

DIN EN 60300-1

ICS 03.120.01; 29.020

Entwurf

Einsprüche bis 2010-12-18
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 60300-1:2004-02 und
DIN EN 60300-2:2004-10

**Zuverlässigkeitsmanagement –
Teil 1: Leitfaden für Management und Anwendung
(IEC 56/1368/CD:2010)**

Dependability management –
Part 1: Guidance for management and application
(IEC 56/1368/CD:2010)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2010-10-18 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an dke@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (Hausanschrift: Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 79 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe und Abkürzungen	6
3.1 Begriffe	6
3.2 Abkürzungen	8
4 Überblick über das Zuverlässigkeitsmanagement	8
4.1 Grundsätze des Zuverlässigkeitsmanagements	8
4.2 Zuverlässigkeitsmanagementsystem	9
4.3 Zuständigkeiten und Aufgaben des Zuverlässigkeitsmanagements	10
4.4 Implementierung des Zuverlässigkeitsmanagements	10
4.5 Praktische Vorgehensweisen	11
4.6 Zuverlässigkeitsbelange von zentraler Bedeutung	12
5 Angewandtes Zuverlässigkeitsmanagement	13
5.1 Vorgehensweise bei Systemen mit Risikobezug	13
5.2 Vorgehensweise bei technischen Systemen	13
5.3 Anpassungsprozess	14
5.4 Vorgehensweise bei Altsystemen und Altprodukten	15
5.5 Bewertung durch das Management	15
6 Planung für das Erreichen der Zuverlässigkeit	16
6.1 Herstellung des Kontexts für das technische System	16
6.2 Ermittlung der relevanten Systemattribute je Anwendungsfall	16
6.3 Systementwurf und Realisierung	18
6.4 Systemleistung	19
7 Zuverlässigkeitsbewertung und Zuverlässigkeitssicherung	20
7.1 Bewertung und Messung der Zuverlässigkeit	20
7.2 Zuverlässigkeitssicherung	21
Anhang A (informativ) Struktur der Zuverlässigkeitsnormen	23
A.1 Struktur	23
A.2 Kernnormen	23
A.3 Prozessnormen	23
A.4 Unterstützende Normen	24
Anhang B (informativ) Leistungsbetrachtung für das Zuverlässigkeitsmanagement	25
B.1 Systemleistung aus Anwendungssicht	25
B.2 Beziehungen der Zuverlässigkeitsattribute	25
B.2.1 Modelle zur Beschreibung von Zuverlässigkeitsattributen	25
B.2.2 Konzentrisches Kreismodell	26

	Seite
B.2.3 Hierarchisches Schichtenmodell	27
B.2.4 Modell des Zusammenwirkens von Eigenschaften	28
Anhang C (informativ) Zuverlässigkeitsmanagement aus Prozesssicht	30
C.1 Prozess- und Umsetzungsstrategie	30
C.2 Lebenszyklusmanagementprozess	31
C.3 Strukturierter Lebenszyklusprozess	33
Anhang D (informativ) Prüfliste für die Bewertung von Managementmaßnahmen zur Zuverlässigkeit	38
D.1 Allgemeines	38
D.2 Konzeptions- und Definitionsphase	38
D.2.1 Definition der Anforderungen	38
D.2.2 Analyse der Anforderungen	38
D.2.3 Architektur-Grobentwurf	39
D.3 Entwicklungsphase	39
D.3.1 Systementwurf	39
D.3.2 Detaillierte Systementwicklung	39
D.4 Realisierungs- und Implementierungsphase	40
D.4.1 Systemrealisierung	40
D.4.2 Systemimplementierung	40
D.5 Betriebs- und Instandhaltungsphase	40
D.6 Erweiterungsphase	40
D.7 Phase der Außerbetriebnahme	40
Literaturhinweise	41
 Bild A.1 – Struktur der Zuverlässigkeitsnormen	 23
Bild B.1 – Beispiel von Systemeigenschaften und zugehörigen Attributen	25
Bild B.2 – Kreisdiagramm mit Zuverlässigkeitsattributen	26
Bild B.3 – Beispiel für die Auswahl der Zuverlässigkeitsattribute	27
Bild B.4 – Beziehungen zusammenwirkender, dem Erzielen der Systemleistung dienender Attribute	28
Bild C.1 – Prozesse und Lebenszyklus	31
 Tabelle B.1 – Miteinander verknüpfte Systemeigenschaften in Leistungsanwendungen	 29
Tabelle C.1 – Prozesssicht in der Systemkonzeptions- und Definitionsphase	33
Tabelle C.2 – Prozesssicht in der Systementwicklungsphase	35
Tabelle C.3 – Prozesssicht in der Systemrealisierungs- und Implementierungsphase	36
Tabelle C.4 – Prozesssicht in der System-Betriebs- und Instandhaltungsphase	37
Tabelle C.5 – Prozesssicht in der System-Erweiterungsphase	37
Tabelle C.6 – Prozesssicht in der System-Außerbetriebnahmephase	37

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 56/1368/CD:2010 „Dependability management – Part 1: Guidance for management and application“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom TC 56 „Dependability“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die IEC und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf prEN nur 2 Monate beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

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

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.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 60300-1:2004-02 und DIN EN 60300-2:2004-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Zusammenfassung von Inhalten der bisherigen Normen IEC 60300-1 und -2 in einer einzigen Norm IEC 60300-1;
- b) Umfängliche Behandlung des Themas Zuverlässigkeitsmanagement über den gesamten Lebenszyklus;
- c) Neue Themen „Planung für das Erreichen der Zuverlässigkeit“ (Absatz 6) und „Zuverlässigkeitsbewertung und Zuverlässigkeitssicherung“ (Absatz 7).

Zuverlässigkeitsmanagement –

Teil 1: Leitfaden für Management und Anwendung

Einleitung

Zuverlässigkeit ist ein Maß für das Vertrauen, das man in ein Produkt oder einen Dienst setzen kann, damit diese den Zielsetzungen der Geschäftsinteressenten entsprechen. Zuverlässigkeit ist ein Sammelbegriff zur Beschreibung zeitabhängiger Merkmale der Systemleistung und des Systemverhaltens, dessen wichtigste Merkmale die Verfügbarkeit, Funktionsfähigkeit, Instandhaltbarkeit und Instandhaltungsbereitschaft sind. Zuverlässigkeit ist ein wichtiger Entscheidungsfaktor bei Managementabwägungen, und das Erreichen der Zuverlässigkeitszielsetzungen ist eine wesentliche und entscheidende Motivation für eine erfolgreiche Projektgestaltung.

Geschäftsinteressenten umfassen einen weiten Bereich interessierter Gruppen von Benutzern, Eignern und Kunden bis hin zu staatlichen Stellen und Organisationen, die alle beteiligt und verantwortlich dafür sind, dass Zuverlässigkeitsforderungen während der Entwicklung, der Herstellung und des Betriebs eingehalten werden. Organisationen sind üblicherweise daran interessiert, dass Zielvereinbarungen wie etwa das Einhalten von Kundenforderungen, die Bereitstellung geforderter Dienstgütegrade und die Erzielung auskömmlicher Gewinne erreicht werden. Unter dem Begriff Organisation werden hier alle Arten und Größen von Unternehmungen, öffentlicher und privater Institutionen wie staatliche Stellen, Wirtschaftsunternehmen und nicht auf Gewinn ausgerichteten Vereinigungen zusammengefasst, bei denen die Infrastruktur mittels einer geeigneten Führung und Lenkung entwickelt, koordiniert und betrieben werden muss, um so kollektive Vorgaben erfüllen und allgemeine Zielsetzungen erreichen zu können.

Zuverlässigkeit steht für den Markenwert von Produkten und Diensten, die von einer Organisation entwickelt oder bereitgestellt werden. Im Marktgeschehen wird die von Anwendern mit einem Produkt oder einem Dienst gemachte Erfahrung oft mit der Leistungsfähigkeit und dem Ruf einer Organisation verbunden, eine konsistente Leistung zu erreichen und eine nachhaltige Zuverlässigkeit zu bieten. In dieser Hinsicht beschreibt die Zuverlässigkeit das Ausmaß, inwiefern man darauf vertrauen kann, dass sich etwas wie erwartet verhält. Die Konzeption „Zuverlässigkeit“ wird üblicherweise auf technische Systeme angewendet, die aus Prozessen, Produkten oder Diensten bestehen; ihre Anwendung kann aber auch ausgedehnt werden auf die Bewertung eigener, im Unternehmen erfolgter Entwicklungen oder nach Außen vergebener Produktentwicklungen. In der Zuverlässigkeitspraxis werden Systeme so zugeschnitten, dass deren Leistungsverhalten innerhalb gegebener zeitlicher und wirtschaftlicher Grenzen optimiert wird.

Die Zuverlässigkeit von Produkten und Dienstleistungen kann dadurch erreicht werden, dass man systematisch die Wirkbreite und Wirtktiefe von Systemversagen, von Produktausfällen, der Dauer von Dienstaussfällen, einer verschlechterten Leistung und anderer abträglicher Vorfälle mit vermeidbaren Risikogefahren verringert. Zuverlässigkeitsanalysen führen zu einer verbesserten Gestaltung, zur Beseitigung nachteiliger Ursachen, zur Vereinfachung komplexer Prozesse, zur Entschärfung von Anomalien, zu einer auf Fehlzustandstoleranz und Gebrauchstüchtigkeit ausgerichteten Entwicklung, zur Fehlervermeidung und zur Vermeidung von Fehlaussagen und Irrtümern, zur Ausgestaltung der Instandhaltungstätigkeiten und zu Verpflichtungen zur Erzielung von Glaubwürdigkeit und Integrität, um so das Vertrauen der Benutzer während des gesamten Lebenszyklus zu erreichen. Eine im Lebenszyklus frühzeitige Berücksichtigung der Zuverlässigkeit ist von entscheidender Bedeutung, da die Beseitigung von zu Unzuverlässigkeit führenden Entwurfsmängeln später viel schwieriger zu bewerkstelligen ist.

Zuverlässigkeitsmanagement ist eine gestaltete Vorgehensweise zur Behandlung der Zuverlässigkeit und damit verbundener Belange aus einer organisatorischen und geschäftlichen Sichtweise. Zuverlässigkeit hängt von der Technologie ab und wird in großem Maße durch die Dynamik des Marktes, die weltweite Wirtschaft und Verteilung der Ressourcen, durch sich verändernde Kundenbedürfnisse und den Wettbewerb beeinflusst. Strategien müssen häufig an zu erwartende Änderungen angepasst werden, um so das geschäftliche Überleben nachhaltig zu sichern. Zuverlässigkeitsmanagement orientiert sich an den Erwartungen und Ansprüchen der Geschäftsinteressenten und zielt auf eine Maximierung der Zuverlässigkeitswerte ab, um so die Ziele der Organisation zu erweitern und die Rentabilität zu vergrößern.

Ein erfolgreiches Management der Zuverlässigkeit bedarf der Führung und der Weitsicht, des Wissens und des Verständnisses, der Lenkung und der Verpflichtung und der Zusammenarbeit. Zuverlässigkeit ist ein wertvolles Gut und eine wichtige Systemeigenschaft. Die Zielsetzung des Zuverlässigkeitsmanagements im Sinne eines Türöffners und Botschafters des Vertrauens in eine Organisation sollte auf die Wertschöpfung ausgerichtet sein.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der Normenreihe IEC 60300 beschreibt ein Rahmenwerk für das Zuverlässigkeitsmanagement technischer Systeme, die aus Prozessen, Produkten oder Diensten bestehen. Diese Norm leitet zur Planung und Umsetzung der Zuverlässigkeitsdisziplinen während des gesamten Lebenszyklus an und erleichtert hiermit eine wirkungsvolle Koordination, Mittelzuweisung, Bewertung und Lenkung, Überprüfung und Sicherung der Zuverlässigkeitstätigkeiten. Zuverlässigkeitsmanagement von im eigenen Unternehmen erfolgten Entwicklungen und nach außen vergebenen Produktentwicklungen und Dienstleistungen wird mittels eines Anpassungsprozesses behandelt.

