 und 5.4 mit Korrekturen zur Änderung 2 der dritten Ausgabe;
- e) Überarbeitung in Abschnitt 7, wie zur Klarstellung, welche Prüflinge der Tabelle 3 und Tabelle 4 entsprechen;
- f) Überarbeitung der Bilder mit hochauflösenden Fotografien und Darstellungen.

Prüfverfahren zur Bestimmung des Temperaturindex von Lackdrähten

1 Anwendungsbereich

Das hier festgelegte Prüfverfahren beschreibt entsprechend den Regeln in IEC 60216-1 die Bestimmung des Temperaturindex von lackisolierten, mit oder ohne Tränkmittel imprägnierten und mit Band umwickelten Rund- und Flachdrähten durch die Änderung der elektrischen Durchschlagfestigkeit bei atmosphärischem Luftdruck. Es ist nicht anwendbar auf faserisolierte Drähte oder Drähte, die mit Band umwickelt sind, das anorganische Fasern enthält.

ANMERKUNG Die aus diesen Prüfverfahren resultierenden Angaben dienen dem Konstrukteur und Entwicklungsingenieur als Information für die Auswahl der Wickeldrähte für weitere Auswertungen bei Prüfungen von Isolationssystemen und Betriebsmitteln.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

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

IEC 60216-3, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 3: Instructions for calculating thermal endurance characteristics*

IEC 60317 (Reihe), *Specifications for particular types of winding wire*

IEC 60455-3-5, *Resin based reactive compounds used for electrical insulation – Part 3: Specifications for individual materials – Sheet 5: Unsaturated polyester based impregnating resins*

IEC 60464-3-2, *Varnishes used for electrical insulation – Part 3: Specifications for individual materials – Sheet 2: Hot curing impregnating varnishes*

3 Begriffe

Temperaturindex

ein Zahlenwert, der nach IEC 60216-1 ermittelt wird und der ein Maß für die relative thermische Lebenserwartung ist und der Temperatur in Grad Celsius entspricht, welche aus dem Diagramm über die Warmlagerungszeit bei 20 000 h nach Gleichung 6 in Anhang A abgeleitet wird

Lebensdauer des Probekörpers

Anzahl der Stunden, die der Probekörper der Warmlagerungstemperatur ausgesetzt ist bis dieser bei der Spannungsprüfung ausfällt (siehe 8.1)

Mittelwert der Lebensdauer

Anzahl der Stunden, die aus der Lebensdauer des Probekörpers für eine Gruppe von Probekörpern für eine Warmlagerungstemperatur nach 8.2 berechnet wird

4 Kurzbeschreibung des Prüfverfahrens

Ein Satz von Probekörpern nach Abschnitt 5 wird einem Prüfzyklus unterworfen. Dieser Zyklus besteht aus einer Warmlagerungsperiode bei einer Prüftemperatur nach Abschnitt 6, gefolgt von einer Spannungsprüfung bei Raumtemperatur nach Abschnitt 7.

Dieser Zyklus wird wiederholt, bis eine genügende Anzahl von Probekörpern ausgefallen ist. Danach wird die Lebensdauer nach Abschnitt 8 bestimmt. Diese Prüfung wird bei drei oder mehr Prüftemperaturen vorgenommen. Eine Regressionsgerade wird nach 8.4 berechnet, ferner werden die Lebensdauerwerte in das Lebensdauerdiagramm als Funktion der Prüftemperatur eingetragen.

Diejenige Temperatur in °C, die dem Schnittpunkt der Regressionsgeraden mit der 20 000-h-Linie entspricht, verkörpert den Temperaturindex des geprüften Drahtes.

5 Probekörper

5.1 Herstellung

5.1.1 Lackisolierter Runddraht mit einem Nenndurchmesser von 0,224 mm bis einschließlich 2,65 mm

Der für die Bestimmung des Temperaturindex angewendete Isolationsgrad muss Grad 2 oder Grad 2B für Backlack-Wickeldrähte entsprechen.

Drahtdurchmesser von 0,315 mm und 0,28 mm sind zur Anwendung zugelassen, wenn der genaue Größenbereich auf 0,50 mm und feiner begrenzt ist.

ANMERKUNG Für lackierte Runddrähte hat die Erfahrung gezeigt, dass zur Vermeidung von unerwünschter Brüchigkeit der Probekörper Nenndurchmesser von 0,800 mm bis einschließlich 2,65 mm zur Bearbeitung und Prüfung geeignet sind.

- a) Ein Drahtprobekörper von etwa 400 mm Länge muss mit einer Vorrichtung nach Bild 1 über eine Länge von 125 mm verdreht werden. Die Kraft (Gewicht), die auf das Drahtpaar während der Verdrehung angewendet wird und die Anzahl der Verdrehungen sind in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1 – Belastung und Anzahl der Verdrehungen für Probekörper

Nenndurchmesser mm		Belastung an den Drahtpaaren N	Anzahl der Verdrehungen auf 125 mm
Über	bis einschließlich		
0,224	0,25	0,85	33
0,25	0,35	1,7	23
0,35	0,50	3,4	16
0,50	0,75	7,0	12
0,75	1,05	13,5	8
1,05	1,50	27,0	6
1,50	2,15	54,0	4
2,15	3,50	108,0	3

- b) Abstandhalter dürfen nach Bild 2 vorbereitet werden. Derartige thermisch stabile Isolierstoffe, wie Keramik oder Glasfaserlaminat, dürfen verwendet werden. Die Abstandhalter werden mit einem passenden identifizierenden Buchstaben oder einer Nummer gekennzeichnet.

