

DIN EN 60300-3-1

ICS 03.120.10; 29.020

Ersatz für
DIN IEC 60300-3-1:1994-02
Siehe jedoch Beginn der
Gültigkeit

**Zuverlässigkeitsmanagement –
Teil 3-1: Anwendungsleitfaden –
Verfahren zur Analyse der Zuverlässigkeit – Leitfaden zur Methodik
(IEC 60300-3-1:2003);
Deutsche Fassung EN 60300-3-1:2004**

Dependability management –
Part 3-1: Application guide –
Analysis techniques for dependability – Guide on methodology (IEC 60300-3-1:2003);
German version EN 60300-3-1:2004

Gestion de la sûreté de fonctionnement –
Partie 3-1: Guide d'application –
Techniques d'analyse de la sûreté de fonctionnement – Guide méthodologique
(CEI 60300-3-1:2003);
Version allemande EN 60300-3-1:2004

Gesamtumfang 59 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2004-09-01 angenommene EN 60300-3-1 gilt als DIN-Norm ab 2005-05-01.

Daneben darf DIN IEC 60300-3-1:1994-02 noch bis 2007-09-01 angewendet werden.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN IEC 60300-3-1:2001-12.

Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 132 „Zuverlässigkeit“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE zuständig.

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

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zum Jahr 2007 unverändert bleiben soll. 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.

Literaturhinweise

Meyna, A., *Zuverlässigkeitsbewertung zukunftsorientierter Technologien*, Vieweg, 1994.

Kuhlmann, A., *Einführung in die Sicherheitswissenschaft*, Verlag TÜV Rheinland, 1995.

Schneeweiss, W., *Die Fehlerbaummethode*, LiloLe, 1999.

Braband, J., *Methoden zur Sicherheitsanalyse und ihre praktische Anwendung*, Signal + Draht, Nr. 1, 2002, 9–13.

Deutsche und englische Benennungen

Deutsch	Englisch
Analyse der Ausfallberichte und Korrekturmaßnahmen	Failure reporting analysis and corrective action (FRACAS)
Analyse der menschlichen Zuverlässigkeit	Human reliability analysis
Analyse des ungünstigsten Falls	Worst case analysis
Bayessche Zuverlässigkeitsverfahren	Bayesian reliability methods

Deutsch	Englisch
Beanspruchungsanalyse	Stress-strength analysis
Belastungsminderung und Auswahl von Teilen	Parts derating and selection
Ereignisbaumanalyse	Event tree analysis
Fehlzustandsart- und -auswirkungsanalyse (FMEA), in DIN 25448:1990-05 als „Ausfalleffektanalyse“ bezeichnet	Fault modes and effects analysis (FMEA)
Fehlzustandsart-, -auswirkungsanalyse und -kritizitätsanalyse (FMECA), in DIN 25448:1990-05 als „Ausfallbedeutungsanalyse“ bezeichnet	Fault modes, effects and criticality analysis (FMECA)
Funktionsfähigkeit	Reliability
PAAG-Verfahren (Prognose von Abweichungen, Auffinden der Ursachen, Abschätzen der Auswirkungen und Gegenmaßnahmen) Auch „Gefährdungs- und Betriebbarkeits- untersuchung (HAZOP)“ genannt	Hazard and operability studies (HAZOP)
Kriechwegeanalyse	Sneak circuit analysis
Markoffanalyse	Markov analysis
Petri-Netz-Analyse	Petri net analysis
Fehlzustandsbaumanalyse	Fault tree analysis
Vorhersage der Ausfallrate	Failure rate prediction
Wahrheitstabelle	Truth table
Zuverlässigkeit	Dependability
Zuverlässigkeitsblockdiagrammanalyse	Reliability block diagram analysis

Änderungen

Gegenüber DIN IEC 60300-3-1:1994-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Zu den primären Analyseverfahren FMEA, Fehlzustandsbaum, Zuverlässigkeitsblockdiagramm, Markoff und Bauelementezählverfahren werden weitere unterstützende Verfahren neu mit aufgenommen.
- Diese Verfahren wie etwa HAZOP, Paretoanalyse, Finite Elemente, Petri-Netze, Bayessche Verfahren und Simulationsverfahren können die Zuverlässigkeitsanalysen begleitend unterstützen oder einen Mehrwert bei der Ausgestaltung der Zuverlässigkeit darstellen.

Frühere Ausgaben

DIN IEC 60300-3-1:1994-02

– Leerseite –

**Zuverlässigkeitsmanagement
Teil 3-1: Anwendungsleitfaden
Verfahren zur Analyse der Zuverlässigkeit – Leitfaden zur Methodik
(IEC 60300-3-1:2003)**

Dependability management – Part 3-1:
Application guide
Analysis techniques for dependability
Guide on methodology
(IEC 60300-3-1:2003)

Gestion de la sûreté de fonctionnement –
Partie 3-1: Guide d'application
Techniques d'analyse de la sûreté de
fonctionnement
Guide méthodologique
(CEI 60300-3-1:2003)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2004-09-01 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, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, 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

Vorwort

Der Text der Internationalen Norm IEC 60300-3-1:2003, ausgearbeitet von dem IEC/TC 56 „Dependability“, wurde der formellen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2004-09-01 als EN 60300-3-1 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): 2005-09-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2007-09-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60300-3-1:2003 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung ist unter „Literaturhinweise“ zu der aufgelisteten Norm die nachstehende Anmerkung einzutragen:

IEC 60300-2 ANMERKUNG Harmonisiert als EN 60300-2:1996 (nicht modifiziert).

