

DIN EN 60300-3-14

ICS 29.020; 31.020; 33.020; 35.020

**Zuverlässigkeitsmanagement –
Teil 3-14: Anwendungsleitfaden –
Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung
(IEC 60300-3-14:2004);
Deutsche Fassung EN 60300-3-14:2004**

Dependability management –
Part 3-14: Application guide –
Maintenance and maintenance support (IEC 60300-3-14:2004);
German version EN 60300-3-14:2004

Gestion de la sûreté de fonctionnement –
Partie 3-14: Guide d'application –
Maintenance et support de maintenance (CEI 60300-3-14:2004);
Version allemande EN 60300-3-14:2004

Gesamtumfang 46 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE



Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2004-05-01 angenommene EN 60300-3-14 gilt als DIN-Norm ab 2004-12-01.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN IEC 60300-3-14:2002-04.

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

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

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zum Jahr 2009 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.

**Zuverlässigkeitsmanagement
Teil 3-14: Anwendungsleitfaden
Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung
(IEC 60300-3-14:2004)**

Dependability management
Part 3-14: Application guide - Maintenance and
maintenance support
(IEC 60300-3-14:2004)

Gestion de la sûreté de fonctionnement
Partie 3-14: Guide d'application
Maintenance et support de maintenance
(CEI 60300-3-14:2004)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2004-05-01 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

CENELEC

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

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 56/929/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe von IEC 60300-3-14, ausgearbeitet von dem IEC TC 56 „Dependability“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2004-05-01 als EN 60300-3-14 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2005-02-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2007-05-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60300-3-14:2004 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	2
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe und Abkürzungen	8
3.1 Begriffe	8
3.2 Abkürzungen.....	11
4 Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung – Überblick	11
4.1 Lebenszyklus-Aspekte.....	11
4.1.1 Allgemeines	11
4.1.2 Szenarien für die Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung	12
4.1.3 Konzept- und Definitionsphase	13
4.1.4 Entwicklungsphase.....	13
4.1.5 Fertigungsphase.....	14
4.1.6 Einbauphase.....	14
4.1.7 Betriebs- und Instandhaltungsphase.....	14
4.1.8 Entsorgungsphase.....	15
4.2 Beschreibung der Instandhaltung.....	15
4.2.1 Allgemeines	15
4.2.2 Instandhaltungsgrundsätze und Konzept.....	16
4.2.3 Gliederungsebenen	16
4.2.4 Instandhaltungsstufen	16
4.2.5 Vorbeugende und korrektive Instandhaltung (Wartung und Instandsetzung).....	17
4.3 Beschreibung der Instandhaltungsunterstützung	18
5 Verantwortlichkeit der Leitung	18
5.1 Verpflichtungen der Leitung.....	18
5.2 Kunden	18
5.3 Instandhaltungsgrundsätze	18
5.4 Planung der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung	19
5.5 Verantwortlichkeiten, Befugnisse und Kommunikation	19
6 Umsetzung der Instandhaltungsprozesse	19
6.1 Allgemeines	19
6.2 Instandhaltungsmanagement	20
6.3 Planung der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung	20
6.3.1 Allgemeines	20
6.3.2 Bestimmung der Instandhaltungsunterstützung	21
6.3.3 Ermittlung der Instandhaltungsaufgaben.....	22

	Seite
6.3.4 Analyse der Instandhaltungsaufgaben	23
6.3.5 Ermittlung der Mittel für die Instandhaltungsunterstützung	24
6.4 Vorbereitung der Instandhaltung	24
6.5 Durchführung der Instandhaltung	25
7 Ressourcenverwaltung	25
7.1 Bereitstellung von Ressourcen	25
7.2 Personal-Ressourcen	26
7.2.1 Allgemeines	26
7.2.2 Schulung	26
7.3 Infrastruktur	27
7.3.1 Allgemeines	27
7.3.2 Unterstützungseinrichtungen	27
7.3.2.1 Allgemeines	27
7.3.2.2 Arten von Unterstützungseinrichtungen	27
7.3.2.3 Auswahl der Unterstützungseinrichtungen	27
7.3.2.4 Daten von Unterstützungseinrichtungen	28
7.3.2.5 Automatische Prüfeinrichtungen	28
7.3.2.6 Kalibrierung	28
7.3.3 Interne Prüfeinrichtungen (BITE)	29
7.3.4 Anlagen für die Instandhaltung	29
7.3.5 Administrative und technische Anlagen	30
7.3.6 Rechnergestützte Informationssysteme zur Instandhaltung	30
7.4 Informations-Ressourcen	30
7.4.1 Allgemeines	30
7.4.2 Dokumentation	30
7.4.3 Informationen über die Instandhaltung	33
7.5 Material und Ersatzteile	34
7.5.1 Allgemeines	34
7.5.2 Bestimmung der Ersatzteilmengen	35
7.5.3 Ersatzteilekennzeichnung	36
8 Messung, Analyse und Verbesserung	37
8.1 Allgemeines	37
8.2 Überwachung und Messung	37
8.2.1 Allgemeines	37
8.2.2 Kundenbezogene Messungen	37
8.2.3 Instandhaltungsbezogene Messungen	38
8.3 Bewertung der Instandhaltung	38
8.4 Verbesserung der Instandhaltung	39
8.5 Modifizierungen	39

Anhang A (informativ) Faktoren, die die Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung beeinflussen.....	40
A.1 Allgemeines	40
A.2 Anwendung auf komplexe Systeme	40
A.3 In der Entwicklungsphase zu berücksichtigende Faktoren	40
A.3.1 Allgemeines	40
A.3.2 Betriebsbedingungen.....	41
A.3.3 Umgebungsbedingungen	41
A.3.4 Betriebsort und Betriebsart.....	41
A.3.5 Verfügbarkeit	41
A.4 In der Betriebs- und Instandhaltungsphase zu berücksichtigende Faktoren	41
A.4.1 Allgemeines	41
A.4.2 Vorbeugende und korrektive Instandhaltung.....	42
A.4.3 Instandhaltungsunterstützung	42
A.4.4 Sicherheitsanforderungen und behördliche Vorschriften	42
Literaturhinweise.....	43
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	44

Bilder

Bild 1 – Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung im Lebenszyklus	12
Bild 2 – Wechselbeziehungen zwischen den Instandhaltungsbegriffen.....	16
Bild 3 – Arten von Instandhaltungsvorgängen	17
Bild 4 – Instandhaltungsprozesse.....	20
Bild 5 – Planungsprozess für die Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung	21
Bild 6 – Ersatzteilbevorratungsprozess	36

Einleitung

Die Bereitstellung von Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung ist ein sehr wesentliches Element zur Sicherstellung der Zuverlässigkeit von Einheiten (Produkten, Geräten und Systemen) während ihres gesamten Lebenszyklus. Die richtige Funktionalität, Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit wird erzielt, indem für die notwendige Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung in Verbindung mit zweckentsprechender Konstruktion, Instandhaltbarkeit und Fertigungsqualität sowie vernünftigen Betriebsbedingungen gesorgt wird.

Der Umfang und die Art der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung richtet sich nach den Bedürfnissen des Kunden, nach der Art der Einheit und ihrer Beschaffenheit, der geforderten Verfügbarkeit sowie weiteren Faktoren. Bei einer Änderung dieser Faktoren insbesondere während der Betriebs- und Instandhaltungsphase müssen Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung eventuell angepasst werden.

Diverse Funktionen wie Instandhaltungsmanagement und Vermögensmanagement umfassen Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung. Diese Norm schließt eine Verwendung dieser Begriffe nicht aus, weist aber darauf hin, welche Aspekte unter diesen Überschriften abgedeckt werden sollten.

Unsachgemäße, übermäßige oder falsche Instandhaltung kann zu Ausfällen führen, welche die Verfügbarkeit von Einheiten deutlich einschränken und zu wesentlich höheren Kosten aufgrund von Leistungseinbußen und möglichen Sekundärschäden führen. Die eingeschränkte Verfügbarkeit bedingt oft Nachteile beim Betrieb und daraus resultierende Ertragseinbußen, die erheblich größer sein können als die Instandhaltungskosten oder sogar die Kosten des ursprünglichen Ausfalls. Die Sicherheit kann ebenfalls betroffen und in einigen Branchen sogar der treibende Faktor sein.

In dieser Norm wird eine allgemeinere Vorgehensweise bei der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung beschrieben, als dies bei der Integrierten Logistischen Unterstützung (en: Integrated Logistic Support, ILS) der Fall ist. ILS ist ein Verfahren, bei dem sämtliche logistischen Unterstützungsleistungen behandelt und dem Kunden als ein integraler Teil der Produktentwicklung zur Verfügung gestellt werden. Diese Norm behandelt den Fall komplexer Systeme, für die Instandhaltungs- und Instandhaltungsunterstützungsbedürfnisse speziellen Situationen angepasst werden müssen, sowohl in der Entwicklungs- als auch in der Betriebs- und Instandhaltungsphase.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 60300 beschreibt ein Grundgerüst für die Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung sowie die verschiedenen allgemeinen Verfahren, die als Mindestanforderung anzuwenden sind. Diese Norm dient dem Zweck, in allgemeiner Form die Managementverfahren, Prozesse und Techniken in Bezug auf die Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung zu skizzieren, die erforderlich sind, um eine hinreichende Zuverlässigkeit zu erzielen, die den Anforderungen des Kunden entspricht.

ANMERKUNG 1 Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung bilden eine wichtige Komponente für die Zuverlässigkeit im Sinne der Beschreibung in IEC 60300-1 und IEC 60300-2.

In bestimmten Fällen müssen regulative und sonstige obligatorische Anforderungen berücksichtigt werden. Anforderungen und Pflichten bezüglich Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung sind daher gegebenenfalls in Verträgen, in denen auf diese Norm verwiesen wird, festzulegen.

Diese Norm ist für einen breiten Anwenderkreis von Lieferanten, Anbieterorganisationen für Instandhaltungsunterstützung sowie Anwendern vorgesehen und lässt sich auf alle Einheiten anwenden.

Diese Norm gilt für Einheiten, zu denen alle Arten von Produkten, Geräten und Systemen (Hardware und zugehörige Software) gehören. Diese Einheiten erfordern zum größten Teil einen gewissen Instandhaltungsgrad, um sicherzustellen, dass die geforderte Funktionalität, Zuverlässigkeit, Leistungsfähigkeit, Wirtschaftlichkeit und Sicherheit sowie die Einhaltung behördlicher Vorschriften erzielt wird.

ANMERKUNG 2 Aus Gründen der Einheitlichkeit wird in dieser Norm der Begriff „Einheit“ gemäß der Definition in 3.1.5 verwendet, sofern aus dem Zusammenhang nicht etwas anderes nötig ist.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die zitierte Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60300-1:2003, *Dependability management – Part 1: Dependability management systems*.

IEC 60300-2:2004, *Dependability management – Part 2: Guidelines for dependability management*.

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

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

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

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 60706-3, *Guide on maintainability of equipment – Part 3: Sections Six and Seven – Verification and collection, analysis and presentation of data*.

IEC 60706-5, *Guide on maintainability of equipment – Part 5: Section 4: Diagnostic testing*.

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

IEC 61025, *Fault tree analysis (FTA)*.

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

3 Begriffe und Abkürzungen

3.1 Begriffe

In dieser internationalen Norm gelten die folgenden Begriffe.

3.1.1

Instandsetzung; korrektive Instandhaltung

Instandhaltung nach Fehlzustandserkennung mit der Absicht, eine Einheit in den funktionsfähigen Zustand zu versetzen

ANMERKUNG Im Französischen beinhaltet der Begriff „dépannage“ manchmal eine vorläufige Wiederherstellung.

[IEV 191-07-08]

3.1.2

Zuverlässigkeit

zusammenfassender Ausdruck zur Beschreibung der Verfügbarkeit und ihrer Einflussfaktoren Funktionsfähigkeit, Instandhaltbarkeit und Instandhaltungsbereitschaft

ANMERKUNG „Zuverlässigkeit“ wird nur für allgemeine Beschreibungen in nicht-quantitativem Sinne benutzt.

[IEV 191-02-03]

3.1.3

Gliederungsebene

Unterteilungsniveau einer Einheit nach Gesichtspunkten der Instandhaltung

ANMERKUNG 1 Beispiele für Gliederungsebenen sind ein Subsystem, eine Baugruppe, ein Bauelement.

ANMERKUNG 2 Die Gliederungsebene hängt von der Komplexität des Aufbaus der Einheit, der Zugänglichkeit der Untereinheiten, dem Qualifikationsniveau des Instandhaltungspersonals, der Ausstattung mit Prüfgeräten, Erwägungen zur Sicherheit usw. ab.

[IEV 191-07-05]

3.1.4

integrierte logistische Unterstützung (en: Integrated Logistic Support, ILS)

Verfahren, durch das sich sämtliche logistischen Unterstützungsleistungen, die von einem Kunden benötigt werden, auf strukturierte Weise und im Einklang mit dem Produkt zusammenführen lassen

3.1.5

Einheit, Betrachtungseinheit

das, was einzeln beschrieben und betrachtet werden kann

ANMERKUNG Eine Einheit kann zum Beispiel ein System, ein Betriebsmittel, eine Funktionseinheit, ein Bauteil oder ein Bauelement sein; sie kann aus Hardware, Software oder beidem bestehen und in besonderen Fällen auch Personen einschließen.

[IEV 191-01-01]

3.1.6

Instandhaltungsebene

Instandhaltungstätigkeiten, die in einer festgelegten Gliederungsebene auszuführen sind

ANMERKUNG Beispiele für eine Instandhaltungstätigkeit sind Bauelementeersatz, Baugruppentausch, Subsystemaustausch usw.

[IEV 191-07-06]

3.1.7**Instandhaltbarkeit**

Fähigkeit einer Einheit, unter gegebenen Anwendungsbedingungen in einem Zustand erhalten bzw. in ihn zurückversetzt werden zu können, in dem sie eine geforderte Funktion erfüllen kann, wobei vorausgesetzt wird, dass die Instandhaltung unter den gegebenen Bedingungen mit den vorgeschriebenen Verfahren und Hilfsmitteln durchgeführt wird

ANMERKUNG Im Englischen wird „maintainability“ sowohl für diese Eigenschaft selbst als auch als Maßgröße dafür verwendet (siehe 191-13-01).

[IEV 191-02-07]

3.1.8**Instandhaltung**

Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen einschließlich Überwachungsmaßnahmen, mit denen eine Einheit im funktionsfähigen Zustand erhalten oder in ihn zurückversetzt werden soll

[IEV 191-07-01]

3.1.9**Instandhaltungsvorgang****Instandhaltungsaufgabe**

zweckbestimmte Aufeinanderfolge von Instandhaltungselementen

ANMERKUNG Beispiele sind die Fehlzustandsdiagnose, die Fehlzustandslokalisierung, die Funktionsprüfung oder Kombinationen davon.

[IEV 191-07-18]

3.1.10**Instandhaltungskonzept**

Wechselbeziehungen zwischen den Instandhaltungsstellen, den Gliederungsebenen und den Instandhaltungsebenen bei der Instandhaltung einer Einheit

3.1.11**Instandhaltungsstufe**

Stelle der Organisation, wo festgelegte Instandhaltungsebenen einer Einheit auszuführen sind

ANMERKUNG 1 Beispiele für Instandhaltungsstufen sind: Feld, Reparaturwerkstatt, Hersteller.

ANMERKUNG 2 Die Instandhaltungsstufe ist gekennzeichnet durch die Personalqualifikation, die vorhandenen Einrichtungen, den Standort usw.

[IEV 191-07-04]

3.1.12**Instandhaltungsgrundsätze**

allgemeine Wechselbeziehungen zwischen den Instandhaltungsebenen, den Instandhaltungsstufen und Instandhaltungsbedingungen, die für die Instandhaltung einer Einheit anzuwenden sind

3.1.13**Instandhaltungsunterstützung**

erforderliche Mittel, um eine Einheit bei gegebenem Instandhaltungskonzept unter Beachtung der Instandhaltungsgrundsätze instand zu halten

ANMERKUNG Zu den Ressourcen gehören Personalressourcen, Unterstützungseinrichtungen, Materialien und Ersatzteile, Anlagen für die Instandhaltung, Dokumentation, Information und Informationssystem für die Instandhaltung.

3.1.14

Instandhaltungsbereitschaft

Fähigkeit einer Instandhaltungsorganisation, unter gegebenen Bedingungen bei Bedarf die Mittel bereitzustellen, die für die Instandhaltung einer Einheit unter Beachtung der festgelegten Instandhaltungsgrundsätze erforderlich sind

ANMERKUNG Die gegebenen Bedingungen beziehen sich auf die Einheit selbst und auf die Bedingungen, unter denen die Einheit benutzt und instand gehalten wird.