- c) Die Probekörper dürfen in einer Spannvorrichtung geformt werden, deren Konstruktionszeichnung in Bild 3 dargestellt ist. Ein Probekörper wird in der Spannvorrichtung angeordnet und ein Abstandhalter, der an den parallelen Drahtenden des verdrehten Paares angelegt wird, wird zum Rand der Spannvorrichtung hochgeschoben, wie in Bild 4 gezeigt. Daraufhin werden die Drahtenden parallel gebogen um den Abstandhalter in Position zu halten. Die Spannvorrichtung stellt einheitlichere Probekörper zur Verfügung. Wenn ein Probekörperhalter verwendet wird, werden keine Abstandhalter benötigt.
- d) Die Schlaufe am Ende des verdrehten Bereichs muss an zwei Stellen (nicht an einer) geschnitten werden, um den maximalen Abstand zwischen den Schnittenden zu gewährleisten, wie in Bild 5 dargestellt. Bei jedem Biegen der Drähte an diesem oder dem anderen nicht verdrehten Ende, um einen entsprechenden Abstand zwischen den Drähten herzustellen, müssen Knicke oder Beschädigungen der Isolierung vermieden werden.
- e) Um eine Einheitlichkeit der Charge von Probekörpern zu gewährleisten, wird empfohlen, die Probekörper für eine 1 Sekunde einer Prüfspannung auszusetzen, die dreimal so groß ist, wie die Werte nach Tabelle 3.

5.1.2 Mit Band umwickelter Runddraht und lackisolierter oder mit Band umwickelter Flachdraht

ANMERKUNG Jede geeignete Größe eines Rund- oder Flachdrahtes darf verwendet werden. Zum leichteren Biegen der Drähte ist es allerdings empfehlenswert, dass die Drahtumfänge so gewählt werden, dass geringe Biegekräfte ausreichen, um zum Vorbereiten der Probekörper die erforderlichen Drahtstücke zu formen. Drähte mit hoher Steifigkeit erzeugen Probekörper mit schlechten Kontaktbereichen zwischen den Drähten.

- a) Zwei gerade Drahtprobekörper von jeweils 250 mm Länge sind von der Lieferspule zu entnehmen.
- b) Am Ende eines jeden Drahtabschnittes ist jeweils ein 10 mm bis 15 mm langes Stück der Isolierung zu entfernen, um eine elektrische Verbindung sicherzustellen.
- c) Jeder Probekörper ist in einer in Bild 9 gezeigten Spannvorrichtung zu formen. Es entsteht ein gerader mittlerer Abschnitt von etwa 150 mm Länge mit gebogenen Enden, die den notwendigen Anschlusskontakt an den beiden Enden des Probekörpers bilden.
- d) Die beiden geformten Probekörper werden rückseitig aneinander befestigt und, wie in Bild 10 dargestellt, straff mit Glasfasern um den geraden mittleren Abschnitt umwickelt.

Es ist darauf zu achten, dass der mittlere Abschnitt einen engen Kontakt zwischen den beiden Drahtstücken aufweist.

Nach dem Zusammenbinden ist ein weiteres Biegen der Enden zu vermeiden. Tempern der Probekörper vor dem Prüfen oder Imprägnieren verhindert Spannungen und Risse und kann daher bei bestimmten Materialien empfehlenswert sein.

- e) Vor dem Prüfverfahren ist das Probestück mit einer Wechselfspannung von 1 000 V auf Spannungsfestigkeit zu prüfen.

5.2 Tränkmittel

Die Erfahrung hat gezeigt, dass isolierter Draht nach IEC 60317 und Tränkmittel nach IEC 60455-3-5 oder IEC 60464-3-2 sich während der Warmlagerungszeit gegenseitig beeinflussen können.

ANMERKUNG Die Prüfung von mit Tränkmitteln imprägnierten Probekörpern ermöglicht eine Bewertung der Verträglichkeit der Isolierung mit einem Tränkmittel. Dadurch können die Temperaturindizes verschiedener Kombinationen verglichen werden.

Wechselwirkungen zwischen Drahtisolierung und dem Tränkmittel können die relative thermische Lebensdauer dieser Kombination verringern oder erhöhen verglichen mit der Lebensdauer eines ohne Tränkmittel geprüften Drahtes. Daher kann dieses Prüfverfahren bei imprägnierten Probekörpern Hinweise auf die Warmlagerungszeit einer Kombination aus Drahtisolierung und Tränkmittel geben.