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	2
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe	5
4 Grundsätzliches Verfahren zur Analyse der Zuverlässigkeit.....	6
4.1 Allgemeines Verfahren	6
4.2 Zuverlässigkeitsanalyseverfahren	7
4.3 Zuverlässigkeitszuweisungen.....	9
4.4 Zuverlässigkeitsanalyse	10
4.5 Analyse und Betrachtung der Instandhaltung	11
5 Wahl des geeigneten Analyseverfahrens.....	11
Anhang A (informativ) Kurzbeschreibung der Analyseverfahren	14
Literaturhinweise.....	53
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	55

Bilder

Bild 1 – Allgemeines Verfahren zur Analyse der Zuverlässigkeit	6
Bild A.1 – Temperaturabhängigkeit der Ausfallrate	16
Bild A.2 – Fehlzustandsbaum für einen Tonverstärker.....	18
Bild A.3 – Teilbaum der Fehlzustandsbaumanalyse in Bild A.2	19
Bild A.4 – Ereignisbaum.....	21
Bild A.5 – Elementare Modelle	22
Bild A.6 – Beispiel einer Einheit.....	24
Bild A.7 – Zustands-Übergangsdiagramm.....	26
Bild A.8 – Blockdiagramm eines Multiprozessorsystems	28
Bild A.9 – Petri-Netz eines Multiprozessorsystems	29
Bild A.10 – Das Verfahren bei HAZOP-(PAAG-)Studien	33
Bild A.11 – Menschliches Fehlverhalten als Ereignisbaum dargestellt	37
Bild A.12 – Beispiel: Anwendung von Beanspruchungskriterien	39
Bild A.13 – Wahrheitstabelle für zwei einfache Systeme	40
Bild A.14 – Beispiel.....	40
Bild A.15 – Ursache-Wirkung-Diagramm.....	51

Tabellen

Tabelle 1 – Anwendung allgemeiner Zuverlässigkeitsanalyseverfahren.....	8
Tabelle 2 – Merkmale ausgewählter Zuverlässigkeitsanalyseverfahren	13
Tabelle A.1 – Symbole für die Darstellung im Fehlzustandsbaum	19
Tabelle A.2 – Zustände der Einheit	25
Tabelle A.3 – Auswirkungen von Ausfällen in funktionalen und diagnostischen Teilen.....	25
Tabelle A.4 – Übergangsraten	26
Tabelle A.5 – Beispiel einer FMEA	31
Tabelle A.6 – Grundlegende Leitworte und deren allgemeine Bedeutung.....	32
Tabelle A.7 – Zusätzliche Leitworte bezüglich Zeitpunkt und Reihenfolge und Abfolge	32
Tabelle A.8 – Glaubwürdiges menschliches Fehlverhalten.....	36
Tabelle A.9 – Beispiel einer Wahrheitstabelle	41

Einleitung

Die in diesem Teil von IEC 60300 beschriebenen Analyseverfahren werden für die Vorhersage, Bewertung und Verbesserung der Funktionsfähigkeit, Verfügbarkeit und Instandhaltbarkeit einer Einheit verwendet.

Diese Analysen werden während der Konzept- und Definitionsphase, Entwurfs- und Entwicklungsphase, Betriebs- und Instandhaltungsphase in verschiedenen Systemebenen und Analysetiefen durchgeführt, um die Zuverlässigkeit einer Einheit zu beurteilen, zu ermitteln und zu verbessern. Sie können auch dafür verwendet werden, die Ergebnisse der Analyse mit den festgelegten Anforderungen zu vergleichen.

Darüber hinaus werden sie bei der Planung der Logistik und der Instandhaltung verwendet, um die Instandhaltungshäufigkeit und den Teiletausch zu schätzen. Diese Schätzungen bestimmen häufig wichtige Kostenelemente des Lebenszyklus und sollten bei Untersuchungen der Lebenszykluskosten und bei vergleichenden Untersuchungen sorgfältig verwendet werden.

Um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten, sollten bei der Analyse alle zur Zuverlässigkeit eines Systems beitragenden möglichen Elemente beachtet werden: Hardware, Software, als auch menschliche Faktoren und organisatorische Aspekte.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 60300 enthält einen allgemeinen Überblick über die üblicherweise verwendeten Verfahren zur Analyse der Zuverlässigkeit. Die jeweils übliche Methodik, deren Vor- und Nachteile, benötigte Eingabedaten und sonstige Bedingungen für die Verwendung der verschiedenen Techniken werden beschrieben.

Diese Norm ist eine Einführung in ausgewählte Verfahren und stellt die für die Auswahl der geeignetsten Analyseverfahren benötigten Informationen bereit.

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 60300-3-2:1993, *Dependability management – Part 3: Application guide – Section 2: Collection of dependability data from the field*.

IEC 60300-3-4:1996, *Dependability management – Part 3: Application guide – Section 4: Guide to the specification of dependability requirements*.

IEC 60300-3-5:2001, *Dependability management – Part 3-5: Application guide – Reliability test conditions and statistical test principles*.

IEC 60300-3-10:2001, *Dependability management – Part 3-10: Application guide – Maintainability*.

IEC 60706-1:1982, *Guide on maintainability of equipment – Part 1: Sections One, Two and Three – Introduction, requirements and maintainability programme*.

IEC 60706-2:1990, *Guide on maintainability of equipment – Part 2: Section Five – Maintainability studies during the design phase*.

IEC 60812:1985, *Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)*.

IEC 61078:1991, *Analysis techniques for dependability – Reliability block diagram method*.

IEC 61165:1995, *Application of Markov techniques*.

IEC 61709:1996, *Electronic components – Reliability – Reference conditions for failure rates and stress models for conversion*.

IEC 61882:2001, *Hazard and operability studies (HAZOP Studies) – Application guide*.

ISO 9000:2000, *Quality management systems – Fundamentals and vocabulary*.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Teils von IEC 60300 gelten die Begriffe nach IEC 60050(191), von denen einige nachfolgend zusammen mit weiteren geltenden Begriffen angegeben sind.

3.1

Einheit

Teil, Bauelement, Gerät, Teilsystem, Funktionseinheit, Betriebsmittel oder System, das/die für sich allein betrachtet werden kann

ANMERKUNG Eine Betrachtungseinheit kann aus Hardware, Software oder beidem bestehen und in besonderen Fällen auch Personen einschließen.

[IEV 191-01-01]

3.2

System

Satz von in Wechselbeziehung oder Wechselwirkung stehenden Elementen

[ISO 9000:2000]

ANMERKUNG 1 Im Zusammenhang mit Zuverlässigkeit hat ein System

- a) einen festgelegten Zweck, ausgedrückt durch geforderte Funktionen, und
- b) festgelegte Betriebsbedingungen.

ANMERKUNG 2 Die Konzeption eines Systems ist hierarchisch.