Diese Norm ist von Organisationen, Führungskräften und technischem Personal anwendbar, die der Anleitung bei einzelnen Zuverlässigkeitsdisziplinen bedürfen, um ein überlebensfähiges operatives Geschäft zu lenken und zu erhalten und auch auszuweiten und die Zuverlässigkeitsvorgaben zu erreichen.

Diese Norm ist nicht für Zwecke der Zertifizierung und Konformitätsbewertung vorgesehen.

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, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 191: Dependability and quality of service*

IEC 60300-3-15, *Dependability management – Part 3-15: Application guide – Engineering of system dependability*

IEC 62347, *Guidance on system dependability specifications*

IEC 62508, *Guidance on human aspects of dependability*

ISO/IEC 31010, *Risk management – Risk Assessment Techniques*

3 Begriffe und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60050(191) sowie folgende Begriffe.

3.1 Begriffe

3.1.1

Verfügbarkeit (Merkmal einer Einheit)

Fähigkeit in einem Zustand zu sein, sich bei und nach Aufforderung unter gegebenen Bedingungen wie gefordert zu verhalten, unter der Annahme, dass die notwendigen externen Ressourcen bereitgestellt werden

ANMERKUNG 1 Verfügbarkeit hängt von den zusammengekommenen Merkmalen der Funktionsfähigkeit, der Instandhaltbarkeit und Wiederherstellbarkeit der Einheit ab, und im Allgemeinen auch von der Instandhaltungsbereitschaft.

ANMERKUNG 2 Zu den gegebenen Bedingungen gehören gegebenenfalls solche Gesichtspunkte, die sich auf Funktionsfähigkeit, Instandhaltbarkeit und Instandhaltungsbereitschaft auswirken.

ANMERKUNG 3 Verfügbarkeit kann mittels geeigneter Maßgrößen quantifiziert werden, siehe 191–48.

3.1.2

Zuverlässigkeit (vorgeschlagene neue Definition)

Maß für das Vertrauen, das Geschäftsinteressenten in das Erreichen der Zielsetzungen haben

ANMERKUNG 1 Zuverlässigkeit wird in beschreibender Weise als ein Sammelbegriff verwendet, ihre Hauptmerkmale sind Verfügbarkeit, Funktionsfähigkeit, Instandhaltbarkeit und Instandhaltungsbereitschaft.

ANMERKUNG 2 Zuverlässigkeit ist eine zeitabhängige Eigenschaft, die ein System oder ein Produkt aus Leistungs- und Verhaltenssicht beschreibt, zusammen mit anderen zuverlässigkeitsbezogenen, anwendungsspezifischen Eigenschaften wie Sicherheit, Fähigkeit, Haltbarkeit, Überlebensfähigkeit und Integrität.

ANMERKUNG 3 Geschäftsinteressenten sind an der Zuverlässigkeit interessierte Gruppen, zu denen Benutzer, Kunden, Eigner, staatlichen Stellen, Hersteller und Zuverlässigkeitsfachleute gehören.

3.1.3

Zuverlässigkeitsmanagement

aufeinander abgestimmte Tätigkeiten zum Leiten und Lenken einer Organisation bezüglich Zuverlässigkeit

ANMERKUNG 1 Zuverlässigkeitsmanagement ist Teil des umfassenden Managements einer Organisation.

3.1.4

Zuverlässigkeitsmanagementsystem

Managementsystem zum Leiten und Lenken einer Organisation bezüglich Zuverlässigkeit

ANMERKUNG 1 Ein Zuverlässigkeitsmanagementsystem einer Organisation ist Teil des umfassenden Managementsystems und ist üblicherweise kein separates Managementsystem.

ANMERKUNG 2 Die zum Lenken der Zuverlässigkeit verwendeten Organisationsstrukturen, Verantwortlichkeiten, Verfahren, Prozesse und Ressourcen werden häufig mit Zuverlässigkeitsprogramm bezeichnet.

3.1.5

Instandhaltbarkeit (Merkmal einer Einheit)

Fähigkeit, in einem Zustand unter gegebenen Einsatz- und Instandhaltungsbedingungen erhalten oder in diesen zurückversetzt werden zu können

ANMERKUNG 1 Zu den gegebenen Bedingungen gehören gegebenenfalls solche Gesichtspunkte, die sich auf die Instandhaltbarkeit auswirken, wie etwa Ort der Instandhaltung, Zugänglichkeit, Verfahren und Ressourcen.

ANMERKUNG 2 Instandhaltbarkeit kann mittels geeigneter Maßgrößen quantifiziert werden. Siehe 191-47.

3.1.6

Instandhaltungsbereitschaft

Ressourcen, um eine Einheit gelenkt durch die Instandhaltungspolitik im Rahmen eines vorgegebenen Instandhaltungskonzeptes zu erhalten

ANMERKUNG Zu den Ressourcen gehören das Personal, Hilfsgeräte und -mittel, Materialien und Ersatzteile, Wartungswerkstätten, Dokumentation, Informations- und Instandhaltungsinformationssysteme.

3.1.7

Organisation

Unternehmungen, öffentliche und private Institutionen wie in staatlichen Stellen, Wirtschaftsunternehmen und nicht auf Gewinn ausgerichtete Vereinigungen, die eines Managements für die Entwicklung der Infrastruktur, für die Koordination und für den Betrieb bedürfen, um kollektive Vorgaben zu erfüllen und gemeinsame Zielsetzungen zu verfolgen

3.1.8

Funktionsfähigkeit (Merkmal einer Einheit)

Fähigkeit, sich für ein gegebenes Zeitintervall unter gegebenen Bedingungen wie gefordert zu verhalten

ANMERKUNG 1 Zu den gegebenen Bedingungen gehören gegebenenfalls solche Gesichtspunkte, die sich auf die Funktionsfähigkeit auswirken, wie etwa Betriebsart, Beanspruchungsniveau, Umweltbedingungen und bei gewissen Anwendungen auch Instandhaltungsmerkmale.

ANMERKUNG 2 Funktionsfähigkeit kann mittels geeigneter Maßgrößen quantifiziert werden. Siehe 191-45.

3.1.9

(technisches) System

Satz von in Wechselbeziehung oder Wechselwirkung stehenden Elementen, der für einen bestimmten technischen Anwendungszweck, getrennt von anderen Elementen als Ganzes betrachtet wird

ANMERKUNG 1 Im Zusammenhang mit dieser Norm besteht ein technisches System aus Systemelementen wie Hardware, Software und menschlichen Wechselwirkungen. Das System kann einen Prozess, ein Produkt oder einen Dienst darstellen. Ein Altsystem ist ein System alter Gestaltung und Konstruktion.

ANMERKUNG 2 Ein technisches System ist ein von Menschen gemachtes System oder das Ergebnis menschlichen Schaffens. Hierfür werden brauchbare Technologien, praktische Vorgehensweisen und verfügbare Ressourcen eingesetzt, um damit die beabsichtigten Systemfunktionen zu erzielen, die zum Erreichen der angestrebten Systemleistung von Nöten sind.

3.2 Abkürzungen

COTS handelsüblich (en: Commercial-Off-The-Shelf)

QoS Dienstgüte (en: Quality of Service)

4 Überblick über das Zuverlässigkeitsmanagement

4.1 Grundsätze des Zuverlässigkeitsmanagements

Zuverlässigkeitsmanagement umfasst Planen und Lenken, Mittelzuweisung, Koordination und Durchführung von Zuverlässigkeitstätigkeiten in Verbindung mit anderen betroffenen Tätigkeiten, um eine klar bestimmte gemeinsame Zielvorgabe zu erreichen. Das Management der Zuverlässigkeit bedingt Organisation und Weitsicht, Verantwortlichkeit und Verpflichtung, Wissen und sorgfältige Beurteilung für die Behandlung von Zuverlässigkeitsbelangen und der sich aus deren Anwendung ergebenden Folgen.

Zuverlässigkeit ist eine Systemeigenschaft, die eng verbunden ist mit Funktionalität, Fähigkeit, Qualität, Sicherheit und anderen, die Systemleistung im Betrieb dominierenden Merkmalen. Zuverlässigkeit ist das Maß von Vertrauen, das üblicherweise einem technischen System entgegengebracht wird, um die Zielvereinbarung mit den Geschäftsinteressenten zu erfüllen, und sie ist eine in der Umsetzung zeitabhängige Eigenschaft. Zuverlässigkeit unterstellt, dass das erwartete Ergebnis vertrauenswürdig und fähig ist, die wünschenswerte Leistung auf Anfrage hin zu erbringen. Zuverlässigkeit ist eine technische Disziplin, die geleitet und gelenkt werden muss, um einen wirksamen Betrieb in einer Organisation zu erzielen.

Damit die Zuverlässigkeit erfolgreich umgesetzt werden kann, muss sie im Kontext vorhandener Managementsysteme geleitet und gelenkt werden. Der Einsatz von Zuverlässigkeitstechniken während des Lebenszyklus bedingt, dass diese überwacht und gelenkt werden. Üblicherweise ist es nicht angebracht, für die Belange der Zuverlässigkeit separate Managementsysteme vorzusehen, jedoch sind Fachwissen und Ressourcen von Nöten, um sicherzustellen, dass Zuverlässigkeitsgesichtspunkte behandelt werden.

Um den Erwartungen an die Zuverlässigkeit zu entsprechen, kommen dem Management Verantwortlichkeiten zu, zuverlässigkeitsbezogene Vorgaben und Zielvereinbarungen aufzusetzen, Zuverlässigkeitsprozesse in andere Prozesse zu integrieren, Ressourcen für die Zuverlässigkeitstätigkeiten bereitzustellen und die Messung des Standes der Zuverlässigkeit und der Verbesserungen zu ermöglichen. Das Management muss Vorgaben und Zielvereinbarungen aufsetzen, in denen sich die organisatorische Vision und Mission widerspiegeln. Manchmal kann es auch zu miteinander im Wettbewerb stehende Zielsetzungen zwischen wünschenswerten Systemeigenschaften wie Sicherheit oder Fähigkeit und der Zuverlässigkeit geben. Abwägungen zwischen diesen Eigenschaften müssen dann vom Management beurteilt und eine angemessene Ausgewogenheit hergestellt werden.

Die Umsetzung des Zuverlässigkeitsmanagements wird durch einen Anpassungsprozess erreicht, bei dem die verschiedenen Gesichtspunkte der Zuverlässigkeit auf besondere Situationen im Rahmen der Unterstützung der organisatorischen Zielvereinbarungen verändert oder angepasst werden. Das auch „Zuschneiden“ genannte Anpassen der Zuverlässigkeit steht unter den Gesichtspunkten der Leistung, der Prozesse und der Organisation.

Eine angemessene Behandlung der Zuverlässigkeit führt u. a. zu folgenden Vorteilen:

- Erreichen der erwarteten Dienstgütegrade;
- Sicherstellung der Produktfunktionalität;
- Erhaltung der Produktions- oder Fertigungskapazität;
- Erhaltung oder Ausweitung der Sicherheit, falls abträgliche Nebeneffekte ermittelt und diese in angemessener Weise behandelt werden;
- Reduzierung der Auswirkungen auf die Umwelt;
- Minimierung der Lebenszykluskosten;
- Verbesserung der Produktqualität;
- Verringerung und Beherrschung der Risiken.

Die Verwendung eines Zuverlässigkeitsfalles stellt ein zweckdienliches und überzeugendes Mittel dar, ein Argument zu erfassen und darzustellen und diese Feststellung durch Beweise zu untermauern, dass die notwendige Zuverlässigkeit bereits erreicht ist oder erreicht werden wird.