Ist ein Tränkmittel erforderlich, ist das folgende Verfahren anzuwenden:

Der Probekörper wird in vertikaler Position in das Tränkmittel (60 ± 10) s (siehe Anmerkung) eingetaucht. Er wird langsam und gleichmäßig mit etwa 1 mm/s herausgezogen. In horizontaler Lage lässt man ihn 10 min bis 15 min abtropfen und härtet ihn dann nach den Empfehlungen des Herstellers oder nach einem verein-

barten Prüfplan in horizontaler Lage aus. Falls mehr als eine Behandlung notwendig ist, lässt man den Probekörper bei jeder weiteren Behandlung gegenläufig eintauchen, abtropfen und aushärten.

ANMERKUNG Es ist möglich, dass einige Tränkmittel, wie z. B. Produkte hoher Viskosität oder thixotropische Produkte alternative Verarbeitungsprozesse erfordern.

5.3 Anmerkungen zur Anzahl der Probekörper

Die Genauigkeit der Prüfergebnisse hängt stark von der Anzahl der Probekörper ab, die bei der jeweiligen Temperatur warm gelagert werden. Wenn es bei den Probekörpern, die der jeweiligen Temperatur ausgesetzt wurden, einen großen Streubereich der Ergebnisse gibt, wird eine größere Anzahl von Probekörpern benötigt, um eine bestimmte Genauigkeit zu erreichen.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass 20 Probekörper ohne Tränkmittel und 10 Probekörper mit Tränkmittel Ergebnisse mit einer annehmbaren Toleranz liefern. Es sollten aber mindestens 10 Probekörper verwendet werden.

5.4 Probekörperhalter

5.4.1 Für Probekörper nach 5.1.1

Da die Behandlung einzelner geformter Probekörper zu Frühausfällen führen kann, wird empfohlen, dass die Probekörper in einem geeigneten Probekörperhalter aufgenommen werden, wie z. B. in Bild 6 gezeigt. Dieser Probekörperhalter soll so beschaffen sein, dass er die Probekörper vor von außen bewirkten mechanischen Schäden und Einflüssen bewahrt. Er kann so gefertigt werden, dass die Anschlüssen des Probekörpers hindurchragen und einen elektrischen Anschluss für die Prüfspannung zulassen, siehe Bild 7. Der Probekörperhalter muss für mindestens 10 Probekörper ausgelegt werden, um die Handhabungszeit zu minimieren.

5.4.2 Für Probekörper nach 5.1.2

Die Probekörper sind in einen Wärmeschrank zu hängen. Es ist keine besondere Halterung erforderlich.

6 Warmlagerung

In diesem Abschnitt werden die empfohlenen Warmlagerungstemperaturen behandelt.

Die Tabelle 2 zeigt die Temperaturen und die Warmlagerungsperioden für die entsprechenden Prüfzyklen. Ein Zyklus ist als eine Warmlagerung bei hoher Temperatur mit anschließender Spannungsprüfung bei Raumtemperatur (20 °C bis 30 °C) festgelegt. Dabei sollen die Probekörper ohne Berücksichtigung der Aufwärmungs- und Abkühlungszeit in den Wärmeschrank gebracht und aus dem Wärmeschrank entnommen werden.

Der Wärmeschrank sollte vor dem Einbringen der Probekörper genau auf die Prüftemperatur eingestellt sein.

Die Warmlagerung sollte in einem Wärmeschrank mit Luftumwälzung durchgeführt werden, der die Temperatur der Probekörper auf ± 2 °C der gewählten Prüftemperatur hält.

Die Warmlagerungsperioden sind so auszuwählen, dass die Probekörper bei jeder Prüftemperatur etwa 10 Zyklen ausgesetzt werden, bevor der Mittelwert der Lebensdauer erreicht wird.

Lebensdauerwerte, die nach weniger als 8 und nach mehr als 20 Zyklen erhalten werden, können zu falschen Ergebnissen führen und sollten nicht berücksichtigt werden, um die thermische Beständigkeit von Lackdraht vorherzusagen. Daher darf in solchem Fall ein kürzerer oder längerer Zyklus als in Tabelle 2 angegeben, ausgewählt werden, damit die Zykluszahl in den genannten Bereich fällt.

Die Zyklusdauer kann auch im Verlauf der Warmlagerung entsprechend verlängert und verkürzt werden, um die Anzahl der Zyklen bis zum Erreichen der Lebensdauer zu beeinflussen.

Probekörper sollten mindestens drei oder vorzugsweise vier Prüftemperaturen ausgesetzt werden. Die niedrigste Temperatur, empfohlen werden 20 °C über der gewünschten Temperaturklasse, sollte eine Temperatur sein, die zu einem Ausfall in einem Zeitrahmen über 5 000 h führt. Die höchste Beanspruchungstemperatur muss einen Wert von mindestens 100 Stunden liefern, damit dieser Wert als gültiger Datenpunkt berücksichtigt werden kann. Die Beanspruchungstemperaturen sollten um nicht mehr als 20 °C voneinander abweichen. Die aus den Ergebnissen abgeleitete Genauigkeit für den Temperaturindex wird sich in dem Maße verbessern, wie sich die Beanspruchungstemperatur der Temperatur annähert, der die Isolierung im Betrieb ausgesetzt ist.