3.3

Komponente

in der niedrigsten Ebene der Analyse betrachtete Einheit

3.4

Zuweisung

während der Entwicklung einer Einheit angewendetes Verfahren, um die für eine Einheit geforderten Leistungsmerkmale auf deren Untereinheiten nach vorgegebenen Kriterien aufzuteilen

3.5

Ausfall

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.

[IEV 191-04-01]

3.6

Fehlzustand;

Fehlzustandsart

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

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

[IEC 191-05-01]

4 Grundsätzliches Verfahren zur Analyse der Zuverlässigkeit

4.1 Allgemeines Verfahren

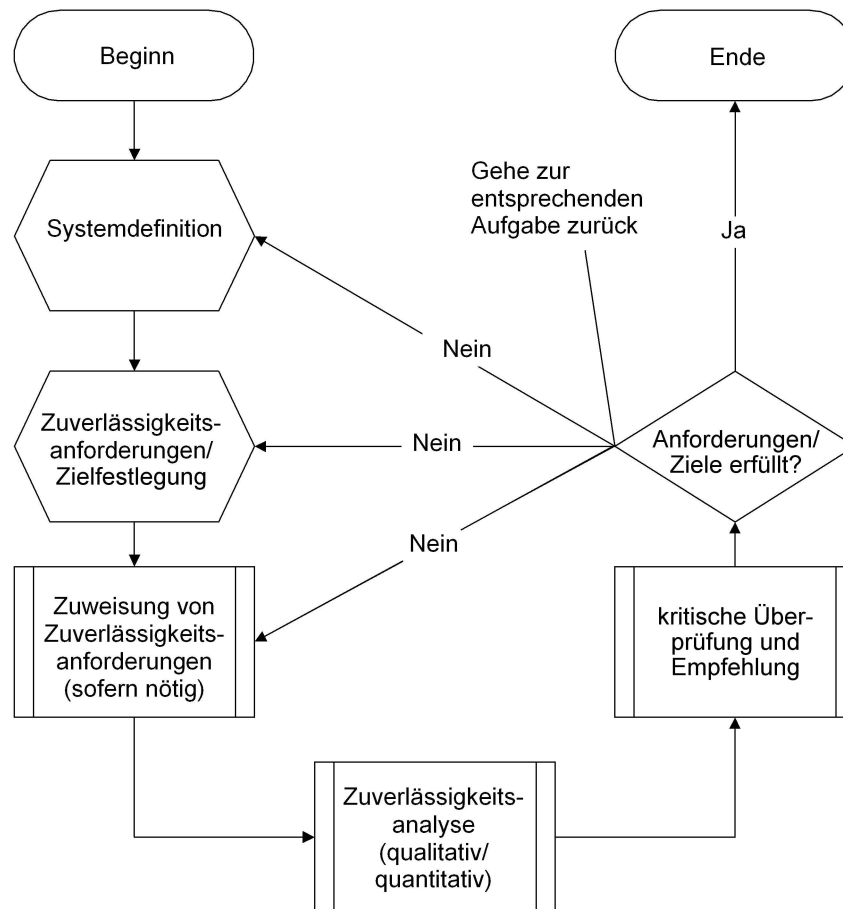


Bild 1 – Allgemeines Verfahren zur Analyse der Zuverlässigkeit

Ein allgemeines Verfahren zur Analyse der Zuverlässigkeit umfasst, soweit zutreffend, die nachfolgenden Aufgaben:

a) Definition des Systems

Definition des zu analysierenden Systems, seiner Betriebszustände, seiner funktionalen Beziehungen mit seiner Umgebung einschließlich der Schnittstellen und Prozesse. Im Allgemeinen ist die Systemdefinition eine aus der Systementwicklung folgende Angabe.

b) Zuverlässigkeitsanforderungen/Festlegung der Ziele

Auflistung aller Anforderungen an die Funktionsfähigkeit und Verfügbarkeit oder an Ziele, Eigenschaften und Merkmale des Systems, zusammen mit Umgebungs- und Betriebsbedingungen sowie Anforderungen an die Instandhaltung. Definition von Systemausfall, Ausfallkriterien und Ausfallbedingungen auf der Grundlage funktionaler Systemspezifikationen, erwarteter Betriebsdauer und Betriebsumgebung (Nutzungsprofil und Nutzungsdauer). IEC 60300-3-4 sollte hierfür als Anleitung verwendet werden.

c) Zuweisung der Zuverlässigkeitsanforderungen

Zuweisung von Zuverlässigkeitsanforderungen oder Zuverlässigkeitszielen des Systems an die verschiedenen Teilsysteme, wenn dies notwendig ist, in der frühen Entwicklungsphase.

d) Zuverlässigkeitsanalyse

Analyse des Systems mittels Zuverlässigkeitstechniken und zugehöriger Leistungsdaten.

1) Qualitative Analyse

- Analysiere die funktionale Systemstruktur.

- Ermittle die Fehlzustandsarten des Systems und seiner Komponenten, Ausfallmechanismen, Ursachen, Auswirkungen und Folgen von Ausfällen.
- Ermittle Abnutzungsmechanismen, die zu Ausfällen führen können.
- Analysiere Ausfall-/Fehlzustandspfade.
- Analysiere Instandhaltbarkeit hinsichtlich Zeit, Problemeingrenzungs- und Reparaturverfahren.
- Ermittle, wie zutreffend die vorgesehenen Diagnosemittel zum Erkennen von Fehlzuständen sind.
- Analysiere Möglichkeiten der Vermeidung von Fehlzuständen.
- Bestimme mögliche Instandhaltungs- und Reparaturstrategien usw.
- 2) Quantitative Analyse
 - Entwickle Zuverlässigkeitsmodelle.
 - Lege zu verwendende numerische Referenzdaten fest.
 - Führe Zuverlässigkeitsberechnungen durch.
 - Führe nach Bedarf Analysen der Kritizität und Sensitivität von Komponenten durch.

e) Bewertung und Empfehlungen

Analysiere, ob die Zuverlässigkeitsanforderungen und Ziele erfüllt sind und ob alternative Entwürfe in wirksamer und kostengünstiger Weise die Zuverlässigkeit verbessern können. Hierzu können (sofern zutreffend) die folgenden Aufgaben gehören.

