

	DIN EN IEC 60216-3 (VDE 0304-23)	DIN
	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	VDE

ICS 29.035.01

Ersatz für
DIN EN 60216-3
(VDE 0304-23):2007-03 und
DIN EN 60216-3 Berichtigung 1
(VDE 0304-23 Berichtigung
1):2009-02
 Siehe Anwendungsbeginn

**Elektroisolierstoffe –
 Eigenschaften hinsichtlich des thermischen Langzeitverhaltens –
 Teil 3: Anweisungen zur Berechnung thermischer Langzeitkennwerte
 (IEC 60216-3:2021);
 Deutsche Fassung EN IEC 60216-3:2021**

Electrical insulating materials –
 Thermal endurance properties –
 Part 3: Instructions for calculating thermal endurance characteristics
 (IEC 60216-3:2021);
 German version EN IEC 60216-3:2021

Matériaux isolants électriques –
 Propriétés d'endurance thermique –
 Partie 3: Instructions pour le calcul des caractéristiques d'endurance thermique
 (IEC 60216-3:2021);
 Version allemande EN IEC 60216-3:2021

Gesamtumfang 62 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2021-04-20 angenommene Europäische Norm als DIN-Norm ist 2022-03-01.

Für **DIN EN 60216-3 (VDE 0304-23):2007-03** und **DIN EN 60216-3 Berichtigung 1 (VDE 0304-23 Berichtigung 1):2009-02** besteht eine Übergangsfrist bis 2024-04-20.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 60216-3 (VDE 0304-23):2018-12.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium DKE/K 183 „Bewertung und Qualifizierung von elektrischen Isolierstoffen und Isoliersystemen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DKE (www.dke.de) und DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom IEC/TC 112 „Evaluation and qualification of electrical insulating materials and systems“ erarbeitet und unterliegt dem Copyright der IEC .

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieses Dokuments bis zu dem Datum (stability date) unverändert bleiben soll, das auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ zu diesem Dokument angegeben ist. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees das Dokument

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

Änderungen

Gegenüber **DIN EN 60216-3 (VDE 0304-23):2007-03** und **DIN EN 60216-3 Berichtigung 1 (VDE 0304-23 Berichtigung 1):2009-02** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) ein neues Rechnerprogramm wurde hinzugefügt;
- b) **Anhang E** wurde vollständig überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN VDE 0304-23 (VDE 0304-23): 1985-09

DIN EN 60216-3 (VDE 0304-23): 2002-10, 2007-03

DIN EN 60216-3 Berichtigung 1 (VDE 0304-23 Berichtigung 1): 2009-02

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit europäischen und internationalen Dokumenten

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ist nachstehend wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäisches Dokument	Internationales Dokument	Deutsches Dokument	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60216-1:2013	IEC 60216-1:2013	DIN EN 60216-1 (VDE 0304-21):2014-01	VDE 0304-21
EN 60216-2	IEC 60216-2	DIN EN 60216-2 (VDE 0304-22)	VDE 0304-22
EN 60216-3:2006 <i>ersetzt durch:</i> EN IEC 60216-3:2021	IEC 60216-3:2006 <i>ersetzt durch:</i> IEC 60216-3:2021	DIN EN 60216-3 (VDE 0304-23):2007-03 —	VDE 0304-23 —
EN 60216-5	IEC 60216-5	DIN EN 60216-5 (VDE 0304-25)	VDE 0304-25
EN 60216-6	IEC 60216-6	DIN EN 60216-6 (VDE 0304-26)	VDE 0304-26
—	IEC 60493-1:2011	—	—
—	ISO/IEC 29500-1	—	—

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60216-1 (VDE 0304-21):2014-01, *Elektroisolierstoffe – Eigenschaften hinsichtlich des thermischen Langzeitverhaltens – Teil 1: Warmlagerungsverfahren und Auswertung von Prüfergebnissen (IEC 60216-1:2013); Deutsche Fassung EN 60216-1:2013*

DIN EN 60216-2 (VDE 0304-22), *Elektroisolierstoffe – Eigenschaften hinsichtlich des thermischen Langzeitverhaltens – Teil 2: Leitfaden zur Bestimmung thermischer Langzeiteigenschaften von Elektroisolierstoffen – Auswahl der Prüfmerkmale*

DIN EN 60216-3 (VDE 0304-23):2007-03, *Elektroisolierstoffe – Eigenschaften hinsichtlich des thermischen Langzeitverhaltens – Teil 3: Anweisungen zur Berechnung thermischer Langzeitkennwerte (IEC 60216-3:2006); Deutsche Fassung EN 60216-3:2006*

DIN EN 60216-5 (VDE 0304-25), *Elektroisolierstoffe – Eigenschaften hinsichtlich des thermischen Langzeitverhaltens – Teil 5: Bestimmung des relativen thermischen Lebensdauer-Indexes (RTE) von Elektroisolierstoffen*

DIN EN 60216-6 (VDE 0304-26), *Elektroisolierstoffe – Eigenschaften hinsichtlich des thermischen Langzeitverhaltens – Teil 6: Bestimmung der thermischen Langzeitkennwerte (TI und RTE) eines Isolierstoffes unter Anwendung des Festzeitrahmenverfahrens*

EUROPÄISCHE NORM

EN IEC 60216-3

EUROPEAN STANDARD

NORME EUROPÉENNE

April 2021

ICS 17.220.99; 19.020

Ersatz für **EN 60216-3:2006** und alle Änderungen und Berichtigungen (falls vorhanden)

