

DIN EN 62308

ICS 29.020

**Zuverlässigkeit von Geräten –
Verfahren zur Zuverlässigkeitsbewertung (IEC 62308:2006);
Deutsche Fassung EN 62308:2006**

Equipment reliability –
Reliability assessment methods (IEC 62308:2006);
German version EN 62308:2006

Fiabilité de l'équipement –
Méthodes d'évaluation de la fiabilité (CEI 62308:2006);
Version allemande EN 62308:2006

Gesamtumfang 54 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2006-11-01 angenommene EN 62308 gilt als DIN-Norm ab 2007-07-01.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN IEC 62308:2004-05.

Für diese Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 132 „Zuverlässigkeit“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (<http://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 auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ mit den Daten zu dieser Publikation angegebenen Datum (maintenance result date) 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.

Zuverlässigkeit von Geräten –
Verfahren zur Zuverlässigkeitsbewertung
(IEC 62308:2006)

Equipment reliability –
Reliability assessment methods
(IEC 62308:2006)

Fiabilité de l'équipement –
Méthodes d'évaluation de la fiabilité
(CEI 62308:2006)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2006-11-01 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, 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

© 2006 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 62308:2006 D

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 56/1110/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe von IEC 62308, ausgearbeitet von dem IEC/TC 56 „Dependability“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2006-11-01 als EN 62308 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): 2007-08-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2009-11-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 62308:2006 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 61751 ANMERKUNG Harmonisiert als EN 61751:1998 (nicht modifiziert).

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	7
4 Abkürzungen	8
5 Symbole	9
6 Einführung in die Zuverlässigkeitsbewertung	9
6.1 Einführung	9
6.2 Beschreibung der Zuverlässigkeitsbewertung	9
7 Management von Zuverlässigkeitsbewertungsprozessen	13
7.1 Zweck der Zuverlässigkeitsbewertung	13
7.2 Dokumentation	18
8 Erfordernisse der Daten	19
8.1 Eingangsdaten	19
8.2 Datenquellen und Datentypen	19
8.3 Datenerfassung, -speicherung und -abruf	20
9 Verfahren zur Bewertung der Zuverlässigkeit	20
9.1 Einführung	20
9.2 Ähnlichkeitsanalyse	21
9.3 Haltbarkeitsanalyse	23
9.4 Empfindlichkeitsprüfung und -analyse	24
9.5 Handbuchvorhersagen	26
9.6 Beschränkungen für die Ergebnisse von Zuverlässigkeitsbewertungen	27
10 Überlegungen zur Auswahl eines Zuverlässigkeitsbewertungsverfahrens	28
11 Verbesserung des Zuverlässigkeitsbewertungsprozesses	29
11.1 Allgemeines	29
11.2 Validierung der Ergebnisse der Zuverlässigkeitsbewertung	29
11.3 Verbesserung des Zuverlässigkeitsbewertungsprozesses	30
Anhang A (informativ) Beispiele für die Ähnlichkeitsanalyse	31
A.1 Anwendung dieses Anhangs	31
A.2 Beispiel für die Ähnlichkeitsanalyse	31
A.2.1 Allgemeines	31
A.2.2 Daten	31
A.2.3 Verfahren	32
A.2.4 Verwendung und Beschränkungen	36
A.2.5 Prozessverbesserung	36
Anhang B (informativ) Haltbarkeitsanalyse	42
B.1 Beschreibung und Anwendung der Haltbarkeitsanalyse	42
B.2 Haltbarkeitsanalyse	42
B.2.1 Bestimmung der Betriebs- und Umgebungsbedingungen	42
B.2.2 Beanspruchungsanalyse	43
B.2.3 Schadensmodellierung	43
B.3 Aufzeichnung der Ergebnisse der Haltbarkeitsanalyse	47
Literaturhinweise	48
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	51

Bild 1 – Verfahren, die vorab eine Zuverlässigkeitsbewertung erfordern.....	13
Bild 2 – Phasen des Produktlebenszyklus.....	17
Bild 3 – Prozess der Zuverlässigkeitsbewertung und -verbesserung.....	21
Bild A.1 – Flussdiagramm für eine Ähnlichkeitsanalyse (Beispiel).....	38
Tabelle 1 – Beispiele für Zuverlässigkeitskenngrößen bei konstanter Rate.....	11
Tabelle 2 – IEC-Normen mit Anleitungen zu den Verfahren	13
Tabelle A.1 – Beispiele für charakteristische Unterschiede	37
Tabelle A.2 – Arbeitsblatt für eine Ähnlichkeitsanalyse auf oberer Ebene (Beispiel).....	39
Tabelle A.3 – Arbeitsblatt für eine Ähnlichkeitsanalyse auf unterer Ebene (Beispiel).....	40
Tabelle A.4 – Tabellen für prozessbedingte Umrechnungsfaktoren (Beispiel)	41
Tabelle B.1 – Werte für den Exponenten B in den Gleichungen (B.7) und (B.8)	46

Einleitung

Diese Internationale Norm beschreibt Verfahren zur Bewertung der Zuverlässigkeit^{N1} von Einheiten, die auf Marktdaten ähnlicher Einheiten beruhen sowie auf Felddaten und Prüfergebnissen von Bauteil- und Modullieferanten. Die Ergebnisse solcher Bewertungen dienen als Eingangsdaten für Entscheidungen bezüglich Geräteauslegung, wie z. B. Auswahl der Systemarchitektur, sowie für geschäftliche Entscheidungen, z. B. in Bezug auf Gewährleistung oder garantierte Instandhaltungskosten. Darüber hinaus können die Ergebnisse als erste Schätzwerte der Eingabedaten für Sicherheitsanalysen verwendet werden, wie etwa für Fehlzustandsbaumanalysen (FTA). Moderne elektronische Bauteile und Einheiten sind so zuverlässig, dass Schätzung und Verifizierung ihrer Zuverlässigkeit mittels Prüfung sehr schwierig sind. Daher bilden Felddaten bisheriger ähnlicher Einheiten oft die einzige Möglichkeit, einen anfänglichen Schätzwert für die Zuverlässigkeit zu erhalten. Bauteilehersteller haben diese Vorgehensweise jahrelang unter der Bezeichnung „Ähnlichkeitsprinzip“ verwendet. Durch Empfehlung der Verwendung von Daten bisher angebotener ähnlicher Produkte und der Forderung, diese Ähnlichkeit zu dokumentieren, ist die Methode eine moderne Alternative zu der klassischen, aber mittlerweile überholten Handbuchvorhersage.