[IEV 191-02-08]

3.1.15

Wartung; vorbeugende Instandhaltung

Instandhaltung in festgelegten Abständen oder nach vorgeschriebenen Kriterien mit der Absicht, die Ausfallwahrscheinlichkeit oder die Funktionsminderung einer Betrachtungseinheit zu reduzieren

ANMERKUNG 1 Zur vorbeugenden Instandhaltung gehören zustandsabhängige Aufgaben wie Zustandsüberwachung, Inspektion und Funktionsprüfung.

ANMERKUNG 2 Vorbestimmte Intervalle gelten für Reparatur oder Austausch, die zu bestimmten Intervallen ausgeführt werden, wie abgelaufene Zeit, Betriebsstunden, Entfernung, Anzahl der Zyklen oder andere relevante Größen.

[IEV 191-07-07]

3.1.16

Produkt

alle festgelegten zu liefernden Waren oder Dienstleistungen

ANMERKUNG 1 In Bezug auf die Zuverlässigkeit kann ein Produkt entweder „einfach“ sein (z. B. ein Gerät, ein Software-Algorithmus) oder „komplex“ (z. B. ein System oder ein integriertes Netzwerk aus Hardware, Software und Personen und Unterstützungseinrichtungen und -tätigkeiten).

ANMERKUNG 2 Ein Produkt hat jeweils eigene Lebenszyklus-Phasen.

3.1.17

planmäßige Instandhaltung

Wartung, die nach einem festgelegten Zeitplan durchgeführt wird

[IEV 191-07-10]

3.1.18

System

Satz von in Wechselbeziehung oder Wechselwirkung stehenden Elementen

[ISO 9000:2000, 3.2.1]

ANMERKUNG 1 Im Zusammenhang mit Zuverlässigkeit besteht ein System aus:

- a) einem vorgegebenen Zweck, der durch die beabsichtigten Funktionen beschrieben ist;
- b) festgelegten Betriebs- und Einsatzbedingungen (IEV-Kapitel 191-01-12);
- c) definierten Grenzen.

ANMERKUNG 2 Die Struktur eines Systems kann hierarchisch sein.

3.1.19

Prüfbarkeit

qualitatives Konstruktionsmerkmal einer Einheit, das angibt, bis in welche Tiefe sie unter gegebenen Bedingungen geprüft werden kann

3.1.20**unplanmäßige Instandhaltung**

Instandhaltung, die nicht nach einem festgelegten Zeitplan, sondern aufgrund einer Zustandsanzeige der Einheit durchgeführt wird

[IEV 191-07-11]

3.2 Abkürzungen

ATE	automatische Prüfeinrichtung (en: automatic test equipment)
BITE	interne Prüfeinrichtung (en: built-in-test equipment)
CBIT	interne kontinuierliche Prüfung (en: continuous built-in test)
COTS	handelsüblich, ab Lager (en: commercial-off-the-shelf)
FMEA	Ausfalleffektanalyse (en: failure mode and effects analysis)
FMECA	Ausfallart-, -auswirkungs- und -kritizitätsanalyse (en: failure mode, effects and criticality analysis)
ILS	Integrierte logistische Unterstützung (en: integrated logistic support)
IBIT	unterbrechende interne Prüfung (en: interruptive built-in test)
LORA	Analyse der Instandhaltungsebenen (en: level of repair analysis)
MTBF	mittlere Betriebsdauer zwischen Ausfällen (en: mean operating time between failures)
MTTF	mittlere Dauer bis zum Ausfall (en: mean time to failures)
MTTR	mittlere Dauer bis zur Wiederherstellung (en: mean time to recovery)
POST	Einschaltprüfung (en: power on self test)
RCM	auf die Funktionsfähigkeit bezogene Instandhaltung (en: reliability centred maintenance)
STTE	Sonderprüfeinrichtung (en: special to type test equipment)

4 Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung – Überblick**4.1 Lebenszyklus-Aspekte****4.1.1 Allgemeines**

Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung müssen während sämtlicher Phasen des Lebenszyklus berücksichtigt werden. Die konkret auszuführenden Aufgaben werden in diesem Unterpunkt skizziert und sind in Bild 1 dargestellt.

Während der erstmaligen Entwicklung einer Einheit wird die Instandhaltung am meisten beeinflusst und ihre Instandhaltbarkeit bestimmt. Wenn eine Einheit von einer Organisation entwickelt und als Teil eines größeren Systems eingesetzt wird oder wenn sie in unterschiedlichen Anwendungen oder Umgebungen verwendet wird, so muss dennoch bei der Entwicklung des Systems sichergestellt werden, dass die inhärente Instandhaltbarkeit der Einheit nicht abgeschwächt wird.

Die im Betrieb zu erreichende Zuverlässigkeit wird in hohem Maße durch Entscheidungen beeinflusst, die in den frühen Phasen des Lebenszyklus getroffen werden. Die Planung für die Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung sollte möglichst frühzeitig erfolgen, damit zwischen Funktionsanforderungen, Leistungsfähigkeit, Lebenszykluskosten (siehe IEC 60300-3-3) und Funktionsfähigkeit, Instandhaltbarkeit und Instandhaltungsunterstützung abgewogen werden kann.

Aufgabe oder Prozess	Lebenszyklusphase					
	Konzept und Definition	Entwicklung	Fertigung	Einbau	Betrieb und Instandhaltung	Entsorgung
1. Allgemeine Kundenanforderungen, Einschränkungen, Voraussetzungen	↔					
2. geforderte Funktionsfähigkeit, Instandhaltbarkeit und Prüfbarkeit	↔					
3. Allgemeine Definition der Instandhaltungsunterstützung	↔					
4. Ausfalleffektanalyse		↔			↔	
5. Festlegung eines Instandhaltungskonzeptes		↔			↔	
6. Planung der Mittel für die Instandhaltungsunterstützung		↔				
7. auf die Funktionsfähigkeit bezogene Instandhaltung		↔			↔	
8. Vorbereitung der technischen Dokumentation		↔				
9. Vorbereitung und Bereitstellung von Schulungsmaßnahmen		↔				
10. Verifizierung der Instandhaltungstätigkeiten und Instandhaltungsunterstützung			↔			
11. Bereitstellung von Ersatzteilen, Werkzeugen, Unterstützungseinrichtungen, Informationssystemen und Anlagen			↔			
12. Erfassung von auf die Instandhaltung bezogenen Informationen			↔			
13. Management der Instandhaltung					↔	
14. Vorbereitung der Instandhaltung					↔	
15. Durchführung der Instandhaltung					↔	
16. Messung und Analyse der geleisteten Instandhaltung					↔	
17. Verbesserung/Änderung der Instandhaltung					↔	
18. Eliminierung von Instandhaltungstätigkeiten und Hilfsmittel						↔

Bild 1 – Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung im Lebenszyklus

4.1.2 Szenarien für die Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung

Die Szenarien für Planung und Bereitstellung der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung sind unterschiedlich in Abhängigkeit davon, wer für ihre Umsetzung verantwortlich ist und in welcher Phase des Lebenszyklus sie erfolgen.

Ein für viele Einheiten übliches Szenarium ist es, dass der Hersteller die vollständige Instandhaltung und die Instandhaltungsunterstützungsdienste als ein integrales Element der Lieferung des Produkts bereit stellt. Diese Dienste werden entweder auf vertraglicher Basis bereitgestellt oder werden vom Anwender je nach Bedarf nachgefragt. Die Planung und Bereitstellung der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung kann somit während der Entwicklung geschehen und verbleibt in der primären Verantwortlichkeit des Herstellers, des Lieferanten oder einer anderen ausgelagerten Unterstützungsorganisation. Der Anwender

des Produkts hängt im Wesentlichen von diesem Netzwerk ab, das während des Betriebs und der Instandhaltungsphase alle unterstützenden Dienstleistungen erbringen muss. In diesem Fall sind die Umgebung beim Endanwender und die Unterstützungsfähigkeiten bekannt. In diesem Falle sollte die integrierte logistische Unterstützung (ILS) zum Einsatz kommen (siehe IEC 60300-3-12) bei der Entwicklung der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung als Teil des Produktentwicklungsprozesses.

Ein anderes übliches Verfahren ist es, dass der Lieferant der Einheit lediglich die grundlegende oder standardisierte Planung der Instandhaltungsunterstützung zur Verfügung stellt. Die Anwender führen daraufhin die erforderliche Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung für den betreffenden Anwendungsfall durch, wobei häufig interne Mittel und Ressourcen zum Einsatz kommen. Dies geschieht besonders dann, wenn vorhandene Produkte von einem anderen Zulieferer oder einer Organisation zu komplexen Systemen zusammengefügt und dann an einen Betreiber geliefert werden. Die Verantwortlichkeit für die Entwicklung der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung muss anschließend zwischen dem Lieferanten und dem Anwender vereinbart werden.

Die Vorgehensweise in Bezug auf die Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung erfordert Flexibilität im Hinblick auf den weiten Bereich unterschiedlicher Szenarien. Informationen zu Faktoren, die seitens der Eigentümer, Betreiber und Anwender zu Änderungen in der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung in den verschiedenen Stufen des Lebenszyklus führen können, sind im Anhang A enthalten.

4.1.3 Konzept- und Definitionsphase

Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung sollten in der frühesten Stufe des Lebenszyklus bedacht werden. Entscheidungen, die zu diesem frühen Zeitpunkt getroffen werden, können dabei helfen, die Wirksamkeit der Instandhaltungsunterstützung in späteren Lebenszyklusphasen entweder zu verstärken oder zu begrenzen.

Während der Konzept- und Definitionsphase kann dies dadurch erreicht werden, dass man konzeptionelle Instandhaltungsgrundsätze benennt, die Folgendes beinhalten:

- allgemeine Zielsetzungen zur Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung, Kundenbedürfnisse, behördliche Vorschriften und Einschränkungen;
- geforderte Verfügbarkeit, Funktionsfähigkeit, Instandhaltbarkeit und Prüfbarkeit;
- allgemeine Definition der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung.

4.1.4 Entwicklungsphase

Die konkreten Anforderungen an die Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung werden während der Entwicklungsphase auf Grund der in vorangegangenen Phasen ermittelten Bedürfnisse bestimmt. Die Zielsetzungen hinsichtlich der Verfügbarkeit, Leistung, Produktion, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit setzen häufig voraus, dass ein hoher Grad an Funktionsfähigkeit, Instandhaltbarkeit und Instandhaltungsunterstützung erzielt wird. Gesichtspunkte im Hinblick auf die Instandhaltbarkeit sind in IEC 60300-3-10 dargelegt. Betriebs- und Umweltfaktoren sind ebenfalls wichtige Gesichtspunkte. Eine Fehlzustandsart-, -auswirkungs- und -kritizitätsanalyse (FMECA) kann durchgeführt werden, um den Entwurf zu beurteilen und so nicht akzeptable Ausfallarten zu erkennen. Dies kann dann zu Entwurfsänderungen, betrieblichen Einschränkungen, Vorgaben für die Instandhaltung oder zu anderen Lösungen führen.

Bei Einheiten wie Software, Endverbraucherprodukten oder militärischer Ausrüstung werden während dieser Phase gewöhnlich alle Aspekte der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung geplant, geprüft und bereitgestellt. Die Kunden sollten befragt werden, um sicherzustellen, dass ihre Anforderungen erfüllt werden; sie sind jedoch üblicherweise darauf angewiesen, dass die Zulieferer oder andere Unterstützungsorganisationen während der Lebensdauer des Produkts oder der Systeme Dienstleistungen für die Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung bereitstellen. Dieses Szenario wird als Kundenentwicklung bezeichnet, und es wird empfohlen, entsprechend der integrierten logistischen Unterstützung (ILS) vorzugehen, wie es in IEC 60300-3-12 beschrieben ist.

In anderen Fällen stellt ein Zulieferer ein Produkt her, das dann von einer unabhängigen Entwicklungs- und Errichtungsorganisation in ein größeres System integriert wird, z. B. in eine Fertigungseinrichtung, in eine Prozessanlage oder in ein Telekommunikationsnetz. Der ursprüngliche Lieferant führt die grundlegende Planung für die Instandhaltungsunterstützung durch, aber die Entwicklungs- und Errichtungsorganisation

sollte die Auswirkungen der Verwendung der Produkte und ihre Integration in den endgültigen Systementwurf berücksichtigen.

Die endgültigen Gesichtspunkte zur Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung können vom Anwender, Betreiber oder Kunden festgelegt und umgesetzt werden (siehe Anhang A). Der Entwickler des Instandhaltungs- und Instandhaltungsunterstützungsplans und der Anwender sollten das Instandhaltungskonzept frühzeitig während der Entwicklung festlegen. Unabhängig davon, wer die Anforderungen hinsichtlich Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung endgültig definiert, müssen diese in jedem Fall schon vor dem Betrieb festgelegt werden, damit sie richtig geplant werden können. Die für die Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung erforderlichen Mittel können aus einer Analyse der auf die Funktionsfähigkeit bezogenen Instandhaltung (RCM) abgeleitet werden, wie in IEC 60300-3-11 oder in anderen Verfahren beschrieben.

Abwägungen können erforderlich sein und Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung müssen möglicherweise zur Optimierung der Leistungsfähigkeit, Funktionsfähigkeit, Instandhaltbarkeit, Sicherheit und Kosten angepasst werden. Es kann wünschenswert sein, die Notwendigkeit der Instandhaltung ganz zu beseitigen, sofern dies technisch möglich oder wirtschaftlich sinnvoll wäre.

Schulungsunterlagen, Hilfsmittel und Geräte müssen ermittelt werden und vor Eintritt in die Betriebs- und Instandhaltungsphase rechtzeitig zur Schulung bereit stehen. Schulung muss gegebenenfalls auch in der Betriebs- und Instandhaltungsphase fortgeführt werden.

Während der Entwicklungs- und Fertigungsphase kann es erforderlich sein, geplante Instandhaltungstätigkeiten sowie die Wirksamkeit der Prozeduren zur Unterstützung der Instandhaltung, der Werkzeuge, der Dokumentation, der Anlagen und anderer Ressourcen zu verifizieren und zu prüfen. Hieran sollten der Kunde, der Betreiber oder Anwender beteiligt werden, um sicherzustellen, dass deren Bedürfnisse erfüllt werden (siehe IEC 60706-3).

4.1.5 Fertigungsphase

Neben der Entwicklung und Bauelementeauswahl wirkt sich die Qualität der Fertigung direkt auf die Funktionsfähigkeit der Produkte und Systeme sowie auf den späteren Instandhaltungsaufwand aus. Sofern möglich, sollten die Anwender sicherstellen, dass das Niveau von Funktionsfähigkeit, Instandhaltbarkeit und Prüfbarkeit ihren Zielsetzungen entspricht, damit Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung wie geplant während der Betriebs- und Instandhaltungsphase durchgeführt werden.

Die Werkzeuge, Unterstützungseinrichtungen und Anlagen, die für die Durchführung von Instandhaltungs- und Instandhaltungsunterstützungstätigkeiten benötigt werden, sollten während dieser Phase bereitgestellt werden. Die Zusammenstellung von Fertigungsinformationen und für die Instandhaltung wichtigen Daten kann für Instandhaltungszwecke von Bedeutung sein. Die Notwendigkeit der Beschaffung von Ersatzteilen sollte ebenfalls in dieser Stufe bedacht werden.

4.1.6 Einbauphase

Eine ordnungsgemäße Installation und Inbetriebnahme der Einheiten ist für den erfolgreichen Einsatz und Betrieb unerlässlich. Die vom Hersteller vorgeschriebenen Anweisungen und Prozeduren sollten eingehalten und die Einheiten sollten im Zusammenhang mit den Prüfungen nicht außerhalb der festgelegten Grenzwerte betrieben werden.

Während dieser Phase können Instandhaltbarkeits-Demonstrationen und Prüfungen der Maßnahmen zur Instandhaltungsunterstützung zusätzlich zu bereits früher gemachten Prüfungen in der Entwicklungsphase durchgeführt werden. Leistungstests und andere Prüfungen können als Grundlage der Zustandsüberwachungs- und Instandhaltungsaufgaben dienen.

4.1.7 Betriebs- und Instandhaltungsphase

Während der Betriebs- und Instandhaltungsphase setzt der Anwender beziehungsweise Betreiber die Maßnahmen zur Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung um, die während der Entwicklungsphase geplant wurden. Sofern diese noch nicht vollständig festgelegt wurden, müssen sie vom Anwender so frühzeitig wie möglich erarbeitet und dokumentiert werden (siehe Anhang A).

Im anfänglichen Gewährleistungszeitraum müssen die vom Hersteller festgelegten Betriebs- und Instandhaltungsverfahren sorgfältig eingehalten werden, damit bei einem Ausfall die Geltung der Gewährleistung sichergestellt ist.