Deutsche Fassung

**Elektroisolierstoffe – Eigenschaften hinsichtlich des
thermischen Langzeitverhaltens – Teil 3: Anweisungen
zur Berechnung thermischer Langzeitkennwerte
(IEC 60216-3:2021)**

Electrical insulating materials – Thermal
endurance properties – Part 3: Instructions for
calculating thermal endurance characteristics
(IEC 60216-3:2021)

Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance
thermique – Partie 3: Instructions pour le calcul
des caractéristiques d'endurance thermique
(IEC 60216-3:2021)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2021-04-20 angenommen. CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

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

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem CEN-CENELEC Management Centre mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

CEN-CENELEC Management Centre: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

AVA Documents
Document Sharing Hub

Europäisches Vorwort

Der Text des Dokuments 112/475/CDV, zukünftige 3. Ausgabe der IEC 60216-3, erarbeitet vom IEC/TC 112 „Evaluation and qualification of electrical insulating materials and systems“, wurde zur parallelen IEC-CENELEC-Abstimmung vorgelegt und von CENELEC als EN IEC 60216-3:2021 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2022-01-20
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2024-04-20

Dieses Dokument ersetzt **EN 60216-3:2006** und alle Änderungen und Berichtigungen (falls vorhanden).

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

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60216-3:2021 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung sind unter „Literaturhinweise“ zu den aufgelisteten Normen die nachstehenden Anmerkungen einzutragen:

IEC 60216-2	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60216-2 .
IEC 60216-5	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60216-5 .
IEC 60216-6	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60216-6 .

Anhang ZA (normativ)

Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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).

ANMERKUNG 1 Ist eine internationale Publikation durch gemeinsame Abänderungen modifiziert worden, gekennzeichnet durch (mod.), dann gilt die entsprechende EN oder das HD.

ANMERKUNG 2 Aktualisierte Informationen über die in diesem Anhang aufgeführten aktuellen Fassungen der Europäischen Normen sind hier verfügbar: www.cenelec.eu

<u>Publikation</u>	<u>Jahr</u>	<u>Titel</u>	<u>EN/HD</u>	<u>Jahr</u>
IEC 60216-1	2013	Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 1: Ageing procedures and evaluation of test results	EN 60216-1	2013

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	6
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen.....	7
1 Anwendungsbereich.....	11
2 Normative Verweisungen.....	11
3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen.....	11
3.1 Begriffe.....	11
3.2 Symbole und Abkürzungen.....	13
4 Grundsätze der Berechnungen.....	15
4.1 Allgemeine Grundsätze.....	15
4.2 Vorbereitende Berechnungen.....	15
4.2.1 Allgemeines.....	15
4.2.2 Zerstörungsfreie Prüfverfahren.....	16
4.2.3 Schwellenwertprüfungen.....	16
4.2.4 Zerstörende Prüfverfahren.....	16
4.3 Berechnungen zur Varianz.....	17
4.4 Statistische Tests.....	17
4.5 Ergebnisse.....	18
5 Anforderungen und Empfehlungen im Hinblick auf aussagefähige Berechnungen.....	18
5.1 Anforderungen an die Versuchsergebnisse.....	18
5.1.1 Allgemeines.....	18
5.1.2 Zerstörungsfreie Prüfverfahren.....	18
5.1.3 Schwellenwertprüfungen.....	18
5.1.4 Zerstörende Prüfverfahren.....	18
5.2 Genauigkeit der Berechnungen.....	19
6 Berechnungsverfahren.....	19
6.1 Vorbereitende Berechnungen.....	19
6.1.1 Temperaturen und x -Werte.....	19
6.1.2 Zerstörungsfreie Prüfverfahren.....	19
6.1.3 Schwellenwertprüfungen.....	19
6.1.4 Zerstörende Prüfverfahren.....	19
6.1.5 Unvollständige Messreihen.....	22
6.2 Hauptgang der Berechnungen.....	23
6.2.1 Berechnung der Mittelwerte und Varianzen von Gruppen.....	23
6.2.2 Allgemeine Mittelwerte und Varianzen.....	24
6.2.3 Berechnungen zur Regression.....	24
6.3 Statistische Tests.....	25
6.3.1 Prüfung auf Gleichheit der Varianzen.....	25
6.3.2 Prüfung auf Linearität (F -Test).....	26