4.2 Zuverlässigkeitsmanagementsystem

Ein Zuverlässigkeitsmanagement besteht aus einem Satz von Prinzipien und Strategien, der die Grundlage für den Aufbau eines brauchbaren Zuverlässigkeitsmanagementsystems darstellt, das üblicherweise in ein vorhandenes Managementsystem integriert ist. Hierzu gehören folgende Punkte.

- a) *Leitung*: Struktur, Prozess und Verfahren zur Überwachung und Lenkung der operativen Arbeiten und der Änderungen an den Leistungsvorgaben einschließlich der Zuverlässigkeit;
- b) *Planung und Mittelzuweisung*: Koordination und Lenkung/Überwachung der funktionalen und technischen Tätigkeiten durch angemessene Mittelzuweisung, um geplante Zuverlässigkeitsvorgaben und Produktauslieferungs- und Dienstbereitstellungsziele zu erreichen;
- c) *Angleichung der Politik*: Angleichung der Unterstützung der Vorgaben und Zielsetzungen der Organisation erforderlichen Zuverlässigkeitstätigkeiten wie kontinuierliche Zuverlässigkeitsverbesserung, Dienstgüte und Sicherheit;
- d) *technische und technologische Erörterungen*: unterschiedliche technologische Umsetzungen bedürfen unterschiedlicher Methoden zum Erreichen der Zuverlässigkeitsvorgaben. Der Beitrag von Hardware, Software und der menschlichen Belange zur Zuverlässigkeit bedarf der Koordination durch das Management;
- e) *Erörterung der Anwendungsumgebungen*: unterschiedliche Anwendungsumgebungen bedürfen der Erörterung folgender Punkte durch das Management: Entwurfs- und Umsetzungsstrategien entsprechend der zu wählenden Technologie, Systemverwendung und Einhaltung behördlicher Vorschriften;
- f) *Kommunikations- und Informationsmanagement*: eine wirksame Kommunikation zwischen den Kunden und Lieferanten und den Mitarbeitern der Organisation in allen Ebenen für ein leichteres Informationsmanagement aufbauen
- g) *Sicherung*: Verantwortlichkeit des Managements für die Einhaltung von Normen, Standards und Prozeduren; dazu dienen regelmäßige Überprüfungen, Bewertungen, Verifizierung und Validierung, präventive und korrektive Maßnahmen zur ständigen Verbesserung und Ausweitung der Wissensdatenbank zur Zuverlässigkeit.

Zum Zuverlässigkeitsmanagement gehören auch die Grundsätze des Risikomanagements (ISO 31000) über die Durchführung von Entscheidungsprozessen in der Praxis.

Anhang A enthält eine Rahmenstruktur derjenigen Zuverlässigkeitsnormen, die das Zuverlässigkeitsmanagement unterstützen können und zur Anwendung der Methoden und Werkzeuge anleiten. Hinweise zu

besonderen und aktuellen Zuverlässigkeitsnormen sind auf der Webseite des IEC/TC 56 [1] zu finden und sollen die Umsetzung der Zuverlässigkeit erleichtern.

4.3 Zuständigkeiten und Aufgaben des Zuverlässigkeitsmanagements

Das Zuverlässigkeitsmanagement hat die Führungsverantwortung für die technischen Zuverlässigkeitstätigkeiten, und diese Verantwortung wird, soweit zutreffend, in Abstimmung mit den sonstigen Managementfunktionen einer Organisation wahrgenommen. Hierzu gehören folgende Aufgaben:

- a) das *funktionale Management* unterschiedlicher organisatorischer Funktionen bedarf der Koordination der Zuverlässigkeitstätigkeiten, üblicherweise durch eine Projektleitung mit zugewiesenen Zuverlässigkeitsverantwortlichkeiten für die Koordination der Management- und technischen Bemühungen;
- b) das *Ressourcenmanagement* erfordert Planung, Kapitalausstattung, Mitarbeiterschulung und Bereitstellung, Auftragsvergabe nach Außen und Untervergabe technischer Zuverlässigkeitsarbeiten;
- c) die *Entwicklungsleitung* benötigt die Beteiligung des Zuverlässigkeitsmanagements für die Zuweisung spezifischen Fachwissens zur Mithilfe bei der Gestaltung, Entwicklung, Realisierung, Umsetzung und Präzisierung der Zuverlässigkeitsbedürfnisse;
- d) das *Prozessmanagement* erfordert Planung, Entwicklung, Beurteilung und Anwendung derjenigen steuernden und technischen Prozesse, die an der Durchführung der Zuverlässigkeitsarbeiten beteiligt sind;
- e) das *Konfigurationsmanagement* benötigt Hinweise und Bestätigungen seitens des Zuverlässigkeitsmanagements, um Änderungen an konfigurierten Einheiten vornehmen zu können;
- f) *Betrieb- und Instandhaltungsmanagement* erfordern eine Einbeziehung der Zuverlässigkeitstechnik zur Lösung zuverlässigkeitsbezogener Probleme sowie eine Bewertung der Folgewirkungen;
- g) Das *Leistungsmanagement* benötigt eine Bewertung der Zuverlässigkeitstrends der Systeme und Produkte im betrieblichen Einsatz und zur Bereitstellung von Unterstützungsdiensten;
- h) Das *Unterstützungsmanagement* benötigt Hinweise seitens der Zuverlässigkeitsstellen zu Planung und Implementierung der Systemaufrüstungen, Produktmodifikationen und Diensterweiterungen;
- i) Das *Informationsmanagement* benötigt Beiträge seitens der Zuverlässigkeitsstellen, um eine Datenbank über die erreichte Zuverlässigkeit aufzubauen und zu pflegen und zur Verwendung durch zuständiges Personal;
- j) Das *Wissensmanagement* benötigt eine Beteiligung seitens der Zuverlässigkeitsstellen zur Erfassung zuverlässigkeitsbezogenen Wissens, zu Patentanwendungen und für die Weiterverbreitung relevanter Zuverlässigkeitsdaten und von Wissen an zuständiges Personal;
- k) *Sicherungsmanagement* benötigt eine Beteiligung des Zuverlässigkeitsmanagements, das an der Planung, Bewertung, Audit, Verifizierung und Validierung laufender Projektaktivitäten beteiligt ist.

Eine der Herausforderungen beim Management der Zuverlässigkeit im Verlaufe des Lebenszyklus ist es, dass häufig mehr als eine Organisation beteiligt ist und man die Wechselwirkungen und Koordination mit diesen Stellen zu berücksichtigen hat. Im Laufe des Lebenszyklus können Zuständigkeiten von einer Organisation auf eine andere übertragen werden. Da die Organisationsformen und Gepflogenheiten entsprechend solchen Faktoren wie Größe, Reife und Art einer Organisation variieren, muss sich das Zuverlässigkeitsmanagement an diese Formen anpassen. Sofern Funktionen wie Instandhaltungsunterstützung nach außen vergeben werden, muss die Verantwortung für die Zuverlässigkeit geregelt werden.

4.4 Implementierung des Zuverlässigkeitsmanagements

Eine erfolgreiche Implementierung der Zuverlässigkeitsmanagementstrategien hängt in starkem Maße von der Art des technischen Systems sowie den Zielvorgaben und der Leistungsfähigkeit ab, diese auch innerhalb vorgegebener Grenzen und Einschränkungen zu erreichen. Managementkonzepte sind facettenreich und für das Zuverlässigkeitsmanagement kann die Strategieumsetzung aus drei miteinander verwobenen Perspektiven wie Leistung, Prozess und organisatorische Gesichtspunkte angegangen werden.

Die Leistungssicht befasst sich mit der Einarbeitung relevanter Zuverlässigkeitspunkte und dazugehöriger Attribute, um so die Zuverlässigkeit insgesamt zu verwirklichen. Im Anhang B wird beschrieben, wie Zuverlässigkeitsattribute zu einem integralen Teil der gewünschten Systemeigenschaften geformt werden können.

Die Prozesssicht beleuchtet die Abfolge der Ereignisse, die zu koordinierten Bemühungen um ein kostengünstiges Management der Zuverlässigkeitstätigkeiten führen. Im Anhang C wird eine Prozesssicht für das Ausrichten der Zuverlässigkeitsmanagementtätigkeiten innerhalb des Lebenszyklusmanagementprozesses dargestellt.

Bei der organisatorischen Sicht steht die Managementinfrastruktur im Mittelpunkt, um die Politikvorgaben für das Gestalten und Lenken der Zuverlässigkeit in einer Organisation wirkungsvoll umzusetzen. Zuverlässigkeit als eine Managementfunktion sollte in den Gesamtrahmen der Organisationsinfrastruktur integriert werden, damit dort Entscheidungen zur Zuverlässigkeitspolitik angesprochen und die eingeschlagene technische Richtung und deren Umsetzung beeinflusst werden können. Zuverlässigkeit als eine technische Disziplin sollte eng mit den laufenden technischen Projekten zur Entwurfs- und Prozessverbesserungen verbunden sein.

Zuverlässigkeitsmanagement bringt für das Erreichen der Zielvorgaben keine komplexe organisatorische Infrastruktur und Berichtskette mit sich. Die Zuweisung der Zuverlässigkeitsverantwortlichkeit zusammen mit angemessenen Leistungsfähigkeiten und Ressourcen für die Lenkung und Koordination der Entwicklungen im eigenen Hause und außer Hause ist jedoch von Nöten, um eine Grundlage für das Erreichen der Zuverlässigkeitsvorgaben zu bilden. Der Prozess der Entwicklung und technischen Realisierung der Zuverlässigkeit in ein bestimmtes System hinein und die Umsetzung der zugehörigen Zuverlässigkeitstätigkeiten erfolgt durch den Anpassungsvorgang, um die Zuweisung verfügbarer Ressourcen zu lenken und die geeigneten Methoden für eine wirkungsvolle Entscheidungsfindung und Problemlösung auszuwählen. Die meisten Entscheidungen zu Leistung, Zeitplan und Kosten wirken sich auch auf die Zuverlässigkeit aus. Daher sollte die Zuverlässigkeit mittels geeigneter Managementaktivitäten rechtzeitig angesprochen werden, noch ehe solche Entscheidungen getroffen werden.

4.5 Praktische Vorgehensweisen

Zuverlässigkeitstätigkeiten werden häufig als Teil des technischen Programms oder Projektes organisiert und gelenkt, um die praktische Umsetzung zu erleichtern. Ein Projekt hat eine bestimmte Dauer mit genauen Start- und Endezeitpunkten, das Ganze ist in einem Projektplan beschrieben. Ein Programm ist dagegen meist von längerer Dauer und eher fortlaufender Art, und es kann aus mehreren mit einander verwobenen Projekten bestehen, die gemeinsame organisatorische Zielsetzungen haben wie etwa Technologieuntersuchungen, Verbesserungen des Zuverlässigkeitsprozesses und Optimierung der Instandhaltungsunterstützungssysteme.

Das Zuverlässigkeitsmanagement erfolgt im Rahmen der Implementierung des Lebenszyklusmanagementprozesses. Die geplanten Zuverlässigkeitstätigkeiten werden als Teil des technischen Prozesses in jeder Phase des Systemlebenszyklus verwirklicht. Diese Stufen oder Phasen sind Konzeption und Definition, Entwicklung, Realisierung und Implementierung, Betrieb und Instandhaltung, Erweiterung und Außerbetriebnahme. Diese verschiedenen Phasen des Lebenszyklus überlappen sich häufig in zeitlicher Hinsicht. Zuverlässigkeitstätigkeiten in den frühen Phasen des Lebenszyklus sind meist viel wirkungsvoller als spätere Versuche, Unzulänglichkeiten zu beheben, insbesondere in der Entwicklung.

Die Übergänge zwischen den einzelnen Phasen im Lebenszyklus bedingen häufig verschiedenartige technische Mittel, diverse Hilfssysteme und unterstützende Kriterien. Das Zuverlässigkeitsmanagement bedient sich häufig des Erwerbs neuer technologischer Mittel und setzt auf geschäftliche Zusammenarbeit wie etwa Lieferkettenmanagement, Vergabe außer Haus und Partnerschaften, um so leichter die Projektzielsetzungen erreichen zu können.

