

DIN EN 62429



ICS 29.020

**Zuverlässigkeitswachstum –
Beanspruchungsprüfung auf Frühausfälle in einzelnen komplexen
Systemen (IEC 62429:2007);
Deutsche Fassung EN 62429:2008**

Reliability growth –

Stress testing for early failures in unique complex systems (IEC 62429:2007);

German version EN 62429:2008

Croissance de fiabilité –

Essais de contraintes pour révéler les défaillances précoces d'un système complexe et unique (CEI 62429:2007);

Version allemande EN 62429:2008

Gesamtumfang 38 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2008-03-01 angenommene EN 62429 gilt als DIN-Norm ab 2008-08-01.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN IEC 61163-3:2004-10.

Für diese Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 132 „Zuverlässigkeit“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 56 „Dependability“ erarbeitet.

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

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

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.

**Zuverlässigkeitswachstum –
Beanspruchungsprüfung auf Frühausfälle in einzelnen
komplexen Systemen**
(IEC 62429:2007)

Reliability growth –
Stress testing for early failures in unique
complex systems
(IEC 62429:2007)

Croissance de fiabilité –
Essais de contraintes pour révéler les
défaillances précoces d'un système
complexe et unique
(CEI 62429:2007)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2008-03-01 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, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

CENELEC

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

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

© 2008 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 62429:2008 D

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 56/1232/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe von IEC 62429, ausgearbeitet von dem IEC/TC 56 „Dependability“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2008-03-01 als EN 62429 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): 2008-12-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2011-03-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 62429:2007 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 60300-1	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60300-1:2003 (nicht modifiziert).
IEC 60300-2	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60300-2:2004 (nicht modifiziert).
IEC 60300-3-1	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60300-3-1:2004 (nicht modifiziert).
IEC 60706-5	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60706-5:2007 (nicht modifiziert).
IEC 60812	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60812:2006 (nicht modifiziert).
IEC 61014	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61014:2003 (nicht modifiziert).
IEC 61025	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61025:2007 (nicht modifiziert).
IEC 61078	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61078:2006 (nicht modifiziert).
IEC 61160	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61160:2005 (nicht modifiziert).
ISO 9000	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN ISO 9000:2005 (nicht modifiziert).

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe, Abkürzungen und Symbole	6
3.1 Begriffe	6
3.2 Abkürzungen	9
3.3 Symbole	9
4 Allgemeines	10
5 Planen und Durchführen einer Prüfung des Zuverlässigkeitswachstums	12
5.1 Schritt 1 – Sollte eine Prüfung des Zuverlässigkeitswachstums durchgeführt werden?	12
5.2 Schritt 2 – Ausfalldefinitionen und Datenerfassung	13
5.3 Schritt 3 – Beanspruchungsniveaus	13
5.4 Schritt 4 – Ausfallanalyse und Klassifizierung von Ausfällen	15
5.5 Schritt 5 – Abbruchkriterien	16
5.6 Schritt 6 – Verifizierung von Instandsetzungen und Zuverlässigkeitswachstum	25
5.7 Schritt 7 – Berichterstattung und Rückmeldung	25
Anhang A (informativ) Praktisches Beispiel für Methode 3 – Prüfung auf Erfolgsquotienten	27
Anhang B (informativ) Praktisches Beispiel für Methode 5 – Vergleich mit annehmbarer momentaner Ausfalldichte	28
B.1 Graphische Darstellung des Zuverlässigkeitswachstums	28
B.2 Die Abbruchregel	29
Anhang C (informativ) Praktisches Beispiel für Methode 6 – Schätzung der verbliebenen latenten Fehlzustände	31
C.1 Methode 6 – Schätzung der verbliebenen latenten Fehlzustände	31
C.2 Grundlagen des Schneidewind-Modells	32
Literaturhinweise	33
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	36
 Bild 1 – Badewannenkurve	 12
Bild 2 – Beurteilung, ob sich die kumulierte Ausfallkurve abgeflacht hat	18
Bild 3 – Methode 2	18
Bild B.1 – Graphische Darstellung des Zuverlässigkeitswachstums mit den Daten von Tabelle B.1	29
 Tabelle 1 – Wahrscheinlichkeit, dass ein System mit einer Ausfallwahrscheinlichkeit von 0,001 N aufeinanderfolgende Prüfungen besteht	 20
Tabelle 2 – Wahrscheinlichkeit, dass ein System mit einer Ausfallwahrscheinlichkeit von 0,000 001 N aufeinanderfolgende Prüfungen besteht	21
Tabelle 3 – Richtige und falsche Entscheidungen bei der Verwendung von Zuverlässigkeitsindikatoren	25