6.3.3	Vertrauensgrenzen für die Erwartungswerte von X und Y	26
6.4	Thermisches Beständigkeitsdiagramm.....	27
7	Berechnung und Anforderungen an die Ergebnisse.....	28
7.1	Berechnung der thermischen Beständigkeitskennwerte.....	28
7.2	Zusammenfassung der statistischen Tests und Prüfbericht.....	28
7.3	Angabe der Ergebnisse.....	28
8	Prüfbericht.....	29
	Anhang A (normativ) Flussdiagramm des Entscheidungsablaufes.....	30
	Anhang B (normativ) Tabelle des Entscheidungsablaufes.....	31
	Anhang C (informativ) Statistische Tabellen.....	32
	Anhang D (informativ) Berechnungsbeispiele.....	43
	Anhang E (informativ) Rechnerprogramm.....	51
E.1	Allgemeines.....	51
E.1.1	Überblick.....	51
E.1.2	Benutzerfreundliche Programmausführung.....	52
E.2	Aufbau der von dem Programm verwendeten Datendateien.....	53
E.2.1	Textdateiformate.....	53
E.2.2	Office-Open XML-Formate.....	55
E.3	Datendateien für das Rechnerprogramm.....	56
E.4	Ausgabedateien und graphische Darstellung.....	61
	Literaturhinweise	62
Bilder		
	Bild 1 – Beispiel für die Gruppenauswahl.....	20
	Bild A.1 – Flussdiagramm des Entscheidungsablaufes.....	30
	Bild D.1 – Thermisches Beständigkeitsdiagramm.....	47
	Bild D.2 – Beispiel 3: Eigenschafts-Zeit-Diagramm.....	49
	Bild E.1 – Dialog für die Eigenschaften der Verknüpfung für den Programmstart.....	52
	Bild E.2 – Thermisches Beständigkeitsdiagramm von Beispiel N3.....	61
Tabellen		
	Tabelle B.1 – Logische Entscheidungen und Operationen entsprechend den Prüfungen.....	31
	Tabelle C.1 – Koeffizienten für die Berechnungen bei beschränkten Messreihen.....	32
	Tabelle C.2 – Werte der F -Verteilung, $F(0,95, f_n, f_d)$	38
	Tabelle C.3 – Werte der F -Verteilung, $F(0,995, f_n, f_d)$	40
	Tabelle C.4 – Werte der t -Verteilung, $t_{0,95}$	42
	Tabelle C.5 – Werte der χ^2 -Verteilung.....	42
	Tabelle D.1 – Berechnungsbeispiel 1 – Beschränkte Messreihen (Schwellenwertprüfungen: Datei CENEX3.DTA).....	43
	Tabelle D.2 – Berechnungsbeispiel 2 – Vollständige Messreihen (zerstörungsfreie Prüfungen: Datei TEST2.DTA).....	45

Tabelle D.3 – Berechnungsbeispiel 3 – Zerstörende Prüfungen..... 48

Tabelle D.4 – Berechnungsbeispiel 3 – Gruppenauswahl..... 49

Tabelle E.1 – Daten aus zerstörungsfreien Prüfungen..... 53

Tabelle E.2 – Daten aus zerstörenden Prüfungen..... 54

Tabelle E.3 – Daten aus zerstörungsfreien Prüfungen..... 55

Tabelle E.4 – Daten aus zerstörenden Prüfungen..... 55

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 60216 legt die Berechnungsverfahren zur Herleitung thermischer Beständigkeitskennwerte aus Versuchsergebnissen fest, die nach den Anweisungen nach IEC 60216-1 und IEC 60216-2 [1]¹ ermittelt wurden, und benutzt feste Warmlagerungstemperaturen und variable Warmlagerungszeiten.

Die Versuchsergebnisse können aus zerstörungsfreien, zerstörenden oder Schwellenwertprüfungen erhalten werden. Die Messreihen aus zerstörungsfreien Prüfungen oder Schwellenwertprüfungen können unvollständig sein, da es möglich ist, dass die Bestimmung der Ausfallzeiten zu einem beliebigen Punkt nach Erreichen des Medianes der Ausfallzeiten beendet wurden, bevor alle Probekörper den Grenzwert erreicht haben.

Die Verfahren werden an durchgerechneten Beispielen erläutert und geeignete Rechnerprogramme zur Erleichterung der Berechnungen empfohlen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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 60216-1:2013, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 1: Ageing procedures and evaluation of test results*

3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>

3.1.1

geordnete Werte

Gruppe von Werten, so zu einer Folge zusammengestellt, dass in der richtigen Reihenfolge jedes Element größer als oder gleich groß wie sein Vorgänger ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Ansteigende Folge bedeutet in diesem Dokument, dass die Werte in der genannten Weise angeordnet sind, wobei der erste Wert der kleinste ist.

Anmerkung 2 zum Begriff: Es ist üblich, den Begriff „Gruppe“ in der statistischen Literatur zu verwenden, um eine Teilmenge des gesamten Datensatzes zu bezeichnen. Die Gruppe umfasst solche Daten, für die für einen der Parameter des Datensatzes gleiche Werte gelten (z. B. Warmlagerungstemperatur). Eine Gruppe darf eine Anzahl von Untergruppen beinhalten, die durch einen anderen Parameter gekennzeichnet werden (z. B. die Zeit im Fall von zerstörenden Prüfungen).

3.1.2

Reihenwert

zugewiesene Stellung als Ordinalzahl innerhalb der Folge von Einzelwerten in einer Gruppe von geordneten Werten

¹ Nummern in eckigen Klammern beziehen sich auf die Literaturhinweise.

3.1.3

unvollständige Messreihe

Reihe von geordneten Werten, bei der die Werte oberhalb und/oder unterhalb von festgelegten Punkten nicht bekannt sind

3.1.4

beschränkte Messreihe

unvollständige Messreihe, bei der die Anzahl der unbekannten Werte bekannt ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn die Beschränkung oberhalb/unterhalb eines festgelegten Messwerts erfolgt, ist dies eine Beschränkung vom Typ I. Wenn dies oberhalb/unterhalb eines festgelegten Reihenwerts erfolgt, ist dies eine Beschränkung vom Typ II. Dieses Dokument befasst sich nur mit dem Typ II.

3.1.5

Freiheitsgrade

Anzahl der Datenwerte, vermindert um die Anzahl der Parameter

3.1.6

Varianz einer Gruppe von Werten

Summe der Quadrate der Abweichungen der Werte von einem Bezugswert

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Bezugswert darf durch einen oder mehrere Parameter festgelegt sein, z. B. ein Mittelwert (ein Parameter) oder eine Gerade (zwei Parameter, Steigung und Ordinatenabschnitt), geteilt durch die Anzahl der Freiheitsgrade.