Die Ergebnisse von Zuverlässigkeitsbewertungen sollten als ein früher Schätzwert für die Wahrscheinlichkeit gesehen werden, dass das Produkt so, wie Architektur, Module, Bauteile und Instandhaltungsgrundsätze gewählt wurden, die Zuverlässigkeitsvorgaben und -zielstellungen erfüllen können wird. Als solche können sie etwa verwendet werden, um den nächsten Schritt in der Produktentwicklung oder nach Produktfortschritt vereinbarte Zahlungen freizugeben oder mit der Auslieferung und Produktabnahme fortzuschreiten. Zuverlässigkeitsbewertungen sollten aber niemals dafür verwendet werden, nachzuweisen, dass Vorgaben, Zielstellungen oder Erwartungen erfüllt worden sind. Das einzig sichere Maß dafür, dass Zuverlässigkeitsforderungen erfüllt worden sind, ist das tatsächliche Einsatz-/Feldverhalten. Diese Norm beschreibt die Anwendungen von Ergebnissen von Zuverlässigkeitsbewertungen und enthält eine Liste von Normen der IEC, die solche Ergebnisse als Eingangsinformation benötigen.

Der Ansatz zur Bewertung der Zuverlässigkeit in dieser Internationalen Norm:

- ermutigt den Gerätehersteller, alle wichtigen Informationen zur Gerätezuverlässigkeit wie beispielsweise die Auswirkungen des Entwurfs- und Fertigungsprozesses oder die Kriterien bei der Auswahl von Komponenten zu berücksichtigen. Dies steht im Gegensatz zu eher herkömmlichen Verfahren, bei denen die Zuverlässigkeit der Komponenten als wichtigste Voraussetzung für die Zuverlässigkeit des Geräts angesehen wird;
- ermutigt den Gerätehersteller, diejenigen Prozesse zu definieren und anzuwenden, die für seine eigenen Geräte am effektivsten sind;
- beschreibt einen kontinuierlichen Prozess, in dem die Bewertung der Zuverlässigkeit aktualisiert werden kann, sobald neue Informationen während des Gerätelebenszyklus verfügbar sind. Diese Informationen können sowohl zur Verbesserung der Zuverlässigkeit des Gerätes als auch zur Effektivitätssteigerung des Bewertungsprozesses verwendet werden.

Diese Internationale Norm beschreibt die Anwendung von drei Ansätzen zur Bewertung der Zuverlässigkeit: und zwar Ähnlichkeitsanalyse, Haltbarkeitsanalyse und Handbuchvorhersagen. Diese Norm enthält jedoch keine Informationen zur Bewertung der Zuverlässigkeit von Softwaresystemen, kann aber verwendet werden zur Bewertung der Zuverlässigkeit von Hardwaresystemen, die eingebettete Software enthalten.

^{N1} Nationale Fußnote: In der englischsprachigen Fassung wird die Benennung „reliability“ (siehe IEC 60050(191), 191-12-01: Überlebenswahrscheinlichkeit) im Sinne von Zuverlässigkeit verwendet.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm beschreibt Verfahren zur Bewertung der Zuverlässigkeit von Einheiten, die auf Felddaten und Prüfergebnissen von Bauteilen und Modulen beruhen. Sie ist anwendbar auf missions-, sicherheits- und betriebswirtschaftlich kritische, hoch integrierte und komplexe Einheiten. Sie enthält Informationen darüber, warum frühe Zuverlässigkeitsschätzwerte benötigt werden und wie und wo die Bewertungen durchgeführt werden sollten. Abschließend erläutert sie ausführlich Verfahren zur Zuverlässigkeitsbewertung und nennt die für die Durchführung der Bewertung benötigten Angaben. Zur Abschätzung der Haltbarkeit (Lebensdauer oder Verschleiß) wird die Methode der Ausfallphysik verwendet.

Die folgenden drei Bewertungsarten werden ausführlich beschrieben:

- die Ähnlichkeitsanalyse,
- Modelle für die Haltbarkeitsanalyse,
- handbuchbasierte Verfahren.

Abschnitt 6 enthält eine Einführung in die Bewertung der Zuverlässigkeit und in Abschnitt 7 wird die Handhabung dieses Prozesses beschrieben. Abschnitt 8 enthält eine Beschreibung der notwendigen Daten, der Quellen und der Bewertungsarten. In Abschnitt 9 werden die einzelnen Verfahren ausführlich erläutert.

Die Anhänge A und B enthalten zusätzliche Informationen zum besseren Verständnis der Ähnlichkeitsanalyse und der Haltbarkeitsanalyse.

Diese Norm kann angewendet werden, um Zuverlässigkeitsschätzwerte für Spezifikationen, Entwurf, Entwurfsänderungen und die Unterstützungstechnik zu bestimmen.

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 – Chapter 191: Dependability and quality of service*

IEC 60300-1, *Dependability management – Part 1: Dependability management system*

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

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

IEC 60300-3-3, *Dependability management – Part 3-3: Application guide – Life cycle costing*

IEC 60300-3-4:1996, *Dependability management – Part 3-4: 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 principle.*

IEC 60300-3-9, *Dependability management – Part 3: Application guide – Section 9: Risk analysis of technological systems*

IEC 60300-3-11, *Dependability management – Part 3-11: Application guide – Reliability centred maintenance*

IEC 60300-3-12, *Dependability management – Part 3-12: Application guide – Integrated logistic support*

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

IEC 61025, *Fault tree analysis (FTA)*

IEC 61078, *Analysis techniques for dependability – Reliability block diagram and Boolean methods*

IEC 61160, *Design review*

IEC 61165, *Application of Markov techniques*

IEC 61508 (all parts), *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems*

IEC 61649, *Goodness-of-fit tests, confidence intervals and lower confidence limits for Weibull distributed data*

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

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

IEC 61713, *Software dependability through the software life-cycle processes – Application guide*

IEC 61882, *Hazard and operability studies (HAZOP studies) – Application guide*

CEI 62380, *Reliability data handbook – Universal model for reliability prediction of electronics components, PCBs and equipment*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60050(191) und die folgenden Begriffe.