- Beurteile die Verbesserung der Systemzuverlässigkeit als Ergebnis von Verbesserungen im Entwurf und in der Fertigung (z. B. Redundanz, Verringerung der Beanspruchung, Verbesserung der Instandhaltungsstrategien, Prüfsysteme, technologische Prozesse und Qualitätslenkungssystem).

ANMERKUNG 1 Die inhärenten Maßgrößen für die Zuverlässigkeit können nur durch den Entwurf verbessert werden. Falls ungenügende Werte der Maßgrößen beobachtet werden und diese einem schlechten Fertigungsprozess zuzuschreiben sind, so kann man aus betrieblicher Sicht davon sprechen, dass die beobachteten Maßgrößen für die Zuverlässigkeit durch einen verbesserten Fertigungsprozess verbessert werden können.

- Bewerte den Systementwurf, bestimme Schwachstellen und kritische Fehlzustände und Komponenten.
- Beachte Probleme mit Systemschnittstellen, Merkmale und Mechanismen für „das Ausfallen in einen sicheren Zustand“ usw.
- Entwickle alternative Wege zur Verbesserung der Zuverlässigkeit, z. B. Redundanz, Leistungsüberwachung, Erkennung von Fehlzuständen, Techniken zur Systemrekonfiguration, Instandhaltungsprozeduren, Austauschbarkeit von Komponenten, Reparaturprozeduren.
- Mache abwägende Untersuchungen zu Kosten und Komplexität von alternativen Entwürfen.
- Beurteile die Auswirkungen beherrschter Fertigungsprozesse.
- Beurteile die Ereignisse und vergleiche diese mit den Anforderungen.

ANMERKUNG 2 Das vorstehende allgemeine Verfahren fasst aus Entwicklungssicht die spezifischen Zuverlässigkeitsprogrammelemente aus IEC 60300-2 zusammen, die bei einer Zuverlässigkeitsanalyse anwendbar sind: Zuverlässigkeitsspezifikationen, Analyse der Einsatzumgebung, Funktionsfähigkeit, Instandhaltbarkeit, menschliche Einflussfaktoren, Modellierung und Simulation der Funktionsfähigkeit, Entwurfsanalyse und Beurteilung des Produkts, Ursache und Auswirkung von Ausfällen und Risikoanalyse, Vorhersage und abwägende Analysen.

4.2 Zuverlässigkeitsanalyseverfahren

Die in dieser Norm vorgestellten Verfahren können in zwei Hauptkategorien eingeteilt werden:

- Verfahren, die in erster Linie für die Zuverlässigkeitsanalyse eingesetzt werden;
- allgemeine technische Verfahren, welche die Zuverlässigkeitsanalysen begleitend unterstützen oder einen Mehrwert bei der Ausgestaltung der Zuverlässigkeit darstellen.

Die Anwendbarkeit der einzelnen Zuverlässigkeitsanalyseverfahren innerhalb der allgemeinen Analyseaufgabe und Analyseverfahren ist in Tabelle 1 angegeben. Tabelle 2 enthält detailliertere Merkmale. Die Verfahren werden jeweils kurz in Anhang A erläutert.

Tabelle 1 – Anwendung allgemeiner Zuverlässigkeitsanalyseverfahren

Analyseverfahren	Zuweisung von Zuverlässigkeitsanforderungen/Ziele	Qualitative Analyse	Quantitative Analyse	Bewertung und Empfehlungen	Anhang
Vorhersage der Ausfallrate	Anwendbar auf serielle Systeme ohne Redundanz	Möglich für Instandhaltungsstrategieanalyse	Berechnung der Ausfallraten und MTTF von elektronischen Bauelementen und Geräten	Unterstützend	A.1.1
Fehlzustandsbaum-analyse	Anwendbar, falls das Systemverhalten nicht stark von der Zeit- oder der Abfolge abhängig ist	Fehlzustandskombinationen	Berechnung der Systemzuverlässigkeit und zugehöriger Beiträge von Teilsystemen zur Systemnichtverfügbarkeit	Anwendbar	A.1.2
Ereignisbaumanalyse	Möglich	Ausfallfolgen	Berechnung der Systemausfallraten	Anwendbar	A.1.3
Zuverlässigkeitsblockdiagramm-analyse	Anwendbar auf Systeme, bei denen voneinander unabhängige Blöcke angenommen werden	Erfolgspfade	Berechnung der Systemzuverlässigkeit	Anwendbar	A.1.4
Markoffanalyse	Anwendbar	Ausfallreihenfolgen	Berechnung der Systemzuverlässigkeit	Anwendbar	A.1.5
Petri-Netz-Analyse	Anwendbar	Ausfallreihenfolgen	Liefert die Systembeschreibung für die Markoffanalyse	Anwendbar	A.1.6
Fehlzustandsart- und -auswirkungs- (und -kritizitäts-)analyse (FME(C)A)	Anwendbar auf Systeme, in denen ein unabhängiger Einzelausfall vorherrschend ist	Auswirkungen von Ausfällen	Berechnung der Systemausfallraten (und Kritizität)	Anwendbar	A.1.7
PAAG-Verfahren Gefährdungs- und Betriebbarkeitsuntersuchung (HAZOP)	Unterstützend	Ursachen und Auswirkungen von Abweichungen	Nicht anwendbar	Unterstützend	A.1.8
Analyse der menschlichen Zuverlässigkeit	Unterstützend	Auswirkung menschlicher Leistung auf den Systembetrieb	Berechnung der Wahrscheinlichkeiten menschlichen Fehlverhaltens	Unterstützend	A.1.9
Beanspruchungsanalyse	Nicht anwendbar	Brauchbar als Mittel zur Vermeidung von Fehlzuständen	Berechnung der Funktionsfähigkeit von (elektro-)mechanischen Komponenten	Unterstützend	A.1.10
Wahrheitstabelle (Struktur funktionsanalyse)	Nicht anwendbar	Möglich	Berechnung der Systemzuverlässigkeit	Unterstützend	A.1.11
Statistische Zuverlässigkeitsverfahren	Möglich	Auswirkungen von Fehlzuständen	Quantitative Schätzung der Funktionsfähigkeit mit Unsicherheiten	Unterstützend	A.1.12
ANMERKUNG Die Formulierung in dieser Tabelle ist wie folgt zu verstehen. „Anwendbar“ bedeutet, dass das Verfahren allgemein anwendbar ist und für diese Aufgabe empfohlen wird (möglicherweise mit den erwähnten Einschränkungen). „Möglich“ bedeutet, dass das Verfahren für diese Aufgabe verwendet werden kann, es aber gegenüber anderen Verfahren gewisse Nachteile hat. „Unterstützend“ bedeutet, dass es für einen gewissen Teil der Aufgabe allgemein anwendbar ist, aber nicht als einziges Verfahren für die gesamte Aufgabe. „Nicht anwendbar“ bedeutet, dass es für diese Aufgabe nicht verwendet werden kann.					