3.1.7

zweites zentrales Moment einer Gruppe von Werten

Summe der Quadrate der Differenzen zwischen den Einzelwerten und dem Mittelwert der Wertegruppe geteilt durch die Anzahl der Einzelwerte in dieser Gruppe

3.1.8

Kovarianz von Gruppen von Werten

für zwei Gruppen von Werten mit gleicher Anzahl von Elementen, wobei jedem Element in einer Gruppe ein Element in der anderen zugeordnet werden kann, ist die Kovarianz die Summe der Produkte der Abweichungen zweier einander zugeordneter Elemente von den jeweiligen Gruppenmittelwerten, geteilt durch die Anzahl der Freiheitsgrade

3.1.9

Regressionsanalyse

Prozess zur Herleitung der am besten angepassten Geraden, die die Beziehung zwischen jeweils einander zugeordneten Elementen zweier Gruppen von Werten ausdrückt, durch Minimierung der Summe der Quadrate der Abweichungen der Elemente einer Gruppe von der Geraden

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Parameter werden als „Regressionskoeffizienten“ bezeichnet.

3.1.10

Korrelationskoeffizient

Zahl, die ausdrückt, wie vollständig die Beziehung zwischen den Elementen zweier Wertegruppen ist. Der Zahlenwert ist gleich der Kovarianz geteilt durch die Quadratwurzel des Produktes der Varianzen innerhalb der Gruppen

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Wert ihres Quadrates liegt zwischen 0 (keine Korrelation) und 1 (vollständige Korrelation).

3.1.11

Grenzwertlinie

Gerade parallel zur Zeitachse, die die Achse für die Eigenschaftswerte bei dem Grenzwert schneidet

Anmerkung 1 zum Begriff: Hinweise zur Auswahl des Grenzwerts können IEC 60216-2 entnommen werden.

3.2 Symbole und Abkürzungen

		Unterabschnitt
a	Regressionskoeffizient (Abschnitt auf y -Achse)	4.3, 6.2
a_p	Regressionskoeffizient bei Berechnungen für zerstörende Prüfungen	6.1
b	Regressionskoeffizient (Steigung)	4.3, 6.2
b_p	Regressionskoeffizient bei Berechnungen für zerstörende Prüfungen	6.1
b_r	Zwischenkonstante (Berechnung von $\hat{X}_c$)	6.3
c	Zwischenkonstante (Berechnung von χ^2)	6.3
f	Anzahl der Freiheitsgrade	Tabelle C.2 bis Tabelle C.5
F	stochastischer Prüfwert nach der Fisher-Verteilung	4.2, 6.1, 6.3
F_0	Tabellenwert von F (Linearität des thermischen Beständigkeitsdiagramms)	4.4, 6.3
F_1	Tabellenwert von F (Linearität des Eigenschaftsdiagramms – Signifikanz 0,05)	6.1
F_2	Tabellenwert von F (Linearität des Eigenschaftsdiagramms – Signifikanz 0,005)	6.1
g	Ordnungszahl für die Warmlagerungszeit bei zerstörenden Prüfungen	6.1
h	Ordnungszahl des Eigenschaftswerts bei zerstörenden Prüfungen	6.1
HIC	Halbzeitintervall bei Temperatur gleich T_l	4.3, Abschnitt 7
HIC_g	Halbzeitintervall zugehörig zu T_{lg}	7.3
i	Ordnungszahl der Lagerungstemperatur	4.1, 6.2
j	Ordnungszahl der Ausfallzeit	4.1, 6.2
k	Anzahl der Warmlagerungstemperaturen	4.1, 6.2
m_i	Anzahl der bei Temperatur ϑ_i gelagerten Probekörper	4.1, 6.1
N	Gesamtzahl der Ausfallzeiten	6.2
n_g	Anzahl der Eigenschaftswerte in der für die Zeit τ_g gelagerten Gruppe	6.1
n_i	Anzahl der Werte für y bei der Temperatur ϑ_i	4.1, 6.1
$\bar{p}$	Mittelwert der Eigenschaftswerte der ausgewählten Gruppen	6.1
p	Eigenschaftswert einer Prüfeigenschaft	6.1
P	Signifikanzniveau der χ^2 -Verteilung	4.4, 6.3.1
p_e	Eigenschaftswert der Prüfeigenschaft bei der Ausfallzeit für zerstörende Prüfungen	6.1
$\bar{p}_g$	Mittelwert der Eigenschaftswerte der für die Zeit τ_g gelagerten Gruppe	6.1
p_{gh}	Einzelwert der Eigenschaft	6.1
q	Basis von Logarithmen	6.3
r	Anzahl der Warmlagerungszeiten, die für eine Einbeziehung in die Berechnung ausgewählt wurden (zerstörende Prüfungen)	6.1
r^2	Quadrat des Korrelationskoeffizienten	6.2.3
s^2	gewichteter Mittelwert von s_1^2 und s_2^2	6.3
s_1^2	gewichteter Mittelwert der Werte s_{1i}^2 , zusammengefasste Varianz innerhalb ausgewählter Gruppen	4.3, 6.1 bis 6.3