Die organisatorischen Verantwortlichkeiten sollten festgelegt und für alle Instandhaltungs- und Instandhaltungsunterstützungstätigkeiten zugewiesen werden. Die Organisation kann entscheiden, ob alle erforderlichen Tätigkeiten zur Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung selbst durchgeführt oder zum Teil oder vollständig extern in Auftrag gegeben werden sollen. Wenn der Anwender diese Maßnahmen zum Teil oder vollständig extern in Auftrag gibt, so behält er weiterhin die letztendliche Verantwortung; deshalb ist es dann wichtig, dass das Ausmaß des Kundendienstes vereinbart wird, um die vertraglichen Pflichten dieser externen Organisationen festzulegen. Hersteller können für eine vorbestimmte Zeitdauer die Verantwortung dafür übernehmen, technische Unterstützung zu geben und Mittel wie Ersatzteile, entweder als Teil der Erstlieferung oder im Rahmen einer späteren Vereinbarung zur Instandhaltung, bereitzustellen. Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung müssen regelmäßig überprüft werden, um auf Änderungen der Kundenbedürfnisse und der Betriebsbedingungen sowie auf Weiterentwicklungen in der Instandhaltungstechnologie, z. B. bei den Werkzeugen und Zustandsüberwachungsverfahren, einzugehen. Entsprechende Änderungen sind eventuell auch aufgrund des Alters der Einheiten oder auf der Grundlage einer Alterungsuntersuchung erforderlich, sofern ein RCM-Programm implementiert wurde. Wenn neue Systeme hinzugefügt oder Modifikationen vorgenommen werden, sollten immer auch Änderungen in der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung angesprochen werden.

4.1.8 Entsorgungsphase

Der Austausch und die Entsorgung einer Einheit kann mehrere Gründe haben, so zum Beispiel Abkündigung, Nichterfüllbarkeit der Funktionsspezifikationen, Wegfall der Instandhaltungsunterstützung seitens des Herstellers oder anderer externer Unterstützungsmittel oder wirtschaftliche Gründe. Die Instandhaltungsunterstützung muss anlässlich der Entsorgung gegebenenfalls modifiziert oder aufgehoben werden. Der Mangel an geeigneter, wirtschaftlich vertretbarer Instandhaltungsunterstützung kann für sich selbst genommen zur Entsorgung einer Einheit führen, sollte diese dadurch irreparabel werden. Es sollte daher die langfristige Instandhaltungsunterstützung einer Einheit während ihrer gesamten beabsichtigten Lebensdauer überprüft werden.

4.2 Beschreibung der Instandhaltung

4.2.1 Allgemeines

Instandhaltung ist die Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen einschließlich Überwachungsmaßnahmen, mit denen eine Einheit in einem Zustand erhalten oder in ihn zurückversetzt werden soll, in dem sie eine geforderte Funktion erfüllen kann.

Grundlegende Begriffe bezüglich Instandhaltung und ihrer Wechselbeziehungen sind in Bild 2 dargestellt.

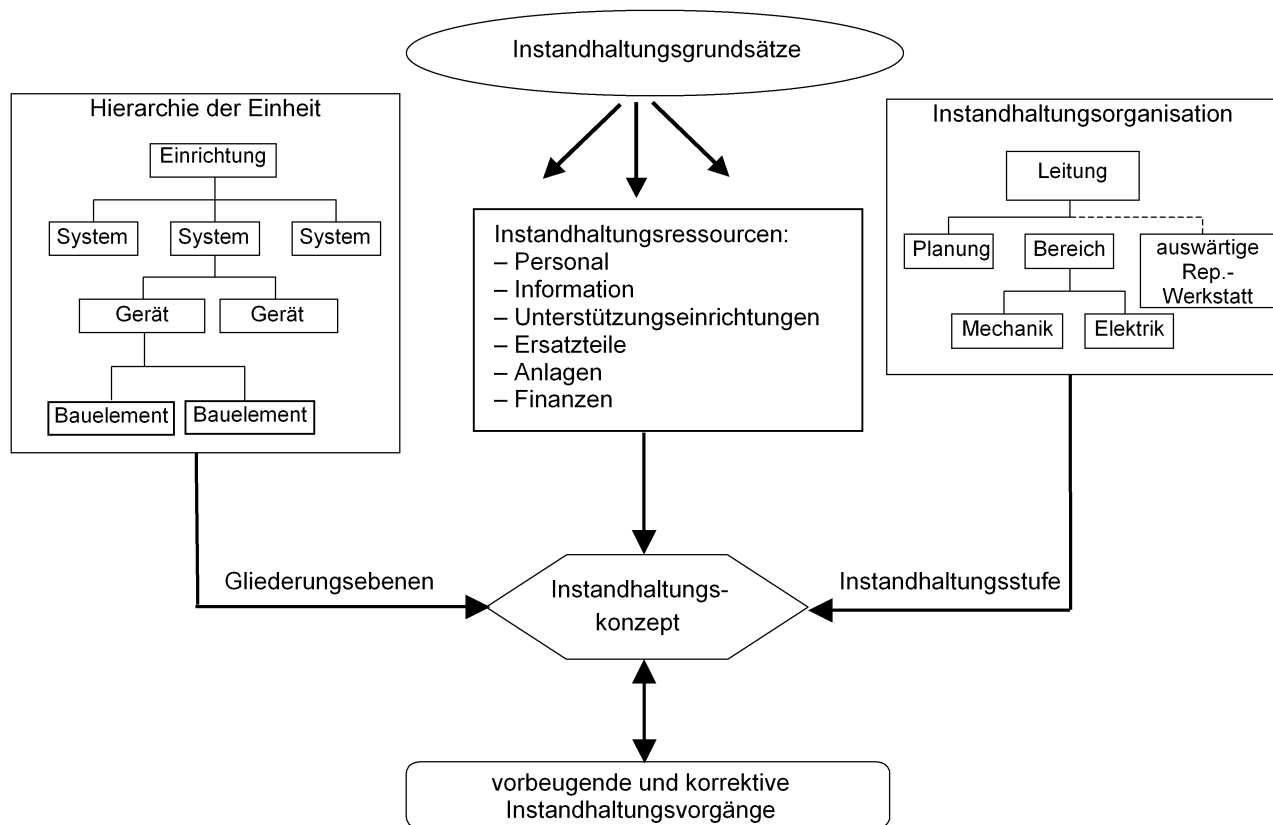


Bild 2 – Wechselbeziehungen zwischen den Instandhaltungsbegriffen

4.2.2 Instandhaltungsgrundsätze und Konzept

In den Instandhaltungsgrundsätzen wird auf der Grundlage der Zielsetzungen und Politik der Eigentümer, Anwender und Kunden (siehe 5.3) die allgemeine Vorgehensweise zur Bereitstellung der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung festgelegt. Sie beeinflusst die während des gesamten Lebenszyklus der Einheit zu fallenden Entscheidungen zu Instandhaltungstätigkeiten und Ressourcen.

Das Instandhaltungskonzept ist die für eine Einheit entwickelte spezifische Vorgehensweise in verschiedenen Instandhaltungsebenen unter Beachtung der Gliederungsebenen. Es greift auf Mittel für die Instandhaltungsunterstützung im Rahmen der Instandhaltungsgrundsätze zurück und wird von einer Instandhaltungsstufe durchgeführt.

4.2.3 Gliederungsebenen

Einheiten (zum Beispiel Anlagen, Systeme, Baugruppen, Geräte, Bauelemente) können in Form einer Hierarchie oder durch Gliederungsebenen beschrieben werden, auf deren Grundlage Instandhaltungsvorgänge vorgeschrieben werden. Der Satz von Instandhaltungsvorgängen, der auf einer bestimmten Gliederungsebene durchzuführen ist, wird als Instandhaltungsebene bezeichnet. Die Instandhaltungsebene kann in Arbeitseinheiten oder Instandhaltungselemente untergliedert werden. Eine Aufeinanderfolge von Instandhaltungselementen, die zu einem bestimmten Zweck durchgeführt werden, bildet dann die eigentliche Instandhaltungsaufgabe.

4.2.4 Instandhaltungsstufen

Stellen in einer Organisation, an denen Instandhaltung ausgeführt wird, werden als Instandhaltungsstufen bezeichnet. Dabei kann es sich entweder um interne Gruppen handeln, z. B. Service-Techniker und Personal in Reparaturwerkstätten, oder um Personal in externen Einrichtungen wie die Überholungsanlagen des Herstellers.

4.2.5 Vorbeugende und korrektive Instandhaltung (Wartung und Instandsetzung)

Vorbeugende Instandhaltung kann in regelmäßigen Abständen oder gemäß vorgeschriebenen Kriterien durchgeführt werden, um die Ausfallwahrscheinlichkeit oder die Funktionsminderung einer Einheit zu reduzieren und so die Funktion der Einheit zu erhalten oder um einen versteckten Fehlzustand zu erkennen. Dies kann sich an dem aktuellen Zustand orientieren und dadurch erreicht werden, dass die Funktionen überwacht werden, bis ein Ausfall unmittelbar bevorsteht, oder durch die Durchführung von Funktionsprüfungen, um den Ausfall von verborgenen Funktionen zu erkennen und dann die Instandhaltung durchzuführen. Sie kann auch durch feste Intervalle vorbestimmt sein (zum Beispiel Kalenderzeit, Betriebsstunden, Anzahl von Zyklen) und besteht aus der regelmäßigen Ausbesserung oder dem Austausch einer Einheit oder ihrer Bauelemente.

Bei der Instandsetzung werden die Funktionen einer Einheit wiederhergestellt, nachdem ein Ausfall aufgetreten ist oder die Leistung die angegebenen Grenzwerte nicht mehr erreicht. Einige Ausfälle sind hinnehmbar, sofern deren Auswirkungen (zum Beispiel Produktionsverlust, Sicherheit, Auswirkung auf die Umwelt, Kosten des Ausfalls) im Vergleich zu den Kosten der vorbeugenden Instandhaltung tolerierbar sind. Dies führt zu einer Vorgehensweise, bei der man mit der Instandhaltung bis zum Eintritt eines Ausfalls wartet.

Sind die Auswirkungen des Ausfalls schwerwiegend, so sollte eine Ursachen-Wirkungs-Analyse gemacht werden, um das Wiederauftreten zu verhindern.

Wartung wird üblicherweise geplant, Instandsetzung erfolgt dagegen meist ohne Planung. Es ist nicht unüblich, die Instandsetzung auf einen späteren, besser geeigneten Termin aufzuschieben, solange durch Redundanz die Funktion bewahrt wird.

Instandhaltungsaufgaben können unterschiedlich angegangen werden, je nachdem, wie kritisch ein Produkt ist und welches Instandhaltungskonzept gewählt wurde. Diese sind in Bild 3 beschrieben.

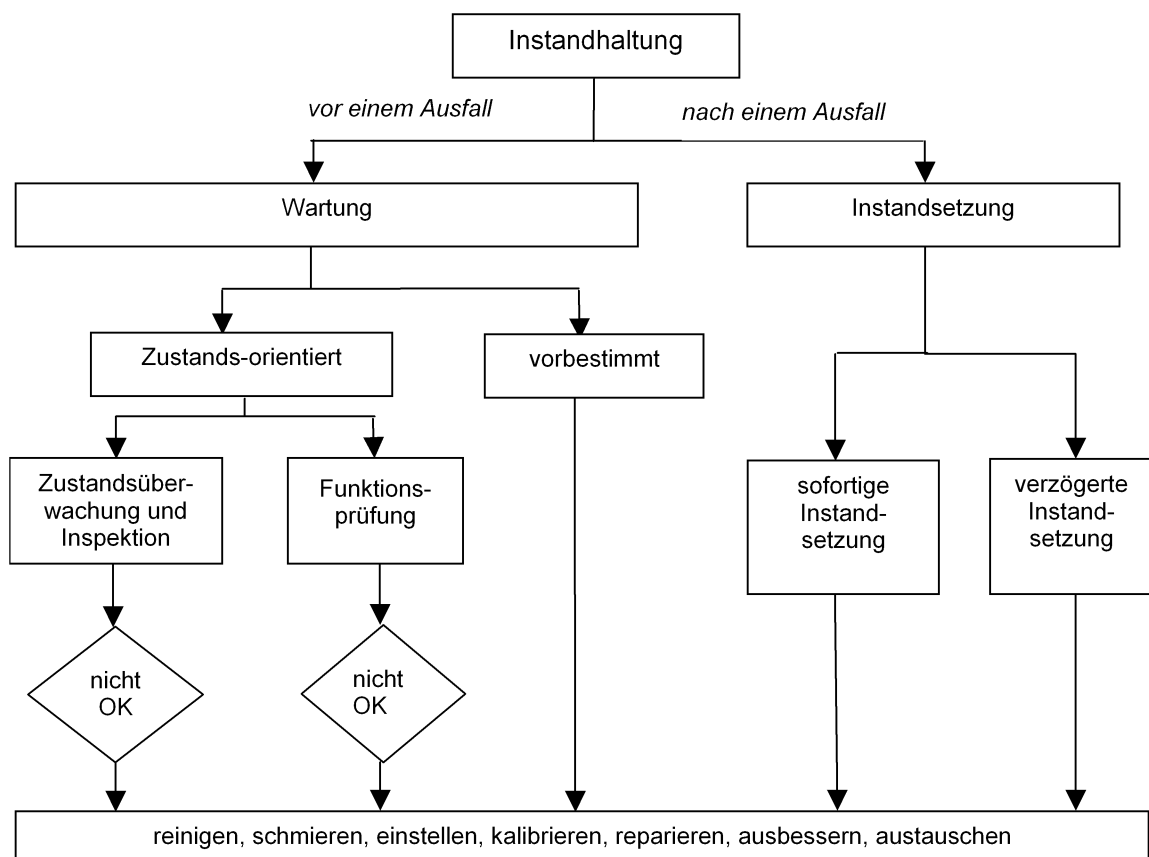


Bild 3 – Arten von Instandhaltungsvorgängen

4.3 Beschreibung der Instandhaltungsunterstützung

Die Instandhaltungsunterstützung besteht aus den notwendigen Mitteln, eine Einheit bei gegebenem Instandhaltungskonzept und geleitet durch Instandhaltungsgrundsätze instand zu halten. Zu den Ressourcen gehören Menschen, Unterstützungseinrichtungen, Material und Ersatzteile, Instandhaltungsanlagen, Dokumentation, Information und Informationssysteme zur Instandhaltung (siehe Abschnitt 7). Die Fähigkeit einer Organisation, unter gegebenen Bedingungen die Instandhaltung durchzuführen, wird mit Instandhaltungsbereitschaft bezeichnet.

5 Verantwortlichkeit der Leitung

5.1 Verpflichtungen der Leitung

Die Leitung, in Vertretung der Eigentümer, Anwender, Betreiber, Hersteller, Lieferanten oder Kunden, ist dafür verantwortlich, dass die Ressourcen für die Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung im Rahmen eines Gesamt-Zuverlässigkeitsplans bereitgestellt werden, um wirtschaftliche Betriebsbedingungen zu ermöglichen. Hierzu gehören:

- Festlegung der Instandhaltungsgrundsätze;
- Planung der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung während der Entwicklungsphase;
- Treffen von Entscheidungen über Kompromisse zwischen Funktionsanforderungen, Leistungsfähigkeit, Lebenszykluskosten und Funktionsfähigkeit, Instandhaltbarkeit und Instandhaltungsunterstützung;
- Bereitstellung und Verbessern von Ressourcen für die Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung während der Betriebs- und Instandhaltungsphase.

Für einige Einheiten beginnt und verbleibt diese Verantwortlichkeit beim Hersteller. Für andere trägt der Hersteller die anfängliche Verantwortung für die Angabe der benötigten Instandhaltungsunterstützung, aber der Endanwender oder Betreiber übernimmt die endgültige Verantwortung für den Abschluss des Planungsvorgangs und die Umsetzung der Ergebnisse.

5.2 Kunden

Bei einigen Einheiten ist der Kunde auch Anwender und ist hinsichtlich Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung in hohem Maße auf den Hersteller angewiesen. Der Hersteller bleibt dafür verantwortlich, dass diese Dienste in angemessener Form erbracht werden, und muss daher über ihre Angemessenheit informiert bleiben. Dies erfordert technisches Fachwissen seitens des Herstellers und einen kontinuierlichen Austausch mit den Kunden einschließlich der Rückmeldungen seitens des Kunden. Immer häufiger kann die Verantwortung für Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung an Dritte mittels einer Kundendienstvereinbarung vergeben werden.

Bei anderen Einheiten erbringt der Betreiber dem Kunden gegenüber eine Dienstleistung und übernimmt somit die primäre Verantwortlichkeit für die Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung. Die Betreiberorganisation sollte mit dem Kunden kommunizieren, um sicherzustellen, dass die Gesamt-Zuverlässigkeit erreicht wird.

5.3 Instandhaltungsgrundsätze

Die für die Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung zuständige Organisation sollte Instandhaltungsgrundsätze erarbeiten, die als Leitfaden für die Planung, Durchführung, Bewertung, Analyse und Verbesserung der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung dienen. Während der Konzept- und Definitionsphase sollten konzeptionelle Instandhaltungsgrundsätze festgelegt werden, die danach in der Entwicklungsphase weiter ausgearbeitet werden. Weitere Änderungen und Verbesserungen können in der Betriebs- und Instandhaltungsphase erfolgen, die Instandhaltungsgrundsätze müssen somit ständig auf dem neuesten Stand gehalten werden.

