

	Leitlinie zur Bestimmung thermischer Langzeiteigenschaften von Elektroisolierstoffen Teil 1: Allgemeine Leitlinien für Warmlagerungsverfahren und für die Auswertung von Prüfergebnissen (IEC 216-1:1990) Deutsche Fassung HD 611.1 S1:1992	DIN IEC 216-1
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 0304 Teil 21
Diese Norm enthält die Deutsche Fassung des Harmonisierungsdokuments HD 611.1 S1 ICS 29.040.20 Deskriptoren: Elektroisolierstoff, thermische Prüfung, Alterungsprüfung, Langzeitprüfung, Warmlagerung Guide for the determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials – Part 1: General guidelines for ageing procedures and evaluation of test results (IEC 216-1:1990); German version HD 611.1 S1:1992 Guide pour la détermination des propriétés d'endurance thermiques des matériaux isolants électriques – Première partie: Guide général relatif aux méthodes de vieillissement et à l'évaluation des résultats d'essais (CEI 216-1:1990); Version allemande HD 611.1 S1:1992 Diese Norm enthält das Europäische Harmonisierungsdokument HD 611.1 S1:1992, das die Internationale Norm IEC 216-1:1990, „Guide for the determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials – Part 1: General guidelines for ageing procedures and evaluation of test results“, enthält. Beginn der Gültigkeit Das HD 611.1 S1:1992 wurde am 16. Juni 1992 angenommen. Norm-Inhalt war veröffentlicht als E DIN VDE 0304-21 (VDE 0304 Teil 21):1989-12. Fortsetzung Seite 2 bis 28 Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)		

Nationales Vorwort

Diese Norm enthält die Deutsche Fassung des Europäischen Harmonisierungsdokumentes HD 611.1 S1, Juli 1992, in das die Internationale Norm IEC 216-1, 4. Ausgabe, 1990-05, „Guide for the determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials – Part 1: General guidelines for ageing procedures and evaluation of test results“, unverändert übernommen worden ist.

Für die vorliegende Norm ist in Deutschland der Arbeitskreis 181.1.21 „Thermisches Langzeitverhalten“ des Unterkomitees 181.1 „Prüfverfahren für feste Isolierstoffe“ der DKE zuständig.

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
HD 566 S1:1990	IEC 85:1984	DIN IEC 85 (VDE 0301 Teil 1):1993-03	VDE 0301 Teil 1
HD 437 S1:1984	IEC 212:1971	DIN IEC 212 (VDE 0308 Teil 1):1995-08	VDE 0308 Teil 1
HD 611.2 S1:1992	IEC 216-2:1990	Deutsche Norm in Vorbereitung	–
HD 611.3.1 S1:1992	IEC 216-3-1:1990	Deutsche Norm in Vorbereitung	–
EN 60216-3-2:1995	IEC 216-3-2:1993	Deutsche Norm in Vorbereitung	–
–	IEC 216-3-3:1993	Deutsche Norm in Vorbereitung	–
–	IEC 216-3-4:19xx ¹⁾	–	–
HD 611.4.1 S1:1992	IEC 216-4-1:1990 ²⁾	–	–
HD 611.5 S1:1992	IEC 216-5:1990	E DIN VDE 0304-25 (VDE 0304 Teil 25):1986-08	VDE 0304 Teil 25
–	IEC 493-1:1974	–	–
–	IEC 505:1975	DIN VDE 0302-1 (VDE 0302 Teil 1):1986-09	VDE 0302 Teil 1
–	IEC 611:1978	DIN VDE 0302-3 (VDE 0302 Teil 3):1986-09	VDE 0302 Teil 3
1) Bei IEC noch in Beratung.			
2) Die IEC 216-4-1:1990 befindet sich bereits in Revision, z. Z. Schriftstück IEC 15B/157/CD:1994.			

Die 3. Ausgabe der 1987 veröffentlichten IEC 216-1 enthielt zahlreiche Druckfehler und unberücksichtigte Beanstandungen, so daß die Herausgabe der 4. Ausgabe, 1990, die dieser Norm zugrunde liegt, erforderlich wurde.

Übersetzung des Wortes „ageing“

Das in IEC 216 vielfach verwendete Wort „ageing“ (im Französischen „vieillissement“) hat eine zweifache Bedeutung, die bei der Übersetzung entsprechend berücksichtigt wurde.