Die Prozesse zur Lenkung der Zuverlässigkeit von Hardware- und Software müssen auf eine gute Entwicklung (gestalten, konstruieren, kodieren) hinwirken, damit später im Systembetrieb Ausfälle vermieden werden. Hardwareausfälle können häufig auf ein fehlerhaftes Bauelement zurückgeführt werden, was durch Austausch der Komponente (Wartung) beseitigt werden kann. Sollte das Bauelement jedoch durch eine inkorrekte Schaltkreisauslegung ausgefallen sein, so kann sich dieser Ausfall wiederholen. Daher sollte eine Ursachenanalyse den Ausfallgrund herausfinden. Softwarebedingte Ausfälle sind Manifestationen irrtümlicher Softwarekodierung oder Fehlinterpretationen der Anforderungen. Der einzige Weg, Softwarefehler zu

beheben, ist es, den Code zu korrigieren. Es gibt aber keine Garantie, dass durch die Beseitigung eines Fehlers nicht weitere Fehler in die Software eingeschleust werden. Folglich ist Software nicht immer fehlerfrei. Restfehler können in der Software noch lange nach deren Freigabe und Einsatz existieren. Das Konfigurationsmanagement ist somit von kritischer Bedeutung für die Lenkung und Überwachung der freigegebenen Softwareversionen. Bei der Strategie für einen nachhaltig zuverlässigen Hardwarebetrieb steht die Ausfallberichterstattung, Ersatzteilbevorratung und Logistikunterstützung im Mittelpunkt. Bei der Strategie für einen nachhaltig zuverlässigen Softwarebetrieb steht ein fehlertoleranter Entwurf und die Lenkung und Überwachung der freigegebenen Softwareversionen mittels Vorhersagetechniken im Mittelpunkt.

Die technische Berücksichtigung menschlicher Belange und die ergonomische Gestaltung (IEC 62508) sind wichtige Tätigkeiten, die vom Zuverlässigkeitsmanagement beachtet werden müssen. Die Mensch-Maschine-Schnittstelle kann sich häufig auf die Systemleistung in Verbindung mit menschlichen Interaktionen auswirken. Das Zuverlässigkeitsmanagement von Systemen aus Hardware und Software bei gleichzeitiger menschlicher Beteiligung würde eine tiefgehende Anforderungsanalyse zur Beurteilung der Gestaltung und der Konstruktion bedingen, um die Projektzielsetzungen zu erreichen. Das Zuverlässigkeitsmanagement sollte die notwendigen Strategien für Betrieb und Instandhaltungsbereitschaft entwickeln, damit die Systemleistung verbessert und bewahrt wird.

4.6 Zuverlässigkeitsbelange von zentraler Bedeutung

Folgende Zuverlässigkeitsbelange sind von zentraler Bedeutung und erfordern die Aufmerksamkeit des Managements:

- a) Markterfordernisse und Benutzerverständnis der Zuverlässigkeitswerte – beides bestimmt die Bedeutung der Zuverlässigkeit aus Benutzersicht;
- b) technische Leistungsfähigkeiten und Mittelzuweisung – dabei wird die Machbarkeit und Praktikabilität ermittelt, wie der Anwendungsbereich und das Ausmaß der Zuverlässigkeit rationell erreicht werden können;
- c) Risikobewertung und Markttauglichkeit – dieses validiert die Risikogefahren bezüglich der Vorgabe erreichbarer Geschäftsziele;
- d) technologische Einflüsse auf das Erreichen der Zuverlässigkeit im tatsächlichen Einsatz – diese bestimmen die Technologieoptionen und alternative Mittel und Wege, die Zuverlässigkeit unter Wettbewerbsgesichtspunkten zu erreichen;
- e) Wahl der Technologie zur Realisierung der Hardware- und Softwarefunktionen – dabei wird der geeignete Technologieeinsatz ermittelt, wie ein wettbewerbstaugliches Verhalten erreicht werden kann;
- f) Entscheidungen über Eigenentwicklung, Zukauf und Entwurfsabwägungen im Hinblick auf das Erreichen der Zuverlässigkeit – dabei werden kostengünstige Vorgehensweise zum Erreichen der Zuverlässigkeitsziele aufgezeigt;
- g) Auswirkung von Vergaben nach außen und von Lieferketten auf die Zuverlässigkeit – diese Maßnahmen erlauben mögliche Lösungen zur Projektfertigstellung trotz zeitlicher Engpässe;
- h) Einhalten von Normen und behördlichen Vorschriften – dies sichert die Produktqualität und das Erreichen der Zuverlässigkeit zur Zufriedenheit der Kunden;
- i) Gewährleistungspolitik und Strategie für die Instandhaltungsbereitschaft für einen nachhaltigen und zuverlässigen Betrieb – dies bestimmt das Risiko der Produkteinführung und Dienstaufnahme;
- j) Erfassung der Zuverlässigkeitsdaten und der gemachten Einsatzerfahrungen – dabei werden wertvolle Daten erfasst, und es wird aufgezeigt, wie vorhandene Produkte verbessert und neue entwickelt werden können.
- k) Bewertung der Sicherheitsrisiken und der Produkthaftungsrisiken;
- l) eine an der Zuverlässigkeit ausgerichtete Entwicklung – robuste Konstruktion und Prozesse.

5 Angewandtes Zuverlässigkeitsmanagement

5.1 Vorgehensweise bei Systemen mit Risikobezug

Zuverlässigkeitsmanagement befürwortet Risikobewertung und Risikobehandlungsprozesse. Zuverlässigkeitsprogramme und Projekte sehen einen Überprüfungsprozess zur Entscheidungsfindung vor.

In der Norm ISO/IEC 31010 „Verfahren zur Risikobeurteilung“ ist ein Verfahren zur Bewertung des Risikos und zur Bestimmung der potentiellen Vorteile oder des Ausmaßes von Risikoexpositionen beschrieben, die sich aus einer bestimmten unternommenen oder noch zu unternehmenden Aktion ergeben. Zum sich daran anschließenden Prozess der Risikobehandlung gehören mögliche Risikovermeidung, Risikoreduktion, Risikotransfer oder Risikoaufteilung oder Risikoeindämmung für die Erholung nach einem Schadensfall. Das risikobezogene Verfahren stellt eine formalisierte Vorgehensweise zur Behandlung von Unsicherheiten dar, wenn es potentielle Vorteile oder Möglichkeiten der Risikoverhinderung gibt. Risikobeurteilung steht im Zusammenhang mit Projektrisikomanagement (siehe dazu die auf der IEC/TC-56-Webseite aufgeführten Normen); dieses Management wird während des gesamten Lebenszyklus oder Teilen davon betrieben und wird durch wichtige Fachbeiträge zu wichtigen Entscheidungspunkten unterstützt, an denen größere Ressourcenverpflichtungen eingegangen werden.

Risikobewertung während der Konzeptions- und Definitionsphase sollte sich auf die Machbarkeit des Entwurfskonzeptes und auf die Wahl der Technologie zur Projekt-Realisierung konzentrieren. Risikobewertung in der Betriebs- und Instandhaltungsphase kann sich solchen Belangen widmen, die sich auf Grund geänderter Bedingungen ergeben. Risikobewertung in der Erweiterungsphase hat häufig Kostenvorteile und die Kapitalrendite im Auge. Risikobewertung in der Entsorgungsphase befasst sich mit den sozio-ökonomischen Auswirkungen und den Umweltauswirkungen einer Betriebs- oder Dienstleistung.

Zuverlässigkeitsmanagement bemüht sich bei der Entscheidungsfindung meist um kostengünstige Lösungen für eine Projektoptimierung, die auf dem Lebenszyklusmanagement und dem Risikoschutz basieren. Zu einem allgemeinen Lebenszyklus gehören die technischen Prozessstufen und Verzweigungspunkte, an denen Entscheidungen zu treffen sind. Aus Sicht des Projektmanagements werden diese technischen Prozessstufen häufig mit Projektphasen bezeichnet, in deren Verlauf Entscheidungspunkte mit Verzweigungen anstehen. Anhang C enthält eine Beschreibung des Lebenszyklus-Managementprozesses mit Schwerpunkt auf den Managementtätigkeiten zum Erreichen der Zuverlässigkeitsvorgaben im Systemlebenszyklus.

5.2 Vorgehensweise bei technischen Systemen

Technische Systeme bestehen aus Hardware- und Softwareelementen, die so zusammenwirken, dass sie gemeinsam die gewünschten Systemfunktionen erbringen und die vereinbarten Vorgaben erreichen. In manchen Fällen sind Menschen Teil des Systems oder sind als Benutzer daran beteiligt. Systeme können ganz unterschiedliche Komplexität, Struktur und Funktionen haben. Zu technischen Systemen zählen Produkte, Prozesse und Dienste. Beispiele technischer Systeme sind Geräte zur Sicherheitsüberwachung, automatische Fertigungsfließbänder und integrierte logistische Unterstützungsdienste.

In der Systemebene werden die hierarchisch darunterliegenden (Nicht-System-) Einheiten wie etwa Server, Verstärker, Router usw. als Elemente angesehen. Häufig werden die Ausfallmerkmale der einzelnen Elemente missachtet. Jedoch sind für den Entwurf der einzelnen Nicht-System-Einheiten die Ausfallmerkmale wie Frühausfälle, Verschleiß oder durch Überlastung bedingte Ausfälle wichtig, so zum Beispiel für Festplattenspeicher.

Einige Systeme sind auf Grund der Wirkbreite und Wirtiefe ihres Ausfalls von entscheidender Bedeutung und werden daher kritische Systeme genannt. Sicherheitssysteme werden allgemein als kritische Systeme angesehen, da deren Ausfall potentiell Menschen schädigen könnte. Andere Systeme können ebenfalls als kritisch angesehen werden, falls deren Ausfall große negative Auswirkungen auf Produktionskapazität, Umweltschäden oder Folgekosten haben sollte. Kritische Systeme bedürfen besonderer Aufmerksamkeit aus Sicht der Zuverlässigkeit, und die zuverlässigkeitsrelevanten Tätigkeiten werden sehr genau und intensiv geprüft werden müssen.

5.3 Anpassungsprozess

Aufgabe des Anpassungsprozesses ist es, den vorhandenen Satz eingefahrener Prozesse und Tätigkeiten einer Organisation so anzupassen, zu justieren oder zu verändern, dass mit diesen Prozessen und Tätigkeiten die vorgegebenen Vertragsbedingungen oder beabsichtigten Kundenbedürfnisse bzw. Markterwartungen erfüllt werden können, insoweit sie Zuverlässigkeitsbelange berühren. Dieser Anpassungsprozess ist auf Managementprozesse, Projektstätigkeiten, Managementüberprüfungen oder auf die Auswahl von Zuverlässigkeitsattributen anzuwenden. Die Anpassung sollte in jeder Phase des Systemlebenszyklus erwogen werden, aber die wichtigsten Anpassungsmaßnahmen finden in den frühen Entwurfsphasen im Lebenszyklus der Entwicklung und Projekte statt.

Bei der Anpassung an die Zuverlässigkeit müssen die Art der Organisation sowie die einzelnen zu lenkenden Zuverlässigkeitsaufgaben in Betracht gezogen werden. Die Organisation könnte von einer technischen Beratungsfirma bis zu einem multinationalen Konglomerat reichen, das ein geeignetes Zuverlässigkeitsmanagement diverser Disziplinen, seiner Organisation und Spezialisierung benötigt. Beim Management wird häufig so vorgegangen, dass ein Technologietransfer gesucht wird, man sich um eine Wissensspritze oder um eine Beratung durch Fachleute zur Überbrückung kritischer kurzfristiger technischer Engpässe bemüht. Auch gibt es eine breite Palette unterstützender Disziplinen und Hilfssysteme, die dem leichteren Erreichen der Zielvorgaben des Zuverlässigkeitsmanagements dienen, wie beispielsweise Instandhaltung und Management der Logistikunterstützung, Kundendienste, Ausfallberichterstattung, Analysen und Wartungssysteme sowie eine Wissensbasis zur Zuverlässigkeit. Bei den Überprüfungen durch das Management sollten auch Zuverlässigkeitsaspekte mit behandelt werden.