	Seite
Tabelle B.1 – Zuverlässigkeitswachstum und Abbruchzeiten für das praktische Beispiel	28
Tabelle C.1 – Feststellen, wann die Prüfung beendet werden kann	32

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm gibt Anleitung für das Zuverlässigkeitswachstum während der Endprüfung oder der Abnahmeprüfung einzelner komplexer Systeme. Sie gibt Anleitung bezüglich der Prüfbedingungen für beschleunigte Lebensdauerprüfungen und bezüglich der Kriterien zur Beendigung dieser Prüfungen. „Einzel“ bedeutet, dass es keine Informationen von ähnlichen Systemen gibt, und die geringe Anzahl produzierter Systeme bedeutet, dass die aus der Prüfung gewonnenen Informationen für die zukünftige Produktion nur begrenzten Wert haben.

Diese Norm betrifft das Zuverlässigkeitswachstum instandsetzbarer komplexer Systeme, die aus Hardware mit eingebetteter Software bestehen. Sie kann für die Beschreibung des Verfahrens der Abnahmeprüfung verwendet werden, für das „Einlaufen“ und um sicherzustellen, dass die Zuverlässigkeit^{N1)} eines ausgelieferten Systems nicht durch Codierfehler, schlechte Verarbeitung oder Fehler bei der Fertigung beeinträchtigt wird. Sie deckt nur die Frühausfallphase des Systemlebenszyklus ab, jedoch weder die Phase konstanter Ausfallrate noch die Verschleißphase. Sie kann auch verwendet werden, wenn eine Firma die Dauer interner Fertigungsprüfungen bei der Herstellung von Prototypen, einzelnen Systemen oder Kleinserien optimieren möchte.

Sie ist hauptsächlich auf große Hardware-/Softwaresysteme anwendbar, aber nicht auf große Netzwerke, wie beispielsweise Telekommunikations- oder Energieübertragungsnetze, da neue Teile solcher Systeme normalerweise für die Prüfung nicht isoliert werden können.

Sie ist nicht auf Software anwendbar, die allein geprüft wird, aber die Verfahren können für die Prüfung großer Softwareprogramme in betriebsfähiger Hardwareumgebung verwendet werden, wenn simulierte Betriebslasten verwendet werden.

Sie behandelt Wachstumsprüfungen vor oder bei Auslieferung eines fertiggestellten Systems. Die Prüfung kann daher beim Hersteller oder beim Endnutzer stattfinden.

Falls der Nutzer eines Systems das Zuverlässigkeitswachstum mittels Hochrüstung von Hard- und Software auf verbesserte Versionen realisiert, kann diese Norm genutzt werden, um den Wachstumsprozess zu lenken.

Diese Norm deckt ein weites Feld von Anwendungen ab; sie ist aber nicht auf die Arbeitsschutz- und -sicherheitsbelange eines Systems anwendbar.

Diese Norm gilt nicht für Systeme, die von IEC 62279 [39] behandelt werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente 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 60050-191:1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 191: Dependability and quality of service*

IEC 60300-3-5, *Dependability management – Part 3-5: Application guide – Reliability test conditions and statistical test principles*

IEC 60605-2, *Equipment reliability testing – Part 2: Design of test cycles*

IEC 61163-1:2006, *Reliability Stress Screening – Part 1: Repairable items manufactured in lots*

IEC 61163-2, *Reliability stress screening – Part 2: Electronic components*

IEC 61164, *Reliability growth – Statistical test and estimation methods*

IEC 61710, *Power law model – Goodness-of-fit and estimation methods*

^{N1)} Nationale Fußnote: „Reliability“ ist in diesem Dokument – entsprechend dem amerikanischen Sprachgebrauch und abweichend von den Festlegungen in IEC Teil 191 – mit „Zuverlässigkeit“ übersetzt.