3.1

Haltbarkeitsanalyse

Analyse des Reaktionsverhaltens eines Gerätes auf Beanspruchungen, denen das Gerät während seines betrieblichen Einsatzes, während der Instandhaltung sowie bei Versand, Lagerung und anderen Einwirkungen ausgesetzt ist, mit dem Ziel, seine Zuverlässigkeit und erwartete Lebensdauer zu schätzen

3.2

Lebenszyklus

Zeitintervall zwischen der Konzipierung und der Aussonderung eines Produktes^{N2}

3.3

Ähnlichkeitsanalyse

strukturierter Vergleich der Elemente des bewerteten Gerätes mit denen des Vorläufergerätes, für das Daten der Zuverlässigkeit im Betrieb vorhanden sind

^{N2} Anmerkung des Übersetzers: wie in DIN EN 60300-3-3.

4 Abkürzungen

ASIC	Anwendungsspezifische integrierte Schaltung (en: Application specific integrated circuit)
BITE	Selbstprüfeinrichtung (en: Built in test equipment)
COTS	Handelsübliches Produkt, das von einem Dritten hergestellt wurde (en: Commercial off the shelf)
FEA	Analyse finiter Elemente (en: Finite element analysis) ^{N3}
FFOP	Ausfallfreie Betriebsdauer (en: Failure free operating period)
FITS	Ein FITS entspricht einem Ausfall in einer Milliarde Betriebsstunden (en: Failures per thousand million hours)
FMEA	Fehlzustandsart- und -auswirkungsanalyse (en: Failure modes and effects analysis) ^{N4}
FMECA	Fehlzustandsart-, -auswirkungs- und -kritizitätsanalyse (en: Failure modes, effects and criticality analysis) ^{N5}
FRACAS	System für die Analyse der Ausfallberichte und Korrekturmaßnahmen (en: Failure reporting analysis and corrective action system)
FTA	Fehlzustandsbaumanalyse (en: Fault tree analysis)
HALT	Hochbeschleunigte Lebensdauerprüfung (en: Highly accelerated life test)
HASS	Sortierprüfung mit hochbeschleunigter Wirkung (en: Highly accelerated stress screening) ^{N6}
IC	Integrierte Schaltung (en: Integrated circuit)
LCC	Lebenszykluskosten (en: Life cycle costs)
LRU	Vor Ort austauschbare Einheit (en: Line replaceable unit)
MCTF	Mittlere Zyklenanzahl bis zum Ausfall (en: Mean cycles to failure)
MTBF	Mittlere Betriebsdauer zwischen Ausfällen (en: Mean operating time between failures)
MTBUR	Mittlere Dauer zwischen aufeinanderfolgenden Instandsetzungen der Einheit (en: Mean time between unit repair)
MTTF	Mittlere Dauer bis zum Ausfall (en: Mean time to failure)
MTTR	Mittlere Dauer bis zur Wiederherstellung (en: Mean time to restoration/recovery/repair) ^{N7}
MTTSC	Mittlere Dauer bis zur Kundendienstanforderung (en: Mean time to service call)
MTTSI	Mittlere Dauer bis zur Versorgungsunterbrechung (en: Mean time to service interruption)
MTTWC	Mittlere Dauer bis zur Beanspruchung von Gewährleistung (en: Mean time to warranty claim)
RBD	Zuverlässigkeitsblockdiagramm (en: Reliability block diagram)
RCM	Auf die Funktionsfähigkeit bezogene Instandhaltung (en: Reliability centred maintenance)
RET	Prüfung der Zuverlässigkeitsverbesserung (en: Reliability enhancement test)
SRU	In der Werkstatt austauschbare Einheit (en: Shop replaceable unit)
THB test	Lebensdauerprüfung bei konstanter Temperatur und Feuchte unter elektrischer Beanspruchung (en: Temperature-humidity-bias test) ^{N8}
UART	Universeller, asynchroner Empfänger/Sender (en: Universal asynchronous receiver/transmitter) ^{N9}

^{N3} Nationale Fußnote : im Deutschen oft als FEM „Finite-Elemente-Methode“ bezeichnet.

^{N4} Nationale Fußnote: IEC 60050(191) empfiehlt „fault modes and effects analysis“.

^{N5} Nationale Fußnote: IEC 60050(191) empfiehlt „fault modes, effects and criticality analysis“.

^{N6} Nationale Fußnote: Abkürzung zum besseren Verständnis in die deutsche Ausgabe dieser Norm aufgenommen.

^{N7} Nationale Fußnote: IEC 60050(191) empfiehlt „mean time to restoration“ bzw. „mean time to recovery“.

^{N8} Nationale Fußnote: Abkürzung zum besseren Verständnis in die deutsche Ausgabe dieser Norm aufgenommen.

^{N9} Nationale Fußnote: Abkürzung zum besseren Verständnis in die deutsche Ausgabe dieser Norm aufgenommen.

5 Symbole

λ	Konstante Ausfallrate der Exponentialverteilung
$\lambda(t)$	momentane Ausfallrate ^{N10}
t	Betrachtete Zeitspanne
$f(t)$	Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion
$F(t)$	Kumulative Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion
$R(t)$	Überlebenswahrscheinlichkeit
T^*	Akkumulierte Beanspruchungszeit

6 Einführung in die Zuverlässigkeitsbewertung

6.1 Einführung

Die Zuverlässigkeit einer Einheit muss oftmals u. a. aus folgenden Gründen bewertet werden:

- Festlegung von Vorgaben und technischen Bedingungen,
- Vergleich von Möglichkeiten,
- Erkennen von Problemen und Setzen von Schwerpunkten,
- Belegen der Eignung,
- Optimierung der technischen Unterstützung und Instandhaltung (z. B. Ersatzteile),
- Liefern von Eingabedaten für weitere Untersuchungen (z. B. Sicherheitsanalysen),
- Auswahl von Feldern für Verbesserungen mit dem größten Verbesserungspotential im Hinblick auf die Kostenwirksamkeit.