Die Entwicklung der Grundsätze kann eingeführten Organisationsplanungsverfahren folgen, zu denen üblicherweise Unternehmensziele, Grundsätze und Zielsetzung für die Instandhaltung, Aktionspläne und

Leistungskenngrößen gehören. Je nach Gegebenheit sollte diese Entwicklung den Eigentümer, Anwender und Kunden mit einschließen.

Die Zielsetzungen für die Instandhaltung werden aus den Unternehmenszielen und Kundenbedürfnissen heraus entwickelt. Zu diesen Zielsetzungen können gehören: Verfügbarkeit, Sicherheit, Leistung und Instandhaltungskosten. Sie sollten allen an der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung beteiligten Personen mitgeteilt werden, einschließlich der externen Partner.

Aus diesen Zielsetzungen heraus abgeleitete Aktionspläne bilden die Grundlage dafür, dass die Kundenbedürfnisse sicher erfüllt und Verbesserungen eingeführt werden können, auf der Grundlage anerkannter, an den Kunden, den Geschäftszielen und der Instandhaltung orientierten Leistungskenngrößen. Zu den Plänen können Verbesserungen gehören wie beispielsweise neue Verfahren der Zustandsüberwachung und neue Werkzeuge, besseres Informationsmanagement und wirksamere Managementprozesse. Die Messung der Leistungskenngrößen wird in 8.2 behandelt.

5.4 Planung der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung

Bei der Planung der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung sollten die folgenden Aspekte berücksichtigt werden:

- auf die Anforderungen des Kunden, der Sicherheit und behördlicher Vorschriften bezogene Zuverlässigkeitszielsetzungen;
- anzuwendendes Instandhaltungskonzept;
- Methodik für die Optimierung der Instandhaltung;
- für die Umsetzung des angegebenen Instandhaltungskonzepts benötigte Unterstützungsmittel;
- Verantwortlichkeiten für Management und Organisation der Instandhaltungstätigkeiten;
- Integration individueller Empfehlungen zur Instandhaltung eines Produktes in ein größeres System;
- Auswirkung auf und Verfügbarkeit von bestehenden Unterstützungsmitteln.

5.5 Verantwortlichkeiten, Befugnisse und Kommunikation

Die Leitung der Organisation muss dafür Sorge tragen, dass die Planung für die Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung im Rahmen des Gesamt-Zuverlässigkeitsprogramms erfolgt (siehe IEC 60300-1 und IEC 60300-2). Die konkreten Funktionen und Verantwortlichkeiten müssen bestimmt, zugewiesen und den Kunden, den Anwendern und den betroffenen Abteilungen der Organisation sowie den externen Beteiligten mitgeteilt werden.

6 Umsetzung der Instandhaltungsprozesse

6.1 Allgemeines

Der Anwender sollte Prozesse einrichten, die eine konsistente Anwendung der Tätigkeiten zur Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung sowohl bei der Planung als auch bei der Ausführung sicherstellen. Eine allgemeine Beschreibung der unerlässlichen Prozesse ist in Bild 4 dargestellt und wird in 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 8.2, 8.3 und 8.4 weiter erklärt. Jede Organisation sollte ihre Prozesse auf die Kundenbedürfnisse und auf den Zusammenhang zuschneiden, in dem die Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung erfolgt.

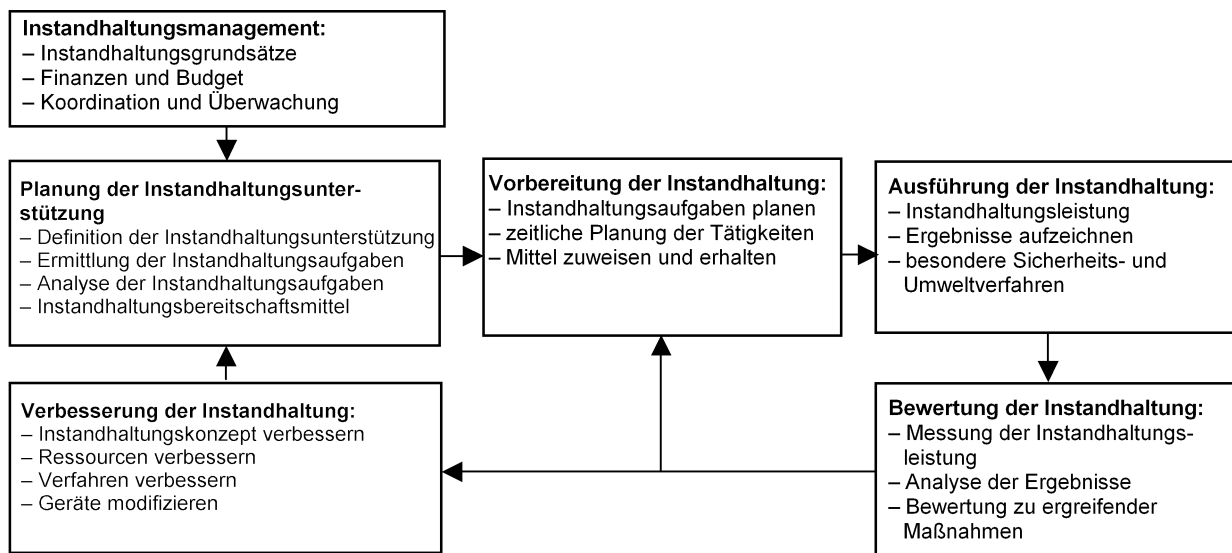


Bild 4 – Instandhaltungsprozesse

6.2 Instandhaltungsmanagement

Das Management der Tätigkeiten zur Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung besteht aus:

- der Entwicklung und Aktualisierung der Instandhaltungsgrundsätze;
- der Bereitstellung von Finanzmitteln für die Instandhaltung;
- Koordination und Überwachung der Instandhaltung.

Die Instandhaltungsgrundsätze werden von der für die Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung verantwortlichen Leitung entwickelt, in Zusammenarbeit mit allen an der Instandhaltung beteiligten Gruppen. Die Grundsätze sollten förmlich dokumentiert und regelmäßig neu bewertet werden.

Angemessene finanzielle Unterstützung muss bereitgestellt und durch Budgetierungsverfahren und einem Finanzberichtswesen unterstützt werden.

Die Leitung sollte Organisationsstrukturen entwerfen, durch die Tätigkeiten für die Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung ermöglicht werden und durch die wirksam mit Gruppen, die Instandhaltungsmittel sowohl intern als auch extern bereitstellen, zusammengearbeitet werden kann.

6.3 Planung der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung

6.3.1 Allgemeines

Der Zweck der Planung der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung ist es, das Instandhaltungskonzept für Einheiten mit Instandhaltungsbedarf aufzustellen, die erforderlichen Mittel für die Instandhaltung bereitzustellen und dafür zu sorgen, dass die geforderten Informationen während der Instandhaltung erfasst werden.

Die Planung der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung kann sowohl während der Entwicklungsphase als auch während der Betriebs- und Instandhaltungsphase des Lebenszyklus erfolgen, entsprechend den in 4.1.2, 4.1.4 und 4.1.7 beschriebenen Szenarien. Bei einigen Einheiten wird diese Planung nahezu vollständig vor Eintritt in die Betriebs- und Instandhaltungsphase durchgeführt; anschließend finden nur noch Verbesserungstätigkeiten statt. IEC 60300-3-12 beschreibt ein Verfahren für die integrierte Planung der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung in diesem Zusammenhang.

In anderen Fällen ist der Endanwender und Betreiber dafür verantwortlich, die Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung zu planen und zu entwickeln, die dann während der ersten Abschnitte der Betriebs- und Instandhaltungsphase ausgeführt und benötigt wird. Dies geschieht häufig dann, wenn handelsübliche

(en: commercial-off-the-shelf, COTS) Einheiten in ein größeres System eingebaut, konstruiert und installiert werden, wie beispielsweise eine Fertigungsstätte oder eine petrochemische Prozessanlage. Üblicherweise empfiehlt der Hersteller der handelsüblichen (COTS) Einheiten Instandhaltungsaufgaben und dazu nötige Mittel. Diese müssen gewöhnlich bewertet und an konkrete Situationen und Bedingungen angepasst werden. Im Anhang A sind die ggf. zu beachtenden Faktoren beschrieben.

Anwender können mit einem Dritten vertraglich eine langfristige Kundendienstvereinbarung treffen, nach der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung zu liefern sind. Solche Vereinbarungen können einige Aspekte der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung wie z. B. Versorgung mit Ersatzteilen oder Bereitstellung von Instandhaltungsdiensten umfassen, oder sie können die vollständige Verantwortung für alle Aspekte der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung mit einer Leistungs- und Verfügbarkeitsgarantie umfassen. Eine klare Definition der Zielsetzungen und Verantwortlichkeiten für die Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung ist dabei sehr wichtig.

Die Elemente der Planung der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung sind in Bild 5 skizziert und in den folgenden Abschnitten beschrieben.

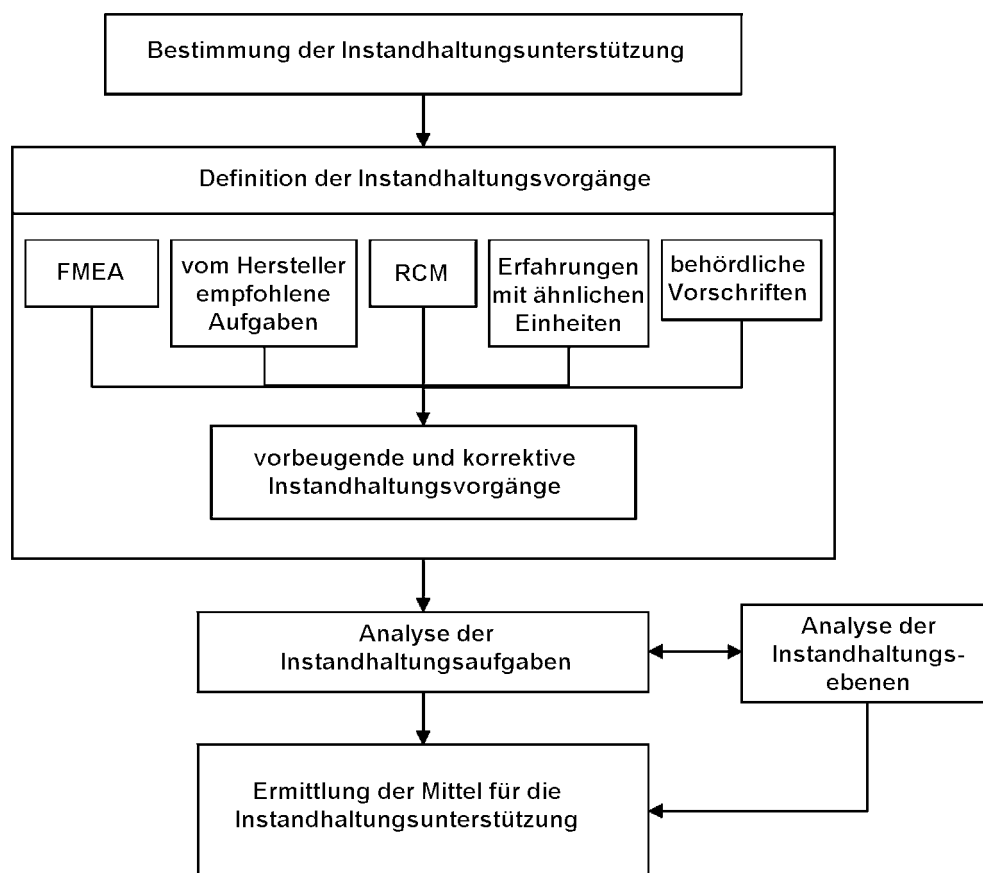


Bild 5 – Planungsprozess für die Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung

6.3.2 Bestimmung der Instandhaltungsunterstützung

Als Erstes sollten allgemeine Leitlinien für die Planung der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung auf der Grundlage der Instandhaltungsgrundsätze und unter Beachtung des betrieblichen Einsatzes festgelegt werden.

Die Instandhaltungsgrundsätze sollten beachtet werden hinsichtlich allgemeiner Leitlinien zu Zielen, Zielsetzung und Grundsätzen bezüglich:

- Leistung oder Fähigkeit von Prozess und Einheit;

- Verfügbarkeit und Funktionsfähigkeit von Prozess und Einheit;
- Verwendung externer Mittel und Verträge zu Instandhaltungsdiensten;
- Organisationsstruktur und Verantwortlichkeiten;
- Einsatz von Techniken und Werkzeugen zur Zustandsüberwachung;
- Kosten und andere Einschränkungen.

Zusätzlich sollte in einer Studie zum betrieblichen Einsatz Folgendes ermittelt werden:

- Einheiten und Systeme, die zum Erreichen der Prozesszielsetzung wichtig sind;
- Einheiten und Systeme, bei denen Sicherheitsgesichtspunkte zu beachten sind;
- Betriebsprofile;
- Umweltbedingungen;
- erwartete Einsatzdauer.

Dem beabsichtigten Einsatz zuzuordnende Faktoren der Instandhaltungsunterstützung sollten ermittelt und dokumentiert werden. Diejenigen Betriebsstellen und Tätigkeiten der Instandhaltungsunterstützung, die dem geplanten betrieblichen Umfeld und der Instandhaltungsbereitschaftsumgebung am nächsten kommen, sollten vor Ort besucht werden. Faktoren der Instandhaltungsunterstützung hinsichtlich dem beabsichtigten Einsatz einer neuen Einheit, quantitative Daten und Berichte über Besuche vor Ort sollten dokumentiert werden.

Betriebserfahrung mit ähnlichen Systemen sollte dahingehend bewertet werden, die in der Vergangenheit gemachte Erfahrung auf die Anforderungen an die Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung der Neuerwerbung zu beziehen. Bei dieser Bewertung sollten Informationen zu Versorgung, Instandhaltung und Betrieb von im Dienst befindlichen Systemen verwendet werden. Dabei sollten erfasste Daten und andere zugehörige Dokumentationen verwendet werden, die aus Besuchen vor Ort stammen. Diese Information wird zur Verbesserung der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung verwendet werden.

6.3.3 Ermittlung der Instandhaltungsaufgaben

Die Instandhaltungsaufgaben werden dann durch eine einzige oder eine Kombination der folgenden Vorgehensweisen ermittelt:

- die Empfehlungen des Herstellers anpassen;
- die Einheiten mittels einer strukturierten Vorgehensweise analysieren, beispielsweise durch eine auf die Funktionsfähigkeit bezogene Instandhaltung (Reliability Centred Maintenance, RCM) auf der Grundlage einer FMECA;
- auf die aktuelle Erfahrung mit der Einheit vertrauen.

Man kann sich lediglich auf die Herstellerempfehlungen zu Instandhaltungsaufgaben verlassen, aber die Anwender müssen bestätigen, dass diese für deren betriebliche Zwecke geeignet sind. Der Hersteller ist üblicherweise nicht in der Lage, Faktoren vorherzusehen wie geschäftliche Konsequenzen eines Ausfalls, Sicherheitsüberlegungen, behördliche Vorschriften, die Verwendung von Zustandsüberwachungstechniken, Verfügbarkeit von Ressourcen und einmalige Umweltbedingungen.

In Situationen, in denen vom Hersteller keine Instandhaltungsaufgaben spezifiziert sind oder diese nicht zutreffend sind und in denen Einheiten als wichtig angesehen werden, sollte eine strukturierte Analyse wie eine RCM durchgeführt werden (siehe IEC 60300-3-11). RCM beruht auf einer FMECA (siehe IEC 60812), bei der systematisch die wahrscheinlichen Ausfallarten ermittelt werden, die Eintrittshäufigkeit, die möglichen Auswirkungen eines jeden Ausfalls, und die Wirkbreite und Wirtiefe eines Ausfalls auf Leistungsfähigkeit, Verfügbarkeit, Funktionsfähigkeit, Sicherheit oder sonstige bedeutende Ergebnisse. FMECA kann in das Zuverlässigkeitsprogramm während der Entwicklung aufgenommen oder muss gegebenenfalls vor der Durchführung einer RCM ausgeführt werden. Die FMECA wird dann am nützlichsten sein, wenn sie als Teil der RCM durchgeführt wird, obwohl eine FMEA auch alleine zur Ermittlung der erforderlichen Instandsetzungsarbeiten ausgeführt werden kann.

Eine RCM-Analyse besteht aus einem systematischen Vorgehen. Dabei werden Zuverlässigkeits- und Sicherheitsdaten analysiert, um die Machbarkeit von und den Wunsch nach vorbeugenden Instandhaltungsaufgaben zu bestimmen, auf Problemgebiete der Instandhaltung hinzuweisen, die dann in Entwicklungsbewertungen zu beachten sind, und um das wirkungsvollste Programm zur vorbeugenden Instandhaltung aufzustellen. Die RCM-Logik wird auf die in der FMECA ermittelten individuellen Ausfallarten jeder Einheit durch eine progressive Bestimmung, wie drohende Ausfälle entdeckt und korrigiert werden können, angewendet, um so das inhärente Zuverlässigkeits- und Sicherheitsniveau zu bewahren.