- Zum einen handelt es sich tatsächlich um die durch eine thermische Lagerung sich ergebende physikalisch-strukturelle oder chemische Veränderung des Werkstoffes oder um einen eingetretenen Werkstoffabbau; dann ist der deutsche Begriff „Alterung“, gegebenenfalls „Altern“ richtig – z. B. Abschnitt 2, 1. Absatz, oder Anmerkung zum Abschnitt 2.
- Zum anderen gilt immer, wenn es sich eindeutig um einen prüftechnischen Vorgang für das hier angegebene Verfahren handelt, die der Prüftechnik angemessene Bezeichnung „Warmlagerung“ oder gegebenenfalls „Warmlagern“ – z. B. im vorletzten Absatz von Abschnitt 2 oder Abschnitt 7, 2. Absatz, und Abschnitt 7.1.
- Die Beschreibungen können gelegentlich beide Begriffsinhalte zum Gegenstand haben; in einem solchen Falle ist „to age“ mit „Altern“ übersetzt worden – siehe z. B. Abschnitt 7, erster Absatz.

Übersetzung des Wortes „time to end-point“

Das im englischen Original verwendete Wort „time to end-point“ (im Französischen „temps jusqu'au point limite“) wird hier mit Ausfallzeit übersetzt, unabhängig davon, ob eine Zerstörung der Probekörper vorliegt oder nicht.

Anhang B: Halbzeitintervall

Die Wortkombination „temperature changes“ im ersten Satz dieses Anhangs wurde mit „unterschiedliche Temperaturen“ übersetzt, da es sich eindeutig nicht um „Temperaturveränderungen“ oder „Temperaturwechsel“ handelt; dies würde im Zusammenhang mit dem ersten Satz keinen rechten Sinn geben.

Frühere Ausgaben:

DIN IEC 216 Teil 1 (VDE 0304 Teil 21):1980-12.

Änderungen:

Gegenüber DIN IEC 216 Teil 1 (VDE 0304 Teil 21):1980-12 haben sich aufgrund der Anpassung an den Stand der Prüftechnik besonders bezüglich der unterschiedlichen Angabeform zwischen rechnerischer Auswertung und grafischer Ermittlung der thermischen Langzeitkennwerte wesentliche Änderungen ergeben.

Nationaler Anhang NA (informativ)**Literaturhinweise**

DIN IEC 212 (VDE 0308 Teil 1)	Standardbedingungen für die Anwendung vor und während der Prüfung von festen Elektroisolierstoffen (IEC 212:1971); Deutsche Fassung HD 437 S1:1984
DIN IEC 216-2 (VDE 0304 Teil 22)	Leitlinie zur Bestimmung der thermischen Langzeiteigenschaften von Elektroisolierstoffen – Teil 2: Wahl der Prüfmerkmale (IEC 216-2:1990); Deutsche Fassung HD 611.2 S1:1992
DIN IEC 85 (VDE 0301 Teil 1)	Bewertung und Klassifikation von elektrischen Isolierungen nach ihrem thermischen Verhalten Identisch mit IEC 85:1984; Deutsche Fassung HD 566 S1:1990
DIN VDE 0302-1 (VDE 0302 Teil 1)	Isoliersysteme elektrischer Betriebsmittel – Bewertung und Kennzeichnung; Identisch mit IEC 505 (Report), Ausgabe 1975
DIN VDE 0302-3 (VDE 0302 Teil 3)	Isoliersysteme elektrischer Betriebsmittel – Thermisches Dauerverhalten – Grundsätze für Prüfverfahren; Identisch mit IEC 611, Ausgabe 1978
E DIN VDE 0304-25 (VDE 0304 Teil 25)	Elektroisolierstoffe – Thermische Langzeiteigenschaften – Leitlinie für die Anwendung von thermischen Langzeitkennwerten; Identisch mit IEC 15B(CO)66
IEC 15B/157/CD:1994	Revision of IEC 216-4-1: Guide for the determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials – Part 4: Ageing ovens – Section 1: Single chamber ovens for temperatures up to 300 °C

Leerseite

HARMONISIERUNGSDOKUMENT
HARMONIZATION DOCUMENT
DOCUMENT D'HARMONISATION

HD 611.1 S1

Juli 1992

DK 621.315.61: 620.193.94

Deskriptoren: (elektrische) Isolierstoffe, Wärmeprüfung, Wärmebeständigkeit, Alterungsprüfung, thermische Langzeitprüfung, Temperatur, Index, Prüfergebnisse

Deutsche Fassung

**Leitlinie zur Bestimmung thermischer Langzeiteigenschaften
von Elektroisolierstoffen**

Teil 1: Allgemeine Leitlinien für Warmlagerungsverfahren und für die Auswertung
von Prüfergebnissen
(IEC 216-1:1990)