Tabelle 2 – Empfohlene Warmlagerungsperioden je Zyklus

Warmlagerungs- oder Alterungstemperatur °C	Schätzwert für den Temperaturindex						
	105 bis 109	120 bis 130	150 bis 159	180 bis 189	200 bis 209	220 bis 239	240 bis 249
320							1
310							2
300						1	4
290						2	7
280					1	4	14
270					2	7	28
260				1	4	14	49
250				2	7	28	
240				4	14	49	
230			1	7	28		
220			2	14	49		
210		1	4	28			
200		2	7	49			
190	1	4	14				
180	2	7	28				
170	4	14	49				
160	7	28					
150	14	49					
140	28						
130	49						
120							

ANMERKUNG Die Empfehlungen der Tabelle 2 weichen von denjenigen in IEC 60216 ab, werden jedoch für Lackdrähte für zweckmäßiger gehalten.

7 Prüfspannung und Spannungsprüfung

Die angelegte Prüfspannung muss eine Wechselspannung mit einer Nennfrequenz von 50 Hz oder 60 Hz sein, die annähernd sinusförmig ist, mit einem Scheitelfaktor in den Grenzen von $\sqrt{2} \pm 5\%$ (1,34 bis 1,48). Die Bemessungsleistung des Prüftransformators muss mindestens 500 VA betragen und unter Prüfbedingungen einen Strom mit praktisch unverfälschter Sinusform liefern.

Zur Feststellung eines Fehlers muss die Überstromeinrichtung ansprechen, wenn durch den Hochspannungskreis ein Strom von 5 mA oder mehr fließt. Der Prüfspannungsgenerator muss einen Prüfstrom (5 mA oder mehr) mit einem Spannungsfall von höchstens 10 % abgeben können.

Die Probekörper werden dem Wärmeschrank entnommen und auf Raumtemperatur abgekühlt. Jeder Probekörper muss einer Prüfspannung ausgesetzt werden, die für die durchschnittliche Dicke des Lackfilms in Tabelle 3 für Probekörper nach 5.1.1 und in Tabelle 4 für Probekörper nach 5.1.2 festgelegt ist. Im Falle der Verwendung von Backlackdrähten ist die Backlacksschicht in der Durchmesserzunahme aufgrund der Isolierung enthalten.

Tabelle 3 – Prüfspannung für lackisolierte Runddrähte

Durch die Isolierung bedingte Durchmesserzunahme mm		Spannung (Effektivwert) V
über	bis einschließlich	
–	0,015	300
0,015	0,024	300
0,024	0,035	400
0,035	0,050	500
0,050	0,070	700
0,070	0,090	1 000
0,090	0,130	1 200

Tabelle 4 – Prüfspannung für mit Band umwickelte Runddrähte und für lackisolierte oder mit Band umwickelte Flachdrähte

Durch die Isolierung bedingte Durchmesserzunahme mm		Spannung (Effektivwert) V
über	bis einschließlich	
0,035	0,050	300
0,050	0,065	375
0,065	0,080	450
0,080	0,090	550
0,090	0,100	650
0,100	0,115	700
0,115	0,130	750
0,130	0,140	800
0,140	0,150	850

Diese Prüfspannung muss für etwa 1 s an die Probekörper gelegt werden.

ANMERKUNG Diese im Vergleich kurze Zeit der Beanspruchung ist wünschenswert, um Beeinflussungen durch Glimmentladung und dielektrische Absorption gering zu halten.

In jedem Fall muss eine mechanische Beschädigung der Probekörper vermieden werden. Die bei der Spannungsprüfung ausgefallenen Probekörper müssen entfernt und der Rest für eine weitere Warmlagerungsperiode in den Wärmeschrank gelegt werden.

8 Auswertung

8.1 Lebensdauer des Probekörpers

Die Lebensdauer eines Probekörpers bei einer Warmlagerungstemperatur wird berechnet als der mittlere Wert zwischen der ganzen Warmlagerungszeit, bis zu der der Probekörper bei der Prüfspannung ausgefallen ist, und der gesamten Warmlagerungszeit des vorigen Zyklus. Dies beruht auf der Annahme, dass der Probekörper wahrscheinlich an einem Punkt in der Mitte des letzten Warmlagerungszyklus bei der Spannungsprüfung ausgefallen wäre. Damit ist die Lebensdauer des Probekörpers gleich der Summe aller Warmlagerungsstunden bis zum Ausfall des Probekörpers minus der Hälfte der Stunden des letzten Warmlagerungszyklus.

8.2 Lebensdauer

Die Lebensdauer eines Satzes von Probekörpern bei einer Warmlagerungstemperatur muss durch Berechnen des Medians oder des logarithmischen Mittelwertes bestimmt werden. Bei vielen Werkstoffen ist der Median statistisch gerechtfertigt. Die Prüfzeit wird dadurch entscheidend verkürzt, da die Prüfung beendet ist, wenn der Medianwert erhalten wird.