Die RCM-Analyse beruht auf FMECA-Daten und ermittelt vorbeugende Instandhaltungsaufgaben, um

- beginnende Ausfälle zu erkennen und zu korrigieren, entweder bevor diese eintreten oder bevor diese sich zu größeren Störungen entwickeln;
- die Ausfallwahrscheinlichkeit zu verringern;
- eingetretene verborgene Ausfälle zu erkennen;
- die Wirtschaftlichkeit des Instandhaltungsprogramms zu erhöhen.

Falls die Ausfallauswirkungen toleriert werden können und die Kosten der Instandsetzung geringer sind als die einer vorbeugenden Instandhaltung, kann es die beste Vorgehensweise sein, die Instandhaltung nicht zeitlich starr einzuplanen.

Bei Einheiten, mit denen man genügend Betriebs- und Instandhaltungserfahrung gemacht hat, kann es ausreichend sein, nur auf die aktuellen Instandhaltungspraktiken und Erfahrungen zu vertrauen. Jedoch sollten die in 6.3.2 besprochenen Faktoren dennoch bewertet und bedacht werden.

Sollten unterschiedliche Instandhaltungsaufgaben möglich sein (zum Beispiel Zustandsüberwachung oder regelmäßiger Austausch), kann es erforderlich sein, Abwägungen zwischen Faktoren wie Verfügbarkeit der Einheit, für die Instandhaltung zur Verfügung stehende Zeiten und Kosten zu berücksichtigen und zu bewerten.

6.3.4 Analyse der Instandhaltungsaufgaben

Bei der Analyse der Instandhaltungsaufgaben werden die für jede instand zu haltende Einheit spezifischen Informationen und Ressourcen ermittelt. Dazu gehören:

- Beschreibung der Instandhaltungsaufgabe bis zum für eine zur Instandhaltung qualifizierten Person notwendigen Detaillierungsgrad;
- Häufigkeit der Aufgabe auf Basis einer relevanten Maßgröße wie abgelaufene Zeit, Betriebsstunden, Anzahl von Betriebszyklen oder Entfernung;
- Anzahl und Qualifikationsniveau des Personals und für die Durchführung der Aufgabe erforderliche Zeit;
- Instandhaltungsprozeduren für Aus- und Einbau;
- zu beachtende Sicherheitsprozeduren;
- Prozeduren für Handhabung, Transport und Entsorgung gefährlicher Materialien;
- notwendige Sonderwerkzeuge, Prüf- und Unterstützungseinrichtungen;
- Ersatzteile, Materialien und Verbrauchsgüter zum Verbrauchen oder Ersetzen;
- Beobachtungen und Messungen;
- Abschlussprozeduren zum Verifizieren des ordnungsgemäßen Betriebs und des erfolgreichen Abschlusses der Instandhaltungsaufgabe.

Die Aufgaben werden dann bewertet, und die Häufigkeit ihrer Durchführung wird dann an eingeschränkte Instandhaltungsfenster, an optimierte Verfügbarkeit oder Ressourcen angepasst.

Wo immer möglich sollten bestehende Datenquellen über die Analyse der Instandhaltungsaufgaben verwendet werden (zum Beispiel vorhandene Handbücher, Instandhaltungsanweisungen oder ILS-Berichte), jedoch muss die Anwendbarkeit dieser unterschiedlichen Anwendungen oder Umgebungen beachtet werden.

6.3.5 Ermittlung der Mittel für die Instandhaltungsunterstützung

Bei der Festlegung des detaillierten Instandhaltungskonzepts muss bestimmt werden, in welcher Instandhaltungsstufe Einheiten repariert oder ersetzt werden sollten. Einheiten können vor Ort, in einer örtlichen Reparaturwerkstätte oder in einer externen Reparaturanlage instand gehalten werden. Das Ziel ist es, angemessene Instandhaltungsstufen festzulegen, um Kosten bei gegebenen Einschränkungen der Verfügbarkeit zu minimieren.

Eine Analyse der Instandhaltungsebenen (en: Level of Repair Analysis, LORA) kann zur Bestimmung der optimalen Instandhaltungsstufen durchgeführt werden. Für die Analyse werden u. a. die folgenden Angaben benötigt:

- Betriebsdaten der Einheit, Menge und Ort;
- in Frage kommende Reparaturalternativen;
- Kostenfaktoren;
- Reparaturpersonal und Ressourcen;
- Daten zur Zuverlässigkeit der Einheit;
- Umlauf- und Transportzeit zu und von den Reparaturanlagen;
- Anwenderpolitik und Einschränkungen.

Anhand des Ergebnisses der detaillierten LORA kann man jeder Einheit eine Instandhaltungsstufe zuweisen und erhält Eingabedaten für die Analyse der Instandhaltungsaufgaben und die Ermittlung der Mittel für die Instandhaltungsunterstützung.

Auf der Grundlage des LORA-Ergebnisses ist es dann möglich, das Instandhaltungskonzept für jede Einheit abschließend festzulegen. Es kann dann entschieden werden,

- ob Instandhaltungspersonal von der Organisation oder von externen Quellen gestellt wird,
- wer Ersatzteile, Materialien und Verbrauchsgüter liefert, zum Beispiel Lagerbestand, örtliche Quellen oder externe Lieferanten,
- von wo Sonderwerkzeuge, Transport-, Hub-, Prüf- und Unterstützungseinrichtungen bezogen werden können,
- von wo Geräte zur Zustandsüberwachung und Software bezogen werden können,
- welche Infrastruktur bereitgestellt werden muss, um die Instandhaltungsgrundsätze umsetzen zu können.

6.4 Vorbereitung der Instandhaltung

Die Planung der spezifischen Instandhaltungsaufgaben muss mit genügend großer Vorlaufzeit erfolgen, damit die notwendigen Ressourcen eingeplant und geliefert werden können. Hierzu gehört:

- Personal ermitteln und zuweisen;
- Materialien und Ersatzteile von externen Quellen oder Lagerbeständen erwerben;
- sicherstellen, dass Werkzeuge, Transport-, Hub- und Unterstützungseinrichtungen verfügbar sind;
- notwendige Betriebs-, Instandhaltungs-, Sicherheits- und Umweltprozeduren und Arbeitspläne vorbereiten;
- externe Ressourcen ermitteln und vorbestellen;
- Kommunikationsmittel ermitteln;
- notwendige Schulung bereitstellen.

Tätigkeiten werden nach einem Prioritätensystem so eingeplant, dass die dringendsten und wichtigsten Tätigkeiten zuerst erledigt und Ressourcen effizient eingesetzt werden.

Der Einsatz von Instandhaltungsmitteln kann ausgelöst werden durch Call Center, besondere Einsatzprozeduren, automatische Ferndiagnose, Gerätebetreiber oder Anwender, oder anderweitig.

6.5 Durchführung der Instandhaltung

Die Instandhaltungsaufgaben sollten mit der gebührenden Sorgfalt und Aufmerksamkeit hinsichtlich der technischen Aspekte Isolierung, Zerlegung, Reinigung, Reparatur, Ausbesserung, Austausch, Wiederausammenbau und Prüfung der Geräte und Bauelemente durchgeführt werden. Spezielle Sicherheits- und Umweltschutzverfahren wie Entsorgung gefährlicher Materialien und Verbrauchsgüter müssen gemäß den vorhandenen Vorgaben durchgeführt werden. Die folgenden Daten sind zu protokollieren: die gemachten Beobachtungen, die benötigten Ables- und Messwerte, die durchgeführten Arbeiten und die verwendeten Ressourcen.

Die vorbeugende Instandhaltung setzt sich zusammen aus:

- Erfassung technischer Daten und Aufgabenbeschreibung;
- Beschaffung von Ersatzteilen, Werkzeugen und Unterstützungsmitteln;
- Anreise zum Einsatzort;
- Vorbereitung des Einsatzortes, z. B. Abschaltung der Betriebsmittel, Isolierung und Sperrung;
- aktive Instandhaltungszeit;
- Beobachtungen und Messungen;
- Tests und Abschlussprüfungen;
- ordnungsgemäßes Verlassen des Arbeitsplatzes;
- Aufzeichnung der notwendigen Informationen.

Die Instandsetzung ist mit ähnlichen Arbeitsschritten verbunden wie die vorbeugende Instandhaltung, erfordert aber als zusätzliche Aufgabe die Fehlzustandsuche, um den Ort und die Art des Ausfalls zu bestimmen und zu ermitteln, ob Bauelemente ausgetauscht oder ausbessert werden müssen. Im Falle eines größeren Ausfalls muss die Ursache ermittelt und entsprechendes Hinweismaterial gesammelt werden, bevor die Reparatur durchgeführt wird.

Eine Zertifizierung von Instandhaltungsaufgaben muss möglicherweise erfolgen, wenn dies in behördlichen, vertraglichen oder Firmenanforderungen spezifiziert ist.

7 Ressourcenverwaltung

7.1 Bereitstellung von Ressourcen

Die primären Ressourcen, die für Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung zur Verfügung stehen, sind wie folgt:

- Personalressourcen, einschließlich interner als auch externer Mitarbeiter, die für die Durchführung verschiedener Instandhaltungs- und Instandhaltungsunterstützungstätigkeiten eingesetzt werden;
- Material und Ersatzteile für die Reparatur oder Ausbesserung von Einheiten;
- Infrastruktur; dies umfasst die für die Instandsetzung und Überholung eingesetzten Anlagen, Werkzeuge und Unterstützungseinrichtungen sowie Transport- und Hubeinrichtungen;
- Informationsressourcen zum Verwalten und Durchführen der Instandhaltung und der Instandhaltungsunterstützung;
- finanzielle Ressourcen zum Finanzieren der Instandhaltung und der Instandhaltungsunterstützung.

Die für die Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung benötigten Ressourcen werden zu Beginn während der Planung der Instandhaltungsunterstützung in der Entwicklungsphase ermittelt. In dem Maß, in dem sich die Voraussetzungen in der Betriebs- und Instandhaltungsphase ändern, sollten Art und Umfang dieser Ressourcen regelmäßig überprüft und aktualisiert werden. Die Instandhaltungsressourcen werden von zahlreichen Faktoren beeinflusst, z. B.:

- Standort der instand zu haltenden Anlagen und Einheiten;
- Standort der Unterstützungs-Ressourcen;

- erforderliche Zuverlässigkeitsstufe;
- Art der zu unterstützenden Einheit;
- Bedeutung der Produktfunktionalität;
- wirtschaftliche Faktoren;
- Unternehmensziele;
- behördliche Vorschriften.

7.2 Personal-Ressourcen

7.2.1 Allgemeines

Um die betrieblichen Zielsetzungen bei niedrigst möglichen Gesamt-Lebenszykluskosten erreichen zu können, muss qualifiziertes und geschultes Personal zur Verfügung stehen. Bei der Mehrzahl der Systeme ist das teuerste Element der Instandhaltungsunterstützung das Personal. Eine sorgfältige Auswahl des Personals und seine wirksame Schulung minimiert diese Kosten.

Bei komplexen Systemen aktueller Technologie sollte die Anzahl der Personen, ihre Qualifikationsniveaus und Ausbildung von einer Analyse der Instandhaltungsbedürfnisse abgeleitet werden. Fachkenntnisse und Qualifikationsniveaus (normal, mittel, hoch) sowie die Anzahl der Personen können durch eine Beurteilung der Komplexität und Häufigkeit der Aufgaben im Rahmen der Analyse der Instandhaltungsbedürfnisse ermittelt werden. Fachkenntnisse und Qualifikationsniveaus sollten für jeden Ort ermittelt werden, an dem eine Einheit betrieben und instand gehalten wird.

Die Mitarbeiter, die mit der Durchführung von Tätigkeiten zur Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung betraut werden, müssen über Kompetenz in Form entsprechender Bildung, Schulung, Qualifizierung und Erfahrung verfügen. Diese Kompetenz muss mit den sich ändernden Bedürfnissen und Technologien der Instandhaltung Schritt halten. Bestimmte Instandhaltungsaufgaben können eine spezielle Zertifizierung erfordern.

7.2.2 Schulung

Das Schulungsprogramm sollte so entwickelt werden, dass es mit der Systementwicklung, dem Instandhaltungskonzept, den Unterstützungseinrichtungen und Prozeduren und den verfügbaren Qualifikationsniveaus des Instandhaltungspersonals in Einklang steht. Möglicherweise müssen Schulungshilfen und Dokumentation entwickelt und bereitgestellt werden. Das Personal sollte ausgewählt und zu Technikern geschult werden, die sich vor Ort auskennen und in der Lage sind, die Einheit instand zu halten, nachdem diese ausgeliefert und in Betrieb genommen sein wird. Die Schulung des Personals sollte sowohl eine anfängliche, aber auch eine fortwährende Schulung umfassen, um Gegebenheiten wie Abnutzung und Wechsel im Personal und die Auswirkungen von Änderungen und Modifikationen der Einheit begegnen zu können.

Ein Personalschulungsplan sollte Folgendes umfassen:

- Schulung des Betriebspersonals, einschließlich Schulungsart, Grundkurs und grober Einführungskurs;
- Schulung für die Instandhaltung für alle zutreffenden Instandhaltungsstufen, einschließlich Schulungsart, Grundkurs und grober Einführungskurs;
- Schulungsgeräte, Vorrichtungen, Hilfen und erforderliche Daten zur Unterstützung der Schulungstätigkeiten für Betreiben und Instandhalten;
- Vorschlag eines Zeitplanes für anfängliche Schulung für Betreiben und Instandhalten;
- Vorschlag einer Vorgehensweise für weitere Schulung während des Systemlebenszyklus.

Ein Schulungsprogramm sollte folgende Hauptkomponenten enthalten:

- Mittel zur Analyse der Aufgabenstellung, um die Schulungsbedürfnisse ermitteln zu können;
- Entwicklung spezieller Zielsetzungen für die Schulung;
- Entwicklung von Beurteilungskriterien;
- Wahl der geeigneten Verfahren zur Auslieferung der Anweisungen;

- Durchführung der Schulung;
- Mittel zur Beurteilung der Schulungsergebnisse.

Wo Instandhaltungselemente an andere Unterstützungsorganisationen delegiert worden sind, sollte der Schulungsplan so zugeschnitten werden, dass er genau diese Elemente unter der Verantwortung der Instandhaltungsorganisation anspricht und gegebenenfalls erforderliche Schnittstellen mit anderen Organisationen aufzeigt.

7.3 Infrastruktur

7.3.1 Allgemeines

Zur Infrastruktur gehören Unterstützungseinrichtungen und Anlagen; sie ist ein wichtiger Faktor zur Sicherstellung einer adäquaten Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung. Dazu gehören:

- Unterstützungseinrichtungen;
- interne und externe Instandhaltungsanlagen;
- administrative und technische Anlagen;
- Informationssysteme zur Instandhaltung.

7.3.2 Unterstützungseinrichtungen

7.3.2.1 Allgemeines

Alle zur Instandhaltung, Bedienung und Inspektion einer Einheit notwendigen, aber für ihren Betrieb nicht wesentlichen Geräte und Vorrichtungen werden Unterstützungseinrichtungen genannt. Deren Art und Anzahl hängen von der Art der zu leistenden Unterstützungsarbeit ab.

Zu den Unterstützungseinrichtungen gehören die zur Durchführung der Instandhaltungsaufgaben notwendigen Werkzeuge, Montageböcke, Halterungen und Befestigungen zum sicheren Arbeiten sowie Prüfgeräte zur Messung mechanischer, elektrischer und elektronischer Parameter. Dazu können auch Schnittstellenadapter und Geräte gehören, die es erlauben, eine Einheit losgelöst von ihrem zugehörigen Gerät oder ihrer Baugruppe zu prüfen.

7.3.2.2 Arten von Unterstützungseinrichtungen

Unterstützungseinrichtungen werden je nach Verwendung, Verfügbarkeit und Quelle in zwei Grundkategorien klassifiziert: allgemeine oder Allzweck-Unterstützungseinrichtungen und spezielle Sonderprüfeinrichtungen (en: special to type test equipment, STTE).

Zu den allgemeinen Unterstützungseinrichtungen gehören allgemein erhältliche Geräte wie Werkzeuge, Buchsen und Mehrzweckmessgeräte, die ab Lager oder allgemein erhältlich sind und die zur Unterstützung der Einheit verwendet werden können.

Die Sonderprüfeinrichtung (STTE) ist ein zur Durchführung einer speziellen Arbeit an einer speziellen Einheit notwendiges Prüfgerät bzw. eine Prüfvorrichtung wie z. B. Spezialhalterungen für die Messung mechanischer Parameter oder elektronische Analyse- oder Prüfgeräte, die speziell zur Unterstützung der Einheit hergestellt oder angepasst wurden.

