

	Leitlinie zur Bestimmung thermischer Langzeiteigenschaften von Elektroisolierstoffen Teil 3: Vorschriften zur Berechnung thermischer Langzeitkennwerte Hauptabschnitt 2: Berechnung für unvollständige Schwellenwertprüfergebnisse bis zu und einschließlich des Medians für die Ausfallzeit (gleiche Prüfgruppen) (IEC 60216-3-2:1993) Deutsche Fassung EN 60216-3-2:1995	DIN EN 60216-3-2
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 23-3-2
Diese Norm enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm IEC 60216-3-2 ICS 29.035.01 Deskriptoren: Elektroisolierstoff, thermische Eigenschaft, Langzeitverhalten, Schwellenwert, Berechnung Guide for the determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials – Part 3: Instructions for calculating thermal endurance characteristics – Section 2: Calculations for incomplete data: proof test results up to and including the median time to end-point (equal test groups) (IEC 60216-3-2:1993); German version EN 60216-3-2:1995 Guide pour la détermination des propriétés d'endurance thermique de matériaux isolants électriques – Partie 3: Instructions pour le calcul des caractéristiques d'endurance thermique – Section 2: Calculs applicables aux résultats incomplets: résultats des essais d'épreuve de durée inférieure ou égale au temps médian pour atteindre le point limite (groupes d'essai égaux) (CEI 60216-3-2:1993); Version allemande EN 60216-3-2:1995 Die Europäische Norm EN 60216-3-2:1995 hat den Status einer Deutschen Norm. Beginn der Gültigkeit Die EN 60216-3-2 wurde am 1995-03-06 angenommen. Fortsetzung Seite 2 und 3 und 28 Seiten EN Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)		

Nationales Vorwort

Diese Norm enthält die Deutsche Fassung der EN 60216-3-2:1995-04, in die die Internationale Norm IEC 60216-3-2, 1. Ausgabe, 1993-09, „Guide for the determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials – Part 3: Instructions for calculating thermal endurance characteristics – Section 2: Calculations for incomplete data: proof test results up to and including the median time to end-point (equal test groups)“, 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.

Zu Abschnitt Einleitung:

Zum hier genannten „Neuen Teil 3“ (im Original „new part 3“) ist als internationaler Norm-Entwurf bereits erschienen IEC 15E/2/CDV:1995-08 (siehe: Entwurf DIN IEC 15E/2/CDV (VDE 0304 Teil 23):1996-04).

Zum Abschnitt 1: Anwendungsbereich:

Mit dem im dritten Absatz genannten „Hauptabschnitt 3“ (im Original „Section 3“) ist der Hauptabschnitt 2 in der vorliegenden Norm gemeint. Die fehlerhafte Bezeichnung wurde aus der früheren, anders gearteten Aufteilung von IEC 60216-3 irrtümlich übernommen.

Zu Anhang A: Liste der Formelzeichen:

Die hier zu Formelzeichen gegebenen Erläuterungen entsprechen in einzelnen Fällen nicht der besonderen Anwendung in IEC 60216-3-2.

Zu Anhang F:

Einzelne und mehrfache Ausfallzeiten innerhalb des ersten Prüfzyklus: Die hier für die besondere Behandlung von Ausfallzeiten im ersten Prüfzyklus gegebene mathematische Begründung ist nach Meinung der deutschen Experten in keiner Weise schlüssig. Inwieweit aus physikalischen Gründen die hier vorgesehene, besondere Behandlung der genannten ersten Ausfallzeiten notwendig und richtig ist, sollte bei einer Revision nochmals überprüft werden, bzw. inwieweit eine andere Vorgehensweise angebracht erscheint.

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist in nachstehender Tabelle 1 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.

IEC hat 1997 die Benummerung der Internationalen Normen geändert. Zu den bisher verwendeten Normnummern wird jeweils 60000 addiert. So ist zum Beispiel aus IEC 216 nun IEC 60216 geworden. In der folgenden Konkordanzliste sind bereits die neuen Normnummern angegeben.