Die Anpassung muss sich auf die technischen und administrativen Prozesse der Organisation erstrecken und dabei Einschränkungen und Einflussfaktoren berücksichtigen. Zu diesen Einschränkungen und Einflussfaktoren gehören unter anderen Kundenanforderungen, behördliche Vorschriften, Liefertermine, vorgegebenes Budget, verfügbare Ressourcen, technische Leistungsfähigkeit und Machbarkeit, Umwelteinwirkungen und Risikoexpositionen, neuartige Technologie und Bereitstellung nachhaltiger Dienste. Sie wirken sich auf das Ergebnis einer erfolgreichen Zuverlässigkeitsrealisierung aus, die zu Vertrauenswürdigkeit in die Systemleistung und das Systemverhalten aus Sicht der Benutzer führt.

Im Allgemeinen besteht die Anpassung der Zuverlässigkeitstätigkeiten, auch bei Projekten, aus folgenden Punkten:

- a) Ermittlung der Politik und Infrastruktur der Organisation;
- b) Analyse der Anforderungen und der vertraglichen Vorgaben, Merkmale und Zielvorgaben, die möglicherweise schwer zu realisieren und umzusetzen sind;
- c) benötigte Fähigkeiten und Ressourcen und die tatsächlich für die Realisierung zur Verfügung stehenden Mittel;
- d) Bestimmung der einzelnen zutreffenden Lebenszyklusphasen;
- e) Ermittlung der produkt- oder systembezogenen Merkmale wie Leistungsmerkmale und Funktionen, frühere Erfahrungen mit ähnlichen Produkten oder Systemen, ihre beabsichtigte eigentliche Verwendung und die erwarteten Einsatzumgebungen;
- f) Wahl der anwendbaren Zuverlässigkeitsmaßnahmen je ermittelter Lebenszyklusphase;
- g) Ermittlung der Zeitvorgaben und Dauern der einzelnen Zuverlässigkeitsprogrammelemente und der zu erbringenden Tätigkeiten zum Zwecke der Ressourcenzuweisung;
- h) Beachtung von behördlichen Vorschriften, Normen usw.
- i) Dokumentation der Begründungen für getroffene Anpassungsentscheidungen im Rahmen des Organisations- oder Projektplanes.

Bei langfristigen Projekten, insbesondere bei solchen, deren Dauer sich erheblich über den eigentlichen Systemlebenszyklus hinweg erstreckt, könnten vorsorglich neue Prozesse geschaffen oder bestehende angepasst werden, die besonders geeignet sind, die Projektvorgaben zu erreichen. In solchen Fällen sollten diese neuen Prozesse Zuverlässigkeitsschwerpunkte direkt berücksichtigen, so dass dann keine Anpassung notwendig wird. Die Anpassung auf Zuverlässigkeitsbelange trifft üblicherweise für Projekte kurzer Dauer zu, also wenn die bestehenden Prozesse auf die neuen Projektvorgaben angepasst werden müssen. Bereits bestehende Prozesse in einer Organisation betreffen eingeführte Verfahren wie Politik, Normen, Verfahren,

Methoden und Werkzeuge. Der Anpassungsprozess unterliegt den für die Projektumsetzung geltenden Einschränkungen und der dort anzutreffenden Umgebung. Für kompliziertere Systeme wird ein Prozess der Zuverlässigkeitszuweisung durchgeführt, um so wirkungsvoll wie möglich den Teilsystemen und Elementen einzelne Zuverlässigkeitswerte zuzuweisen.

Ein weiterer Gesichtspunkt der Anpassung steht im Zusammenhang mit der Wahl der geeigneten Zuverlässigkeitsattribute in Verbindung mit anderen relevanten Leistungsattributen auf der Grundlage der gewünschten Systemeigenschaften, wie dies im Anhang B näher beschrieben ist.

5.4 Vorgehensweise bei Altsystemen und Altprodukten

Nicht jedes System oder Produkt wird von Anfang an neu entwickelt. Viele in Betrieb befindliche Systeme enthalten Altsysteme und Produkte älterer Technologiegenerationen mit dementsprechenden Konstruktionsmethoden. Häufig werden technologisch neue Systeme und Produkte in alte Systeme integriert, um im Betrieb gemeinsam die Projektzielsetzungen zu erreichen. Zuverlässigkeitsmanagement ist dann daran beteiligt, die Interoperabilität und Integrität der neuen und alten Systeme zu sichern. Somit bedarf die Vorgehensweise bei Altsystemen und Altprodukten der Ermittlung der spezifischen Zuverlässigkeitsbelange mit Hilfe eines Anpassungsprozesses. Bei der Anpassung bemüht man sich, die vorhandenen Prozesse durch Schnittstellenspezifikationen so anzupassen, dass eine maximale Effizienz bei minimalen Kosten erzielt wird.

5.5 Bewertung durch das Management

Die Bewertung durch das Management sollte den Geschäftsinteressenten einen Nutzen bringen. Die Bewertung sollte im Ergebnis bestimmte Zielvereinbarungen vorgeben. Aus technischer Sicht sollte die Bewertung ein Maßnahmenbündel erbringen, wie die geforderten Ergebnisse erzielt und Risiken minimiert werden können. Aus geschäftlicher Sicht sollte die Bewertung Wege aufzeigen, wie die strategischen Pläne erfüllt werden können. Es ist wichtig, Wertvorgaben für die Managementbewertung aufzustellen. Sie interpretieren langfristige Ziele und lenken das Projekt aus geschäftlicher Sicht. Wertvorgaben sind für das Management eines überlebensfähigen geschäftlichen Unternehmens umsichtige Zielsetzungen.

Für die Managementbewertung sollte eine Umgebung geschaffen werden, in der ein sinnvoller Dialog zwischen den Teilnehmern an der Bewertung möglich wird. Andernfalls könnte diese Besprechung leicht zu einer Debatte ausarten, ohne dass nützliche und wertvolle Ergebnisse erzielt werden. Managementbewertung unterscheidet sich von einer Managementunterrichtung, bei der die Information lediglich in eine Richtung fließt und das höhere Management warnen soll. Die Bewertungsrunde sollte die gemeldeten Informationen über erzielte oder zu erzielende Ergebnisse beurteilen und diese je nach erreichtem Stand würdigen. Vor Beginn jeder Managementbewertung sollte klar vorgegeben werden, was noch in der geplanten Besprechung zu erledigen und zu erzielen ist. Üblicherweise wird ein Handlungskatalog über die offenen und noch zu klärenden Themen erstellt und gepflegt.

Vertreter des Zuverlässigkeitsmanagements sollten in unterschiedlichen Funktionen an den Sitzungen der Managementbewertung teilnehmen und entsprechend den Zuverlässigkeitsbelangen zu der Bewertung beitragen, insbesondere zu Belangen größerer Auswirkung, auf die das Management aufmerksam gemacht werden muss und wo Folgemaßnahmen erforderlich sind. Eine typische Prüfliste für Managementbewertung von Zuverlässigkeitsbelangen ist in Anhang D enthalten.

Die Bewertungen bezüglich des Lebenszyklusmanagements erstrecken sich auf einen breiten Bereich von Bewertungstätigkeiten. Typische in verschiedenen Managementebenen durchgeführte Bewertungen sind u.a.

- *Marktanalysebewertung* zur Ermittlung neuer Produktchancen und der Wettbewerbssituation;
- *Geschäftsbewertung* zur Bestimmung der Verfassung und des betrieblichen Status einer Organisation, einer nachgelagerten Geschäftseinheit, einer Fertigungsstätte oder einer Dienst Einrichtung;
- *Investitionsbewertung* zur Beurteilung eines strategischen Nutzens neuer Akquisitionen, zur Genehmigung größerer Ausgaben, zur Suche nach Finanzierungsmöglichkeiten und zur Zusammenarbeit in Gemeinschaftsprojekten oder in Partnerschaft;
- *Projektbewertung* zur Bestimmung des gemachten Arbeitsfortschrittes, Projektzeitplan und zeitlichen Verpflichtungspunkten (Meilensteine), Ressourcenverfügbarkeit, nach außen zu vergebenden Aufgaben, Koordination der Lieferanten und Ermittlung von Problemen, die Eingriffe des Managements bedürfen;

- *technische Bewertung* zu Beurteilung neuer Technologieplattformen und darauf laufender Anwendungen, Diversifizierung der Fertigungslinien, Entscheidungen über Eigenentwicklung oder Zukauf und Zeitplan für die Einführung neuer Produkte;
- *Entwicklungsbewertung* zur Beurteilung der bis jetzt erreichten technischen Entwicklung, Bewertung der Zuverlässigkeit, zu verbessernde Entwurfsschwachstellen, Produktqualifizierung, Fertigbarkeit, Funktionstüchtigkeit des Entwurfs beziehungsweise der Konstruktion im betrieblichen Einsatz und benötigte Dienstunterstützungen sowie abschließende Entwurfsfreigabe vor Fertigungsfreigabe;
- *Produktionsbewertung* zur Bestimmung des Ressourcenbedarfs und der Liefertermine, der Fertigungskapazität und des Durchsatzes sowie Untervergabe von Fertigungsarbeiten, Werkzeuge, Zusammenbau, Materialflusskontrolle und Prüftätigkeiten;
- *Dienstbewertung* zur Bestimmung der Bedürfnisse, die der Kunde an den Dienst hat, geplante und nicht geplante Instandhaltungstätigkeiten, Dienstbereitstellung durch Dritte, Logistikunterstützung, Warenbestand und Standorte der Lagerstätten ;
- *Bewertung der Kundenzufriedenheit* zur Behandlung etwaiger Kundenbedenken und Verbesserungsstrategien;
- *Lieferantenbewertung* zur Sicherung der Lieferqualität, zugesagte Liefertermine, Effizienz des Bestellvorganges, mehrfache Lieferquellen und Lieferkettenmanagement;
- *Qualitätsbewertung* zur Bestimmung etwaiger Fehlzustände, Sicherung der Leistungsfähigkeits- und Qualitätstrends, Ermittlung von verbesserungsfähigen Bereichen und empfohlene Managementmaßnahmen;
- *Produktfreigabebewertung* für die Freigabe des Produktes zur Auslieferung beziehungsweise zur Kundenannahme.

6 Planung für das Erreichen der Zuverlässigkeit

6.1 Herstellung des Kontexts für das technische System

Die Herstellung des richtigen Kontexts der betrachteten technischen Systeme soll sicherstellen, dass die Benutzerbedürfnisse erfüllt und die Marktrelevanz gegeben ist.

Ein technisches System wird von Menschen gemacht und soll einem bestimmten Zweck dienen. Dieses Ziel erreicht man, indem man die relevanten Funktionen, die die gewünschten Leistungsmerkmale später erbringen sollen, ermittelt und diese dann realisiert. Im Ergebnis erhält man die gewünschten Leistungsmerkmale als die spezifischen Eigenschaften des Systems. Die Bestimmung der für das Erreichen einer bestimmten Vorgabe benötigten Funktionen entspricht dem in IEC 62347 beschriebenen Prozess der Entwicklung einer Systemspezifikation. Eine detaillierte Systementwicklung kann erst dann begonnen werden, nachdem die Funktionen ermittelt worden sind.