Diese Zuverlässigkeit kann auf verschiedene Art und Weise angegeben werden, z. B. mittels

- akkumuliertem Prozentsatz von Ausfällen,
- Rufrate,
- Überlebenswahrscheinlichkeit,
- Ausfalldichte,
- momentaner Ausfallrate,
- MTTF,
- MTBF.

Das in dieser Norm beschriebene Verfahren soll Zuverlässigkeitsanalytikern, Projektmanagern, Ingenieuren für Risikomanagement, Konstrukteuren, Ingenieuren für Sicherheit und Zuverlässigkeit sowie für Logistikunterstützung eine Bewertungsmethode zur frühzeitigen Schätzung der momentanen Ausfallrate an die Hand geben. Das Verfahren zur Schätzung der Lebensdauer von Einheiten mit Verschleißausfallverhalten wird ebenfalls behandelt.

6.2 Beschreibung der Zuverlässigkeitsbewertung

6.2.1 Allgemeines

Überlebenswahrscheinlichkeit ist keine Eigenschaft, die einer einzelnen Einheit zugeordnet oder an ihr gemessen werden kann. Die Überlebenswahrscheinlichkeit ist ein stochastischer oder wahrscheinlichkeitstheoretischer Parameter und kann daher nicht genau und wiederholt gemessen werden. Sie muss deswegen anhand von zeitbasierten Angaben zur Verwendung (z. B. Laufzeit, Betriebszyklen usw.) und der Anzahl der beobachteten Ausfälle geschätzt werden. Sie sollte in Form einer statistischen Aussage (d. h. mit Wahrscheinlichkeitsangabe) dargestellt werden, z. B. „80 % Wahrscheinlichkeit, dass die wahre Wahrscheinlich-

^{N10} Nationale Fußnote: deutsche Ergänzung; da diese im Original fehlt.

keit der erfolgreichen Durchführung der Mission zwischen X und Y liegt^{N11} oder „dass die betrachtete Zeitspanne ohne Ausfall zwischen 0,963 und 0,995 liegt“. Erläuterungen zu Vertrauensniveau und Vertrauensgrenzen können in IEC 61649 gefunden werden.

Gemäß der herkömmlichen Definition ist die Überlebenswahrscheinlichkeit die Wahrscheinlichkeit, dass eine Einheit eine bestimmte Leistung für eine bestimmte Dauer in einer bestimmten Umgebung erbringt. Obwohl solch eine Wahrscheinlichkeit eine nützliche Maßgröße für missionsorientierte Produkte ist, die in geringer Stückzahl hergestellt werden (z. B. Raumfahrzeuge), eignet sie sich kaum als Maßgröße für die Mehrzahl der Produkte, die in großer Stückzahl hergestellt werden und bei denen sich die Überlebenswahrscheinlichkeit eher auf eine Produktgesamtheit als auf die Leistungsfähigkeit eines einzelnen Systems oder einer Mission bezieht. Die Vorgabe einer einzelnen Kenngröße, z. B. der mittleren Dauer bis zum Ausfall (MTTF), ist nicht ausreichend für ein Produkt, das eine zeitabhängige Ausfallrate (d. h. nicht-konstante Ausfallrate) aufweist.

6.2.2 Zuverlässigkeitskenngrößen bei konstanter Ausfallrate

Der allgemeine Ausdruck für die Überlebenswahrscheinlichkeit $R(t)$ lautet:

$$R(t) = \exp \left(- \int_t^{\infty} \lambda(t) dt \right) \quad (1)$$

wobei $\lambda(t)$ die momentane Ausfallrate ist.

Ein weiterer nützlicher (allgemeiner) Ausdruck lautet:

$$f(t) = - \frac{dR(t)}{dt} = \frac{dF(t)}{dt} \quad (2)$$

wobei $f(t)$ die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion der Dauern bis zum Ausfall darstellt. Mit diesen Größen lässt sich die momentane Ausfallrate folgendermaßen ausdrücken:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (3)$$

Ein weiterer wichtiger allgemeiner Ausdruck ist der für die MTTF. Diese Größe ergibt sich aus:

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad (4)$$

Wenn $\lambda(t)$ über die Zeit konstant ist, wird hierfür einfach das Symbol λ verwendet. Unter diesen Bedingungen folgen die Dauern bis zum Ausfall einer Exponentialverteilung und es gelten die folgenden Beziehungen:

$$R(t) = \exp(-\lambda t) \quad (5)$$

$$f(t) = \lambda \exp(-\lambda t) \quad (6)$$

$$\lambda(t) = \lambda \quad (7)$$

$$MTTF = \frac{1}{\lambda}, \text{ oft mit } \theta \text{ bezeichnet.} \quad (8)$$

Dies gilt nur, wenn λ konstant ist.

Eine weitere nützliche, aber problematische Größe ist die gesamte aufgelaufene Anzahl der Produkt-Betriebsstunden, die manchmal mit T^* bezeichnet wird. Unter der Annahme einer konstanten Ausfallrate besteht aus statistischer Sicht kein Unterschied zwischen der Akkumulation von 1.000.000 Stunden ohne Ausfall bei einem Produkt oder einer Stunde ohne Ausfall bei 1.000.000 Produkten. In beiden Fällen würde

^{N11} Nationale Fußnote: Der aus den Stichprobenergebnissen berechnete Vertrauensbereich *schließt* den wahren Wert des betrachteten Parameters mit dem vorgegebenen Vertrauensniveau *ein*. (Die Vertrauensgrenzen sind vom Zufall mit abhängig; der wahre Wert des betrachteten Parameters ist fest, also nicht wahrrscheinlichkeitsabhängig.) Also korrekt: „80 % Wahrscheinlichkeit, dass die wahre Wahrscheinlichkeit der erfolgreichen Durchführung der Mission von X und Y eingeschlossen wird“ oder „dass die betrachtete Zeitspanne ohne Ausfall von 0,963 und 0,995 eingeschlossen wird“.

eine Punktschätzung für die Ausfallrate der Gesamtheit bei einem Ausfall einen Wert von 10^{-6} Ausfällen pro Produkt-Betriebsstunde ergeben.