Tabelle 1: Referenzliste

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
HD 611.1 S1:1992	IEC 60216-1:1990 ¹⁾	DIN IEC 216-1 (VDE 0304 Teil 21):1996-04	VDE 0304 Teil 21
HD 611.2 S1:1992	IEC 60216-2:1990	DIN IEC 216-2 (VDE 0304 Teil 22):1996-12	VDE 0304 Teil 22
HD 611.3.1 S1:1992	IEC 60216-3-1:1990 ²⁾	–	–
HD 611.5 S1:1992	IEC 60216-5:1990	E DIN VDE 0304-25 (VDE 0304 Teil 25):1986-08	VDE 0304 Teil 25
–	IEC 60493-1:1974	–	–

1) IEC 60216-1:1990 (4. Ausgabe) befindet sich bereits in Revision. Bei Drucklegung dieser Norm war hierzu Schriftstück IEC 15E/23/CD:1996-05 aktuell, siehe E DIN IEC 15E/23/CD (VDE 0304 Teil 21):1997-01.
2) IEC 60216-3-1:1990 (3. Ausgabe) befindet sich bereits in Revision. Bei Drucklegung dieser Norm war hierzu Schriftstück IEC 15E/2/CDV:1995-08 aktuell, siehe E DIN IEC 15E/2/CDV (VDE 0304 Teil 23):1996-04.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

E DIN IEC 15E/23/CD (VDE 0304 Teil 21)	Leitlinie zur Bestimmung thermischer Langzeiteigenschaften von Elektroisolierstoffen – Teil 1: Allgemeine Leitlinien für Warmlagerungsverfahren und für die Auswertung von Prüfergebnissen (IEC 15E/23/CD:1996)
DIN IEC 216-2 (VDE 0304 Teil 22)	Leitlinie zur Bestimmung thermischer Langzeiteigenschaften von Elektroisolierstoffen – Teil 2: Wahl der Prüfmerkmale (IEC 216-2:1990); Deutsche Fassung HD 611.2 S1:1992
E DIN IEC 15E/2/CDV (VDE 0304 Teil 23)	Leitlinie zur Bestimmung thermischer Langzeiteigenschaften von Elektroisolierstoffen – Teil 3: Anweisungen zur Berechnung thermischer Langzeitkennwerte (IEC 15E/2/CDV:1995)
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 493-1	Guide for the statistical analysis of ageing test data – Part 1: Methods based on mean values of normally distributed test results

Zurückgezogen: 2004-02

EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE

EN 60216-3-2

April 1995

ICS 29.040.20

Deskriptoren: Isolierstoff, Wärmebeständigkeitsprüfung, Prüfung des thermischen Langzeitverhaltens, Statistische Analyse, Berechnung, Flußdiagramm, Prüfergebnisse

Deutsche Fassung

**Leitlinie zur Bestimmung thermischer Langzeiteigenschaften
von Elektroisolierstoffen**

Teil 3: Vorschriften zur Berechnung thermischer Langzeitkennwerte

Hauptabschnitt 2: Berechnung für unvollständige Schwellenwertprüfergebnisse bis zu und einschließlich des Medians für die Ausfallzeit (gleiche Prüfgruppen)
(IEC 60216-3-2:1993)

Guide for the determination of thermal endurance
properties of electrical insulating materials –
Part 3: Instructions for calculating thermal
endurance characteristics –
Section 2: Calculations for incomplete data: proof
test results up to and including the median time to
end-point (equal test groups)
(IEC 60216-3-2:1993)

Guide pour la détermination des propriétés d'endurance
thermique de matériaux isolants électriques –
Partie 3: Instructions pour le calcul des caractéristiques
d'endurance thermique –
Section 2: Calculs applicables aux résultats incomplets:
résultats des essais d'épreuve de durée inférieure ou
égale au temps médian pour atteindre le point limite
(groupes d'essai égaux)
(CEI 60216-3-2:1993)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 1995-03-06 angenommen.

Die 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 Zentralsekretariat 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 Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

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 2
EN 60216-3-2:1995

Vorwort

Der Text der Internationalen Norm IEC 60216-3-2:1993, ausgearbeitet von dem SC 15B „Endurance tests“ des IEC TC 15 „Insulating materials“, wurde der formellen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 1995-03-06 ohne irgendeine Abänderung als EN 60216-3-2 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muß (dop): 1996-03-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 1996-03-01

Anhänge, die als „normativ“ bezeichnet sind, gehören zum Norminhalt.