Wird der Median benutzt, so ergibt sich die Lebensdauer wie folgt:

Ist n die Anzahl der Probekörper in einem Probekörpersatz, so ergibt sich die Lebensdauer

- a) bei ungeradem n als die Lebensdauer des Probekörpers mit der Nummer $(n + 1)/2$ (siehe 8.1);
- b) bei geradem n als das Mittel der Lebensdauer der Probekörper mit den Nummern $n/2$ und $(n + 2)/2$ (siehe 8.1).

Ist z. B. $n = 12$, so wird die Lebensdauer des Probekörpersatzes als das Mittel der Lebensdauer der Probekörper Nr. 6 und Nr. 7 bestimmt. Als Erleichterung wird empfohlen, eine ungerade Probekörperzahl zu verwenden, wenn der Median bestimmt werden soll, um die Berechnung zu vereinfachen.

Soll die Lebensdauer über Mittelwertbildung aller Probekörper eines Satzes bestimmt werden, so wird die Summe der Logarithmen der Lebensdauer der einzelnen Probekörper durch die Anzahl n der Probekörper des Satzes dividiert (siehe 8.1). Der daraus gebildete Zahlenwert ist der logarithmische Mittelwert der Lebensdauer des Probekörpersatzes.

8.3 Linearität

Zur Vermeidung falscher Rückschlüsse aus der Extrapolation (siehe 8.4) sollte der Korrelationskoeffizient, wie in Anhang B gezeigt, berechnet werden, der ein Maß für die Linearität darstellt.

Ist der Korrelationskoeffizient r größer oder gleich 0,95, so wird Linearität der Messwerte angenommen, und die Messpunkte werden hinreichend nahe der Geraden liegen. Falls der Korrelationskoeffizient kleiner ist als 0,95, so liegt keine Linearität vor, und es sollte noch eine weitere Messreihe bei einer Temperatur aufgenommen werden, die niedriger ist als die bisher verwendete niedrigste Temperatur.

Der neue Temperaturpunkt darf 10 °C niedriger als der bisherige niedrigste Temperaturpunkt sein. Bei einer Neuberechnung des Temperaturindex und des Korrelationskoeffizienten dürfen dann für jede neu zugenommene Temperatur jeweils die Messwerte bei einer Temperatur verworfen werden, wobei mit der höchsten Temperatur begonnen wird.

Es liegt Linearität der Messwerte vor, wenn die thermische Zersetzung des Lackdrahtes bzw. des getränkten Lackdrahtes als eine chemische Reaktion auftritt. Nichtlinearität kann darauf hinweisen, dass

- a) im verwendeten Temperaturprüfbereich zwei oder mehr Reaktionen mit unterschiedlicher Aktivierungsenergie bei unterschiedlichen Temperaturen vorherrschen oder dass
- b) Fehler bei der Auswahl der Probekörper und/oder der Durchführung der Prüfung aufgetreten sind.

Nichtlineare Ergebnisse sollten nicht für die Extrapolation verwendet werden.

8.4 Berechnung und Darstellung der Lebensdauer und des Temperaturindex

Die Lebensdauer wird grafisch dargestellt, indem die Ergebnisse als Funktion der betreffenden Temperatur aufgetragen werden (siehe 8.2); hierzu wird Diagrammpapier verwendet mit logarithmisch geteilter Zeitachse als Ordinate und mit einer Teilung der Abszisse nach Reziprokwerten der absoluten Temperatur. Die Warmlagerungstemperaturen für 2 000 h und 20 000 h werden mit Hilfe der linearen Regressionsgeraden abgeschätzt, deren Berechnung in Anhang A dargestellt ist. Das Diagramm mit der Regressionsgeraden durch diese beiden Punkte beschreibt die thermische Beständigkeit des Lackdrahtes (siehe Bild 8).

Der Temperaturindex des Lackdrahtes ist diejenige Zahl, die der Temperatur in °C entspricht, bei der die Regressionsgerade die 20 000-h-Linie schneidet. Er wird als Zahl ohne die Einheit °C angegeben.

Für weitergehende statistische Auswertung wird auf IEC 60216-3 hingewiesen.

9 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss mindestens folgende Informationen enthalten:

- 1) Bezeichnung und Beschreibung des Drahtlackes und den Grad und Typ des Leiters (z. B. Kupfer, Aluminium usw.);
- 2) Bezeichnung und Beschreibung des Tränkmittels und der Tränkung;
- 3) Lebensdauer der Probekörper bei jeder Warmlagerungstemperatur;
- 4) Diagramm mit der linearen Regressionsgeraden durch die Lebensdauerwerte der Probekörper;
- 5) Temperaturindex (T.I.).