3 Begriffe, Abkürzungen und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60050-191 sowie die folgenden Begriffe.

3.1.1

Zeitkontraktion

(en: **time compression**)

Reduzierung der Prüfdauer durch höhere Beanspruchungsdauer als im Feld

ANMERKUNG Ein Beispiel ist die Prüfung eines Systems über 24 Stunden am Tag, das im Einsatz nur acht Stunden am Tag genutzt wird.

3.1.2

zeitraffende Prüfung

(en: **accelerated test**)

Prüfung unter einer Beanspruchung, die gegenüber der Nennbeanspruchung mit dem Ziel erhöht ist, die Untersuchungsdauer zu verkürzen, die erforderlich ist, um die Reaktion der Einheit auf die Beanspruchung zu beobachten, oder diese Reaktion bei einer vorgegebenen Dauer zu vergrößern

ANMERKUNG Damit eine zeitraffende Prüfung verlässliche Ergebnisse liefert, sollten sich dabei die Arten des Fehlzustands und der Ausfallmechanismen oder deren relative Häufigkeit nicht ändern.

[IEV 191-14-07]

3.1.3

Raffungsfaktor

(en: **(time) acceleration factor**)

Verhältnis der erforderlichen Dauern zur Erzielung derselben festgelegten Anzahl von Ausfällen oder Beeinträchtigungen in zwei Stichproben desselben Umfangs unter zwei unterschiedlichen Serien von Beanspruchungsbedingungen, und zwar bei gleichen Ausfallmechanismen und gleichen Arten des Fehlzustands mit gleichen relativen Häufigkeiten

ANMERKUNG Eine der beiden Serien von Beanspruchungsbedingungen sollte eine Bezugsserie sein.

[IEV 191-14-10]

3.1.4

Ausführungsdauer

(en: **execution time**)

Zeitspanne, um eine gegebene Anzahl von Transaktionen abzuwickeln

3.1.5

Fehlzustand

(en: **fault**)

Zustand einer Einheit, in dem sie unfähig ist, eine geforderte Funktion zu erfüllen, wobei die durch Wartung oder andere geplante Handlungen bzw. durch das Fehlen äußerer Mittel verursachte Funktionsunfähigkeit ausgeschlossen ist

ANMERKUNG 1 Ein Fehlzustand ist oft das Ergebnis eines Ausfalls der Einheit selbst, er kann aber auch ohne vorherigen Ausfall vorhanden sein.

ANMERKUNG 2 Im Englischen wird die Benennung „fault“ auf Elektrizitätsversorgungssysteme auch in der Bedeutung nach IEC 604-02-01 [42]¹⁾ angewendet; die zugehörige französische Benennung ist dann „défaute“.

[IEV 191-05-01]^{N2)}

¹⁾ Verweisungen in eckigen Klammern beziehen sich auf die Literaturhinweise.

^{N2)} Nationale Fußnote: In der englischen Fassung ist die Quelle versehentlich falsch nach der ersten Anmerkung genannt. Dies ist in der Übersetzung korrigiert worden.

ANMERKUNG 3 In dieser Norm wird die Benennung „latenter Fehlzustand“ verwendet, wenn betont werden soll, dass der Fehlzustand noch keinen Ausfall verursacht hat.

ANMERKUNG 4 Software allein ist deterministisch. Aber diese Norm berücksichtigt in Hardware eingebettete Software, wobei die Software latente Fehlzustände haben kann, abhängig von der Hardware und der Umgebung, beispielsweise ungenügender Schutz gegenüber doppelter Eingabe, keine Prüfsummen in der Datenübertragung, keine Plausibilitätsprüfung von Ein- oder Ausgabedaten.