Der von der Zeit unabhängige Parameter λ wird als konstante Ausfallrate bezeichnet. Eine konstante Ausfallrate hat viele nützliche Eigenschaften. Eine davon ist, dass der Mittelwert der Verteilung der Betriebsdauern bis zum Ausfall des Produkts gleich $1/\lambda$ ist. Für nicht instandzusetzende Einheiten (Bauelemente) stellt dieser Mittelwert die statistisch erwartete mittlere Dauer bis zum Produktausfall dar und wird allgemein als mittlere Lebensdauer oder MTTF bezeichnet. Das bedeutet, dass 63 % aller Einheiten bis zu diesem Zeitpunkt ausfallen und 37 % danach. Eine weitere nützliche Eigenschaft der konstanten Ausfallrate ist, dass sie bei einer Gesamtheit als Bruchteil für den Rückgang der Anzahl der überlebenden Einheiten pro Zeiteinheit geschätzt werden kann. Es ist jedoch zu beachten, dass die Exponentialverteilung die einzige Verteilung mit konstanter Ausfallrate ist und dass die mittlere Lebensdauer nicht gleich $1/\lambda(t)$ ist, wenn die Ausfallrate nicht konstant ist.

Für instandgesetzte Einheiten wird die MTTF manchmal missverstanden als Produkt-Lebensdauer und nicht als Reziprokwert der konstanten Ausfallrate. Wenn ein Produkt eine MTTF von 1.000.000 Stunden hat, bedeutet das nicht, dass das Produkt auch eine so lange Lebensdauer hat (länger als die durchschnittliche menschliche Lebenserwartung). Es bedeutet vielmehr, dass durchschnittlich eines der Produkte nach jeweils 1.000.000 Produkt-Betriebsstunden ausfällt. Anders ausgedrückt: Von durchschnittlich 1.000.000 eingesetzten Produkten fällt im Durchschnitt eines der Produkte pro Stunde aus. Wenn die Produktausfälle wirklich exponential verteilt sind, dann werden in diesem Fall durchschnittlich 63 % der Produkte nach 1.000.000 Betriebsstunden ausgefallen sein. Produkte mit wirklich exponential verteilten Ausfällen während ihrer gesamten Lebensdauer gibt es in der Praxis nur höchst selten, aber eine konstante Ausfallrate und eine MTTF eignen sich mitunter für eine gute Schätzung des Ausfallverhaltens des Produkts.

Tabelle 1 – Beispiele für Zuverlässigkeitskenngrößen bei konstanter Rate

Kenngrößen bei konstanter Rate	Äquivalent zur mittleren Lebensdauer	Definition	Verwendung
Konstante Ausfallrate (bei Zeitangaben)	MTTF (Mittlere Dauer bis zum Ausfall)	Gesamtausfallanzahl, dividiert durch Gesamtbetriebsstundenanzahl	Standardkenngröße für Zuverlässigkeitsvorhersagen bzgl. Zeit
Konstante Ausfallrate mit Angabe der Zyklenanzahl oder der Entfernung anstelle von Zeitangaben	MCTF (Mittlere Zyklen-/Meilenanzahl bis zum Ausfall)	Gesamtausfallanzahl, dividiert durch die Gesamtzahl der Produktzyklen oder Entfernungen, z. B. Meilen, der betrachteten Gesamtheit	Standardkenngröße für Zuverlässigkeitsvorhersagen, wenn der Nutzungszyklus wichtiger als die Dauer ist. Diese Kenngrößen werden manchmal in zeitbasierte Kenngrößen umgerechnet, indem ein Betriebsprofil oder die relative Einschaltdauer angegeben wird.
Konstante Wiederherstellungsrate	MTTR (Mittlere Dauer bis zur Wiederherstellung)	Gesamtrückgaben/-instandsetzungen, dividiert durch die Gesamtbetriebszeit der betrachteten Gesamtheit	Nützlich bei der Planung eines Instandsetzungsdepots oder einer Instandsetzungslinie in der Fertigung
Konstante Austauschrate	MTTR (Mittlere Dauer bis zum Austausch)	Gesamtauswechslungen, dividiert durch die Gesamtbetriebszeit der betrachteten Gesamtheit	Wird als Ersatz für die konstante Ausfallrate verwendet, wenn keine Ausfallanalyse vorhanden ist; nützlich bei der Gewährleistungsanalyse
Konstante Dienstanforderungs- oder Kundenruftrate	MTTSC (Mittlere Dauer bis zur Kundendienst-anforderung)	Gesamtkundendienst-anforderungen/-kundenrufe, dividiert durch die Gesamtbetriebszeit der betrachteten Gesamtheit	Vom Kunden wahrgenommene konstante Ausfallrate; nützlich für die Planung von Unterstützungsforderungen
Konstante Gewährleistungsbeanspruchungsrate	MTTWC (Mittlere Dauer bis zur Beanspruchung der Gewährleistung)	Gesamte Gewährleistungsansprüche, dividiert durch die gewährleistete Betriebszeit für die betrachtete Gesamtheit	Nützlich für die Preisgestaltung der Gewährleistung und Festlegung der Reserven für die Gewährleistung
Konstante Versorgungsunterbrechungsrate	MTTSI (Mittlere Dauer bis zur Versorgungsunterbrechung)	Gesamtanzahl der Versorgungsunterbrechungen, dividiert durch die Gesamtbetriebszeit der betrachteten Gesamtheit	Vom Kunden wahrgenommene konstante Ausfallrate; kann eine Verfügbarkeitsmaßgröße sein

Es gibt mehrere gleichwertige Arten, die in Tabelle 1 genannten Kenngrößen bei konstanter Rate auszudrücken. Eine konstante Ausfallrate von 1 % pro Jahr entspricht beispielsweise $1,1 \cdot 10^{-6} \text{ h}^{-1}$, 1100 FITS, 0,01 Ausfällen pro Einheit pro Jahr, 1,1 Ausfällen pro 1 Million Stunden oder 10 Ausfällen pro Jahr bei 1000 Produkten (unter der Annahme von Ersatz; 9,95 Ausfälle pro Jahr bei 1000 Produkten ohne Ersatz).