		Unterabschnitt
$(s^2)_a$	angepasster Wert von s_1^2	4.4, 6.3
s_{lg}^2	Varianz der Eigenschaftswerte der für die Zeit t_g gelagerten Gruppe	6.1
s_{li}^2	Varianz der Werte y_{ij} für die Temperatur ϑ_i	4.3, 6.2
s_2^2	Varianz in Bezug auf die Regressionsgerade	6.1 bis 6.3
s_a^2	angepasster Wert von s^2	6.3
s_r^2	Zwischenkonstante	6.3
s_Y^2	Varianz der Werte Y	6.3
t	stochastische Variable nach der Student-Verteilung	6.3
t_c	angepasster Wert von t (bei unvollständigen Messreihen)	6.3
TC	untere 95-%-Vertrauensgrenze für TI	4.4, 7
TC _a	angepasster Wert von TC	7.1
TI	Temperaturindex	4.3, Abschnitt 7
TI ₁₀	Temperaturindex bei 10 kh	7.1
TI _a	angepasster Wert von TI	7.3
TI _g	Temperaturindex, der auf graphischem Wege oder ohne definierte Vertrauensgrenzen ermittelt wurde	7.3
x	unabhängige Variable: Kehrwert der thermodynamischen Temperatur	
$\bar{x}$	gewichteter Mittelwert der Werte x	6.2
X	festgelegter Wert von x zur Ermittlung von y	6.3
$\hat{X}$	Erwartungswert von x bei festgelegtem Wert von y	6.3
$\hat{X}_c$	obere 95-%-Vertrauensgrenze für $\hat{X}$	6.3
x_i	Kehrwert der ϑ_i entsprechenden thermodynamischen Temperatur	4.1, 6.1
$\bar{y}$	gewichteter Mittelwert der Werte y	6.2
y	abhängige Variable: Logarithmus der Ausfallzeit	
$\hat{Y}$	Erwartungswert von y bei einem festgelegten Wert von x	6.3
Y	festgelegter Wert von y zur Ermittlung von x	6.3
$\hat{Y}_c$	untere 95-%-Vertrauensgrenze für $\hat{Y}$	6.3
$\bar{y}_i$	Mittelwert der Werte y_{ij} bei der Temperatur ϑ_i	4.3, 6.2
y_{ij}	Wert von y , zugehörig zu τ_{ij}	4.1, 6.1
$\bar{z}$	Mittelwert der Werte z_g	6.1
z_g	Logarithmus der Warmlagerungszeit bei zerstörenden Prüfungen, Gruppe g	6.1
α	Koeffizient für die Varianz bei beschränkten Messreihen	4.3, 6.2
β	Koeffizient für die Varianz bei beschränkten Messreihen	4.3, 6.2
ε	Koeffizient für die Varianz des Mittelwerts bei beschränkten Messreihen	4.3, 6.2
θ_0	Temperatur entsprechend 0 °C auf der thermodynamischen Skala (273,15 K)	4.1, 6.1
$\bar{\vartheta}$	Erwartungswert für die Temperatur zum Temperaturindex	6.3.3
$\bar{\vartheta}_c$	Vertrauensgrenze für die Temperatur $\bar{\vartheta}$	6.3.3

		Unterabschnitt
ϑ_i	Warmlagerungstemperatur für die Gruppe i	4.1, 6.1
μ	Koeffizient für den Mittelwert bei beschränkten Messreihen	4.3, 6.2
$\mu_2(x)$	zweites zentrales Moment der x -Werte	6.2, 6.3
v	Gesamtzahl der bei einer Warmlagerungstemperatur ausgewählten Eigenschaftswerte	6.1
τ_f	gewählte Ausfallzeit zur Ermittlung einer Temperatur	6.3
τ_g	Warmlagerungszeit für die ausgewählte Gruppe g	6.1
τ_{ij}	Ausfallzeiten	6.4
χ^2	stochastische Variable nach der χ^2 -Verteilung	6.3

4 Grundsätze der Berechnungen

4.1 Allgemeine Grundsätze

Die allgemeinen Berechnungsverfahren und Anweisungen nach [Abschnitt 6](#) beruhen auf den in IEC 60493-1 [2] aufgestellten Grundregeln. Diese können in vereinfachter Form wie folgt ausgedrückt werden:

- die Beziehung zwischen dem Mittelwert der Logarithmen der Zeiten zum Erreichen eines festgelegten Grenzwerts (Ausfallzeit) und dem Kehrwert der thermodynamischen (absoluten) Temperatur ist linear;
- die Werte der Abweichungen der Logarithmen der Ausfallzeiten von der linearen Beziehung sind normalverteilt mit einer Varianz, die unabhängig ist von der Warmlagerungstemperatur.

Die in den allgemeinen Berechnungsverfahren verwendeten Ausgangswerte werden durch eine vorbereitende Rechnung aus den Versuchsergebnissen erhalten. Die Einzelheiten dieser Berechnung hängen ab von der Art des Prüfverfahrens: zerstörungsfreie Prüfung, Schwellenwertprüfung oder zerstörende Prüfung (siehe [4.2](#)). In allen Fällen bestehen die Ausgangsgrößen aus Werten für x , y , m , n und k ,

dabei ist

$x_i = 1/(\vartheta_i + \vartheta_0)$	der Kehrwert des thermodynamischen Werts der Warmlagerungstemperatur ϑ_i in °C;
$y_{ij} = \log \tau_{ij}$	der Logarithmus des Werts der Ausfallzeit j bei der Temperatur ϑ_i ;
n_i	die Anzahl der y -Werte in der Gruppe i , gelagert bei der Temperatur ϑ_i ;
m_i	die Anzahl der Probekörper in Gruppe i , gelagert bei der Temperatur ϑ_i (abweichend von n_i bei beschränkten Messreihen);
k	die Anzahl der Warmlagerungstemperaturen oder Gruppen von y -Werten.