3.1.6

latenter Softwarefehler

(en: bug)

(im Englischen) gängige Bezeichnung für einen latenten Softwarefehler

3.1.7

Zuverlässigkeitsindikator

(en: reliability indicator)

nichtfunktionaler Parameter, der auf einen kurz bevorstehenden wahrscheinlichen Ausfall hinweist

3.1.8

Prüfung auf Erfolgsquotienten

(en: success ratio test)

Prüfung, die einige Male wiederholt wird, von denen alle ohne Ausfälle bestanden werden müssen

3.1.9

System

Satz von in Wechselbeziehung oder Wechselwirkung stehenden Elementen

[ISO 9000:2005 [41], 3.2.1]

ANMERKUNG 1 Im Zusammenhang mit Zuverlässigkeit besteht ein System aus

- einem vorgegebenen Zweck, der durch die beabsichtigten Funktionen beschrieben ist,
- festgelegten Betriebs- und Einsatzbedingungen und
- definierten Grenzen.

ANMERKUNG 2 Die Struktur eines Systems kann hierarchisch sein.

[IEC 60300-1 [43], 3.6]

ANMERKUNG 3 Für manche Systeme, beispielsweise Produkte der Informationstechnologie, sind Daten ein wichtiger Bestandteil des Systems.

[zukünftige IEC 60300-3-15 [44], modifiziert]

3.1.10

Transaktion

(en: transaction)

Satz von aus den Betriebslasten des Systems ausgewählten Eingabeparametern und Vorbedingungen ^{N3)}

^{N3)} Nationale Fußnote: Diese Definition ist formal und sachlich falsch.

Formal falsch, da sie im Zusammenhang mit 3.1.4 die Substitutionsregel verletzt; vergleiche dazu ISO 704, Terminology work, 6.3.5, oder ISO 9000:2005, A.2.

Sachlich falsch, da es sich bei einer Transaktion immer um eine Maßnahme / einen Vorgang handelt (und nicht bloß um einen „Satz von ...“); vergleiche dazu auch die Definition von Transaktion in EN 61499-1, 3.97.

Im weiteren Dokument wird Transaktion stets im Sinne von Maßnahme/Vorgang verwendet.

3.1.11

Ursachenanalyse

(en: **root cause analysis**)

Aktivität zur Ermittlung der Ursache eines Fehlzustandes oder eines Ausfalls, damit diese durch Entwurfs- oder Prozessänderungen behoben werden kann

3.1.12

Fehlaussage

Irrtum

(en: **error**)

Nichtübereinstimmung zwischen Rechenergebnissen, beobachteten oder gemessenen Werten oder Beschaffenheiten und den betreffenden wahren, spezifizierten oder theoretisch richtigen Werten oder Beschaffenheiten

ANMERKUNG 1 Eine Fehlaussage kann durch eine fehlerhafte Einheit verursacht sein, z. B. falsches Rechenergebnis durch ein fehlerhaftes Rechenggerät.

ANMERKUNG 2 Mit dem französischen Ausdruck „erreur“ wird manchmal auch ein Fehlverhalten bezeichnet (siehe 191-05-25).

[IEV 191-05-24]

3.1.13

menschliches Versagen

menschliches Fehlverhalten

(en: **mistake, human error**)

Handlung eines Menschen, die zu einem unerwünschten Ergebnis führt

[IEV 191-05-25]

3.1.14

Ausfall

(en: **failure**)

Beendigung der Fähigkeit einer Einheit, eine geforderte Funktion zu erfüllen

ANMERKUNG 1 Nach einem Ausfall befindet sich die Einheit in einem Fehlzustand.

ANMERKUNG 2 Der Ausfall ist ein Ereignis, im Unterschied zum Fehlzustand.

ANMERKUNG 3 Der so definierte Begriff ist auf Software nicht anwendbar.

[IEV 191-04-01]

ANMERKUNG 4 Software allein ist deterministisch. Aber diese Norm berücksichtigt in Hardware eingebettete Software, wobei die Software latente Fehlzustände haben kann, abhängig von der Hardware und der Umgebung, beispielsweise ungenügender Schutz gegenüber doppelter Eingabe, keine Prüfsummen in der Datenübertragung, keine Plausibilitätsprüfung von Ein- oder Ausgabedaten.