Guide for the determination of thermal
endurance properties of electrical insulating materials
Part 1: General guidelines for ageing procedures
and evaluation of test results
(IEC 216-1:1990)

Guide pour la détermination des propriétés
d'endurance thermique de matériaux isolants électriques
Première partie: Guide général relatif aux méthodes
de vieillissement et à l'évaluation des résultats d'essais
(CEI 216-1:1990)

Dieses Harmonisierungsdokument wurde von CENELEC am 1992-06-16 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 Übernahmen mit ihren biblio-
graphischen 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, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, der 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

Seite 6
DIN IEC 216-1 (VDE 0304 Teil 21):1996-04

Vorwort

Das CENELEC-Fragebogenverfahren zur unveränderten Annahme der Internationalen Norm IEC 216-1:1990 ergab, daß für die Annahme als Harmonisierungsdokument keine gemeinsamen Abänderungen notwendig waren.

Das Referenzdokument wurde den CENELEC-Mitgliedern zur formellen Abstimmung vorgelegt und von CENELEC am 16. Juni 1992 als HD 611.1 S1 genehmigt.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum der Ankündigung des HD auf nationaler Ebene (doa): 1992-12-01,
- spätestes Datum der Veröffentlichung einer harmonisierten nationalen Norm (dop): 1993-06-01,
- spätestes Datum für die Zurückziehung entgegenstehender nationaler Normen (dow): 1993-06-01.

Anhänge, die als „normativ“ bezeichnet sind, gehören zum Norminhalt. In dieser Norm ist Anhang ZA normativ.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 216-1:1990 wurde von CENELEC als Harmonisierungsdokument ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Inhalt

Einleitung	8
HAUPTABSCHNITT EINS – ALLGEMEINE GRUNDSÄTZE	9
1 Anwendungsbereich	9
2 Allgemeine Betrachtungen	9
3 Bewertungsgrundsätze und Begriffe	9
4 Auswahl der Prüfverfahren – Allgemeine Richtlinien	10
4.1 Allgemeine Hinweise	10
4.2 Besondere Anweisungen zur Bestimmung des TI	11
4.3 Besondere Anweisungen zur Bestimmung des RTI	11
HAUPTABSCHNITT ZWEI – DURCHFÜHRUNG VON PRÜFUNGEN	11
5 Auswahl der Grenzwerte	11
6 Herstellung der Probekörper	11
7 Ermittlung des Ausgangs-Eigenschaftswertes und der Anzahl der Probekörper	12
7.1 Ermittlung des Ausgangs-Eigenschaftswertes	12
7.2 Anzahl der Probekörper für zerstörende Prüfungen	12
7.3 Anzahl der Probekörper für Schwellenwertprüfungen	12
7.4 Anzahl der Probekörper für zerstörungsfreie Prüfungen	12
8 Lagerungstemperaturen und -zeiten	12
9 Wärmeschränke	14
10 Umgebungsbedingungen	14
10.1 Atmosphärische Bedingungen während der Warmlagerung	14
11 Durchführung	14
11.1 Durchführung einer Schwellenwertprüfung	14
11.2 Durchführung einer zerstörungsfreien Prüfung	15
11.3 Durchführung einer zerstörenden Prüfung	15
HAUPTABSCHNITT DREI – AUSWERTUNG	16
12 Analyse der Prüfergebnisse und Bestimmung der thermischen Langzeitkennwerte	16
12.1 Thermische Langzeitkennwerte	16
12.2 Rechnerische Ermittlung des TI	17
12.3 Bestimmung der Ausfallzeit bei jeder Temperatur	17
12.4 Zeichnen des thermischen Langzeitdiagramms	18
12.5 Statistische Überprüfung der Prüfergebnisse	18
12.6 Grafische Ermittlung des TI	18
12.7 Bestimmung des relativen Temperaturindex	18
13 Behandlung und Darstellung von Prüfergebnissen, die die statistischen Anforderungen nicht erfüllen	19
14 Prüfbericht	19
Tabelle 1: Vorgeschlagene Lagerungstemperaturen und -zeiten	20
Bilder	21 bis 23
Anhang A Anmerkungen zum thermischen Abbaumechanismus	24
Anhang B Halbzeitintervall	25
Anhang C Streuung und Nichtlinearität	26
Anhang D Thermisches Langzeitprofil (TEP)	27
Anhang ZA (normativ)	28