Zu den unterstützenden oder allgemeinen technischen Verfahren gehören (diese Liste ist nicht notwendigerweise vollständig):

- Instandhaltbarkeitsanalyse (allgemein in IEC 60300-3-10 und detailliert in IEC 60706-2 behandelt);
- Kriechwegeanalyse (siehe A.2.1);
- Analyse des ungünstigsten Falls (siehe A.2.2);

- Variationssimulations-Modellierung (siehe A.2.3);
- Verfahren für die Vorhersage der Funktionsfähigkeit von Software (siehe A.2.4);
- Analyse finiter Elemente (siehe A.2.5);
- Belastungsminderung und Auswahl von Teilen (siehe A.2.6);
- Paretoanalyse (siehe A.2.7);
- Ursache-Wirkungs-Diagramme (siehe A.2.8);
- Analyse der Ausfallberichte und Korrekturmaßnahmen (siehe A.2.9).

Es wird darauf hingewiesen, dass die Verfahren entsprechend den betreffenden IEC-Normen benannt und verstanden werden, soweit diese existieren. Die folgenden Verfahren wurden nicht als selbständige Verfahren aufgenommen, da diese entweder von primären Verfahren abgeleitet sind oder in enger Beziehung zu ihnen stehen:

- Ursache-/Folge-Analyse ist eine Kombination von Ereignisbaum- und Fehlzustandsbaumanalyse.
- Dynamische Fehlzustandsbaumanalyse ist eine Erweiterung der Fehlzustandsbaumanalyse, wobei bestimmte Ereignisse durch Markoff-Sub-Modelle ausgedrückt werden.
- Funktionale Ausfallanalyse ist eine Sonderart einer funktionalen FMEA.
- Binäre Entscheidungsdiagramme werden hauptsächlich als eine effiziente Darstellung von Fehlzustandsbäumen verwendet.

4.3 Zuverlässigkeitszuweisungen

Das Festlegen von Zuverlässigkeitsanforderungen an Teilsysteme ist ein wesentlicher Teil der Systementwurfsarbeit. Das Ziel dieser Arbeit ist es, die effektivste Systemarchitektur zu finden, mit der die Zuverlässigkeitsanforderungen erfüllt werden können (und somit zur Machbarkeitsstudie beizutragen). Da Zuverlässigkeit der zusammenfassende Ausdruck für Funktionsfähigkeit, Verfügbarkeit und Instandhaltbarkeit ist, muss eine Zuweisung für jedes dieser Merkmale gemacht werden. Da jedoch die Zuweisungstechniken für alle drei Merkmale gleichartig sind, wird hierfür der zusammenfassende Ausdruck Zuverlässigkeit verwendet.

In einem ersten Schritt werden die Zuverlässigkeitsanforderungen an das Gesamtsystem den Teilsystemen zugewiesen. Dabei ist die Komplexität dieser Teilsysteme in Kenntnis von Erfahrungen mit vergleichbaren Teilsystemen zu berücksichtigen. Wenn die Anforderungen vom ersten gemachten Entwurf noch nicht erfüllt werden, so müssen Zuweisung und/oder Entwurf wiederholt werden. Die Zuweisung geschieht oft auf der Grundlage von Betrachtungen der Komplexität, Kritizität, Betriebsprofil und Umweltbedingungen.

Da die Zuverlässigkeitszuweisung üblicherweise in einem frühen Stadium notwendig ist, wenn noch keine oder nur wenige Informationen verfügbar sind, sollte die Zuweisung periodisch wiederholt werden.

Die Zuweisung (auch Aufteilung genannt) der Systemzuverlässigkeit auf die Teilsysteme und Baugruppenebene ist in einem frühen Stadium während der Produktdefinitionsphase notwendig, um

- die Machbarkeit der Erfüllung der Zuverlässigkeitsanforderungen an das System zu prüfen,
- für tiefere Ebenen realistische Anforderungen an die Zuverlässigkeit des Entwurfs aufzustellen,
- klare und verifizierbare Zuverlässigkeitsanforderungen an die Unterlieferanten aufzustellen.

Bei der Durchführung der Zuverlässigkeitszuweisung müssen die folgenden Schritte gemacht werden:

- Analyse des Systems und Ermittlung der Bereiche, von denen der Entwurf bekannt ist und Angaben zu den Zuverlässigkeitsmerkmalen verfügbar oder leicht zugänglich sind.
- Zuweisung geeigneter Gewichtungen und Ermittlung deren Beitrags zu Zuverlässigkeitsanforderungen des Gesamtsystems. Die Differenz ist der Teil der Zuverlässigkeitsanforderungen, der anderen Bereichen zugewiesen werden kann.

Zuverlässigkeitszuweisung hat folgende Nutzen:

- Sie ist während der Produktentwicklung ein Weg, um die Beziehungen der Zuverlässigkeitsziele zwischen dem System und seinen Einheiten (z. B. Teilsysteme, Geräte, Komponenten) weiter zu entwickeln und zu verstehen.
- Sie behandelt Zuverlässigkeit genauso wie andere Entwurfsparameter wie Kosten und Leistungsmerkmale.

- Durch sie ergeben sich gesonderte Ziele für die Zuverlässigkeit der von Lieferanten zu liefernden Teile, wodurch wiederum Entwurf und Lieferverfahren verbessert werden.
- Sie kann zu optimaler Systemzuverlässigkeit führen, da sie solche Faktoren wie Komplexität, Kritizität und Auswirkungen der Betriebsumgebung berücksichtigt.