6.2.3 Instandzusetzende und nicht instandzusetzende Einheiten

Die Festlegung eines einzigen Wertes, z. B. der MTTF, ist nicht ausreichend für ein Produkt, das eine zeitabhängige Ausfallrate aufweist.

Diese Norm behandelt die Ähnlichkeitsanalyse für den Fall konstanter Ausfallrate ebenso wie für den nicht konstanter Ausfallrate. IEC 61649, IEC 61710 und IEC 60300-3-5 bieten Einzelheiten bzgl. statistischer Methoden bei nicht konstanter Ausfallrate, einschließlich der Weibull-Analyse.

Es gibt Situationen, in denen instandzusetzende Einheiten, deren Funktionalität nach dem Ausfall wiederhergestellt wird, nicht in einen „So-gut-wie-neu“-Zustand instandgesetzt werden und somit eine nicht konstante Ausfalldichte aufweisen. IEC 60300-3-5 bietet Anleitung zum Vorgehen, wenn Ausfallrate und Ausfalldichte nicht konstant sind. Im Falle nicht instandzusetzender Einheiten sollte die MTTF verwendet werden, im Falle instandzusetzender Einheiten die MTBF.

Allgemein wird empfohlen, die Ausfallwahrscheinlichkeit $F(t)$ der Einheit anstelle von MTBF oder MTTF anzugeben. Falls dennoch die MTTF verwendet wird, sollte sie für nicht instandzusetzende Einheiten verwendet werden und die MTBF für instandzusetzende Einheiten.

6.2.4 Verfahren zur Schätzung der Zuverlässigkeit

Für die Bewertung der Zuverlässigkeit werden i. d. R. folgende Verfahren angewendet:

- die Ähnlichkeitsanalyse,
- die Haltbarkeitsanalyse,
- Handbuchverfahren.

Der Hauptvorteil einer Zuverlässigkeitsbewertung ist die Erkennung der größten Beiträge zum Systemausfall, eher als die Genauigkeit der absoluten Vorhersage. Die Erkennung der Quellen mangelnder Zuverlässigkeit unterstützt das Prioritätensetzen für Aktivitäten und ermöglicht die frühe Durchführung von Modifikationen des Entwurfs. Dies ist besonders wichtig, wenn Bauteile, Module oder Entwurfslösungen von Vorgängerprodukten wiederverwendet werden. In diesem Fall schätzt das Bewertungsverfahren die erwartete Ausfallrate so, als wären keine Verbesserungen durchgeführt worden. Die Genauigkeit jeder Vorhersage wird durch die Qualität der Daten und ihre Ähnlichkeit mit dem vorgeschlagenen Entwurf, seiner Verwendung und Umgebung bestimmt.

Sofern keine neue Technologie verwendet wird, sollte eine Zuverlässigkeitsbewertung immer auf geeigneten verfügbaren Einsatzdaten beruhen. Diese Daten können aus unterschiedlichen Quellen gewonnen werden. In der Reihenfolge ihrer Bedeutung sind das die folgenden:

- gleiches oder ähnliches Gerät unter gleichen oder ähnlichen Betriebs-, physikalischen und Instandhaltungsbedingungen;
- Daten, die aus physikalischen und ingenieurmäßigen Überlegungen über den gesamten Bereich der Umgebungsbedingungen abgeleitet sind;
- Prüfergebnisse oder Felddaten von Bauteil- oder Modullieferanten;
- Daten aus der Industrie oder allgemeinen Quellen. Allgemeine Datenquellen sollen nur mit großer Vorsicht und mit geringerem Vertrauen in die Zuverlässigkeitsbewertung verwendet werden, solange, bis sie durch bessere Daten ersetzt werden können.

Es gibt viele allgemeine und industriespezifische Datenquellen zur Unterstützung von Zuverlässigkeitsbewertungen.

In dieser Internationalen Norm wird eine Reihe alternativer Verfahren zur Bewertung der Zuverlässigkeit dargestellt, die Daten zur Ausfallrate auf Geräteebe bis hin zur Funktionsteilebene oder Einzelteilebene liefern können. Wenn eine spezielle Methodik für eine spezielle Anwendung ausgewählt wird, sollten Genauigkeit und Grenzen der Methodik geprüft und schriftlich festgehalten werden, um ihre Anwendung begründen zu können. Diese Begründung sollte Unsicherheitsfaktoren und Angaben zu Vertrauensniveaus, die mit den Ergebnissen des Bewertungsverfahrens in Verbindung stehen, beinhalten.

Diese Norm behandelt keine Softwarefragestellungen, sondern nur Verfahren für Hardware-Einheiten. Sie kann jedoch für Hardware-Einheiten verwendet werden, die eingebettete Software enthalten. Die Zuverlässigkeit der eingebetteten Software und ihre Wechselwirkungen mit der Hardware müssen angesprochen werden, was die ursprüngliche Zuverlässigkeitsinformation beeinflussen kann.

7 Management von Zuverlässigkeitsbewertungsprozessen

7.1 Zweck der Zuverlässigkeitsbewertung

7.1.1 Allgemeines

Es gibt zahlreiche Gründe für die Bewertung der Zuverlässigkeit einer Einheit. Bild 1 zeigt einige Beispiele für Tätigkeiten, für die eine Zuverlässigkeitsbewertung notwendige Eingangsdaten liefert. Um beispielsweise die notwendige Anzahl von Ersatzteilen für eine Einheit im Betrieb zu berechnen, braucht man Informationen über ihre Ausfallrate und die Einsatzdauer.