Einleitung

IEC-Verfahren zur Bestimmung und Feststellung des thermischen Langzeitverhaltens von Elektroisolierstoffen lassen eine eindeutige Entwicklung erkennen, die man wie folgt beschreiben kann:

- Das ursprüngliche Aufzählen einer Anzahl von weitverbreitet genutzten Werkstoffen nach ihrer thermischen Leistungsfähigkeit aufgrund von Betriebserfahrungen befriedigt nicht länger, da sich die Polymer- und Isolierungstechnologie in einem sich beschleunigenden Tempo weiterentwickelt.
- Es sind Prüfverfahren entwickelt worden, deren Gültigkeit sich durch ein zugrunde liegendes, physikalisches Modell beweisen läßt. Ein vollständiges Prüfprogramm für Werkstoffe führt dabei zum Temperaturindex (TI), der einen Einpunkt-Kennwert darstellt. Alternativ hierzu erlauben Vergleichsprüfungen, den relativen Temperaturindex (RTI) zu bestimmen, mit dem das Verhalten des zu prüfenden Werkstoffes nach einem als Referenz gewählten, bekannten Werkstoff zu ermitteln ist. Ursprünglich wurde noch der RTI mit Hilfe gewisser Eingaben aus Betriebserfahrungen gestützt. Eine weitere Besonderheit des RTI besteht darin, die Vergleichbarkeit von Ergebnissen verschiedener Laboratorien zu ermöglichen.
- Die Einpunkt-Darstellung erlaubt keine vollständige Beschreibung des thermischen Langzeitverhaltens eines Werkstoffes. Aus diesem Grund wurde in der 2. Ausgabe der IEC 216 eine Kennzifferkombination, das „thermische Beständigkeitsprofil (TEP)“, eingeführt. Dies geschah deshalb, weil man erkannt hatte, daß die Steigung der Geraden im thermischen Langzeitdiagramm und die Verlässlichkeit der Versuchsergebnisse wichtig und aussagekräftig sind.
- Da das regelrechte Einbeziehen einer Größe, die die statistische Sicherheit belegt, keine sehr große praktische Bedeutung besitzt, legt die derzeitige Ausgabe – selbstverständlich unter Beibehalten des Prinzips der Verifikation von Prüfdaten nach ihren Vertrauensgrenzen – Nachdruck auf nur zwei Kennwerte, nämlich TI und RTI. Die Steigung der thermischen Langzeitgeraden wird ausschließlich mit Hilfe des leicht zugänglichen Halbzweitintervalls (HIC) dargestellt. Dadurch konnte das TEP gestrichen werden.

ANMERKUNG: Bezüglich des thermischen Beständigkeitsprofils TEP der 2. Ausgabe, siehe Anhang D.

Die IEC 216 besteht aus fünf Teilen:

- Teil 1: Allgemeine Leitlinie für Warmlagerungsverfahren und für die Auswertung von Prüfergebnissen.
- Teil 2: Wahl der Prüfkriterien.
- Teil 3: Vorschriften zur Berechnung der thermischen Langzeitkennwerte.
- Teil 4: Wärmeschränke für die Warmlagerung.
- Teil 5: Leitfaden für die praktische Anwendung von thermischen Langzeitkennwerten.

Sachdienliche Angaben für statistische Verfahren sind der IEC 493 zu entnehmen.

ANMERKUNG: Diese Arbeiten werden möglicherweise fortgesetzt. Zu Überarbeitungen und neuen Teilen gibt der gültige IEC-Katalog Auskunft.

HAUPTABSCHNITT EINS – ALLGEMEINE GRUNDSÄTZE

1 Anwendungsbereich

Diese Norm vermittelt Grundsätze für Prüfverfahren zum Bewerten des thermischen Langzeitverhaltens von Elektroisolistoffen und einfachen Kombinationen dieser Werkstoffe; sie beschreibt die Bedingungen, die während der verschiedenen Prüfungen zu beachten sind, und zeigt die grundlegenden Auswertverfahren, um den Temperaturindex, den relativen Temperaturindex und das Halbzeitintervall aus den Prüfergebnissen zu ermitteln. Zusätzliche Beachtung wird den Prüfdaten geschenkt, die nur unvollständig die Anforderungen nach Linearität und Streuung des thermischen Langzeitverhaltens erfüllen.

ANMERKUNG: In den weiteren Abschnitten dieser Norm wird der Begriff „Isolistoffe“ immer so verwandt, daß er sowohl Isolistoff(e) als auch deren einfache Kombination(en) umfaßt.