ANMERKUNG Es kann jede Zahl als Basis der Logarithmen verwendet werden, solange diese bei den Berechnungen durchgehend beibehalten wird. Die Anwendung der natürlichen Logarithmen (Basis e) ist von Vorteil, da die meisten Computerprogrammiersprachen und wissenschaftlichen Rechner diese Möglichkeit bieten.

4.2 Vorbereitende Berechnungen

4.2.1 Allgemeines

In allen Fällen werden die Kehrwerte der thermodynamischen Werte der Warmlagerungstemperaturen als Werte x_i errechnet.

Die Werte y_{ij} werden, wie unten angegeben, als die Logarithmen der Einzelwerte für die Ausfallzeit τ_{ij} errechnet.

In vielen Fällen von zerstörungsfreien und Schwellenwertprüfungen ist es aus wirtschaftlichen Gründen empfehlenswert (z. B. wenn die Streuung der Einzelwerte groß ist), die Warmlagerung zu beenden, bevor alle Probekörper den Grenzwert erreicht haben, zumindest bei einigen Temperaturgruppen. In solchen Fällen muss mit den verfügbaren Werten (x, y) das Verfahren zur Berechnung mit beschränkten Messreihen (siehe 6.2.1.3) durchgeführt werden.

Gruppen mit vollständigen oder unvollständigen Messreihen und Gruppen mit unterschiedlicher Beschränkung bei den verschiedenen Warmlagerungstemperaturen dürfen zusammen innerhalb eines Rechnungsganges nach 6.2.1.3 verwendet werden.

4.2.2 Zerstörungsfreie Prüfverfahren

Zerstörungsfreie Prüfverfahren (z. B. Massenverlust infolge Alterung) liefern für jeden Probekörper direkt den Wert der Prüfeigenschaft jedes Mal, wenn diese nach Beendigung eines Warmlagerungszeitraumes gemessen wird. Die Ausfallzeit τ_{ij} ist daher stets verfügbar, entweder direkt oder durch lineare Interpolation zwischen aufeinanderfolgenden Messungen.

4.2.3 Schwellenwertprüfungen

Die Ausfallzeit τ_{ij} wird für einen einzelnen Probekörper als Zeit bis zur Mitte des Warmlagerungszeitraums unmittelbar vor Erreichen des Grenzwerts angesetzt.

4.2.4 Zerstörende Prüfverfahren

Werden zerstörende Prüfverfahren angewandt, wird jeder Probekörper bei Ermittlung eines Eigenschaftswerts zerstört und seine Ausfallzeit kann daher nicht direkt gemessen werden.

Um Erwartungswerte für die Ausfallzeiten zu erhalten, werden folgende Annahmen getroffen, die in der Umgebung des Grenzwerts gelten sollen:

- a) die Beziehung zwischen dem Mittelwert der Eigenschaft und dem Logarithmus der Warmlagerungszeit ist angenähert linear;
- b) die Abweichungen der Einzelwerte für die Eigenschaft von dieser linearen Beziehung sind normalverteilt mit einer Varianz, die unabhängig ist von der Warmlagerungszeit;
- c) die Kurven der Eigenschaftswerte über dem Logarithmus der Zeit sind für die einzelnen Probekörper Geraden parallel zu derjenigen, die die Beziehung nach a) wiedergibt.

Für die Anwendung dieser Annahmen wird eine Alterungskurve gezeichnet nach den Messwerten, die für jede einzelne Warmlagerungszeit erhalten wurden. Die Kurve wird erhalten, indem die Mittelwerte der Eigenschaft für jede Prüfgruppe über dem Logarithmus der Warmlagerungszeit aufgetragen werden. Sofern dies möglich ist, wird die Warmlagerung bei den einzelnen Temperaturen so lange fortgeführt, bis der Mittelwert für mindestens eine Prüfgruppe jenseits des Grenzwerts liegt. Ein angenähert linearer Abschnitt dieser Kurve wird in der Umgebung des Grenzwerts eingezeichnet (siehe Bild D.2).

Ein statistischer Test (F -Test) wird durchgeführt, um zu entscheiden, ob in dem ausgewählten Bereich die Abweichungen von der Linearität noch zulässig sind (siehe 6.1.4, Schritt 4). Falls dies zutrifft, werden in dem gleichen Diagramm die Punkte eingezeichnet, die den Eigenschaftswerten der einzelnen Probekörper entsprechen. Durch den Messpunkt für jeden einzelnen Probekörper wird eine Gerade parallel zu der Alterungsgeraden gezeichnet. Der Erwartungswert für den Logarithmus der Ausfallzeit (y_{ij}) dieses Probekörpers ist dann gleich dem Wert des Logarithmus der Zeit bis zum Schnittpunkt dieser Geraden mit der Grenzwertlinie (siehe Bild D.2).

Mit gewissen Einschränkungen ist auch eine Extrapolation der linearen Mittelwertkurve bis zum Niveau des Grenzwerts erlaubt.

Die oben genannten Operationen werden auf numerischem Wege in den Berechnungen nach 6.1.4 durchgeführt.

4.3 Berechnungen zur Varianz

Ausgehend von den Werten für x und y , nachdem diese wie in 4.2 angegeben ermittelt wurden, werden folgende Berechnungen durchgeführt:

Für jede Gruppe der Werte von y_{ij} werden der Mittelwert $\bar{y}_i$ und die Varianz s_{ii}^2 berechnet, und aus den letzteren die zusammengefasste Varianz innerhalb der Gruppen s_1^2 unter Wichtung der einzelnen Gruppen entsprechend ihrer Größe abgeleitet.