Eine angemessene Zuverlässigkeit ist eine wünschenswerte Systemeigenschaft oder ein wünschenswertes Gut. Dieses Gut zeichnet sich durch wertvolle Attribute aus, die für die meisten technischen Systeme wünschenswert sind. Die Strategien für das Erreichen der Zuverlässigkeit bedingen die Kenntnis der Systemstruktur, der Betriebsfunktionen und der beabsichtigten Einsatzumgebung. Zuverlässigkeitsmanagement technischer Systeme kann nicht isoliert von Statten gehen. Die Zuverlässigkeitstätigkeiten sind in die technischen Prozesse des Systemlebenszyklus integriert (IEC 60300-3-15) und werden in Zusammenarbeit mit dem in der Organisation vorhandenen Managementsystem erbracht, um die Zuverlässigkeitsvorgaben zu erreichen. Der Erfolg für das Erreichen der Zuverlässigkeit hängt ab vom erfolgreichen Verhalten der jeweiligen Systemattribute und deren Beitrag zum Erreichen der Zuverlässigkeitsvorgaben. Der strategische Prozess erfordert das Verständnis des Systems und dessen funktionalen Merkmalen in Hinblick darauf, wie diese erreicht und für die Zuverlässigkeit angewendet werden können.

6.2 Ermittlung der relevanten Systemattribute je Anwendungsfall

Die Ermittlung der relevanten Systemattribute dient der Wahl und Kennzeichnung der Systemfunktionen.

Systemattribute können aus einem allgemeinen Satz von Systemeigenschaften ermittelt werden, die die Systemleistung im Betrieb beschreiben. Bei den meisten technischen Systemen können die Systemeigenschaften mit ihren zugehörigen Attributen grob nach leistungsbezogenen Kategorien gruppiert werden.

- *Funktionalität*: der Grad, zu dem Prozess-, Überwachungs- und Steuerungsfunktionen bereitgestellt werden;
- *Leistung*: der Grad, zu dem Funktionen bei gegebenen Betriebs- und Umweltbedingungen ausgeführt werden können;
- *Operabilität*: der Grad, zu dem die Interaktion der Systemfunktionen und des Informationsaustausches wirkungsvoll über die menschlichen Schnittstellen und die etablierten Protokolle kommuniziert werden können;
- *Unterstützbarkeit*: der Grad, zu dem das System unterstützt und instand gehalten und im Falle einer Fehlfunktion wiederhergestellt werden kann, um insgesamt einen nachhaltigen kontinuierlichen Betrieb aufrechtzuerhalten;
- *Funktionsfähigkeit*: der Grad, zu dem man darauf vertrauen kann, dass das System seine geforderte Funktion unter gegebenen Betriebs- und Umweltbedingungen für ein gegebenes Zeitintervall erfüllen wird;
- *Integrität*: der Grad, zu dem das System so entworfen und konstruiert werden kann, dass dieses seine Form, Stabilität und Robustheit aufrechterhält und es seine Konsistenz in der Anwendung behält;
- *Qualität*: die Spezifikationen für das System und der Grad, zu dem das System sich den funktionalen und physischen Anforderungen gemäß verhält und die Kunden- und Benutzerspezifikationen bei der Auslieferung erfüllt;
- *Sicherheit*: der Grad, zu dem ein System Personal und Umwelt nicht gefährdet, es selbst vor Schaden oder Bedrohung geschützt ist, indem Risiken vermieden oder diese gegebenenfalls abgeschwächt werden und Sicherheitsgefährdungen im Betrieb eingegrenzt werden;
- *Sicherheit im Sinne von Security*: Der Grad, zu dem ein System frei ist von unerwünschter Gefährdung, vor Eindringen oder Verletzungsrisiko, weder absichtlich noch unabsichtlich.

Die relevanten Systemattribute sind die Kernattribute, die für eine bestimmte Eigenschaft innerhalb der Gruppe der auf die Systemleistung bezogenen Kategorie stehen. Beispielsweise sind die relevanten Kernattribute, die die *Zuverlässigkeit* näher bestimmen, die *Verfügbarkeit*, die *Funktionsfähigkeit*, die *Instandhaltbarkeit* und die *Instandhaltungsbereitschaft*; die relevanten Attribute, die die *Funktionalität* näher bestimmen, sind die *Leistungsfähigkeit*, die *Kapazität*, die *Konfigurierbarkeit* und die *Erweiterbarkeit*. Falls ein System so gestaltet ist, dass es die Zuverlässigkeit als eine Zielsetzung des Systemdienstes bereitstellen soll, so würde die Verfügbarkeit ein wichtiges Kernattribut für eine angemessene Darstellung der Systemeigenschaft werden. Verfügbarkeit wird in diesem Fall für die Kennzeichnung der primären Systemfunktion verwendet. Da Funktionalität für die Systemverwendung benötigt wird, würde dieses Merkmal, die funktionale Leistung erbringen zu können, das anwendungsspezifische Attribut werden. Sowohl kern- als auch anwendungsspezifische Attribute werden benötigt und müssen zusammenwirken, um die gesamten Zielvorgaben des Systems zu erfüllen.

Die relevanten Systemattribute werden dazu benutzt, die zur Erbringung bestimmter Systemaufgaben benötigten Funktionen zu ermitteln. Beispiele wie Gefährdungsüberwachung, funktionale Sicherheitssteuerung und Ausfallfolgenminderung sind vom Sicherheitsleitsystem zu erbringende primäre Aufgaben. Die dedizierten Systemfunktionen können so realisiert werden, dass sie bestimmte Merkmale in Zusammenhang mit den gewählten Attributen erbringen. Für die Überwachungs- und Steuerungsfunktionen müssten Qualitätsbauelemente verwendet werden, damit die Funktionsfähigkeit und die physische Haltbarkeit gesichert würden. Für die Ausfallfolgenminderung müsste ein fehlertoleranter Entwurf und Redundanz vorgesehen werden, damit die geforderte Systemverfügbarkeit erzielt würde. Nachdem diese Funktionen realisiert worden sind, also in das System implementiert wurden, werden sie zu speziellen, die relevanten Attribute beschreibenden Merkmalen; also beispielsweise Leistungsfähigkeit, Sicherheit und Zuverlässigkeit, alles inhärente Systemeigenschaften. Die Zuverlässigkeit des Sicherheitsleitsystems wird erreicht durch die Leistungsfähigkeit der Überwachungs- und Steuerungsfunktionen und durch die Funktionsfähigkeit der in das System hinein konstruierten Ausfallfolgenminderungsverfahren. Anhang B enthält eine Leistungsbetrachtung der Zusammenarbeit der relevanten Zuverlässigkeits- und der darauf bezogenen Attribute für bestimmte Systemanwendungen.

Der strategische Prozess stellt ein folgerichtiges Mittel dar, sich auf die signifikanten Belange zu konzentrieren und so die relevanten Attribute zur Realisierung der Funktionen zu ermitteln, die zum Erreichen der beabsichtigten Systemzielvorgaben nötig sind. Die Kennzeichnung der Funktionen ist Teil der Definition der Systemanforderungen und des Analysevorgangs, durch den Marktinformationen und Benutzerbedürfnisse in technische Anforderungen transformiert werden. Zu den Prozessergebnissen gehören Systemspezifikationen mit Angaben zum Entwurf und Daten zu den funktionalen Anforderungen. Dies soll das Konstruieren der Systemarchitektur und die Realisierung der funktionalen Baublöcke erleichtern. Korrelieren der Ergebnisse der Analyse der Systemanforderungen mit den Marktforschungsdaten ist ein für eine erfolgreiche Ermittlung der relevanten Systemattribute für die jeweiligen Anwendungsfälle wesentlicher Vorgang.

6.3 Systementwurf und Realisierung

Durch den Systementwurf und die Systemrealisierung wird die Systemeinheit erworben, erschaffen oder entwickelt zur Erfüllung vertraglicher oder anderer beabsichtigter Anforderungen.

Beim Definieren und Analysieren der Systemanforderungen werden Marktbedürfnisse ermittelt, die betriebliche Einsatzumgebung beschrieben, vorläufige Systemanforderungen festgelegt und machbare Entwurfslösungen bestätigt. Die Wahl der Entwurfsoptionen findet auf Grundlage der Risikoanalyse, Einwirkungsbeurteilung, praktischer technischer Vorgehensweisen und verfügbarer Ressourcen und der Liefertermine statt. Das Ergebnis des strategischen Prozesses soll Managemententscheidungen über die Durchführbarkeit des Systementwurfs begründen helfen und soll so die Investition und den Start der eigentlichen Entwicklung rechtfertigen. Zuverlässigkeitstätigkeiten sollten sich auf klare Definitionen der Systemanforderungen und der Systemarchitektur zusammen mit geeigneten Schnittstellenspezifikationen einschließlich die Zuverlässigkeit beeinflussender Faktoren konzentrieren, um Messpunkte für die Feststellung der Systemleistung festzusetzen.

Zum Prozess der Systementwicklung gehört die Planung und Durchführung ausgewählter Entwurfslösungen für die Realisierung der Systemfunktionen. Diese werden übersetzt in geeignete Systementwicklungsbemühungen wie technische Modelle, Prototypenkonstruktion, Risikobewertung und Schnittstellenermittlung der System- und Teilsystemfunktionen. Die integrierten Systemfunktionen werden systematisch beurteilt und es wird verifiziert, ob die Interoperabilität des Systems und der Interaktionen mit externen Umgebungen gegeben ist, um so die abschließende Systemkonfiguration zu validieren. Planung der Instandhaltungsunterstützung, Wartungszugang, betriebliche Prozeduren und Anforderungen an die Logistikunterstützung sollten vor Beginn der Systemrealisierung klar und gut bedacht und festgelegt werden. In manchen Fällen kann es vorteilhaft sein, eher in die Entwicklung einer Technologieplattform zu investieren, als sich lediglich auf die Entwicklung einer einzigen Produktlinie einer bestimmten Technologie zu konzentrieren. Der strategische Prozess bietet Gelegenheiten, die Technologie nutzbar zu machen für diverse Produktanwendungen und Systeminnovationen.

Im Rahmen des Realisierungsprozesses müssen Entscheidungen über Eigenentwicklung, Zukauf und den Einsatz von Teilsystemfunktionen getroffen werden. Zu den Realisierungsbemühungen gehören Tätigkeiten wie Technologieeinsatz, Fertigung, Verpackung und Lieferquellen, um eine vollständige Transformation des Systementwurfs in die spezifizierten Produkte oder Teilsystemfunktionen sicherzustellen. Die realisierten Produkte oder Funktionen können aus einer Kombination von Hardware- und Softwareelementen bestehen. Zur Systemimplementierung gehören solche Tätigkeiten wie Verifizierung von Teilsystemfunktionen, Systemintegration, Zuverlässigkeitswachstum und Installation des Systems zum Testen der Betriebsfunktionen. Prozeduren zur Systemabnahme sollten mit dem Kunden erarbeitet werden für Systemversuche in der tatsächlichen Einsatzumgebung vor Beginn der eigentlichen Installation im großen Stile. Zu den Versuchsläufen gehört auch die Validierung, die einen objektiven Nachweis der Konformität mit den Systemspezifikationen erbringen soll. Der strategische Prozess erfordert eine vernünftige Bewertung und Überprüfung der Optionen für eine Auftragsvergabe nach außen, gegebenenfalls die Einbindung von handelsüblichen Produkten in das System und das Management der Lieferketten. Die Vor- und Nachteile einer Unterstützung durch Dritte beim Erbringen der Systeminstandhaltung und der Logistikdienste sollten beurteilt werden nach der Reife der Leistungsfähigkeit, Verfügbarkeit der Ressourcen, der Reaktionsfreudigkeit, Dienstgüte und früher gemachten Erfahrungen mit ähnlichen Geschäften. Das Erreichen der Zuverlässigkeit sollte die Geschäftsstrategie, die von der Firma gewählt wurde, unterstützen hinsichtlich hervorragenden Leistungen und gegenseitigem Vertrauen in Kooperation und Partnerschaften und gemeinsamer Pflege und Nutzung der Wissensbasis und der Leistungsdaten. Sollten an der Systemrealisierung aus einer globalen Einsatzperspektive verschiedene geographische Regionen beteiligt sein,

dann ist es unerlässlich, solche Belange wie Systemdokumentation, Schulung, Dienste zur Unterstützung der Benutzer (Kundendienst), Verteilungsinfrastruktur und Kommunikation anzusprechen.