Andererseits sollten einige Einschränkungen zur Kenntnis genommen werden:

- Oft wird die Annahme getroffen, die Einheiten eines Systems seien voneinander unabhängig, z. B. der Ausfall einer Einheit wirke sich nicht auf die anderen aus. Da diese Annahme oft nicht stimmt, verringert diese Einschränkung die Vorzüge dieses Verfahrens.
- Zuweisung bei redundanten Systemen ist komplexer. In diesen Fällen ist es angebracht, ein iteratives Verfahren zu benutzen, um zu prüfen, ob die Zuverlässigkeitsziele für das System erreicht werden können, beispielsweise die Fehlzustandsbaumanalyse.

4.4 Zuverlässigkeitsanalyse

4.4.1 Verfahrenskategorien

Zuverlässigkeitsanalyseverfahren, die kurz im Anhang A erläutert sind, können entsprechend ihrem Hauptzweck in folgende Kategorien eingeteilt werden:

- a) Verfahren zur Vermeidung von Fehlzuständen, z. B.
 - 1) Minderbelastung und Auswahl von Teilen;
 - 2) Beanspruchungsanalyse.
- b) Verfahren zur Analyse der Systemarchitektur und Bewertung der Zuverlässigkeit (Zuweisung), z. B.
 - 1) Induktive Verfahren (behandeln hauptsächlich die Auswirkungen einzelner Fehlzustände)
 - Ereignisbaumanalyse (ETA);
 - Fehlzustandsart- und -auswirkungsanalyse (FMEA);
 - PAAG/HAZOP-Verfahren.
 - 2) Deduktive Verfahren (können Auswirkungen von Kombinationen von Fehlzuständen erklären)
 - Fehlzustandsbaumanalyse (FTA);
 - Markoffanalyse;
 - Petri-Netz-Analyse;
 - Wahrheitstabelle (Strukturfunktionsanalyse);
 - Zuverlässigkeitsblockdiagramme (RBD).
- c) Verfahren zur Schätzung der Maßgrößen für Grundereignisse, z. B.
 - Vorhersage der Ausfallrate;
 - Analyse der menschlichen Zuverlässigkeit;
 - statistische Zuverlässigkeitsverfahren;
 - Verfahren für die Vorhersage der Funktionsfähigkeit von Software.

Ob diese Verfahren mit Abfolgen von Ereignissen oder zeitabhängigen Eigenschaften arbeiten, stellt ein weiteres Unterscheidungsmerkmal dar. Wenn man dies berücksichtigt, so ergibt sich folgende zusammenfassende Einteilung:

Ablauf- abhängig	Ereignisbaumanalyse	Markoff, Petri, Wahrheitstabelle
Ablauf- unabhängig	FMEA, PAAG/HAZOP	Fehlzustandsbaumanalyse, Zuverlässigkeitsblockdiagramm

induktiv (nur ein Fehlzustand)

deduktiv (mehrfache Fehlzustände)

Diese Analyseverfahren erlauben sowohl die Beurteilung von qualitativen Merkmalen als auch die Schätzung quantitativer Merkmale, um damit das Langzeit-Betriebsverhalten vorherzusagen. Es sollte zur Kenntnis

genommen werden, dass die Gültigkeit der Ergebnisse deutlich von der Genauigkeit und Richtigkeit der Eingabedaten für die Grundereignisse abhängt.

Jedoch ist kein Zuverlässigkeitsanalyseverfahren für sich alleine ausreichend umfassend und flexibel, um alle möglichen Modellkomplexitäten zu behandeln, die erforderlich sind, um die Merkmale praktischer Systeme zu beurteilen (Hardware und Software, komplexe funktionale Strukturen, verschiedene Technologien, reparierbare und instandsetzbare Strukturen usw.). Es kann erforderlich sein, mehrere komplementäre Analyseverfahren heranzuziehen, um eine sorgfältige Behandlung von komplexen oder multi-funktionalen Systemen sicherzustellen.

In der Praxis hat sich eine gemischte Vorgehensweise mit sich gegenseitig ergänzender deduktiver und induktiver Analyse als sehr effektiv erwiesen, insbesondere um die Vollständigkeit der Analyse sicher zu stellen.

4.4.2 Induktive Verfahren

Beim induktiven Verfahren werden die Ausfallarten in der Ebene der Komponenten ermittelt. Für jede Ausfallart wird deren Auswirkung auf das Leistungsverhalten in einer betroffenen Systemebene bestimmt. Dieses induktive (von unten nach oben) Verfahren erlaubt auf sehr strenge Art, alle einzelnen Ausfallarten zu ermitteln, da es auf Teilelisten oder andere Prüflisten zurückgreifen kann. In den frühen Entwicklungsstufen kann die Analyse qualitativer Art sein und zunächst funktionale Ausfälle behandeln. Später kann dann eine quantitative Analyse unternommen werden, wenn dafür ausreichende Informationen zu den Komponenten vorhanden sind.

4.4.3 Deduktive Verfahren

Zunächst sollte das unerwünschte Einzelereignis oder die erfolgreiche Erfüllung der Systemfunktion in der höchsten interessierenden Ebene (Hauptereignis) festgelegt werden. In allen Ebenen werden hierzu beitragende Ereignisse ermittelt und analysiert.

Beim deduktiven (von oben nach unten) Vorgehen beginnt man in der höchsten interessierenden Ebene, d. h. in der Systemebene oder Teilsystemebene, um dann schrittweise tiefere Ebenen zu betrachten, um dort gegebenenfalls unerwünschtes Systemverhalten zu erkennen.

Die Analyse wird dann in der nächsttieferen Systemebene fortgesetzt, um dort solche Ausfälle und die diesen zugehörigen Ausfallarten zu finden, welche die ursprünglich identifizierte Auswirkung der Ausfallart ergeben könnten. Für jede Ausfallart in der nächsttieferen Ebene wird die Analyse wiederholt, indem die Wege und funktionalen Zusammenhänge zur nächsttieferen Ebene zurückverfolgt werden. Dieses Wechselspiel wird bis zum Erreichen der gewünschten tiefsten Ebene fortgesetzt.

Das deduktive Verfahren wird zum Beurteilen von Mehrfachausfällen einschließlich von aufeinander folgenden, sich bedingenden Ausfällen angewendet, zum Erkennen von Fehlzuständen mit gemeinsamen Ursachen oder, wenn es aufgrund der Systemkomplexität vorteilhafter ist, mit der Auflistung von Systemausfällen zu beginnen.