Anhänge, die als „informativ“ bezeichnet sind, enthalten nur Informationen.

In dieser Norm sind die Anhänge A, F und ZA normativ und die Anhänge B, C, D und E informativ.

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60216-3-2:1993 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Inhalt

	Seite
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich und Zweck	4
2 Grundsätze der Berechnung	4
3 Anweisungen zur Ermittlung thermischer Langzeitkennwerte	6
4 Verweisungen	10
Anhang A (normativ) Liste der Formelzeichen	12
Anhang B (informativ) Beispiel für die Berechnung	14
Anhang C (informativ) Quantile der χ^2 -, t - und F -Verteilungen	17
Anhang D (informativ) Basic-Programm für unvollständige Meßreihen	18
Anhang E (informativ) Koeffizienten zur Ermittlung von Schätzwerten für die Mittelwerte und Varianzen von Prüfergebnissen sowie für die Varianz der Mittelwerte bei unvollständigen Meßreihen	26
Anhang F (normativ) Einzelne und mehrfache Ausfallzeiten innerhalb des ersten Prüfzyklus	27
Anhang ZA (normativ) Andere in dieser Norm zitierte internationale Publikationen mit den Verweisungen auf die entsprechenden europäischen Publikationen	28

Einleitung

Die 3. Ausgabe der IEC 60216 „Leitlinie zur Bestimmung thermischer Langzeiteigenschaften von Elektroisolistoffen“ setzt sich aus mehreren Teilen zusammen:

Teil 1: Allgemeine Richtlinien für Warmlagerungsverfahren und für die Auswertung von Prüfergebnissen (IEC 60216-1).

Teil 2: Wahl der Prüfkriterien (IEC 60216-2).

Teil 3: Vorschriften zur Berechnung thermischer Langzeitkennwerte (IEC 60216-3).

Teil 4: Wärmeschränke für die Warmlagerung (IEC 60216-4).

Teil 5: Leitfaden für die praktische Anwendung von thermischen Langzeitkennwerten (IEC 60216-5).

Der vorliegende Teil besteht aus vier Hauptabschnitten, die sich auf Mittelwerte von normalverteilten Prüfergebnissen beziehen. Weitere Hauptabschnitte können hinzugefügt werden, um anderen statistischen Verfahren, z.B. der Extremwert-Statistik, Rechnung zu tragen für die Fälle, bei denen eine Verwendung von Mittelwerten unzumutbar wäre. Es liegen zur Zeit jedoch noch keine ausreichenden Erfahrungen vor, um derartige Verfahren für Normen zum thermischen Langzeitverhalten einzusetzen.

Der vorliegende Hauptabschnitt 2 beinhaltet ausschließlich Anweisungen zu Berechnungen. Die zugehörige Theorie über Statistik ist in dem entsprechenden Teil von IEC 60493 oder in den angegebenen Verweisungen zu finden.

Ein neuer Teil 3 ist in Vorbereitung, der die derzeitigen Hauptabschnitte 1 und 2, sowie den Entwurf zu einem weiteren Hauptabschnitt: Berechnungsverfahren für normalverteilte Ergebnisse aus zerstörenden Prüfverfahren, zusammenfaßt und weiter entwickelt.

1 Anwendungsbereich und Zweck

Der vorliegende Teil von IEC 60216 vermittelt Anweisungen für die Berechnung thermischer Langzeitkennwerte aus Prüfergebnissen, die nach IEC 60216-1 und IEC 60216-2 erhalten werden.

Hauptabschnitt 1 enthält das grundsätzliche Schema des Berechnungsablaufes für vollständige, normalverteilte Prüfergebnisse nach den statistischen Grundsätzen, wie sie in IEC 60493-1 aufgestellt wurden und auf welche hinsichtlich der Einzelheiten des mathematischen Hintergrundes Bezug zu nehmen ist. Hauptabschnitt 3 vermittelt den Ablauf der Berechnung bei unvollständigen Meßreihen an Gruppen von gleicher Größe, bei denen die Ergebnisse bis einschließlich des Medians der Ausfallzeiten vorliegen.