6.4 Systemleistung

6.4.1 Systemanwendungen

Das angewendete System soll die gewünschte Zuverlässigkeit zur Zufriedenheit der Kunden erzielen.

Die Systemzuverlässigkeit wird durch die Interaktionen der zusammenwirkenden Funktionen im Systembetrieb erzielt. Die Funktionen werden entworfen und in das System integriert, um synergistische Wirkung auf die zuverlässigkeitsbezogenen Leistungsmerkmale zu entfalten. Die aufeinander einwirkenden Funktionen werden durch eine Abfolge von Betriebsprozeduren gesteuert. In manchen Fällen bedarf die Steuerung menschlicher Eingriffe wie manuelles Überschreiben in Notsituationen gemäß vorgegebener Sicherheitskriterien oder missionskritischer Kriterien.

Das Systemverhalten in der Systemanwendung folgt einem Betriebsprofil, wie es im Systembetriebs-szenarium beschrieben ist. Ein Betriebsprofil ist die Abfolge benötigter Tätigkeiten, die von den kombinierten Hardware-/Softwarefunktionen erbracht werden müssen, um die Systemmission oder die Zielvorgaben der Systemanwendungen erreichen zu können. Das Systemverhalten hängt in starkem Maße von der Umgebung ab, in der das System arbeitet. Aus Zuverlässigkeitssicht ist das Betriebsprofil eine disjunkte Menge unterschiedlicher Systembetriebsszenarien und deren Eintrittswahrscheinlichkeiten. Sie werden dazu benutzt, Systemaufgaben und Leistungsverhalten zu definieren.

Die Umgebung kann sich auf die Hardwarefunktionen auswirken und physikalische Änderungen der Hardwarekomponenten verursachen, die dann während des Systembetriebs ausfallen können. Die Umgebung wirkt sich dagegen nicht auf die Softwarefunktionen aus, die auf Softwarecode beruhen und Rechnerprogramme im Systembetrieb ausführen. Softwareversagen wird eher ausgelöst durch korruptierte Daten oder illegale Dateneingabe oder Fehler im Quellcode, die während der Programmausführung offensichtlich werden.

6.4.2 Automatisierte Systeme

Der strategische Prozess muss das Systemverhalten überwachen, um rechtzeitig zu melden, dass eine Nachjustierung und Korrekturmaßnahmen nötig sind. Automatisierte Systeme bedienen sich häufig integrierter Prüf- und Diagnoseeinrichtungen, um bei einer Fehlfunktion oder nach einem Ausfall den Wiederanlauf des Systems zu erleichtern. Die Systemzuverlässigkeit kann ausgeweitet werden oder aufrecht erhalten werden durch den Einsatz redundanter, fehlertoleranter oder zur Sicherheit abgespeicherter Funktionen. Diese Funktionen sind so ausgelegt, dass das System eine gewisse Zeit lang nach einem Ausfall weiterläuft und ein schneller und leichter Wiederanlauf bei minimalem Datenverlust erleichtert wird. Dadurch sollen schwerwiegendere Ausfälle verhindert werden, die sonst zu einem abrupten Systemausfall oder totalen Zusammenbruch führen würden. Fehlertoleranz ist von besonderer Wichtigkeit bei sicherheitskritischen Systemen, von denen eine hohe Verfügbarkeit selbst in Gegenwart von Fehlzuständen oder bei Betrieb unter widrigen Umständen erwartet wird.

Dient das System der Datenübertragung oder dem Informationsaustausch, so sind die Integrität der Inhalte und der Datendurchsatz ein kritischer Teil des Systembetriebs. Sicherheitsbelange sollten vom Zuverlässigkeitsmanagement angesichts potentieller Risiken, Datenverlust oder böswilliger fälschlicher Verwendung von Informationen angesprochen werden. Wichtige Daten sollten geschützt werden durch mehrfache Sicherungskopien und Speicherung duplizierter Daten an unterschiedlichen geographischen Orten, um die Speichermedien vor Fehlern und Zerstörungen zu schützen. Missbrauch oder Verlust kundensensitiver Informationen sind eine schwerwiegende Verletzung des Kundenvertrauens und beeinträchtigen die Zuverlässigkeit der Systemdienste. Der Wiederaufbau eines Informationsverarbeitungssystems nach einem Systemabsturz oder totalem Zusammenbruch ist ein teures und zeitaufwendiges Unterfangen, sofern es überhaupt möglich ist, den ursprünglichen Zustand wieder herzustellen.

6.4.3 Instandhaltungsunterstützung

Die Systemleistung tendiert dazu, im Laufe der Zeit aufgrund abgenützter Bauelemente, veralteter Softwareprogrammen oder neuer Anforderungen abzunehmen. Daher bedarf es der Instandhaltungsunterstützung, die für ein akzeptables Maß an Zuverlässigkeit sorgen muss, wie es die Benutzer vom System erwarten. Die Strategien für die Instandhaltungsunterstützung sollten von kompetentem und geschultem Personal geplant und ausgeführt werden. Das Ausmaß der Instandhaltungstätigkeiten (Wartung) für Ersatz, Reparatur oder Nacharbeit sollte gut definiert sein. Soweit zutreffend, sollte die Notwendigkeit und Machbarkeit von Wartungsverträgen mit zertifiziertem Personal erwogen werden, die den Kundendienst an vorderster Front erleichtern. Routine- oder vorkonditionierte Wartungsmaßnahmen sollten ausgearbeitet werden, um etwaige Konfusion bei kritischen Wartungsmaßnahmen zu mindern. Produktrückrufe und Austausch schemata sollten prompt gemeldet, geplant und durchgeführt werden, damit weitere Risiken und rechtliche Konsequenzen minimiert werden.

Die Prozeduren für Logistikunterstützung, Ersatzteilbevorratung, zentralisierte oder dezentralisierte Warenlager und Verteilung von Ersatzteilen sollten festgelegt werden, um die betriebliche Wirtschaftlichkeit zu verbessern und die Systemverfügbarkeit zu erhöhen. Das Risiko und die Wahrscheinlichkeit eines leeren Warenlagers sollte berechnet werden. Auf die Vorlaufzeiten für die Wiederauffüllung von Lagern sollte hinsichtlich Häufigkeit, Verwendung und Transportumlaufzeiten und Entfernungen für die Ersatzteile geachtet werden. Verlorene Kosten im Zusammenhang mit dem erforderlichen Lagerbestand in den Ersatzteillagern wegen mehrfacher Versionen derselben Ersatzteile sollten minimiert werden und die Systeminstandhaltung dadurch wirtschaftlicher gemacht werden. Informationen vom Konfigurationsmanagement und aus der Änderungsverwaltung sollten das Instandhaltungspersonal erreichen und die Wartungsdienste rechtzeitig für ein zuverlässigeres Betriebsverhalten Sorge tragen lassen. Bei der Ersatzteilbevorratung sollte das Obsoleszenzrisiko beachtet werden.

7 Zuverlässigkeitsbewertung und Zuverlässigkeitssicherung

7.1 Bewertung und Messung der Zuverlässigkeit

Zuverlässigkeitsbewertung ist ein Beurteilungsprozess zur Bestimmung des Leistungsstatus des Systems vor dessen Auslieferung und der Betriebsaufnahme.

Die Bewertung der Zuverlässigkeit und ihrer Attribute bedingt Messungen. Die Zuverlässigkeitsmessung aus Sicht eines externen Benutzers oder einer Organisation hängt von den jeweiligen Leistungsattributen ab. Bei einem Personenbeförderungsdienst wird sich der Benutzer (also der Fahrgast) beispielsweise um die Zugänglichkeit des Dienstes (verfügbare Sitzplätze und Einhaltung des Fahrplanes), die Dienstzuverlässigkeit (pünktliche Ankunft) und Integrität (ordentlicher Sitzplatz und Toiletten, usw.) sorgen. Zuverlässigkeit kann auch anhand eines alles umfassenden Leistungsmaßes bewertet werden, das Verfügbarkeit, Produktionsrate und Produktqualität zusammenfasst.

Aus der Sichtweise einer technischen Disziplin können die die Zuverlässigkeit beschreibenden Attribute (Funktionsfähigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Instandhaltungsbereitschaft) sowohl qualitativ als auch quantitativ gemessen werden. Qualitative Messungen können mittels Verfahren wie beispielsweise durch Ranglisten erfolgen. Solche Messungen können auf verschiedene Weisen quantifiziert werden, etwa durch momentane und längerfristige Messungen, die von direkten und indirekten Messungen an Einheiten in der Prüfung, im Betrieb und in der Instandhaltung abgeleitet werden. Beispielsweise können diese Attribute gemessen werden durch Ausfallzeitpunkt, Betriebsdauer bis zum ersten Ausfall, Klarzeit- und Unklarzeitintervall und den für Instandhaltungstätigkeiten erbrachten Aufwand. Da es sehr schwierig und zeitaufwändig ist, eine hohe Funktionsfähigkeit und Verfügbarkeit durch Prüfung zu verifizieren, selbst wenn man sich beschleunigter Prüfverfahren bedient, sollte man sich für die Verifizierung der Funktionsfähigkeit der einzelnen Systemkomponenten Analyseverfahren wie FMEA, FTA, Analyse finiter Elemente (FEM) und anderer Methoden bedienen. Solche Prüfungen sind dann auf der Komponentenebene und Modulebene durchzuführen. Jedoch kann die abschließende Messung der Systemleistung erst dann erfolgen, wenn sich das System wirklich in Betrieb befindet.

Aus einer technischen Sichtweise stellen die Messungen der Systemzuverlässigkeit den Vorgang dar, einem Zuverlässigkeitsattribut einen quantitativen Wert zu dessen Kennzeichnung zuzuordnen. Der quantitative Wert wird aus beobachteten oder geschätzten Daten über Dauern und die Anzahl der dabei aufgetretenen

Ereignisse abgeleitet und dient der Angabe der Zuverlässigkeitsmerkmale und deren Merkmalswerte. Zum Messvorgang gehören

- die Ermittlung der Art und des Ziels einer Messung im Rahmen vertraglicher, betrieblicher oder besonderer Bedingungen wie Produktbeurteilung, bei der eine Quantifizierung der Zuverlässigkeitsattribute erforderlich ist;
- Bestimmung der relevanten Daten und der Art der Datenquellen für die Messungen;
- Verwendung wirksamer Hilfssysteme zur Erleichterung des Messvorganges wie Errichtung eines Datenerfassungssystems, Ausfallberichterstattung, Analyseverfahren und Abhilfemaßnahmen, Umfragen oder andere Unterstützungsschemata;
- Interpretation der Messergebnisse zur Ableitung von Leistungstrends, Erkennen kritischer Belange und Empfehlungen für begründete Managementmaßnahmen;
- Dokumentation der Messergebnisse und Erkenntnisse für die Unterlagen, für Qualitätsaudits und als objektive Beweise.

7.2 Zuverlässigkeitssicherung

Die Zuverlässigkeitssicherung hat eine andauernde Verbesserung und einen nachhaltig zuverlässigen Systembetrieb zum Ziel.

Sicherung ist der Prozess, durch den sichergestellt wird, dass das System sich entsprechend den vorgegebenen Anforderungen, Standards, Normen und Verfahren verhält. Der Sicherungsprozess und die Methodik bei Systementwurf und Systemrealisierung werden in der Anleitung zur technischen Realisierung der Systemzuverlässigkeit (IEC 60300-3-15) behandelt. Im Zentrum der Sicherungsbemühungen steht dort ein strategischer Prozess zur nachhaltigen Sicherung der Zuverlässigkeit im Systembetrieb. Durch die Sicherungsmaßnahmen wird der Boden für ein berechtigtes Vertrauen bereitet, dass die geforderte Zuverlässigkeit erreicht wurde oder erreicht werden wird. Die Betonung liegt auf der Vertrauenswürdigkeit, dass die Zuverlässigkeit im Systembetrieb auch erreicht wird.