Für unvollständige Messreihen wurden die Berechnungen aus denjenigen entwickelt, die von Saw [3] erstellt wurden; sie sind in 6.2.1.3 aufgeführt. Die benötigten Koeffizienten (μ für den Mittelwert, α und β für die Varianz und ε zur Ermittlung der zusammengefassten Varianz der Mittelwerte aus den Varianzen der Prüfgruppen) können Anhang C, Tabelle C.1, entnommen werden. Bei unterschiedlich großen Gruppen werden die Varianzen zusammengefasst, wobei sie entsprechend der Gruppengröße gewichtet werden. Der Mittelwert für die Gruppenwerte von ε wird ohne Wichtung bestimmt und mit der zusammengefassten Varianz multipliziert.

ANMERKUNG Die Wichtung entsprechend der Gruppengröße ist implizit in der Definition von ε enthalten, die hier derjenigen entspricht, die ursprünglich von Saw vorgeschlagen und mit der Gruppengröße multipliziert wurde. Dies dient einer vereinfachten Darstellung in Gleichungen.

Aus den Mittelwerten $\bar{y}_i$ und den Werten für x_i werden die Koeffizienten a und b (die Koeffizienten für die am besten angepasste lineare Darstellung der Beziehung zwischen x - und y -Werten) durch lineare Regressionsanalyse ermittelt.

Mit den Regressionskoeffizienten werden die Werte für TI und HIC berechnet. Die Varianz der Abweichungen von der Regressionsgeraden wird aus den Regressionskoeffizienten und den Gruppenmittelwerten berechnet.

4.4 Statistische Tests

Folgende statistische Tests werden vorgenommen:

- Fisher-Test auf Linearität (Fisher-Test, F -Test) bei Ergebnissen aus zerstörenden Prüfungen vor der Berechnung der zu erwartenden Ausfallzeiten (siehe 4.2.4);
- Gleichheit der Varianzen (Bartlett's χ^2 -Test) zur Überprüfung, ob sich die Varianzen innerhalb der Gruppen von y -Werten in signifikantem Maße unterscheiden;
- F -Test, um festzustellen, ob das Verhältnis der Abweichungen von der Regressionsgeraden zu der zusammengefassten Varianz innerhalb der Gruppen von Werten größer ist als der Bezugswert F_0 , d. h. um die Gültigkeit der Arrhenius-Beziehung bei Anwendung auf die Versuchsergebnisse nachzuprüfen.

Im Falle von Messergebnissen mit sehr geringer Streuung ist es möglich, eine Nichtlinearität festzustellen, die zwar statistisch gesehen signifikant ist, jedoch keine praktische Bedeutung hat.

Um dennoch ein Gesamtergebnis zu erreichen, auch wenn die Anforderungen des F -Tests nicht erfüllt sind, ist folgendes Verfahren vorgesehen:

- Der Wert der zusammengefassten Varianz innerhalb der Gruppen (s_1^2) wird um den Faktor F/F_0 angehoben, so dass der F -Test ein gerade noch annehmbares Resultat erbringt (siehe 6.3.2).
- Dieser angepasste Wert (s_{1a}^2) wird verwendet, um die untere Vertrauensgrenze, TC_a , des Ergebnisses zu berechnen.
- Wenn der untere Vertrauensbereich ($TI - TC_a$) als zulässig befunden wird, wird die Nichtlinearität als ohne praktische Bedeutung beurteilt (siehe 6.3.2).
- Aus den Komponenten für die Streuung der Messwerte (s_1^2) und (s_2^2) wird der Vertrauensbereich für einen Erwartungswert unter Verwendung der Regressionsgleichung berechnet.

Wenn der Temperaturindex (TI), seine untere Vertrauensgrenze (TC) und das Halbzeitintervall (HIC) errechnet wurden (siehe 7.1), wird das Ergebnis als zulässig betrachtet, wenn

$$TI - TC \leq 0,6 \text{ HIC} \quad (1)$$

Wenn der untere Vertrauensbereich (TI – TC) den Wert von 0,6 HIC um einen geringen Betrag überschreitet, wird unter Umständen dennoch ein brauchbares Ergebnis erreicht, vorausgesetzt $F \leq F_0$, indem der Wert von TI durch (TC + 0,6 HIC) ersetzt wird (siehe [Abschnitt 7](#)).

4.5 Ergebnisse

Der Temperaturindex (TI), sein Halbzeitintervall (HIC) und die zugehörige untere 95%-Vertrauensgrenze (TC) werden aus der Regressionsgleichung berechnet, wobei, wie oben beschrieben, geringfügige Abweichungen von den vorgegebenen Ergebnissen der statistischen Tests berücksichtigt werden.

Die Form, in der Temperaturindex und Halbzeitintervall angegeben werden, hängt von den Ergebnissen der statistischen Tests ab (siehe [7.2](#)).

Es muss nachdrücklich auf die Notwendigkeit hingewiesen werden, das thermische Beständigkeitsdiagramm als Teil des Prüfberichtes aufzuführen, da ein numerisches Ergebnis TI (HIC) allein keinen qualitativen Gesamtüberblick über die Versuchswerte bieten kann und ohne diesen eine Beurteilung der Ergebnisse nicht vollständig ist.

5 Anforderungen und Empfehlungen im Hinblick auf aussagefähige Berechnungen

5.1 Anforderungen an die Versuchsergebnisse

5.1.1 Allgemeines

Die für die Berechnungsverfahren nach diesem Dokument einzusetzenden Werte müssen den Anforderungen nach [IEC 60216-1](#) entsprechen.