2 Allgemeine Betrachtungen

Die Aufgabe von thermischen Langzeitprüfungen besteht darin, deutlich zu machen, in welcher Art eine langandauernde Beanspruchung mit erhöhten Temperaturen einen irreversiblen Abbau der Eigenschaften von Isolistoffen verursacht. Von Bedeutung sind dabei diejenigen elektrischen und mechanischen Eigenschaften, von denen die ausreichende Funktionstüchtigkeit der Isolierung im tatsächlichen Betrieb abhängt und die durch die thermische Alterung gegebenenfalls verschlechtert werden.

ANMERKUNG: Es müssen jedoch auch solche Eigenschaften berücksichtigt werden, die sich reversibel bei erhöhter Temperatur ändern, ohne daß eine thermische Alterung erfolgen würde; diese Eigenschaftsänderungen können einzeln oder in Kombination der eingrenzende Faktor für die Praxis sein. In diesen Fällen gelten andere Bewertungsverfahren, die nicht Gegenstand der thermischen Langzeitprüfung sind.

Beim gegenwärtigen Stand der Praxis wird das thermische Langzeitverhalten von Isolistoffen durch Lagerung bei drei oder mehr Warmlagerungstemperaturen, die höher als der zu erwartende Temperaturindex sind, einigermaßen sicher ermittelt. Die Ergebnisse einer solchen Lagerung lassen sich oft als lineare (Arrhenius) Beziehung zwischen dem Logarithmus der Zeit, die benötigt wird, bis ein bestimmter Grad der Eigenschaftsänderung erreicht ist, und der reziproken thermodynamischen (absoluten) Temperatur beschreiben. Siehe Anhang A.

Eine Berechnung, der die Arrhenius-Beziehung zugrunde liegt, oder eine grafische Ermittlung mit Hilfe des thermischen Langzeitdiagramms werden benutzt, um das Langzeitverhalten innerhalb und außerhalb des Bereiches der gewählten Lagerungstemperaturen annähernd zu ermitteln.

Gelegentlich ist das thermische Langzeitverhalten in dem interessierenden Temperaturbereich nicht linear. Beruht ein derartiges Langzeitverhalten auf verlässlichen Prüfergebnissen, dann kann man trotzdem die thermische Leistungsfähigkeit des Werkstoffes bewerten, siehe hierzu die Abschnitte 7, 8 und 13 sowie den Anhang C dieser Norm.

Nicht alle Eigenschaften eines Werkstoffes, der einer Warmlagerung ausgesetzt wird, müssen sich mit der gleichen Geschwindigkeit verändern. Als Folge hiervon kann einem Werkstoff mehr als nur ein thermischer Langzeitindex zugeordnet werden, z. B. nach Messungen von verschiedenen Eigenschaften, siehe IEC 216-2.

Obwohl thermische Langzeitkennwerte das Werkstoffverhalten recht gut charakterisieren, sollten sie nicht für sich allein benutzt werden, um den Einfluß von Temperaturlagerungen auf die Funktionstüchtigkeit eines Isoliersystems im Betrieb vorauszusagen; ein derartiger Zusammenhang wird gelegentlich unberechtigterweise angenommen. Es muß ausdrücklich betont werden, daß die thermischen Langzeitkennwerte von Werkstoffen nur dann in eine Beziehung zu den Betriebstemperaturen gebracht werden können, wenn eine solche Beziehung durch andere Prüfungen oder aufgrund von Betriebserfahrungen festgestellt worden ist. Siehe auch IEC 216-5 und die folgenden Publikationen:

- IEC 85,
- IEC 505,
- IEC 611.

3 Bewertungsgrundsätze und Begriffe

Die in dieser Leitlinie behandelten Prüfverfahren gelten für Werkstoffe und deren einfache Kombinationen, bevor sie zu einer Isolierung innerhalb eines bestimmten Teiles eines elektrotechnischen Betriebsmittels verarbeitet werden.

Eine Unterscheidung zwischen Werkstoffprüfungen und Prüfungen zur Bewertung der Funktionstüchtigkeit von Isoliersystemen ist aus zweierlei Gründen notwendig: zum einen sind die Besonderheiten des Werkstoffeinsatzes dem Hersteller nicht bekannt; zum anderen kann die Funktionstüchtigkeit eines Isoliersystems im allgemeinen nicht aus der seiner Werkstoffkomponenten vorausgesagt werden.

Die Prüfverfahren nach dieser Leitlinie vermitteln Informationen über das Langzeitverhalten von Werkstoffen mit Empfehlungen für den Hersteller elektrotechnischer Betriebsmittel zur Werkstoffauswahl für die weitere Bewertung und die Anwendung.