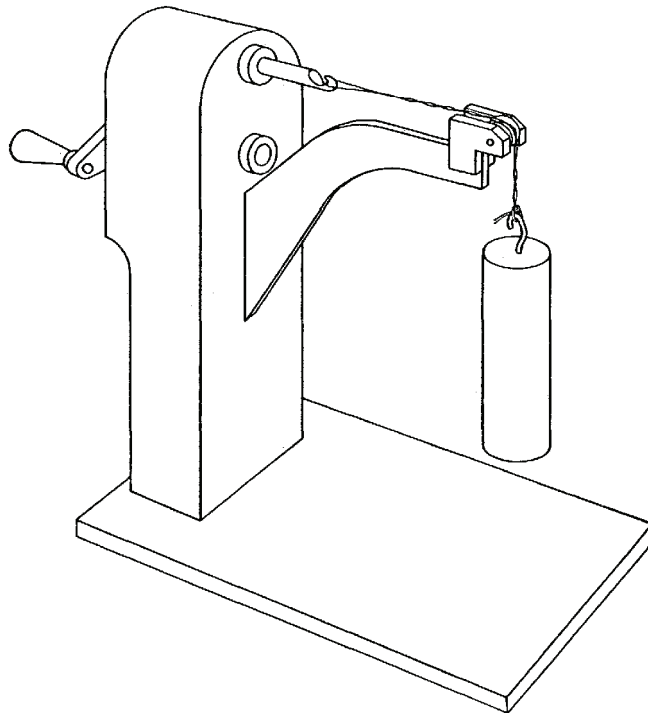
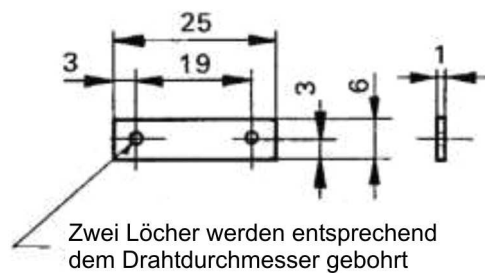


Bild 1 – Vorrichtung zum Herstellen von Probekörpern aus lackisoliertem Runddraht

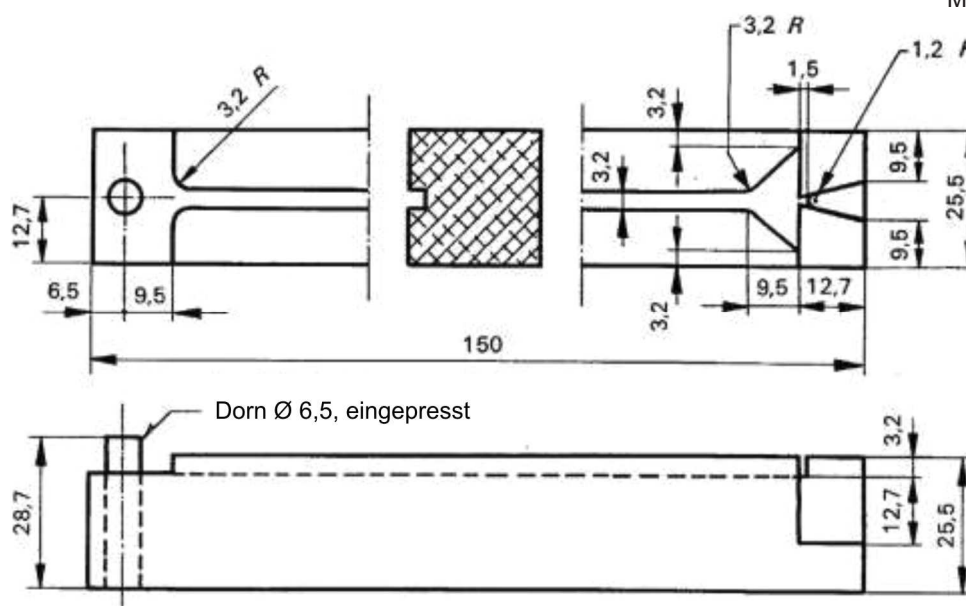
Maße in Millimeter



Werkstoff: Silikon-Glasseidengewebe-Laminat

Bild 2 – Abstandshalter

Maße in Millimeter



Werkstoff: Aluminium

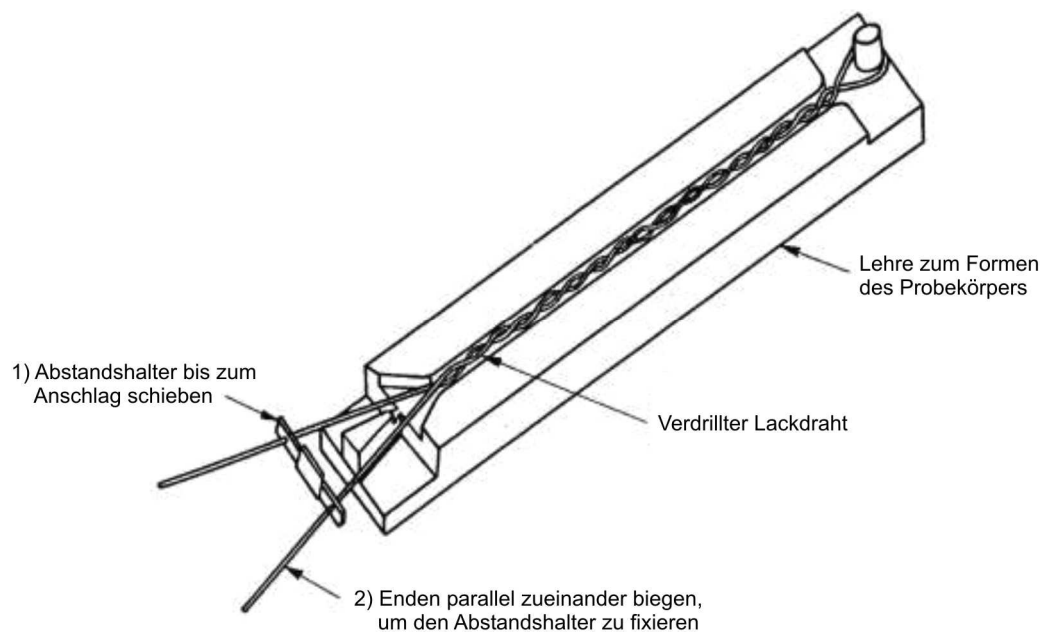
Bild 3 – Lehre zum Formen des Probekörpers**Bild 4 – Probekörper mit Abstandshalter in der Lehre**