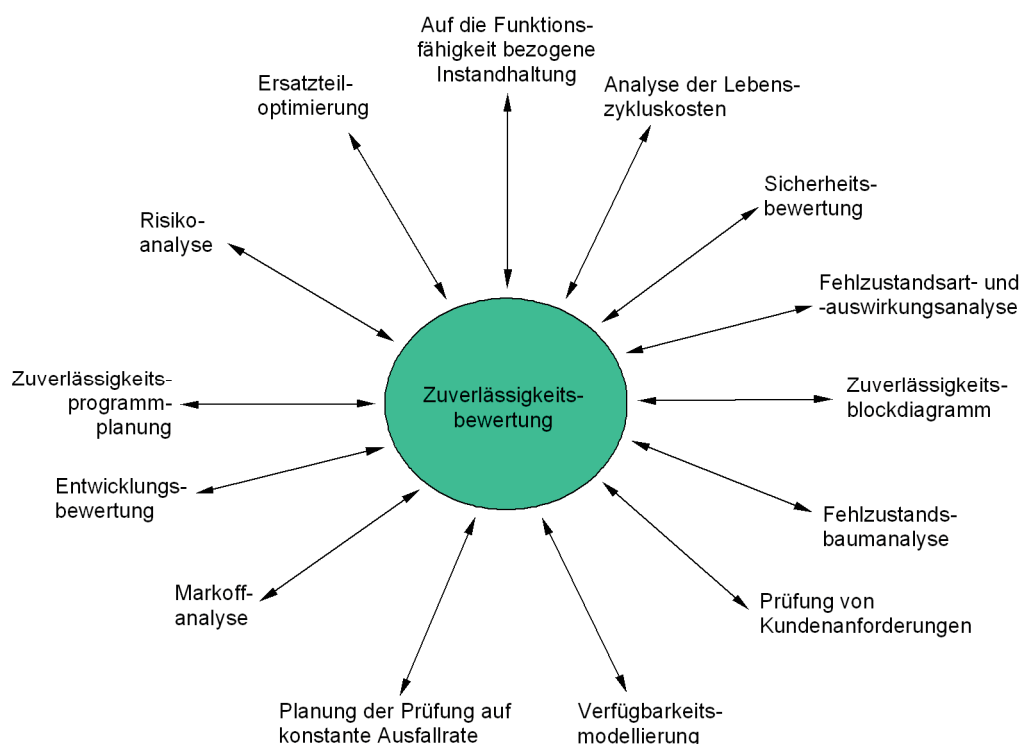


Bild 1 – Verfahren, die vorab eine Zuverlässigkeitsbewertung erfordern

Verweisungen auf IEC-Normen zu den Verfahren, die vorab eine Zuverlässigkeitsbewertung erfordern, sind in Tabelle 2 angegeben.

Tabelle 2 – IEC-Normen mit Anleitungen zu den Verfahren

Verfahren	IEC-Dokument
Verfahren zur Analyse der Zuverlässigkeit – Leitfaden zur Methodik	IEC 60300-3-1
Fehlzustandsbaumanalyse (FTA)	IEC 61025
Fehlzustandsart- und -auswirkungsanalyse (FMEA)	IEC 60812
Zuverlässigkeitsblockdiagramm (RBD)	IEC 61078
Zuverlässigkeitsforderungen	IEC 60300-3-4
Entwicklungsbewertung	IEC 61160
Verfügbarkeitsmodellierung	IEC 61078
Ersatzteilbevorratung	IEC 60300-3-12
Zuverlässigkeitsprogrammplanung	IEC 60300-1

Tabelle 2 (fortgesetzt)

Verfahren	IEC-Dokument
Risikoanalyse	IEC 60300-3-9
Auf die Funktionsfähigkeit bezogene Instandhaltung (RCM)	IEC 60300-3-11
Softwarezuverlässigkeit	IEC 61713
Lebenszykluskosten (LCC)	IEC 60300-3-3
Sicherheitsbewertung (HAZOP)	IEC 61882
Markoffanalyse	IEC 61165
Funktionale Sicherheit	IEC 61508
Zuverlässigkeitsvorhersagen	IEC 62380

Eine Bewertung der Zuverlässigkeit kann notwendig sein, um folgende Aufgaben zu erledigen:

- a) Bewertung von Zuverlässigkeitszielen – Zuverlässigkeitsbewertungen werden verwendet, um die Wahrscheinlichkeit beurteilen zu helfen, dass das System seine Zuverlässigkeitsziele erfüllen kann (Machbarkeitsstudie).
- b) Vergleich von Entwürfen und Produkten – die meisten Systeme bieten mehrere Möglichkeiten der Entwurfsimplementierung. Zwischen den verschiedenen Möglichkeiten muss ein Kompromiss gefunden werden, und eine Zuverlässigkeitsbewertung ist eine wichtige Grundlage für diese Kompromissfindung. Diese Möglichkeiten können sich sogar auf die Systemarchitektur, z. B. auf Umfang und Niveau der Redundanz, auswirken. Da diese Kompromisse oft schon zu Beginn des Entwurfsprozesses getroffen werden müssen, kann die Zuverlässigkeitsbewertung nur sehr vorläufig sein. Trotzdem ist sie von Nutzen, da die relative Zuverlässigkeit und Einstufung der ausgewählten Entwürfe u. U. wichtiger sein können als ein präziser Zahlenwert.
- c) Verfahren zur Erkennung und Priorisierung von Möglichkeiten zur Zuverlässigkeitsverbesserung – Tätigkeiten zur Verbesserung der Zuverlässigkeit sollten sich generell auf die Bereiche mit den besten Verbesserungsmöglichkeiten richten. Eine Zuverlässigkeitsbewertung quantifiziert diese Möglichkeit, indem die relative Zuverlässigkeit verschiedener Einheiten ermittelt wird und das Ausmaß der Zuverlässigkeitsverbesserung, die durch eine Tätigkeit zur Verbesserung der Zuverlässigkeit erzielt wird, vorhergesagt wird.
- d) Logistikunterstützung – Zuverlässigkeitsbewertungen liefern wichtige Erkenntnisse für Entscheidungen über die Grundsätze der Ersatzteilbevorratung und zur Schätzung der Kosten für eine Gewährleistungsstrategie. Sie können auch für eine erste Abschätzung der Lebenszykluskosten verwendet werden.
- e) Ermittlung des Intervalls für die Instandhaltungsaufgaben „Ausfallsuche“ und „Funktionstests“.
- f) Schätzung der Missionszuverlässigkeit – Missionen können in mehrere Phasen mit verschiedenen Gerätekonfigurationen unterteilt sein, und Systemzuverlässigkeitsmodelle können für eine erste Schätzung der möglichen Zuverlässigkeit der gesamten Mission verwendet werden.