5.1.2 Zerstörungsfreie Prüfverfahren

Für die meisten Prüfeigenschaften dieser Art sind Gruppen mit je fünf Probekörpern ausreichend. Wenn jedoch die Streuung der Werte (Vertrauensbereich, siehe [6.3.3](#)) als zu groß befunden wird, lassen sich befriedigendere Ergebnisse leicht durch Verwendung einer größeren Anzahl von Probekörpern erreichen. Dies gilt besonders, wenn es sich als nötig erweist, die Warmlagerung zu beenden, bevor alle Probekörper den Grenzwert erreicht haben.

5.1.3 Schwellenwertprüfungen

Während des ersten Warmlagerungszeitraums darf nicht mehr als ein Probekörper aus einer Gruppe den Grenzwert erreichen. Falls mehr als eine Gruppe einen solchen Probekörper enthält, sollte das Prüfverfahren sorgfältig geprüft (siehe [6.1.3](#)) und das Vorkommen im Prüfbericht vermerkt werden.

Die Anzahl der Probekörper in jeder Gruppe muss mindestens fünf betragen; aus praktischen Gründen ist die größte bearbeitbare Anzahl auf 31 beschränkt (siehe [Tabelle C.1](#)). Für die meisten Anwendungsfälle wird eine Anzahl von 21 empfohlen.

5.1.4 Zerstörende Prüfverfahren

Bei allen Temperaturen sollte die Warmlagerung so lange fortgesetzt werden, bis der Mittelwert der Eigenschaft von mindestens einer Gruppe über dem Grenzwert und von mindestens einer darunter liegt. Unter besonderen Umständen und mit den gebotenen Einschränkungen ist ggf. eine kleine Extrapolation auf einen Eigenschaftsmittelwert jenseits des Grenzwertniveaus erlaubt (siehe [6.1.4](#), Schritt 4). Dies ist jedoch nicht für mehr als eine Temperaturgruppe erlaubt.

5.2 Genauigkeit der Berechnungen

Viele der Berechnungsschritte beinhalten eine Aufsummierung der Differenzen von Zahlen oder der Quadrate dieser Differenzen, wobei die Differenzen klein im Vergleich zu den Zahlen sein können. Unter diesen Umständen ist es erforderlich, die Berechnungen mit einer internen Genauigkeit von mindestens sechs wertanzeigenden Zifferstellen, vorzugsweise aber mehr, durchzuführen, damit eine Genauigkeit des Ergebnisses von drei Zifferstellen erreicht wird. Im Hinblick auf die sich wiederholende und umfangreiche Art der Berechnungen wird nachdrücklich empfohlen, diese unter Verwendung eines programmierbaren Rechners oder eines Kleincomputers auszuführen, wobei eine interne Genauigkeit von zehn oder mehr wertanzeigenden Zifferstellen leicht erreichbar ist.

6 Berechnungsverfahren

6.1 Vorbereitende Berechnungen

6.1.1 Temperaturen und x -Werte

Bei allen Arten der Prüfung wird die Warmlagerungstemperatur in K auf der thermodynamischen Temperaturskala ausgedrückt und ihr Kehrwert für die Verwendung als Wert x_i berechnet:

$$x_i = 1/(\vartheta_i + \Theta_0) \quad (2)$$

Dabei ist $\Theta_0 = 273,15$ K.

6.1.2 Zerstörungsfreie Prüfverfahren

Für den Probekörper mit Kennziffer j in der Gruppe mit Kennziffer i wird nach jedem Warmlagerungszeitraum ein Eigenschaftswert erhalten. Von diesen Werten ausgehend wird, falls nötig durch lineare Interpolation, die Ausfallzeit ermittelt und deren Logarithmus als y_{ij} errechnet.

6.1.3 Schwellenwertprüfungen

Für den Probekörper mit Kennziffer j in der Gruppe mit der Kennziffer i wird die Mitte des Warmlagerungszeitraums unmittelbar vor Erreichen des Grenzwerts bestimmt und der Logarithmus dieser Zeit als Wert y_{ij} entnommen.

Ein Erreichen des Grenzwerts während des ersten Warmlagerungszeitraums muss als ungültig angesehen werden. Entweder:

- wird die Warmlagerung mit einer neuen Gruppe nochmals begonnen; oder
- der betreffende Probekörper wird nicht berücksichtigt und der dieser Anzahl an Probekörpern in der Gruppe zugeschriebene Wert (m_i) bei der Berechnung für Mittelwerte und Varianzen von Gruppen um eins verringert (siehe 6.2.1.3).

Wenn der Grenzwert für mehr als einen Probekörper während des ersten Zeitraums erreicht wird, wird die betreffende Gruppe verworfen und die Prüfung mit einer neuen Gruppe begonnen, wobei möglichen kritischen Punkten im Versuchsablauf besondere Aufmerksamkeit zukommt.

6.1.4 Zerstörende Prüfverfahren

In den Gruppen von Probekörpern, die bei jeder Temperatur ϑ_i gelagert worden sind, wird das folgende Verfahren in fünf Schritten durchgeführt:

ANMERKUNG In den in Schritt 2 bis Schritt 4 auftretenden Ausdrücken wird der Index i nicht verwendet, um missverständliche mehrfache Index-Kombinationen zu vermeiden. Die Berechnungen in Schritt 2 bis Schritt 4 werden mit den Messwerten für jede Warmlagerungstemperatur getrennt vorgenommen.