Großgeräte wie Kräne oder Gabelstapler werden üblicherweise unter der Überschrift Anlagen geführt, sofern sie nicht speziell für die Unterstützung der Einheit modifiziert oder entwickelt wurden.

7.3.2.3 Auswahl der Unterstützungseinrichtungen

Bevor man Unterstützungseinrichtungen auswählen kann, sollten die wichtigsten Konstruktionseigenschaften der Einheit bekannt sein. Die Mehrzahl der allgemeinen Unterstützungseinrichtungen kann nach Abschluss der konzeptionellen Entwurfsphase und dem Aufstellen eines Instandhaltungskonzepts ausgewählt werden.

Jede Instandhaltungsaufgabe für eine Einheit sollte daraufhin bewertet werden, welche Unterstützungseinrichtungen dafür notwendig sind. In den frühen Stufen der Entwicklungsphase können diese Anforderungen ziemlich allgemeiner Art sein und werden mit dem Vorliegen detaillierter Entwurfspezifikationen mehr ins Einzelne gehen. Um den Aufwand an Unterstützungseinrichtungen gering zu halten und um möglichst viele Standardgeräte vorgeben zu können, muss der Auswahlprozess koordiniert werden und in vorgegebener Weise ablaufen. Unterstützungseinrichtungen können in folgende Kategorien klassifiziert werden; diese können dabei behilflich sein, die Anforderungen und die Verantwortlichkeit für die Beschaffung klarer zu machen:

- handelsübliche, ab Lager (en: commercial-off-the-shelf, COTS) erhältliche Geräte: die meisten allgemeinen Unterstützungseinrichtungen fallen in diese Kategorie;
- Industriegeräte sind Geräte, die üblicherweise in einem besonderen Segment der Industrie eingesetzt werden; es muss davon ausgegangen werden, dass diese möglicherweise angepasst werden müssen;
- Sonderprüfeinrichtungen (STTE) sind Geräte, die speziell für einen Kunden entwickelt wurden und die Forderung nach einer besonderen Instandhaltung, Bedienung und Inspektion einer Einheit erfüllen sollen.

Wird Instandhaltung in mehr als einer Ebene durchgeführt, hängt die Verteilung der Unterstützungseinrichtungen von den dieser Ebene zugewiesenen Aufgaben ab. Allgemein befinden sich die komplexeren Unterstützungseinrichtungen in den tieferen Instandhaltungsstufen; es kann jedoch vorkommen, dass hochentwickelte Unterstützungseinrichtungen in der Betriebsebene eingesetzt werden, um Zeit und qualifizierte Instandhaltungs-Techniker einzusparen.

7.3.2.4 Daten von Unterstützungseinrichtungen

Einige Branchen verfügen über Informationen darüber, welche Prüfeinrichtungen und Geräte für besondere Unterstützungsaufgaben existieren. Solche Verzeichnisse können über diese Branchen zugänglich sein. Wenn diese nicht zugänglich sind, muss nach passenden Geräten gesucht werden und nur für den Fall, dass keine allgemeinen Unterstützungseinrichtungen gefunden werden, sollten Sonderprüfeinrichtungen entwickelt werden.

Mit fortschreitender Systementwicklung werden die Daten von Unterstützungseinrichtungen aktualisiert und zusätzliche Eigenschaften und Details bezüglich vorhandener Einheiten mit aufgenommen. Die Daten und Anforderungen sollten immer dann neu bewertet werden, wenn Änderungen an der Konstruktion der Einheit gemacht werden und dann entsprechend überarbeitet werden.

7.3.2.5 Automatische Prüfeinrichtungen

Automatische Prüfeinrichtungen (en: Automatic Test Equipment, ATE) sind üblicherweise rechnergesteuerte externe Geräte, die Eigenschaften des tatsächlichen Betriebs der Einheit simulieren. Sie sind daraufhin ausgelegt, eine Reihe ausgewählter Parameter entweder als Teil einer Zustandsüberwachung oder als Diagnosewerkzeug zu prüfen. Man kann damit entweder eine bestimmte Einheit oder einen Teil solch einer Einheit oder eine Reihe solcher Einheiten prüfen.

Diese Prüfeinrichtungen werden am besten aus der Anfangskonzeption heraus zur automatischen Fehlzustandserkennung und Ortung entworfen. Automatische Prüfeinrichtungen können sehr komplex und teuer sein und sollten daher gerechtfertigt werden bezüglich der in den Instandhaltungsgrundsätzen betrachteten Faktoren, einschließlich Einsparungen beim qualifizierten Personal, Verfügbarkeitsanforderungen, Komplexität und Anzahl der reparierbaren Geräte.

7.3.2.6 Kalibrierung

Je nach Art der Einheit werden viele Unterstützungseinrichtungen dazu verwendet, die Werte spezifizierter Parameter wie Druck, Frequenz und Spannung zu messen. Damit diese Messungen nützlich sind, müssen sie genau sein. Zur Sicherstellung dieser Genauigkeit werden diese Geräte anhand eines Messnormals geprüft oder regelmäßig oder nach einer Hauptuntersuchung des Messgerätes kalibriert. Kalibrierung erhöht die Komplexität einer automatischen Prüfeinrichtung (ATE), da alle in der ATE vorhandenen Messgeräte innerhalb ihrer Kalibrierungstoleranzen betrieben werden müssen; ansonsten würde es falsche Hinweise auf einen Ausfall geben.

Die Kalibrierungsanforderungen beruhen auf Untersuchungen der Messanforderungen an Inspektion, Isolation und Ausrichtung der Einheiten. Die Anlagen zur Kalibrierung sollten spezifiziert und erworben werden.

7.3.2.7 Reparatur von Unterstützungseinrichtungen

Die Instandhaltung der Unterstützungseinrichtungen muss auch bei der Analyse der Aufgaben zur Instandhaltung einer Einheit beachtet werden. Zusätzlich zur vorstehend behandelten Kalibrierung benötigen Unterstützungseinrichtungen selbst gegebenenfalls sowohl vorbeugende als auch korrektive Instandhaltung, um sie in einem nutzbaren Funktionszustand zu halten.

7.3.3 Interne Prüfeinrichtungen (BITE)

Interne Prüfeinrichtungen (en: Built-in Test Equipment, BITE) sind in die Einheit eingebaut. Sie sind keine Unterstützungseinrichtungen, da sie ein integraler Teil der Einheit sind, sie erfüllen jedoch eine ähnliche Funktion wie eine Unterstützungseinrichtung.

Interne Prüfeinrichtungen ermöglichen eine schnelle Entdeckung von Störungen, Diagnose, Fehlzustandsisolation und Instandsetzung ohne Hilfe durch externe Prüfgeräte. Interne Prüfeinrichtungen erleichtern die Fehlzustandsdiagnose und sind insbesondere dann angebracht, wenn eine schnelle Reparatur des Systems lebenswichtig ist und durch die Komplexität manuelles Testen und Prüfen unpraktisch ist. Interne Prüfeinrichtungen werden üblicherweise in elektronischen Geräten eingesetzt, jedoch hat der Einsatz von Mikroprozessoren und Rechnern in mechanischen Geräten das Einsatzgebiet interner Prüfgeräte beträchtlich ausgedehnt.

Interne Prüfeinrichtungen sind daraufhin ausgelegt, das Gerät in drei Hauptbetriebsarten zu überwachen:

- **Einschalten.** Beim Hochfahren (Spannung anlegen) des Gerätes läuft üblicherweise eine durch Rechner und andere Geräte veranlasste Einschaltprüfung (en: Power On Self Test, POST) ab. Rechner führen eine Selbstprüfung durch, bei der das Vorhandensein peripherer Geräte und Durchgängigkeit von Pfaden geprüft wird. Auch andere Geräte können meist eine Selbstprüfung auf Einsatzbereitschaft durchführen.
- **Kontinuierliche Prüfung (CBIT).** Bei der internen kontinuierlichen Prüfung (en: Continuous BIT, CBIT) laufen permanent Diagnoseprüfungen zum Ermitteln des Funktionszustandes des Gerätes während des normalen Betriebs des Geräts ab. Dies kann das Hauptdiagnosewerkzeug für die Überwachung des Systems sein und ist auf das Anzeigen erkannter Fehlzustände ausgelegt.
- **Unterbrechende Prüfung (IBIT).** Bei der unterbrechenden internen Prüfung (en: Interruptive BIT, IBIT) findet eine tiefergehende Prüfung als bei der kontinuierlichen Prüfung (CBIT) statt. Diese läuft entweder regelmäßig oder nach Bedarf ab, um mehr Informationen über einen Fehlzustand zu ermitteln, der mittels anderer Verfahren erkannt wurde. Dabei ist es häufig notwendig, den normalen Betrieb des Gerätes zu unterbrechen. Die unterbrechende interne Prüfung kann entweder automatisch oder manuell durch das Gerät ausgelöst werden.

Die Gestaltung einer internen Prüfeinrichtung sollte nach einer eingehenden Analyse der Ausfallarten und deren Auswirkungen erfolgen, damit die richtigen Prüfprozeduren ausgewählt und die zu überwachenden Funktionen bekannt sind.

Weitere Einzelheiten zum Einsatz von internen (BITE) und automatischen (ATE) Prüfeinrichtungen sind in IEC 60706-5 enthalten.

7.3.4 Anlagen für die Instandhaltung

Interne und externe Anlagen für die Instandhaltung werden häufig benötigt, um eine Einheit instand halten, reparieren oder warten zu können, nachdem sie außer Betrieb genommen wurde. Zu diesen Anlagen gehören Reparaturwerkstätten, Anlagen zur Überholung und Kundendienststellen. Diese können bereitgestellt werden:

- von dem ursprünglichen Hersteller der Einheit zur Benutzung durch die Kunden;
- und betrieben werden durch Organisationen, die Instandhaltungsdienste bereitstellen, die unabhängig von dem eigentlichen Hersteller der Einheit oder dem Anwender sind;
- gezielt von einem Anwender zur Unterstützung seiner Einrichtungen.

Die Auswahl passender Instandhaltungsanlagen sollte die Anforderungen an die Verfügbarkeit, zu reparierende Mengen und geforderte Umlaufzeiten berücksichtigen. Hierzu werden üblicherweise die Kosten untersucht und verglichen und dann nach Abwägung entschieden.

7.3.5 Administrative und technische Anlagen

Unterstützungsanlagen werden gebraucht wie folgt:

- Raum für Werkzeuge und Unterstützungseinrichtungen und Geräte;
- Lagerhaus für Ersatzteile;
- Räumlichkeiten für administrative und Schulungsfunktionen.

Zu den Anlagen gehören Versorgungseinrichtungen wie Stromversorgung, Druckluft, Wasser, Umwelt (Lüftung, Heizung und Klimatisierung), Beleuchtung, Rechenanlagen, Telekommunikation, Brandschutz und Hebezeug.

Für neue Einheiten sollte ein Anlagenplan entwickelt werden, der ausreichende qualitative und quantitative Angaben enthält, mit denen man

- Anforderungen bewerten und aufteilen kann,
- bestehende Anlagen daraufhin analysieren kann, ob sie zu den Anforderungen noch passen,
- den Bedarf für neue oder Änderungen bestehender Anlagen ermitteln.

Die folgenden Faktoren sollten bei der Planung von Anlagen beachtet werden:

- Reparaturdurchlaufzeit;
- wirtschaftliche Rechtfertigung;
- Auslastung der Anlage;
- Gesamtkosten der Anlagen (Erwerb und Betrieb).

7.3.6 Rechnergestützte Informationssysteme zur Instandhaltung

Rechnergestützte Informationssysteme zur Instandhaltung können die Wirksamkeit der Instandhaltung deutlich erhöhen, indem sie die Verfügbarkeit und Auswertung von Informationen erleichtern. Hierfür müssen jedoch dem Instandhaltungspersonal Rechnerhardware und Software dort bereitgestellt werden, wo die Instandhaltung durchgeführt wird, sowie in Büroräumen und Verwaltungsstellen. Hierfür können besondere Telekommunikationseinrichtungen an diversen Orten notwendig sein. Die Rechnerhardware und Software muss instand und aktuell gehalten werden und das Instandhaltungspersonal muss im Bedienen der Systeme geschult werden. Die Kosten des Erwerbs und Betriebs solch eines Systems müssen mit dem erwarteten Nutzen verglichen werden.

7.4 Informations-Ressourcen

7.4.1 Allgemeines

Informations-Ressourcen haben für die Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung entscheidende Bedeutung. Informationen sind über größere Einheiten, zur Messung und Analyse der Instandhaltungsleistung sowie manchmal zur Erfüllung von behördlichen Vorschriften nötig.

Dazu gehören sowohl Handbücher und andere Instandhaltungsdokumente als auch rechnergestützte Informationssysteme.

7.4.2 Dokumentation

7.4.2.1 Allgemeines

Technische Handbücher und technische Dokumentation für Hardware und Software sollten Informationen und Verfahren enthalten, die Betreiber und Instandhalter zur korrekten, sicheren, wirkungsvollen und kosten-

günstigen Ausübung ihrer Aufgabe benötigen. Sie sollten außerdem als Schulungsunterlage verwendet werden, damit die Schulung auf derselben Dokumentation wie der im Betrieb vorhandenen beruht. Sie sollten so gestaltet werden, dass sie den Bedürfnissen der Anwender entsprechen und die Informationen leicht auffindbar und verweisbar sind. Lieferanten sollten idealerweise die Dokumentation in einer Sprache bereitstellen, die vom Kunden vorgegeben und vom Anwender verstanden wird. Wo dies nicht möglich ist, sollten kritische und sicherheitsrelevante Anweisungen in der lokalen Sprache bereitgestellt werden. Die Kosten-Nutzen-Relation von Übersetzungen anderer Dokumente müsste untersucht werden.

Ein technisches Handbuch für eine Einheit kann eine allgemeine Beschreibung, Hintergrundtheorie und Verfahren enthalten, die u. a. folgende Punkte abdecken:

- Betrieb;
- Fehlzustandsdiagnose;
- Reparatur;
- vorbeugende Instandhaltung;
- Service, Wartung;
- Test und Prüfung;
- Ersatzteilekatalog (Ersatzteileliste mit Zeichnungen);
- Zeichnungen oder Stromlaufpläne;
- Werkzeuge und Sonderunterstützungseinrichtungen;
- Information über die Anlage (zum Beispiel Netzspannung);
- Beschreibung der anwendbaren Softwareprogramme.

Der Detaillierungsgrad der Instandhaltungs-Dokumentation muss auf den Zweck der dem Anwender erlaubten Instandhaltungstätigkeiten zugeschnitten werden. Zu viele Einzelheiten können verwirren und können zu unsachgemäßen Versuchen führen, Instandhaltung über die Leistungsfähigkeiten des Instandhaltungspersonals und der Unterstützungseinrichtungen hinaus zu unternehmen.

Die für die Dokumentation verantwortliche Person sollte anwenderorientiert und mit Denkweisen des Personals vertraut sein. Die folgenden Faktoren sollten beachtet werden:

- Eigenschaften der Anwender, Anforderungen und Formate;
- Eigenschaften der Einheiten;
- Umweltbedingungen;
- Arbeitsgestaltung;
- Schulungsgestaltung;
- Instandhaltungsgrad.

Die Dokumentation kann in verschiedenen Medien dargeboten werden, zum Beispiel physisch auf Papier als Handbuch oder auf Audio/Video-Träger, oder elektronisch auf Rechnermedien oder über das Internet, je nach Anwender.

7.4.2.2 Ausarbeitung der Dokumentation

Bei der Ausarbeitung eines technischen Handbuchs sollten solche Aufgaben betont werden, die

- schwierig durchzuführen sind,
- häufig auftreten,
- die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit der Einheit beeinflussen,
- sich auf die Sicherheit auswirken.

Die beste Gestaltung eines technischen Handbuchs ist diejenige, die für den Anwender am offensichtlichsten ist, obwohl sie von Fall zu Fall variieren kann. In der Praxis kann ein wirkungsvolles technisches Handbuch auf die folgende Art und Weise organisiert sein:

- natürliche Reihenfolge (Leistung/Häufigkeit);
- die kritischsten Fälle zuerst;
- am häufigsten gebraucht zuerst;
- Ort/Entfernung/Verfügbarkeit;
- zum Aufrechterhalten der Leistungsfähigkeit erforderlich;
- klare Unterscheidung zwischen Hinweisen (etwas, das die Aufgabe leichter macht), Vorsicht (etwas, das das Gerät beschädigen kann) und Warnung (etwas, das sich auf die Sicherheit auswirkt).

Bereits vorhandene technische Information sollte weitgehendst verwendet werden. Dies kann auf folgende Weise erreicht werden:

- vorhandene technische Informationen dahingehend beurteilen, wie sie zu den spezifizierten Anforderungen passen;
- die kostengünstigste Vorgehensweise bestimmen, wie
 - a) Verwendung vorhandener Informationen,
 - b) Aktualisierung vorhandener Informationen,
 - c) Ausarbeitung neuer Informationen.