Ein Berechnungsbeispiel, ein in der Programmiersprache „BASIC“ geschriebenes Programm und die benötigten statistischen Tabellen sind im Anhang beigelegt.

2 Grundsätze der Berechnung

2.1 Statistische Grundlagen

Die im Abschnitt 3 gegebenen Berechnungsverfahren und Anweisungen basieren auf den in IEC 60493-1 aufgestellten Grundsätzen und Voraussetzungen. Diese Voraussetzungen können in einer einfachen Form wie folgt ausgedrückt werden (siehe IEC 60493-1, Abschnitt 3.7.1):

- 1) Die Beziehung zwischen dem Mittelwert der Logarithmen der Zeit bis zum Erreichen eines vorgegebenen Grenzwertes („Ausfallzeit“) und der reziproken thermodynamischen (absoluten) Warmlagerungstemperatur ist linear.
- 2) Die Werte der Abweichungen der Logarithmen der Ausfallzeiten von der linearen Beziehung sind normalverteilt mit einer Varianz, die unabhängig von der Lagerungstemperatur ist.

Sofern die verfügbaren Meßergebnisse unvollständig sind dahingehend, daß Ausfallzeiten oberhalb des Medians in keiner Gruppe ermittelt wurden, können Schätzwerte für den Mittelwert und für die Varianz der Logarithmen der Ausfallzeiten innerhalb jeder Gruppe, sowie für die Varianz der Mittelwerte, durch ein einfaches mathematisches Verfahren bestimmt werden (siehe Verweisung in Abschnitt 4).

Diese Schätzwerte werden in ähnlicher Weise benutzt, wie die Werte für Mittelwert und für Varianz in Abschnitt 1 dieses Teiles von IEC 60216.

Die besten Werte für die Koeffizienten der linearen Beziehung werden nach dem Verfahren der kleinsten Fehlerquadrate erzielt, während die Vertrauensgrenzen, die einem nach dieser linearen Beziehung erhaltenen Erwartungswert zugeordnet sind, mit Verfahren der allgemeinen Regressionsanalyse erhalten werden.

2.2 Ausgangswerte für die Berechnung

Die Meßergebnisse werden als Werte für die Temperatur (ϑ °C) und die Ausfallzeit (in Stunden t) ermittelt. Jeder Wert wird in eine x - oder y -Größe umgewandelt:

$x_i = 1/(\vartheta_i + 273)$ Wert (i) des Kehrwertes der thermodynamischen (absoluten) Temperatur.

$y_{ij} = \log(t_{ij}^*)$ log vom Wert (j) für die Zeit bei der i-ten Lagerungsgruppe.

n = Anzahl der Probekörper in jeder Gruppe.

k = Anzahl der Gruppen (= Anzahl der Warmlagerungstemperaturen).

Jeder einzelne Wert von t_{ij} entspricht dem zeitlichen Mittelpunkt des letzten Schwellenwert-Prüfzyklus, bevor der Ausfall eintrat.

Folgende Werte werden in die Berechnung bis zu der m-ten Ausfallzeit t_{im} einbezogen:

$m = (n + 1)/2$ wenn n ungerade ist,
oder
 $m = n/2 + 1$ wenn n gerade ist.

2.3 Einschränkungen

- a) Die Anfangszahl von Probekörpern muß in allen Gruppen gleich sein, darf aber nicht weniger als 11 betragen.
- b) Die Prüfung ist für jede Gruppe fortzusetzen, bis der Median der Ausfallzeit erreicht ist.
- c) Die Zykluszeit für jede Gruppe muß so gewählt werden, daß der Median der Ausfallzeit nicht früher als nach dem achten Zyklus und vorzugsweise nicht später als nach dem zwölften Zyklus erreicht wird.
- d) Eine Ausfallzeit innerhalb des ersten Zyklus kann nicht nach einem bekannten, mathematischen Verfahren behandelt werden; sie muß daher als ungültig angesehen werden.