3.1.15

Ausfalldichte

(momentane) Ausfalldichte

(en: **(instantaneous) failure intensity**)

$z(t)$

Grenzwert – falls er existiert – des Verhältnisses der mittleren Anzahl von Ausfällen einer instand zu setzenden Einheit während eines Zeitintervalls $(t, t + \Delta t)$ und der Dauer Δt dieses Zeitintervalls, wenn Δt gegen null geht

ANMERKUNG 1 Die momentane Ausfalldichte wird ausgedrückt durch die Formel

$$z(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0+} \frac{E[N(t + \Delta t) - N(t)]}{\Delta t}$$

[IEV 191-12-04]

ANMERKUNG 2 Zur Vermeidung von Missverständnissen wird diese Norm die Benennung „momentane Ausfalldichte“ verwenden, da ein System instandgesetzt wird, wenn es ausfällt, und ein latenter Softwarefehler behoben wird, wenn er zu einem Ausfall geführt hat.

3.2 Abkürzungen

CPU	Hauptprozessor (en: central processor unit)
EMC	elektromagnetische Verträglichkeit, dt.: EMV (en: electromagnetic compatibility)
ESD	elektrostatische Entladung (en: electrostatic discharge)
FMEA	Fehlzustandsart- und -auswirkungsanalyse ^{N4)} (en: failure mode and effect analysis ^{N5)})
MTBF	mittlere Betriebsdauer zwischen Ausfällen (en: mean operating time between failures)
RAM	Arbeitsspeicher (en: random access memory)

3.3 Symbole

C	Gesamtzahl der Transaktionen
$D(t)$	Anzahl der bis zum Zeitpunkt t entdeckten Fehlzustände
F_u	unzulässige Anzahl misslungener Transaktionen aus insgesamt C Transaktionen
i	Fehlzustandsnummer
M	Wahrscheinlichkeit, dass ein System mit unzureichender Zuverlässigkeit N Prüfungen ohne Ausfall besteht
m	Anzahl latenter Fehlzustände im System
N	Anzahl von Transaktionen, die ohne Ausfall durchgeführt werden müssen
p	inakzeptable Ausfallwahrscheinlichkeit je Transaktion
RCM $r(T_i)$	Risikoentscheidungskenngröße (Risk Criterion Metric) für verbleibende latente Fehlzustände nach einer Gesamtprüfdauer T_i
r_c	geschätzte Anzahl verbliebener latenter Fehlzustände im System
$r(T_i)$	nach der Gesamtprüfdauer T_i prognostizierte Anzahl verbliebener (unentdeckter) Fehlzustände
s	Anzahl der im Schneidewind-Modell zur Schätzung der Werte der Modell-Parameter verwendeten Prüfdauerintervalle
t	Ist-Prüfdauer
t_{status}	Prüfdauer zum Zeitpunkt „status“
$T_{D(t)}$	kumulierte Prüfdauer, bis zu der $D(t)$ Fehlzustände entdeckt waren
T_i	kumulierte Prüfdauer, zu der Fehlzustand i entdeckt wurde
T_{min}	Mindest-Prüfdauer, die von dem System für null Ausfälle erbracht werden sollte

^{N4)} Nationale Fußnote: vergleiche DIN EN 60812.

^{N5)} Nationale Fußnote: Die Benennung „failure modes and effects analysis“ wird in der Deutschen Ausgabe des Internationalen Elektrotechnischen Wörterbuchs, Kapitel 191:2005-05 missbilligt, siehe [IEV 191-16-03].

T_i	kumulierte Prüfdauer, gemessen in Zeiteinheiten des Schneidewind-Modells
z	annehmbare momentane Ausfalldichte
z_i	momentane Ausfalldichte für Fehlzustand i
θ_i	kumulierte mittlere Betriebsdauer zwischen Ausfällen (MTBF) nach Entdeckung des i -ten Fehlzustandes ANMERKUNG Die Benennung „kumulierte MTBF“ wird in Übereinstimmung mit anderen Modellen, die in der Literatur für das Zuverlässigkeitswachstum beschrieben werden, verwendet. Sie ist hilfreich bei der Darstellung des Zuverlässigkeitswachstums aufgrund der Eliminierung einer Fehlerursache. Die kumulierte MTBF (θ_i) ^{N6)} für jeden Fehlzustand i wird bestimmt als $\theta_i = T_i / i$.
α	empirische Konstante im Schneidewind-Modell – Ausfalldichte zur Prüfdauer $t = 0$
β	empirische Konstante im Schneidewind-Modell – Proportionalitätskonstante für die Ausfalldichte über der Zeit, Einheit: (Zeit) ⁻¹
δ	die Wahrscheinlichkeit, dass bis zu $T_{\min}$ kein Ausfall auftritt, für eine gegebene annehmbare momentane Ausfalldichte z