Alle Anforderungen an technische Informationen sollten in den Vertrag über die Einheit mit aufgenommen werden. Hierzu können gehören:

- Quelldaten;
- proprietäre Daten;
- Vervielfältigungsrechte;
- Änderungen, Modifizierungen oder Wandlung.

Wo vorhandene Dokumentation verwendet wird, die für eine Reihe von Anwendungen gültig ist (zum Beispiel kommerziell erhältliche Handbücher zu gängigen Einheiten), muss dazu angeleitet werden, wie das Handbuch auf die spezielle Anwendung, Konfiguration und Umgebung der Einheit anzuwenden ist.

Technische Handbücher sollten in solchen Formaten erstellt werden, die sie leicht lesbar und verständlich machen. Dabei sollten folgende Grundsätze beachtet werden:

- Verwendung einfacher, vertrauter Wörter;
- Text und Illustrationen integriert;
- guter Stil und Sprache;
- dem Medium angepasste technische Informationen.

7.4.2.3 Schulung zur Verwendung der Dokumentation

Der Gestalter des technischen Handbuchs sollte entweder das Handbuch selbsterklärend machen oder sicherstellen, dass Vorkehrungen bestehen, den Anwender in der Handhabung des technischen Handbuchs zu schulen. Wenn keine Schulung stattfindet, kann es sein, dass das technische Handbuch nicht effektiv genutzt wird.

Schulung, Schulungsdaten und das technische Handbuch hängen miteinander zusammen. Es müssen Anforderungen an die Schulung erarbeitet werden auf der Grundlage der verfügbaren Qualifizierungen, Arbeitsplatzbeschreibung und des technischen Handbuchs. Abwägungen zwischen technischem Handbuch, Schulung und Schulungsmaterial, Geräten und Hilfsmitteln sollten auf der Grundlage der Gesamtwirtschaftlichkeit des Programms gemacht werden.

7.4.2.4 Beurteilung

Die Effektivität eines technischen Handbuchs kann am besten bei dessen tatsächlicher Benutzung beurteilt werden. Dabei wird man erkennen, ob der Anwender seine Arbeit effektiv erledigen kann. Die allgemeinen Kriterien sind wie folgt:

- Sind repräsentative Anwender in der Lage, die Arbeit wie gefordert zu erledigen?
- Kann die Gesamtsystemleistung verbessert werden (Annahme: verbesserte Instandhaltung verbessert die Systemleistung)?

Außerdem sind Verbesserungsvorschläge seitens der Anwender für ein wirkungsvolles technisches Handbuch unerlässlich.

7.4.2.5 Dokumentationsänderungen

Es müssen Verfahren entwickelt und umgesetzt werden, damit Informationen über die Einheit, Instandhaltungsaufgaben, Prozeduren, Ersatzteile und andere in dem Informationssystem zur Instandhaltung enthaltene Informationen und zugehörige Instandhaltungsdokumentation geändert und aktuell gehalten werden können.

7.4.3 Informationen über die Instandhaltung

7.4.3.1 Informationssysteme zur Instandhaltung

Ein Instandhaltungs-Informationssystem enthält unter anderem folgende Informationen:

- Beschreibung der Einheit und Standortdaten;
- Beschreibung der Aufgaben zur vorbeugenden und korrektiven Instandhaltung;
- Protokoll der bisherigen vorbeugenden und korrektiven Instandhaltung;
- Berichte über Ausfälle und Defekte, einschließlich der herrschenden Betriebsbedingungen bei Entdeckung des Ausfalls;
- an den Einheiten vorgenommene Änderungen;
- Informationen über Material und Ersatzteile;
- geplante und zur Durchführung vorgesehene Arbeiten;
- aus der Zustandsüberwachung resultierende Daten;
- Daten zur Wirtschaftlichkeit und Instandhaltungsleistung;
- Informationen und Ratschläge zur Instandhaltung auf Grund neuer Erkenntnisse oder Erfahrungen;
- Status und Daten der Produktkonfiguration;
- von den Herstellern herausgegebene Kundendienst-Mitteilungen.

Arbeitsaufträge werden verwendet, um einzelne Instandhaltungsaufgaben zu veranlassen, zu überwachen und zu dokumentieren. Ein Auftrag wird entweder automatisch oder manuell veranlasst. Die automatische Veranlassung geschieht im Instandhaltungs-Informationssystem durch vorbestimmte Auslöser, wie zum Beispiel Kalenderzeit, seit der letzten Maßnahme abgelaufene Zeit, Betriebsstunden der Einheit oder zurückgelegte Entfernung. Der Arbeitsauftrag wird dazu verwendet, die erforderlichen Ressourcen zu ermitteln und zu planen und die Durchführung der Arbeit zeitlich einzuplanen. Abschließend wird er dazu verwendet, Ergebnisse, Beobachtungen und tatsächlich benötigte Ressourcen aufzuzeichnen, die dann die Basis für Bewertung und Verbesserung bilden.

Ein Hauptzweck eines rechnergestützten Informationssystems ist die leichtere Bewertung der Wirksamkeit der Instandhaltung, siehe Beschreibung in Abschnitt 8.

7.4.3.2 Berichte über Defekte

Ein wichtiger Gesichtspunkt der Instandhaltung ist die Beobachtung auf Defekte und das Management von Modifikationen zu deren Beseitigung. Es ist auf schwerwiegende Fehlzustände oder Defekte mit Auswirkung

auf die Sicherheit oder Verfügbarkeit zu achten. Es sollte ein Verfahren angenommen werden, mit dem solche Fehlzustände ermittelt und Maßnahmen zur Untersuchung veranlasst werden, um die Ursache zu ermitteln und anschließende Maßnahmen zu veranlassen, die zur Beseitigung des Fehlzustandes nötig sein könnten. In manchen Fällen kann die Entdeckung eines schwerwiegenden Defekts eine dringende Maßnahme erfordern, damit sichergestellt ist, dass Sicherheitsbelange angesprochen werden und alle anderen Anwender des Geräts sich des Problems bewusst sind.

7.4.3.3 Instandhaltungsmitteilungen

Viele Organisationen geben Kundendienst-Mitteilungen heraus, in denen alle Anwender auf die Möglichkeit schwerwiegender Ausfälle hingewiesen sowie Prüfungen verlangt werden, durch die sichergestellt werden soll, dass eine Einheit sich in einem sicheren Zustand befindet und weiterhin wie gefordert funktioniert. Dazu können außerordentliche Instandhaltungsprüfungen oder Inspektionen gehören, die so lange durchzuführen sind, bis Konstruktionsänderungen vorgenommen werden können, die den Defekt korrigieren. Zu diesem Zweck können weitere Instandhaltungsmaßnahmen und Modifizierungsanweisungen erlassen werden, durch die der Defekt korrigiert wird und die Einheit wieder ihre volle Funktionalität zurückerhält. Beispiele solcher Kundendienst-Mitteilungen sind der Rückruf von Fahrzeugen mit anschließender Durchführung wichtiger Sicherheitsmodifikationen oder Startverbot für Flugzeuge nach einem Unfall mit noch ausstehender Inspektion.

Es muss ein Weg bedacht werden, wie solche Instandhaltungsinformationen Anwendern und Instandhaltungstechnikern mitgeteilt werden können, sofern dieser Weg nicht bereits existiert. Folgende Liste enthält Empfehlungen, welche Art von Informationen mitgeteilt werden können:

- von den Anwendern oder Instandhaltungstechnikern entdeckte Defekte, die Anwender betreffen würden;
- eingeführte Modifizierungen und deren Anwendbarkeit;
- Änderungen der Ersatzteillisten, um modifizierte Einheiten aufzunehmen;
- Änderungen der Instandhaltungsprozeduren, die eingeführt wurden;
- Änderungen der Betriebsprozeduren zur Verbesserung der Sicherheit oder Vermeidung von Schäden.

7.5 Material und Ersatzteile

7.5.1 Allgemeines

Für die meisten Instandhaltungsmaßnahmen werden Material und Ersatzteile gebraucht.

Während der Instandhaltung wird Material verbraucht und bei den Ersatzteilen wird unterschieden nach

- reparierbaren Teilen und
- nicht reparierbaren Teilen.

Idealerweise können reparierbare Teile in jedem Fall repariert werden. Es kann jedoch sein, dass eine Reparatur nicht wirtschaftlich oder technisch unmöglich ist oder die Zuverlässigkeit der Einheit sich durch die bereits erfolgten Reparaturen verschlechtert hat. Solche Einheiten werden dann ausgesondert und durch neue Einheiten ersetzt.

Nicht reparierbare Teile werden sowohl aus wirtschaftlichen als auch technischen Gründen nicht repariert. Solche Einheiten werden immer ausgesondert und durch neue Einheiten ersetzt. Per Definition können nicht reparierbare Teile weder aus Unterbaugruppen noch Bauelementen bestehen, da sie andernfalls reparierbar wären.

Die Ersatzteilarten werden während der Entwicklung des Instandhaltungskonzepts festgelegt, wenn entschieden wird, welche Einheiten entfernt und von den Instandhaltungsstufen ersetzt werden. Alle Ersatzteile, Verbrauchsgüter, spezielle Versorgungsmittel und zugehörige Lagerstätten, die zur Unterstützung der korrektiven und vorbeugenden Instandhaltungsaufgaben nötig sind, sind Elemente der Instandhaltungsunterstützung. Art und Menge der zu liefernden und zu lagernden Ersatzteile sollte für jede Instandhaltungsstufe bestimmt werden.

7.5.2 Bestimmung der Ersatzteilmengen

Es gibt verschiedene Verfahren zur Ersatzteilbevorratung, je nach deren Verwendung bei vorbeugender oder korrekativer Instandhaltung. Die Bestimmung der Ersatzteilmengen und deren Optimierung sollte zu Anfang von der MTBF, MTTF oder Ausfallraten unter Verwendung mathematischer und statistischer Verfahren ausgehen. Die Genauigkeit der Mengenbestimmung hat große Auswirkungen sowohl auf die Kosten als auch die Verfügbarkeit des Produkts. MTBF, MTTF oder Ausfallraten werden zu Anfang geschätzt, aber mit zunehmender Einsatzerfahrung wird sich eine bessere Korrelation mit den tatsächlichen Betriebsdaten ergeben. Neben der Ausfallrate wird die erforderliche Menge nicht reparierbarer Teile bestimmt durch die Versorgungsperiode, die optimiert werden sollte. Für die Mengenbestimmung der reparierbaren Teile muss die Reparaturdurchlaufzeit berücksichtigt werden. Für vorbeugende Instandhaltung kann die Ersatzteilmenge durch deterministische Verfahren bestimmt werden.

Der Prozess der Ersatzteilbevorratung ist in Bild 6 veranschaulicht. Wie in dem Bild gezeigt, entstammen die ersten Eingaben dem Instandhaltungskonzept, den betrieblichen Anforderungen und finanziellen Aspekten, die für die Berechnung der Ersatzteile und Lageroptimierung verwendet werden. Oft ergeben sich Kostenvorteile, wenn man erstmalig Ersatzteile gleichzeitig mit dem eigentlichen Gerät bestellt. Diese Kostenvorteile sollten bei der Bewertung des vorgeschlagenen Ersatzteilelagers sorgfältig untersucht werden. Die Mengenbestimmung und Bestellung der nötigen Ersatzteile kann in die folgenden drei einzelnen Phasen eingeteilt werden:

- Anfangs- oder Vorbetriebsphase;
- stabilisierte Betriebsphase;
- erweiterte Einsatzphase (möglicherweise mit umfangreichen Modifizierungen).

Es muss ein Gleichgewicht gefunden werden zwischen den bevorrateten Ersatzteilmengen, der Verbrauchsrate, den Beschaffungs- und Bevorratungskosten und den potentiellen Kosten veralteter Teile und der Lagerhaltung/Aktualisierung der bevorrateten Ersatzteile.

Es gibt verschiedene Verfahren zur Mengenbestimmung der Ersatzteile und Optimierung der Lager. Mengen werden anhand folgender Kenngrößen bestimmt und optimiert:

- Austauschhäufigkeit;
- Reparaturhäufigkeit;
- Auffüllzeiten;
- Vorlaufzeiten;
- Reparaturdurchlaufzeiten;
- Ersatzteilbeschaffungskosten;
- Lagerkosten und -einschränkungen.

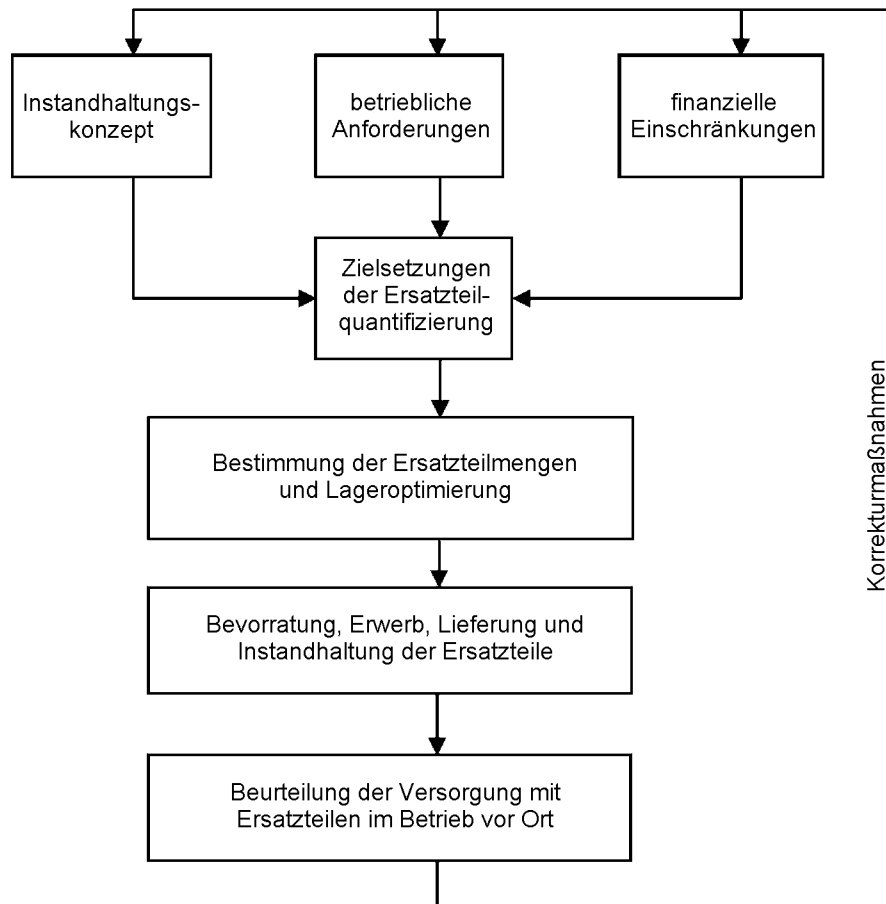


Bild 6 – Ersatzteilbevorratungsprozess

Bei der Bestimmung der Ersatzteilmengen ist Folgendes zu berücksichtigen:

- Ersatzteile für korrektive Instandhaltung (reparierbare und nicht reparierbare Teile);
- Ersatzteile für vorbeugende Instandhaltung (periodisch auszutauschende Teile);
- Ersatzteile zum Auffüllen der Lager nicht reparierbarer Teile;
- Ersatzteile zur Unterstützung des Betriebs während der Reparatur reparierbarer Teile (Durchlaufzeiten);
- Ersatzteile zum Ersetzen reparierbarer, aber ausgesonderter Teile (ausgesonderte Teile werden aus dem Lager entfernt).

Ersatzteile können direkt von einem Verkäufer oder Hersteller bezogen oder können in Bereitschaft gelagert werden, um bei Bedarf verfügbar zu sein. Es ist wichtig und muss sichergestellt sein, dass sie für ihren beabsichtigten Einsatz geeignet sind und die festgelegten Qualitätskriterien erfüllen.

7.5.3 Ersatzteilekennzeichnung

Alle bestellten Ersatzteile sollten idealerweise eine eindeutige Kennzeichnung haben und es sollte klar angegeben sein, zu welchem Gerät, Baugruppe oder Unterbaugruppe sie gehören. Sie sollten ausreichend für Transport und Lagerung verpackt sein, so dass keine Schäden durch Handhabung oder Umwelteinflüsse eintreten.

Beim Bevorratungsprozess sollte ein Code entwickelt und jedem Teil zugewiesen werden. Der Code stellt die Verbindung zwischen der Analyse der Instandhaltungsunterstützung und dem Anwender her, für den es den genehmigten Instandhaltungsplan definiert.

Der bebilderte Teilekatalog und/oder die Ersatzteilleiste stellen die Verbindung zwischen dem Einbauort des Teils im Produkt und der eindeutigen Kennzeichnung für die Anwendung bei Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung her.

8 Messung, Analyse und Verbesserung

8.1 Allgemeines

Die Organisation sollte Prozesse einrichten, um die Messung, Analyse und Verbesserung der Maßnahmen zur Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung zu erleichtern. Diese Prozesse sind üblicherweise Bestandteil der mit der Zuverlässigkeit befassten Gesamtprozesse.