Entweder:

- i) man beginnt erneut mit einer neuen Probekörpergruppe
- oder
- ii) man wendet das Verfahren nach Anhang F an, wobei die dadurch bedingte mathematische Ungenauigkeit als gering einzuschätzen ist.

Wird der Grenzwert während des ersten Zyklus bei mehr als einem Probekörper erreicht, dann muß die ganze Gruppe unberücksichtigt bleiben und eine weitere Gruppe geprüft werden, wobei man möglichen kritischen Punkten des experimentellen Prüfungsablaufes eine besondere Aufmerksamkeit zukommen läßt.

2.4 Statistische Überprüfungen

Drei Arten von Überprüfungen werden in das Berechnungsverfahren einbezogen:

- a) Prüfung auf Gleichheit der Varianzen (Bartlett's χ^2 -Test).
- b) Prüfung auf Linearität (F -Test).
- c) Prüfung der Streuung (Vertrauensintervall).

Die Prüfungen b) und c) lassen gegebenenfalls Abweichungen vom idealen Verhalten erkennen, die zwar vom statistischen Standpunkt kennzeichnend, aber doch zu gering sind, um ernsthafte praktische Konsequenzen zu erfordern. Verfahren, die diesen Umständen Rechnung tragen, sind in dem Berechnungsgang enthalten.

2.4.1 Bartlett's χ^2 -Test

Anders als sonstige größere Ungleichheiten, sind Ungleichheiten der Varianz nicht als Ursache eines ernstlichen Fehlers anzusehen, weder beim Temperaturindex, noch beim Vertrauensintervall. Der Wert χ^2 wird berechnet; ist dieser Wert größer als derjenige, der einem Signifikanzniveau von 0,05 entspricht, werden die Werte für χ^2 und das entsprechende Signifikanzniveau im Bericht angegeben, wie dies in Abschnitt 3.1.5 ausgeführt ist.

2.4.2 F -Test auf Linearität

Das F -Verhältnis ist das Verhältnis der Varianz der Abweichungen der Mittelwerte der Lagerungsgruppen von der Regressionsgeraden (siehe Gleichung (11) für s_2^2) zu der Varianz innerhalb der Lagerungsgruppen (siehe Gleichung (10) für s_1^2). Ein hoher Wert von F kann entweder aus einem hohen Wert der Abweichungen von der Regressionsgeraden oder aber aus einem niedrigen Wert der Varianz innerhalb der Gruppen resultieren.

Das F -Verhältnis wird mit den tabellarischen Werten F_0 für ein Signifikanzniveau von 0,05 verglichen.

Sofern die Meßwerte eine sehr geringe Streuung aufweisen, ist es möglich, daß sich eine statistisch relevante Nicht-Linearität erkennen läßt, diese aber nur eine geringe praktische Auswirkung hat.

*) Prinzipiell können die Berechnungen mit Hilfe der natürlichen (Basis e) oder der dekadischen (Basis 10) Logarithmen durchgeführt werden, solange die Wahl folgerichtig durchweg erhalten bleibt. Daher wird das Symbol $\log(y)$ unverändert benutzt, eine Ausnahme siehe Abschnitt 3.1.5.

Um einige Zwischenergebnisse mit denen, die aus der 2. Ausgabe von IEC 60216-3 (1980) und 60216-4 (1980) stammen, vergleichbar zu machen, werden im Computerprogramm (Anhang D) dekadische Logarithmen verwendet.

Um ein verwertbares Ergebnis zu erzielen, auch wenn der F -Test einen unzureichenden Befund erbrachte, ist folgende Verfahrensweise vorgesehen.

- Der Wert der Varianz innerhalb der Lagerungsgruppen (s_1^2) wird in der Weise angehoben, daß ein gerade noch annehmbares Ergebnis für die F -Prüfung zustandekommt, indem s_1^2 durch einen angepaßten Wert (s_1^2)_a = $s_1^2 (F/F_0)$ ersetzt wird (siehe Abschnitt 3.1.6 b).
- Der angepaßte Wert wird eingesetzt, um die untere Vertrauensgrenze des Ergebnisses, TC_a , zu berechnen.
- Wenn das untere Vertrauensintervall ($TI - TC_a$) als zulässig befunden wird ($TI - TC_a \leq 0,6 \text{ HIC}$, siehe Abschnitt 2.4.3), dann ist die Nicht-Linearität als ohne praktische Bedeutung zu beurteilen.