4 Allgemeines

Diese Norm ist Teil einer Reihe von Normen unter dem Anwendungsleitfaden IEC 61014 [34].

Diese Norm gilt für große Hardware-Software-Systeme, wenn diese unter einer simulierten Betriebslast geprüft werden. Daher ist während der Prüfung nicht bekannt, ob ein Ausfall von der Hardware, der Software, der Betriebslast oder einer Kombination daraus verursacht wurde. Ein Ausfall kann von einem Hardwareausfall verursacht sein, beispielsweise einem Arbeitsspeicherausfall (RAM-Ausfall), einer Änderung des Taktes, die zu Datenkollision führt, oder einer elektromagnetischen Störung, die die übertragenen Daten verändert. Der Ausfall kann auch durch einen latenten Softwarefehler oder unzulässige Daten verursacht sein. Auf welche Art und Weise die ausgefallene Einheit instandgesetzt wird oder die Software geändert wird, ist für diese Norm nur insoweit von Bedeutung, dass sie die Prüfentscheidungen beeinflusst, beispielsweise durch die Annahmen, die dem statistischen Modell zugrunde liegen.

Nahezu alle modernen Systeme enthalten eingebettete Software. Die Software wird typischerweise auf Entwicklungshardware unter Verwendung von Transaktionen geprüft, die aus der Systemspezifikation abgeleitet sind. Oft wird die Software erst so spät fertiggestellt, dass die Zeit für ihre Prüfung auf der vorliegenden Hardware begrenzt ist. Es ist normalerweise nicht akzeptabel, dass der Kunde der Erste ist, der die Software in der wirklichen Hardwareumgebung betreibt. Daher besteht Bedarf für eine Norm, die zu Prüfung und Zuverlässigkeitswachstum von Hardware mit eingebetteter Software anleitet.

Hinsichtlich der Hardware wird angenommen, dass Frühausfälle von latenten Fehlzuständen in der Hardware verursacht werden. Abhängig von Beanspruchungsart und -niveau können diese latenten Fehlzustände nach einiger Zeit zu permanenten oder intermittierenden Ausfällen führen. Ein Beispiel könnte ein Riss in einem Bauelement sein. Bei trockenen Betriebsbedingungen ohne Schwingungen oder Stöße kann der latente Fehlzustand ein latenter Fehlzustand bleiben. Aber bei feuchten Betriebsbedingungen können Feuchtigkeit und Fremdstoffe durch den Riss eindringen und Korrosion verursachen und letztlich zu einem permanenten Fehlzustand führen. Entsprechend können Schwingungen oder Stöße eine Risserweiterung verursachen, die nach einiger Zeit zu einem bleibenden Fehlzustand führen kann.

Software allein ist deterministisch. Das bedeutet, dass ein latenter Fehlzustand in der Software (üblicherweise Softwarewanze genannt) nicht zu einem Ausfall führen wird, bevor der Teil des Codes, der den latenten Fehlzustand enthält, aktiviert wird. Der Zeitpunkt, zu dem das passiert, hängt von den Betriebsbedingungen ab (beispielsweise den Werten der Eingabeparameter und den internen Zuständen des Programms, wie etwa Speicherinhalt). Daher gibt es eine Ähnlichkeit zwischen latenten Hardwarefehlzuständen und latenten Softwarefehlzuständen. Wenn der latente Softwarefehlzustand erst einmal aktiviert ist, kann er einen permanenten Fehlzustand verursachen, wird aber oft nur zu einem intermittierenden Fehlzustand führen.

N6) Nationale Fußnote: In der englischen Fassung versehentlich fehlerhaft θ . Dies wurde in der deutschen Übersetzung korrigiert.