4.5 Analyse und Betrachtung der Instandhaltung

Das Betriebsverhalten eines reparierbaren Systems wird wesentlich von seiner Instandhaltbarkeit sowie den eingesetzten Instandhaltungsstrategien beeinflusst. Die Verfügbarkeit ist die geeignete Maßgröße, um den Einfluss der Instandhaltung auf die Systemzuverlässigkeit zu bewerten, wenn die Langzeitfunktion die kritische Anwendung ist. Die Funktionsfähigkeit ist die geeignete Maßgröße, wenn eine ununterbrochene Funktion die kritische Anwendung ist.

Die Reparatur eines Systems ohne Funktionsunterbrechung ist üblicherweise nur bei redundanter Systemstruktur und zugänglichen redundanten Komponenten möglich. Wenn dem so ist, wird durch Reparatur oder Austausch die Funktionsfähigkeit und Verfügbarkeit des Systems erhöht.

Üblicherweise ist eine getrennte Analyse zur Beurteilung der Reparatur- und Instandhaltungsaspekte eines Systems erforderlich (siehe IEC 60706-1, IEC 60706-2 und IEC 60300-3-10).

5 Wahl des geeigneten Analyseverfahrens

Die Wahl der Verfahren, die in ein Zuverlässigkeitsprogramm aufzunehmen sind, ist ein sehr individueller Prozess, so dass eine allgemeine Empfehlung für die Wahl eines oder mehrerer spezieller Verfahren nicht gegeben werden kann. Die Wahl geeigneter Verfahren sollte durch gemeinsames Bemühen von Zuverlässigkeits- und Systemexperten geschehen. Die Wahl sollte früh zu Beginn der Programmentwicklung geschehen und sollte auf ihre Anwendbarkeit bewertet werden.

Die Wahl kann anhand folgender Kriterien erleichtert werden:

- a) Systemkomplexität: Komplexe Systeme, z. B. mit Redundanz oder diversitären Merkmalen, erfordern üblicherweise eine tiefergehendere Analyse als einfachere Systeme.
- b) Neuartigkeit des Systems: Ein vollständig neuer Systementwurf kann eine intensivere Analyse als ein bewährter Entwurf erfordern.
- c) Qualitative oder quantitative Analyse: Ist eine quantitative Analyse notwendig?
- d) Einzel- oder Mehrfach-Fehlzustände: Wirken sich Kombinationen von Fehlzuständen aus oder können diese vernachlässigt werden?
- e) Von der Zeit oder von Abfolgen abhängiges Verhalten: Spielt das Aufeinanderfolgen von Ereignissen eine Rolle in der Analyse (z. B. fällt das System nur dann aus, wenn dem Ereignis A das Ereignis B vorangegangen ist, aber nicht umgekehrt) oder zeigt das System zeitabhängiges Verhalten (z. B. verschlechterte Betriebsarten nach Ausfall, in Phasen gestaffelte Einsätze)?
- f) Kann für abhängige Ereignisse verwendet werden: Sind die Ausfall- oder Reparaturmerkmale einer einzelnen Einheit vom Zustand des Systems abhängig?
- g) Induktive oder deduktive Analyse: Üblicherweise können induktive Verfahren in einer geradlinigen Art durchgeführt werden, wogegen deduktive Verfahren mehr Nachdenken und Kreativität erfordern und daher eher für Fehler anfällig sind.
- h) Zuweisung der Anforderungen an die Funktionsfähigkeit: Sollte das Verfahren fähig sein, Anforderungen an die Funktionsfähigkeit quantitativ aufzuteilen?
- i) Erforderlicher Ausbildungsstand: Welcher Ausbildungsgrad oder welche Erfahrung ist erforderlich, um das Verfahren sinnvoll und richtig anzuwenden?
- j) Akzeptanz und Allgemeingültigkeit: Ist das Verfahren allgemein anerkannt, z. B. von Behörden oder einem Kunden?
- k) Werkzeugunterstützung: Benötigt das Verfahren (rechnergestützte) Werkzeugunterstützung oder kann es auch von Hand durchgeführt werden?
- l) Plausibilitätsprüfungen: Kann man die Plausibilität der Ergebnisse leicht von Hand nachprüfen? Falls nicht, sind die verfügbaren Werkzeuge validiert?
- m) Verfügbarkeit von Werkzeugen: Sind Werkzeuge entweder im Hause oder im Handel verfügbar? Haben diese Werkzeuge eine gemeinsame Schnittstelle mit anderen Analysewerkzeugen, damit man Ergebnisse wiederverwenden oder exportieren kann?
- n) Normung: Gibt es eine Norm, die das Merkmal des Verfahrens und die Darstellung der Ergebnisse (z. B. Symbole) beschreibt?

In Tabelle 2 ist ein Überblick über die verschiedenen Zuverlässigkeitsanalyseverfahren mit ihren Eigenschaften und Merkmalen enthalten. Um eine vollständige Analyse eines Systems durchzuführen, kann mehr als ein Verfahren erforderlich sein.