2.4.3 Prüfung der Streuung der Meßwerte

Sind der Temperaturindex, seine untere Vertrauensgrenze und das Halbzeitintervall berechnet worden (TI , TC und der zugehörige Wert für HIC), dann gilt das Vertrauensintervall ($TI - TC$) als zulässig, wenn

$$TI - TC \leq 0,6 \text{ HIC}$$

(oder $TI - TC_a \leq 0,6 \text{ HIC}$, sofern dieses anzuwenden ist).

In den Fällen, in denen das untere Vertrauensintervall den Wert 0,6 HIC um einen geringen Betrag übersteigt, aber noch kleiner ist als 1,6 HIC, kann ein brauchbares Ergebnis dennoch erzielt werden (vorausgesetzt $F \leq F_0$) durch Berechnung eines angepaßten TI_a , indem von dem zuvor ermittelten Wert TI der Betrag abgezogen wird, um den das untere Vertrauensintervall den Wert von 0,6 HIC übersteigt,

d.h., wenn $0,6 \text{ HIC} < TI - TC \leq 1,6 \text{ HIC}$ ist

und gleichzeitig sich $F \leq F_0$ ergibt, dann ist der Wert für

$$TI_a = TI - [(TI - TC) - 0,6 \text{ HIC}] = TC + 0,6 \text{ HIC}$$

anstelle des aus der Regressionsgleichung berechneten TI -Wertes im Bericht anzugeben (siehe Abschnitt 3.1.8).

Werden die obigen Bedingungen nicht erfüllt, dann darf das Prüfergebnis nur in der Angabeform $TI_g = \dots$, $HIC_g = \dots$, wie im Abschnitt 3.2.3 festgelegt wurde, angegeben werden (siehe auch IEC 60216-1, Abschnitt 12.5).

2.5 Die interne Genauigkeit der Berechnungen

Zahlreiche Berechnungsschritte beinhalten eine Aufsummierung der Differenzen von Zahlen oder von Quadraten dieser Differenzen, wobei die Differenzen selbst klein im Vergleich zu den Zahlen sein können. Unter diesen Umständen ist es erforderlich, die Berechnungen mit einer internen Genauigkeit von mindestens 6 Ziffernstellen durchzuführen, damit das Ergebnis auf 3 Ziffernstellen zuverlässig wird. Im Hinblick auf die sich wiederholende und umfangreiche Art der Berechnungen wird nachdrücklich empfohlen, diese mit Hilfe eines programmierbaren Rechners oder mit einem Kleincomputer auszuführen, wobei eine interne Genauigkeit von 10 oder 12 Ziffernstellen leicht erreichbar ist.

3 Anweisungen zur Ermittlung thermischer Langzeitkennwerte

3.1 Rechnerische Herleitung und thermisches Langzeitdiagramm

3.1.1 Ermittlung der Gruppen-Mittelwerte, der Varianzen und der Varianz der Mittelwerte

(Diese Anweisungen gelten für den Fall von gleichgroßen Gruppen mit Ausfallzeiten, die bis zum Median bekannt sind.)

- Die Logarithmen der Ausfallzeiten werden für jede Gruppe in steigender Anordnung zusammengestellt:

$$y_{i1} \leq y_{i2} \leq \dots \leq y_{im}$$

- Der Schätzwert für den Mittelwert wird berechnet:

$$\bar{y}_i = (1 - \mu) y_{im} + \frac{\mu}{(m - 1)} \sum_{j=1}^{m-1} y_{ij} \quad (1)$$

- Der Schätzwert für die Varianz wird berechnet:

$$s_{ii}^2 = \alpha \sum_{j=1}^{m-1} (y_{im} - y_{ij})^2 + \beta \left[\sum_{j=1}^{m-1} (y_{im} - y_{ij}) \right]^2 \quad (2)$$

Die Koeffizienten μ , α , β (und der in Gleichung (11) und im nachfolgenden einzusetzende Koeffizient ϵ) sind in Anhang E zu finden.