Das Sicherungsziel ist es, das Vertrauen der Geschäftsinteressenten zu gewinnen, dass die Zuverlässigkeit tatsächlich erreicht werden kann. Es gibt drei allgemeine Vorgehensweisen zur Bestimmung der Systemzuverlässigkeit. Sie dienen unterschiedlichen Zwecken bei variierendem Strengegrad. In der Praxis werden wahrscheinlich Kombinationen dieser Vorgehensweisen eingesetzt.

- a) *Nachweis* – diesen erhält man aus dem tatsächlichen Systembetrieb unter Einsatzbedingungen über eine vorgegebene Zeitdauer zum Nachweis der Zuverlässigkeit. Typische Beispiele sind
 - mit Systemen im echten Betrieb gemachte Zuverlässigkeitserfahrungen;
 - formaler Funktionsfähigkeitsnachweis;
 - Verfügbarkeit während der Gewährleistungsperiode.
- b) *Ableitung* – diese gewinnt man mittels statistischer Verfahren anhand von beobachteten Daten von Systemfunktionen anhand vorgegebener Kriterien und Annahmen. Man erhält so Zahlenwerte von Systemzuverlässigkeitsattributen oder speziellen Leistungsmerkmalen und deren Merkmalswerten. Typische Beispiele sind
 - Vorhersage der Systemzuverlässigkeit einer gegebenen Konfiguration;
 - Prüfung von Komponenten und Modulen;
 - Systemsimulation und Analyse (z. B. FMEA, FTA, Petrinetze usw.);
 - Reifemodell der Leistungsfähigkeit;
 - Verifizierung der Systemleistung mittels Prüffälle.
- c) *Fortschreitender Beweise* – diesen erhält man durch eine fortschreitende Erfüllung der Projektmeilensteine anhand objektiver und nachprüfbarer Argumente. Typische Beispiele sind
 - Sicherungsfallstudie;
 - Zuverlässigkeitswachstumsprogramm;
 - Bewertung der Umwelteinwirkungen;

- forensische Buchführung (Ursachenanalyse).

So stellt beispielsweise die Sicherungsfallstudie einen Weg dar, eine fortschreitende Gewissheit zu erhalten, dass die Zuverlässigkeitsanforderungen aktuell erreicht werden oder dass diese im Laufe des Systemlebenszyklus erreicht werden [2]. Zu einer Sicherungsfallstudie gehören

- eine begründetes und nachprüfbares Argument zur Unterstützung der Behauptung, ein gegebenes System genüge den Zuverlässigkeitsanforderungen ;
- eine Zusammenfassung der Beweise und Argumente zur Unterstützung des Anspruchs der erreichten Zuverlässigkeit;
- fortschreitende Sicherung während des gesamten Systemlebenszyklus als ein Ziel der Bewertungstätigkeiten.

Die Sicherungsfallstudie bietet eine zentrale Gelegenheit für die Bestimmung von Unsicherheiten und das Management der zugehörigen Risiken. Auf diese Weise wurde die Zuverlässigkeitssicherung zum Schlüsselfaktor für die Risikobewertung und für das Risikomanagement und darüber hinaus für die Tätigkeiten während des Lebenszyklus, die der Planung, dem Entwurf, dem Erreichen, dem Nachweis, der Nachhaltigkeit und der Überwachung der Zuverlässigkeit im Systembetrieb dienen.

Das Management der Tätigkeiten für die Zuverlässigkeitssicherung sollte sich bereits vorhandener Überwachungssysteme bedienen und über diese die für eine Prozess- und Dienstverbesserung benötigten Informationen gewinnen. Typische Beispiele solcher Tätigkeiten sind Systeme für

- Ausfallberichterstattung, Analyse und Korrekturmaßnahmen;
- Kundendienst und dabei erfasste und rückgemeldete Daten;
- Instandhaltung und Logistikunterstützung;
- Ereignisberichte und Fehlzustandsmanagement;
- Gesundheitsüberwachung;
- Qualitätsmanagement.

Die Sicherungstechnik hat sich im Laufe der Zeit von den klassischen Qualitätssicherungsprinzipien weiterentwickelt und muss sich nun neuen unbekannten Herausforderungen stellen. Aktuelle Sicherungstätigkeiten reichen jetzt über die traditionellen Grenzen der Produktsicherung hinaus und befassen sich mit solchen Themen wie Klimawandel, Energieeinsparung, Gesundheit und Sicherheit sozio-ökonomischer Systeme und Anfälligkeit sicherheitsrelevanter und finanzieller Transaktionen. Sie alle unterliegen den allgemeinen Prinzipien des Risikomanagements. In den meisten Fällen sind an den Sicherungstätigkeiten direkt oder indirekt für die Zuverlässigkeit relevante Tätigkeiten und Belange beteiligt, die wertvolle Attribute mit einschließen. Die Zuverlässigkeitstätigkeiten sind sehr stark auf die Überlebensfähigkeit, die Wiederherstellbarkeit der Systeme und Erhaltung der Zuverlässigkeit im Betrieb ausgerichtet. Das Benutzerverständnis der Zuverlässigkeit ist auf die Vertrauenswürdigkeit in nachgewiesene und dokumentierte Leistung ausgerichtet, deren nachhaltigen Zahlenwerte die Benutzer Glauben schenken. Es wäre für Benutzer eher schwierig, eine Verfügbarkeit mit 5 Neunen (0,99999) zu begreifen, deren Bedeutung dann technisch erläutert werden müsste.

Anhang A (informativ)

Struktur der Zuverlässigkeitsnormen

A.1 Struktur

Bild A.1 zeigt die Struktur der IEC/TC 56-Normen.

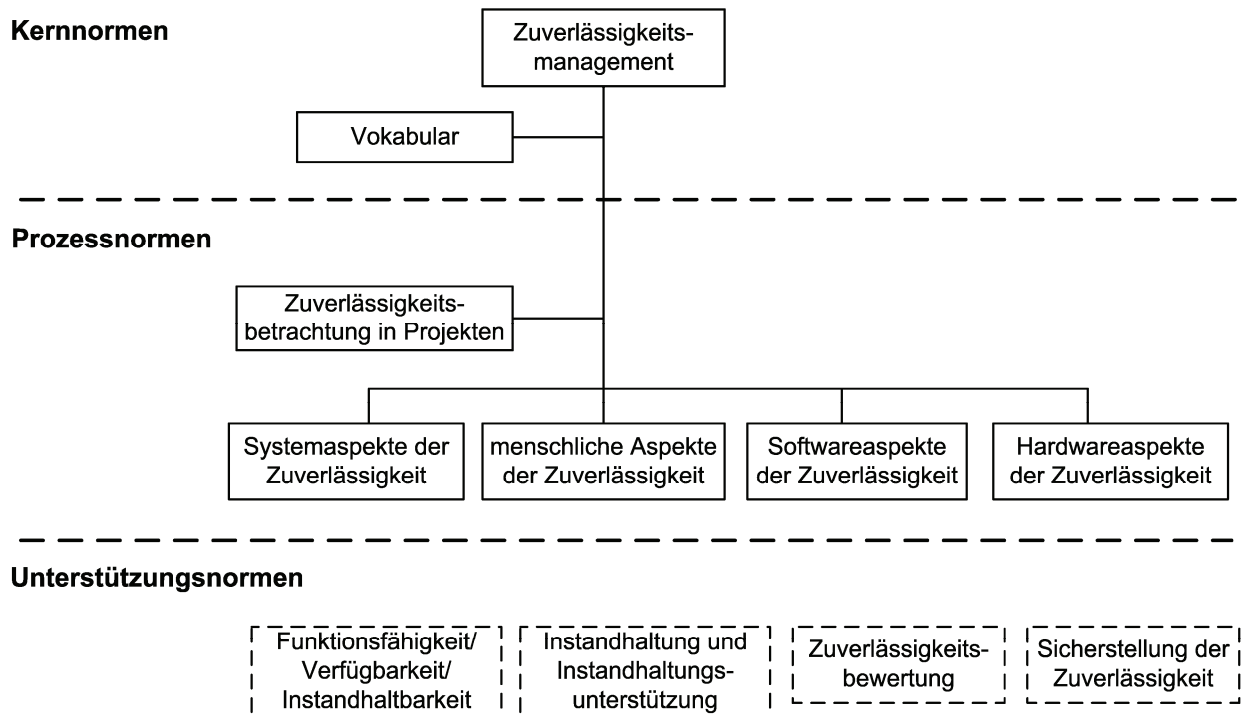


Bild A.1 – Struktur der Zuverlässigkeitsnormen

Die Zuverlässigkeitsnormen sind im Sinne einer leichteren Umsetzung in Zuverlässigkeitsprojekten in drei Ebenen gegliedert.

A.2 Kernnormen

Die Kernnormen leiten zum umfassenden Management der Zuverlässigkeit an und bilden den Normenrahmen für die Zuverlässigkeitsanwendung. Zur Unterstützung des Zuverlässigkeitsmanagements enthält das Vokabular die für die Zuverlässigkeit relevanten grundlegenden Begriffe. Darüber hinaus können einzelne Zuverlässigkeitsnormen weitere spezifische, für die jeweiligen Normen anwendbare Definitionen enthalten.

A.3 Prozessnormen

Die Prozessnormen beleuchten die Anwendungsprozesse der wichtigsten Aspekte der Zuverlässigkeit zur leichteren Umsetzung von Zuverlässigkeitsprojekten und zum Erreichen weiterer organisatorischer Zielvorgaben. Die Prozessnormen sind in den an technischen Schwerpunkten ausgerichteten Gruppierungen gegliedert.

- Erwägungen zu Zuverlässigkeitsprojekten: Anleitung zur Normenauswahl zur Anwendung in Zuverlässigkeitsprojekten;
- Systemaspekte: Anleitung zur Normenauswahl für die technische Gestaltung der Systemzuverlässigkeit;

- menschliche Aspekte: Anleitung zur Normenauswahl für die an menschlichen Belangen und der ergonomischen Gestaltung ausgerichtete technische Gestaltung;
- Softwareaspekte: Anleitung zur Normenauswahl für die an Softwarebelangen ausgerichtete technische Gestaltung und Umsetzung;
- Hardwareaspekte: Anleitung zur Normenauswahl für die an Hardware- und Zuverlässigkeitsbelangen ausgerichtete technische Gestaltung und Umsetzung der Instandhaltungsunterstützung.

A.4 Unterstützende Normen

Unterstützenden Normen beschreiben einzelne Zuverlässigkeitsverfahren und Werkzeuge, die bei der Projektumsetzung hilfreich sind. Unterstützende Normen widmen sich hauptsächlich einzelnen spezifischen Verfahren und Techniken für die Zuverlässigkeitsbewertung, Messung und Sicherung bei für die technischen Schwerpunktgruppen relevanten Prozessnormen.

- RAM: Zuverlässigkeitsnormen für die Anwendung von der Funktionsfähigkeit, der Verfügbarkeit und der Instandhaltbarkeit dienenden Techniken;
- Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung: Normen für die Anwendung von Instandhaltungs- und Instandhaltungsunterstützungsverfahren und Werkzeugen;
- Zuverlässigkeitsbewertung: Normen für die Analyse und Beurteilung der von Systemen, Produkten oder Diensten erzielten Zuverlässigkeit;
- Zuverlässigkeitssicherung: Normen mittels derer die von Systemen, Produkten oder Diensten erzielte Zuverlässigkeit nachhaltig sichergestellt werden soll.

Auf der Internetseite des IEC/TC 56 [1] ist ein Normenrahmen mit einer Liste der Zuverlässigkeitsnormen und einer Anleitung zur Auswahl von Normen für die Umsetzung von Zuverlässigkeitsprojekten dargestellt.