Bild 5 – Geformter Probekörper mit abgeschnittener Schlaufe

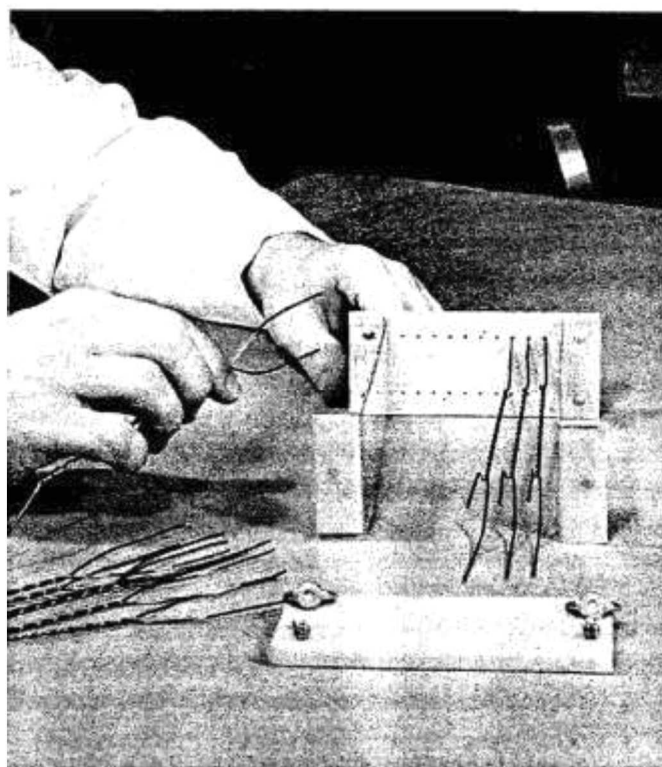


Bild 6 – Probekörperhalter

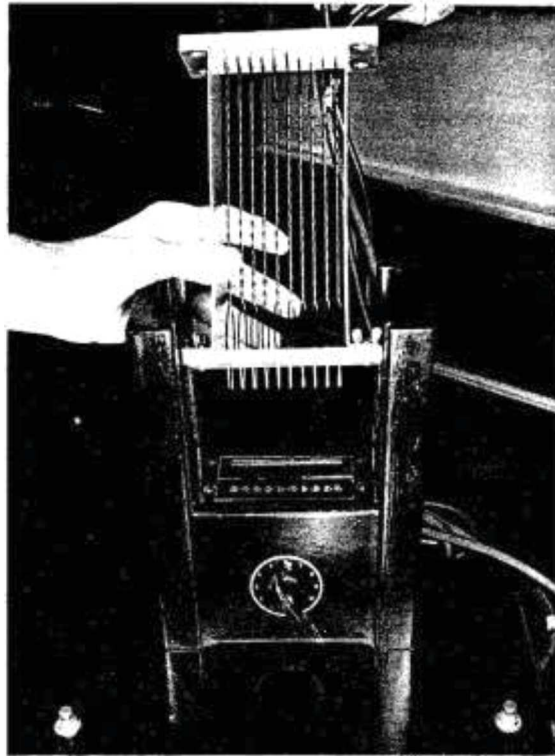


Bild 7– Probekörperhalter

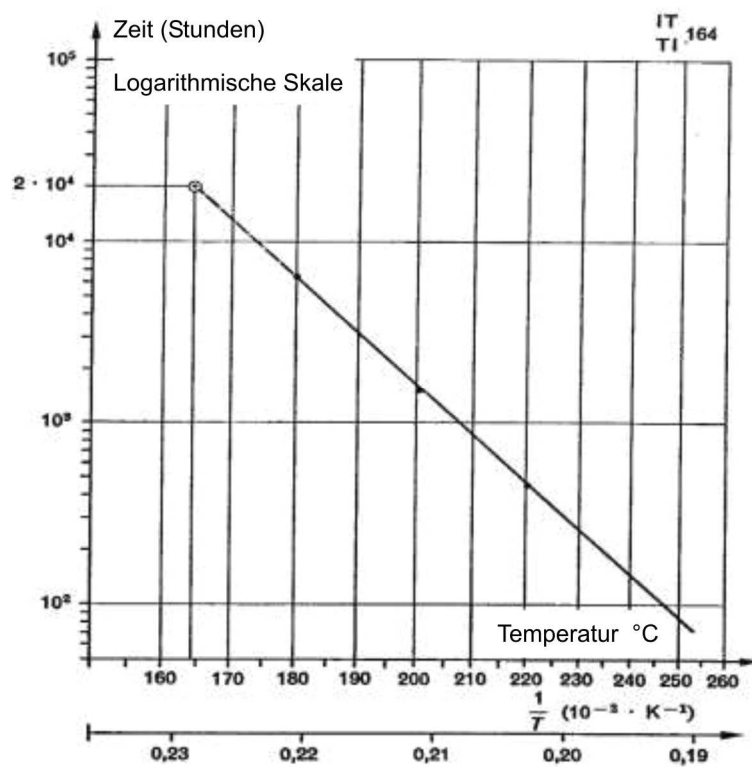
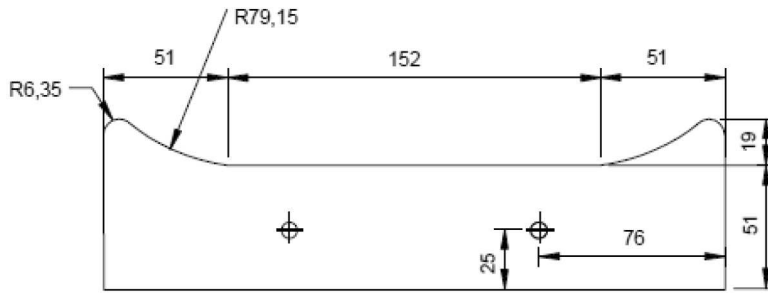
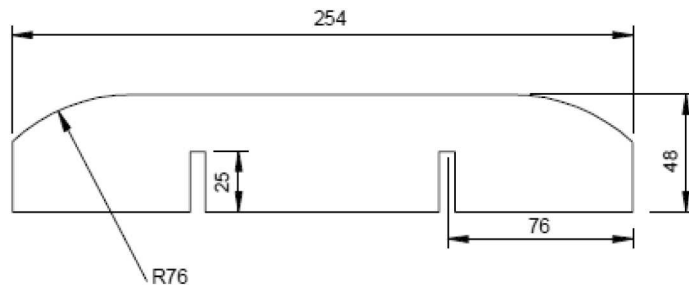


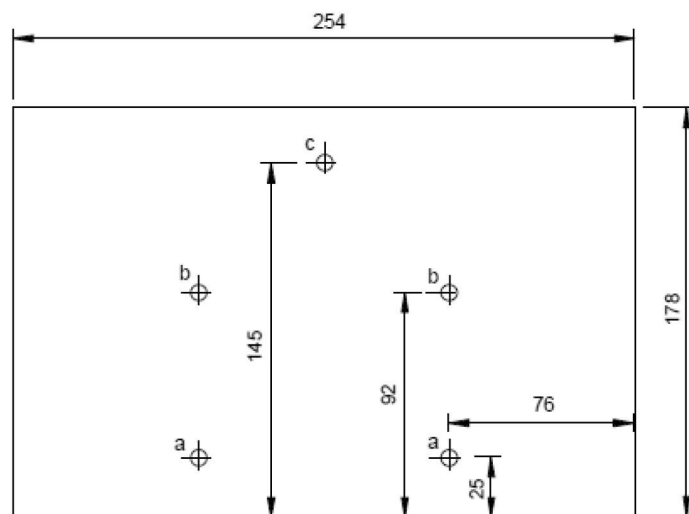
Bild 8 – Lebensdauerdiagramm – Temperaturindex



a) Fest angebrachte Schablone

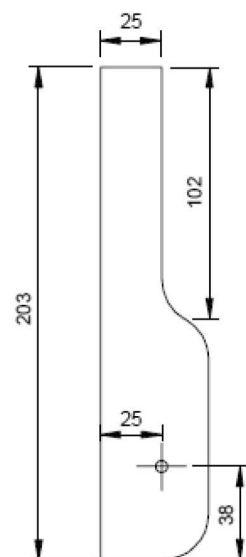


b) Bewegliche Schablone
(die gleichen Maße wie A)



- a) Befestigungsschrauben für fest angebrachte Schablone
- b) Befestigungsschrauben für bewegliche Schablone
(Schablone sollte verschiebbar sein)
- c) Befestigungsschrauben für Klemmhebel
(Hebel sollte drehbar sein)

c) Grundplatte



d) Klemmhebel

Bild 9 – Spannvorrichtung zum Biegen von Magnetdrähten, Probekörper für Dielektrizitätsprüfung

Alle Teile sind 12,5 mm dick
aus Verbundwerkstoff
mit Phenol imprägniert