Tabelle 2 – Merkmale ausgewählter Zuverlässigkeitsanalyseverfahren

Verfahren	Geeignet für komplexe Systeme	Geeignet für neuartige Systemauslegungen	Quantitative Analyse	Geeignet für Kombinationen von Fehlzuständen	Geeignet zur Behandlung von Abfolgeabhängigkeit	Kann für abhängige Ereignisse verwendet werden	Deduktiv oder induktiv	Geeignet für Zuverlässigkeitszuweisung	Erforderlicher Ausbildungsstand (von niedrig bis hoch)	Akzeptanz und Allgemeingültigkeit	Braucht Werkzeugunterstützung	Plausibilitätsprüfungen	Verfügbarkeit von Werkzeugen	IEC-Norm
Vorhersage der Ausfallrate	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Ind.	Ja	Niedrig	Hoch	Mittel	Ja	Hoch	IEC 61709
Fehlzustandsbaumanalyse	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Ded.	Ja	Mittel	Hoch	Mittel	Ja	Hoch	IEC 61025
Ereignisbaumanalyse	NE	NE	Ja	NE	Ja	Ja	Ind.	NE	Hoch	Mittel	Mittel	Ja	Mittel	–
Zuverlässigkeitsblockdiagrammanalyse	NE	NE	Ja	Ja	Nein	Nein	Ded.	Ja	Niedrig	Mittel	Mittel	Ja	Mittel	IEC 61078
Markoffanalyse	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ded.	Ja	Hoch	Mittel	Hoch	Nein	Mittel	IEC 61165
Petri-Netz-Analyse	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ded.	Ja	Hoch	Niedrig	Hoch	Nein	Niedrig	–
Fehlzustandsart- und -auswirkungsanalyse (FMEA)	NE	NE	Ja	Nein	Nein	Nein	Ind.	NE	Niedrig	Hoch	Niedrig	Ja	Hoch	IEC 60812
PAAG/HAZOP-Untersuchungen	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Ind.	Nein	Niedrig	Mittel	Niedrig	Ja	Mittel	IEC 61882
Analyse der menschlichen Zuverlässigkeit	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ind.	Nein	Hoch	Hoch	Mittel	Ja	Mittel	–
Beanspruchungsanalyse	NA	NA	Ja	NA	NA	Nein	NA	Nein	Hoch	Mittel	Hoch	Ja	Mittel	–
Wahrheitstabelle	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	NA	Ja	Hoch	Mittel	Hoch	Nein	Niedrig	–
statistische Zuverlässigkeitsverfahren	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	NA	NE	Hoch	Mittel	Hoch	Nein	Niedrig	IEC 60300-3-5
NE Nicht empfohlen: kann für einfache Systeme verwendet werden, als alleiniges Verfahren nicht empfohlen, ist gemeinsam mit anderen Verfahren zu benutzen. Ded. Deduktiv: von oben nach unten. Ind. Induktiv: von unten nach oben. NA Nicht anwendbar: Dieses Kriterium ist für dieses Verfahren nicht anwendbar.														

Anhang A (informativ)

Kurzbeschreibung der Analyseverfahren

A.1 Primäre Verfahren zur Analyse der Zuverlässigkeit

A.1.1 Vorhersage der Ausfallrate

A.1.1.1 Beschreibung und Verwendung

Die Vorhersage der Ausfallrate ist ein Verfahren, das meist während der Konzeptions- und frühen Entwurfsphase angewendet wird, um die Geräte- und Systemausfallrate zu schätzen. Während der Fertigungsphase kann es auch zur Produktverbesserung eingesetzt werden.

Drei Hauptverfahren kommen zum Einsatz:

- Vorhersage der Ausfallrate bei Referenzbedingungen, auch als Bauelementezählverfahren bezeichnet;
- Vorhersage der Ausfallrate bei Betriebsbedingungen, auch als Beanspruchungsanalyse bezeichnet;
- Vorhersage der Ausfallrate durch Ähnlichkeitsanalysen.

Welches Verfahren zu wählen ist, hängt von dem zum Zeitpunkt der Durchführung der Zuverlässigkeitsvorhersage verfügbaren Wissen über das System ab sowie vom annehmbaren Näherungsgrad.

A.1.1.2 Vorhersage der Ausfallrate bei Referenzbedingungen und bei Betriebsbedingungen

In den beiden ersten Fällen muss der Untersuchende die Anzahl und Art der Bauelemente des Systems kennen. Auch muss der Untersuchende die Betriebsbedingungen kennen, für die die Vorhersage der Ausfallrate gemacht wird. Sind die Betriebsbedingungen gleich den Referenzbedingungen für die Bauelemente, so brauchen die Betriebsbedingungen nicht näher beachtet werden. Wenn jedoch die Ausfallrate für Betriebsbedingungen vorhergesagt werden soll, die sich von den Referenzbedingungen unterscheiden, so werden die spezifischen Anwendungsbedingungen (elektrisch, thermisch, Umwelt) für das Bauelement beachtet. Dabei werden für diesen Zweck entwickelte Modelle verwendet. Für genaue Vorhersagen wird eine verlässliche Ausfallratendatenbank benötigt. IEC 61709 gibt Empfehlungen, wie Ausfallraten bei so genannten „Referenzbedingungen“ in solchen Datenbanken angegeben werden können, sie enthält jedoch keine Ausfallraten an sich. Mehrere Ausfallraten-Handbücher wurden hierfür entwickelt, manche sind im Handel erhältlich. Berechnungen der Funktionsfähigkeit können jedoch zeitaufwendig sein. Softwarewerkzeuge zur Durchführung solcher Berechnungen sind daher im Handel erhältlich.

Die Vorhersage der Ausfallrate beruht auf folgenden Annahmen:

- Die Bauelemente sind logisch in Reihe geschaltet (d. h., jedes von ihnen ist für das System notwendig).
- Bauelementeausfallraten sind über die Zeit konstant.
- Bauelementeausfallraten sind voneinander unabhängig.

Diese Annahmen müssen im Hinblick auf das zu untersuchende System geprüft werden, da sie zu ungünstigen Schätzungen führen können, wenn in den höheren Ebenen der Baugruppen Redundanz vorhanden ist.

Durch die Annahme konstanter Ausfallraten wird der Rechenaufwand wesentlich vereinfacht, da die Gesamtausfallrate einfach gleich der Summe der Ausfallraten der einzelnen Teile ist. Dies bedeutet aber nicht notwendigerweise, dass die Gesamtausfallrate ein aussagekräftiges Merkmal für die Funktionsfähigkeit ist: Nicht alle Ausfälle werden die Systeme in gleicher Weise beeinflussen. Ausfälle in Diagnoseeinheiten als auch einige Fehlzustandsarten werden die Systemfunktionalität ggf. nicht beeinflussen. In diesen Fällen liefert die Gesamtausfallrate lediglich ein Maß für die Anzahl notwendiger korrektiver Instandhaltungsvorgänge, unabhängig davon, ob diese zu funktionalen Systemausfällen beitragen oder nicht.

Eine Vorhersage der Funktionsfähigkeit eines Systems wird je nach den verfügbaren Modellen für den Ausfall der einzelnen Bauelemente entsprechende Aussagen mit annehmbarer Genauigkeit liefern. Das Gleiche gilt, wenn die Vorhersage der Ausfallrate bei Betriebsbedingungen gemacht wird.