Ein weiterer wichtiger Faktor bei der Bewertung der Zuverlässigkeit ist das „Wann“, d. h. an welchem Punkt im Produktlebenszyklus. Für die Bewertung der Zuverlässigkeit einer Einheit ist es ausschlaggebend, frühzeitig im Produktlebenszyklus mit der Schätzung zu beginnen und solche Bewertungen zu aktualisieren, sobald mehr Informationen vorliegen, z. B. aus Prüfungen. Ähnlich verhält es sich, wenn die Bewertung nicht annehmbar ist: Auch in diesem Fall müssen Maßnahmen so früh wie möglich im Produktlebenszyklus ergriffen werden, um eine Verbesserung der Zuverlässigkeit sicherzustellen. Daher sind Zuverlässigkeitsbewertung und die Überwachung des Zuverlässigkeitswachstums (s. IEC 61014) entscheidend für die korrekte Anwendung von Zuverlässigkeitsbewertungen.

Die Ergebnisse von Zuverlässigkeitsbewertungen werden normalerweise verwendet bei

- geschäftlichen Entscheidungen,
- Entscheidungen bezüglich der Systemarchitektur,
- Entscheidungen bezüglich der Geräteauslegung,
- Sicherheitsanalysen,
- Planung und Überwachung des Zuverlässigkeitsprogramms.

7.1.2 Geschäftliche Entscheidungen

Beispiele für geschäftliche Entscheidungen, die in starkem Maße von den Ergebnissen der Zuverlässigkeitsbewertung abhängen, umfassen Entscheidungen bezüglich Gewährleistung, Instandhaltungskostengarantien und Gewinnverteilungsverträgen, geplanten Entwurfsüberarbeitungen, Ersatzteilbevorratung, Instandhaltungsplanung, -budgetierung und Instandhaltungspersonalplanung. Anwendbare Maßgrößen können in Form von Betriebskosten ausgedrückt werden, wie z. B. als Dienstleistungsverzug und Stornierung oder Instandhaltungsaufwand des Betreibers.

Da geschäftliche Entscheidungen oft rechtlich geschützte, sensible oder vertrauliche Kosteninformationen betreffen, sollten die Berichte über die Zuverlässigkeitsbewertung, auf deren Grundlage diese Entscheidungen gefällt werden, mit Sorgfalt gelenkt und eventuell getrennt von anderweitig verwendeten Ergebnissen gehalten werden. Außerdem sollte in geschäftlichen Vereinbarungen oder Verträgen festgelegt werden, inwieweit diese Informationen unter den Geschäftsbeteiligten (z. B. Kunde, Lieferant, Nutzer) ausgetauscht werden.

Vor der Auswahl eines Verfahrens zur Bewertung der Zuverlässigkeit sind u. a. folgende Kriterien zu berücksichtigen:

- die beabsichtigten Verwendungen der Bewertung (*warum*);
- der für die Durchführung der Bewertung geeignete Zeitpunkt im Systemlebenszyklus (*wann*);
- welche Geschäftseinheit für die Durchführung der Zuverlässigkeitsbewertung am besten geeignet ist (*wer*);
- die Einheit(en), deren Zuverlässigkeit bewertet werden soll (*was*), und
- die Faktoren, die bei der Auswahl des geeigneten Verfahrens zur Bewertung der Zuverlässigkeit zu berücksichtigen sind (*wie*).

7.1.3 Entscheidungen bezüglich der Systemarchitektur

Die Systemarchitektur ist die übergeordnete, funktionsbezogene Beschreibung der Struktur, die zur Erfüllung der Entwurfsforderungen ausgewählt wurde. Diese übergeordnete Beschreibung stellt sicher, dass die Systemziele und -forderungen von allen interessierten Parteien verstanden werden, alle relevanten Faktoren im Entwurf berücksichtigt sind, alle Elemente des Entwurfs definiert und eindeutig verstanden werden, alle Elemente des Entwurfs korrekt ausgewertet und alternative Lösungen betrachtet werden.

Entscheidungen bezüglich der Systemarchitektur, die von Bewertungsergebnissen untermauert werden können, sind beispielsweise:

- Fehlertoleranzauslegung und Selbstprüfung, z. B. Prüfmethoden, Abdeckung oder Häufigkeit;
- funktionale Aufteilung von Hardware und/oder Software auf oberster Ebene;
- funktionale Aufteilung zwischen Modulen (Blockdiagramm);
- Redundanzbedarf und
- Unterstützung für vorausschauende Wartung.

7.1.4 Entscheidungen bezüglich der Geräteauslegung

Entscheidungen bezüglich der Geräteauslegung, die auf Zuverlässigkeitsbewertungen basieren sollten, sind beispielsweise:

- Systementwurf, Vergleich von Hardwaretechnologien, z. B. digitaler Prozessor, digitales vs. analoges Logik-Array;
- Vergleich von Schaltungsarchitekturalternativen;
- Vergleich von Alternativen der Auslastung, von Lastzyklen oder der Herabsetzung der elektrischen Beanspruchung;
- Auswahl oder Nichtverwendung bestimmter Bauteile;
- Entscheidung über den Integrationsgrad der Bauteile (ASIC – diskret);
- Vergleich von Packungs- und Bestückungstechnik, z. B. Oberflächenbestückung vs. Durchstecktechnik;
- Vergleich von Umweltmanagementtechniken, z. B. Schwingungsdämpfung oder Kühlung, und