Während der Entwicklungsphase wird die Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung im Zusammenhang mit der Funktionsfähigkeit und Instandhaltbarkeit berücksichtigt. Es kommt darauf an, dass relevante Konstruktionsverbesserungen so frühzeitig wie möglich integriert werden.

In der Betriebs- und Instandhaltungsphase müssen Verbesserungen vorgenommen werden, da Erfahrungen gewonnen werden, sich andere Situationen ergeben, die Geräte altern und neue Techniken verfügbar werden.

8.2 Überwachung und Messung

8.2.1 Allgemeines

Die Messung der Instandhaltungsleistung kann sich an den Kundenergebnissen orientieren, oder sie kann mit der direkten Wirksamkeit der Instandhaltung verbunden werden. Beide Arten der Messung sind wichtig, damit die Wirksamkeit der Instandhaltungs- und Instandhaltungsunterstützungstätigkeiten richtig eingestellt werden kann. Die Kenngrößen können absolut oder relativ gemessen werden, um Vergleiche zu ermöglichen.

Die Messung der Instandhaltungsleistung kann, wie in IEC 60300-3-2 beschrieben, mit der Erfassung der Zuverlässigkeitsdaten verbunden werden.

8.2.2 Kundenbezogene Messungen

Die Wirksamkeit der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung aus Sicht des Kunden wird an der Verfügbarkeit gemessen, die auch Aspekte der Funktionsfähigkeit und Instandhaltbarkeit beinhaltet. Leistungsfaktoren aus Sicht des Kunden können durch folgende Größen ausgedrückt werden:

- Produktionskapazität;
- Verfügbarkeit der Geräte oder der Produktion;
- Unklarzeiten;
- Verhalten der Einheit bezüglich Sicherheit und Umwelt;
- Einhalten behördlicher Vorschriften;
- Betriebskosten;
- Instandhaltungskosten;
- Unternehmensgewinn;
- Produktqualität.

Der konkret von der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung geleistete Beitrag kann schwerlich genau bestimmbar sein, da andere Faktoren wie im Betrieb gemachte Fehler oder bewusste Entscheidungen, die Einheit jenseits den der Konstruktion zugrunde liegenden Bedingungen zu betreiben, mit einfließen können.

Die Optimierung dieser Faktoren macht häufig Kompromisse erforderlich. Die Messergebnisse können mit in der Branche (bei ähnlichen Einheiten) bewährten Verfahren oder mit den Ergebnissen anderer Anwender verglichen werden und zur Leistungsbeurteilung von Kundendiensten dienen.

8.2.3 Instandhaltungsbezogene Messungen

Der Zweck instandhaltungsbezogener Messungen ist die Messung der Wirksamkeit der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung.

Zu den Messungen an bestimmten Geräten oder Gruppen ähnlicher Geräte kann gehören:

- Verfügbarkeit, Funktionsfähigkeit und Instandhaltbarkeit;
- Unklarzeit;
- mittlerer Ausfallabstand;
- mittlere Reparaturdauer;
- Dauer bis zum Ausfall unter Verwendung statistischer Darstellung wie etwa einer Weibull-Analyse (siehe IEC 61649);
- geplante und ungeplante Instandhaltungskosten.

Die Überwachung der Instandhaltung kann folgende Messungen beinhalten:

- der Anteil geplanter gegenüber ungeplanten Aufgaben;
- nicht rechtzeitig vollendete geplante Arbeit;
- Variation der Ressourcen zwischen geplantem und Ist-Wert;
- Verfügbarkeit von Ersatzteilen;
- Auslastungsgrad der Arbeitskräfte und deren Qualifikationsniveau.

8.3 Bewertung der Instandhaltung

Eine Bewertung der vorbeugenden und korrektiven Instandhaltungsaufgaben kann entweder jedes Mal erfolgen, wenn eine Instandhaltung durchgeführt wird (z. B. nach einem größeren Ausfall), oder auf regelmäßiger Basis, um die Gesamtleistung zu überprüfen, z. B. nach Geräteart für einen bestimmten Zeitraum.

Die Organisation sollte ein standardisiertes, wiederholbares Verfahren zum Erfassen und Analysieren von Daten sowie zur Auswertung der Ergebnisse einsetzen, das sich auf unternehmens- oder branchenbezogene Faktoren stützen sollte. Die Ergebnisse sollten genutzt werden, um Verbesserungen zu unterstützen und zu begründen. Eventuell wird ein rechnergestütztes Instandhaltungs-Informationssystem für die Verwaltung der Daten und Analyse der Ergebnisse benötigt.

Bei der vorbeugenden Instandhaltung sollte diese Überprüfung die Wirksamkeit der Instandhaltung, technische Aspekte der Instandhaltungsaufgabe, die Angemessenheit der Ressourcen sowie die Betriebs-, Sicherheits- und Umweltschutzverfahren berücksichtigen.

Bei der Instandsetzung sollten größere Ausfälle vollständig untersucht werden, um vorbeugende und korrektive Instandhaltungsmaßnahmen zu bestimmen. Bei größeren oder teuren Ausfällen sollte dabei auch eine Analyse der zugrunde liegenden Ursache durchgeführt werden. Zu einer detaillierten Analyse der zugrunde liegenden Ursache kann gehören:

- die Bildung eines Expertenteams;
- Beweise sammeln;
- Ergebnisse analysieren und Ausfallursachen ermitteln, eventuell unter Zuhilfenahme einer Ausfalleffektanalyse (siehe IEC 60812), Fehlerbaumanalyse (siehe IEC 61025) oder anderer Verfahren;
- eine zugrunde liegende Ursache ermitteln;
- Hypothesen vorschlagen, testen und validieren;
- vorbeugende Maßnahmen vorschlagen;
- Verbesserungen umsetzen.

Bei der Gesamtbewertung der korrektiven Instandhaltung werden wiederholte Ausfälle und Trends aufgedeckt werden, die im Zusammenhang mit Betriebsbedingungen, Lieferanten- und Qualitätsproblemen stehen.

8.4 Verbesserung der Instandhaltung

Eine Verbesserung der Tätigkeiten zur Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung lässt sich durch Unterstützung seitens der Unternehmensleitung, wirksame Prozesse und Kommunikation erzielen.

Eine Verbesserung der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung lässt sich durch Änderungen in den folgenden Bereichen erzielen:

- Instandhaltungskonzept;
- Instandhaltungsebene;
- Instandhaltungsprozeduren;
- Qualifikation und Schulung des Instandhaltungs- und Betriebspersonals;
- Ersatzteile und Material;
- Werkzeuge und Unterstützungseinrichtungen;
- Einsatz externer Mittel;
- Verwendungsweise und Betriebsbedingungen;
- Sicherheits- und Umweltschutzverfahren;
- Auslegung der Geräte und Systeme;
- Instandhaltbarkeit einer Einheit.

Ein Validierungsprozess kann nötig sein, um sicherzustellen, dass geeignete korrektive und vorbeugende Maßnahmen ergriffen und Verbesserungen erzielt wurden.

8.5 Modifizierungen

Gerätemodifizierungen, entweder um die Funktionalität oder die Instandhaltbarkeit zu verbessern, sollten zu einer Neubewertung der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung führen. Als Folge davon kann es zu Änderungen des Instandhaltungskonzepts, der Ressourcen, der Schulung und der zugehörigen Dokumentation kommen.

Von Herstellern herausgegebene Dokumentationen, wie etwa Kundendienstmitteilungen des Verkäufers, sollten sorgfältig hinsichtlich etwa notwendiger Änderungen in der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung durchgesehen werden.

Modifizierungen eines Systems können dazu führen, dass einige Ersatzteile redundant werden. Aus diesem Grunde sollte sorgfältig darauf geachtet werden, dass nicht zu große Ersatzteilmengen gekauft werden. Eine Modifizierung kann sich auch auf bereits eingelagerte Ersatzteile auswirken. Auch kann eine Modifizierung die Beschaffung neuen Materials und neuer Ersatzteile erfordern.

Der Modifizierungsprozess sollte durch das Konfigurationsmanagementsystem oder durch ein anderes Änderungsmanagementsystem unterstützt werden. Dadurch soll sichergestellt werden, dass aus Modifizierungen resultierende Änderungen in der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung auch umgesetzt und mittels geeigneter Überwachungsprozeduren aufgezeichnet werden.

Modifizierungen sollten daraufhin beurteilt werden, dass es keine negativen Auswirkungen auf die Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung gibt.

Anhang A (informativ)

Faktoren, die die Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung beeinflussen

A.1 Allgemeines

In diesem Anhang werden Faktoren beschrieben, die sich auf die Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung auswirken. Bei komplexen Systemen kann die erforderliche Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung nicht vollständig schon vor der Betriebs- und Instandhaltungsphase bestimmt und festgelegt werden, da es Faktoren gibt, die sich auf die Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung in verschiedenen Stufen des Lebenszyklus auswirken können. Änderungen der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung können sich bis zum Ende des Lebenszyklus ergeben. Diese Faktoren können zu Änderungen in der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung führen, die durch Eigentümer, Betreiber und Anwender in verschiedenen Stufen des Lebenszyklus veranlasst werden. Änderungen können sich ergeben auf Grund der Art oder Häufigkeit vorbeugender Maßnahmen oder der Instandhaltungsunterstützung.

A.2 Anwendung auf komplexe Systeme

Bei vielen komplexen Systemen müssen Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung während der Entwicklung dieser Systeme bestimmt und dabei die besondere Betriebsumgebung, Bedürfnisse und Komplexität des Systems beachtet werden. Daraus können sich notwendige Modifizierungen oder Erweiterungen des Instandhaltungskonzeptes ergeben, das gegebenenfalls vom Hersteller der Einheit erstellt worden war. Später, während der Betriebs- und Instandhaltungsphase, können andere Faktoren Änderungen der Instandhaltung oder Instandhaltungsunterstützung erfordern oder diese können wünschenswert sein, um die Wirksamkeit zu erhöhen.

Beispiele komplexer Systeme, bei denen während des Lebenszyklus Änderungen des Instandhaltungskonzeptes zu bedenken sind, sind:

- chemische Prozessanlagen;
- Öl- und Gasförderung und dazu gehörige Verarbeitungs- und Raffinerieanlagen;
- Fertigungsstätten;
- Gebäudeausrüstungen wie Klimageräte, Sicherheits- und Sondereinrichtungen;
- Telekommunikationsnetze;
- Omnibus-, Fahrzeug- und Taxiflotten;
- industrielle Gasturbinen zur Kompression oder Stromerzeugung;
- Gaskompressionsstationen.

Verbrauchsgüter erfordern üblicherweise keine Änderungen ihrer Instandhaltung oder Instandhaltungsunterstützung, da dies meist der Hersteller für den Anwender vornimmt.

A.3 In der Entwicklungsphase zu berücksichtigende Faktoren

A.3.1 Allgemeines

Es gibt Faktoren, die ggf. während der Entwicklung der Einheit berücksichtigt werden sollten, da sie der ursprüngliche Hersteller nicht vorhersehen kann. Viele Einheiten können vielfältig verwendet und eingesetzt werden und daher kann die geeignete Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung weitgehend voneinander unterschiedlich sein. Diese Faktoren können erst während der Entwicklung komplexer Systeme auftauchen und müssen dann bedacht werden. Ausgehend von solchen Faktoren kann es angebracht und gerechtfertigt sein, erweiterte Überwachungssysteme bereitzustellen oder zusätzliche Einheiten zu

installieren, die die Auswirkung solcher Faktoren auf die Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung mindern.

A.3.2 Betriebsbedingungen

Einheiten wie Pumpen und Kompressoren werden je nach Art der Flüssigkeit, Drücke, Temperaturen und Fließart bei unterschiedlichen Bedingungen betrieben. Handelt es sich um harte Betriebsbedingungen, so kann dies zu exzessiver Instandhaltung führen. Um solche Auswirkungen zu mindern, müssen gegebenenfalls belastungsfähigere Materialien verwendet oder Betriebseinschränkungen verfügt werden. Wenn die Betriebsbedingungen weniger hart sind oder die Konstruktion über Redundanz verfügt, kann auch ein geringerer Grad (der Instandhaltung) als vom Hersteller empfohlen gerechtfertigt sein.

Bei einigen Einheiten, die zum Betrieb Kraftstoff oder andere Energieversorgung benötigen, wird sich die Qualität des Kraftstoffs oder der Energieversorgung auf die Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung auswirken. So wird beispielsweise die Verwendung eines billigeren, aber schmutzigeren Kraftstoffs für eine Gasturbine den erforderlichen Aufwand und die Häufigkeit der Turbineninstandhaltung erhöhen.

A.3.3 Umgebungsbedingungen

Zu den Umgebungsbedingungen, die sich auf die Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung auswirken, gehören Lufttemperatur und Luftdruck, Luftfeuchte und der Anteil verunreinigender Substanzen wie Sand, Salz, Schwefel oder anderer Chemikalien. Es kann sein, dass ein komplexes System unter Umgebungsbedingungen funktionieren muss, die die vom Hersteller empfohlenen Bedingungen für die Einheit überschreiten. Die Installation von Einrichtungen zur Minderung der Auswirkungen extremer Umgebungsbedingungen sollte in solchen Fällen erwogen werden.

A.3.4 Betriebsort und Betriebsart

Ein komplexes System kann sich an einem Ort sehr fern von Instandhaltungs- und Instandhaltungsunterstützungsmitteln befinden und dort betrieben werden. Die Anlage kann unbemannt sein und aus der Ferne gesteuert und überwacht werden. Diese Faktoren können zu einem Instandhaltungskonzept mit einer intensiveren Überwachung oder zu häufigerem Teiletausch zwingen.

A.3.5 Verfügbarkeit

Forderungen an Verfügbarkeit und Betriebsprofil eines komplexen Systems werden sich stark auf die Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung auswirken. Wird für ein System eine höchst mögliche Verfügbarkeit angestrebt, sollte die Konstruktion ausreichend Redundanz enthalten, damit Systemeinheiten bei unterbrechungsfreiem Betrieb instand gehalten werden können. Bei Haupteinheiten wird dies aus Kostengründen nicht immer möglich sein, so dass ein höherer Aufwand für die Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung gerechtfertigt ist. Die Installation oder Bereitstellung umfangreicherer Einrichtungen zur Zustandsüberwachung könnte ebenfalls eine Lösung darstellen. Eine kritische Wirkbreite und Wirtiefe eines Ausfalls der Einheit kann auch einen höheren Aufwand für die Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung rechtfertigen.

Die geforderte Verfügbarkeit kann vom Betriebsprofil abhängen. So kann gefordert sein, dass eine Einheit zu besonderen Zeitabschnitten in Betrieb sein muss (ein Schiff auf See oder ein Zug zu vorgegebenen Stunden am Tag). Dadurch ergeben sich Einschränkungen oder besondere Bedingungen für die Instandhaltung der Einheit. Eine Gasturbine kann auf einem Schiff, einem Zug oder an einem festen Ort eingesetzt werden. Im Grundlastbetrieb kann die gewünschte Verfügbarkeit 100 % betragen, und somit wird für eine höchst mögliche Verfügbarkeit das schnelle Austauschen von Haupteinheiten erforderlich sein. Im Spitzenlastbetrieb oder im Reservebetrieb wird die Einheit intermittierend betrieben und die Instandhaltung kann etwas flexibler gehandhabt werden.

A.4 In der Betriebs- und Instandhaltungsphase zu berücksichtigende Faktoren

A.4.1 Allgemeines

Die in der Betriebs- und Instandhaltungsphase zu berücksichtigenden Faktoren hängen teilweise davon ab, ob das zu betreibende komplexe System

- ein neues System ist, das vollständig neue Instandhaltungs- und Instandhaltungsunterstützungsmittel benötigt;
- aus Erweiterungen eines bestehenden Systems besteht, die auf bereits vorhandene Instandhaltungs- und Instandhaltungsunterstützungsmittel zurückgreifen können;
- aus Erweiterungen oder großen Änderungen eines bestehenden Systems besteht, bei der neue Technologien verwendet oder die an anderen Orten installiert werden und daher neuer Instandhaltungs- und Instandhaltungsunterstützungsmittel bedürfen.

A.4.2 Vorbeugende und korrektive Instandhaltung

Anwender und Betreiber können zwischen verschiedenen vorbeugenden Instandhaltungsvorgängen wählen, wie regelmäßiger Austausch von Teilen oder Komponenten, Zustandsüberwachung oder Funktionsprüfungen. Instandsetzung kann ebenfalls gerechtfertigt sein, sofern die Auswirkungen eines Ausfalls hinnehmbar sind. Wenn ein Zustandsüberwachungssystem bereits im Einsatz oder verfügbar ist, könnte dies eine wirtschaftlich vertretbare Vorgehensweise sein. In anderen Situationen könnte dies jedoch wiederum zu teuer sein, und regelmäßiger Austausch wird die sinnvollste Vorgehensweise. Die Instandsetzungshäufigkeit kann beeinflusst werden durch die Praktiken mit anderen Einheiten oder durch Einschränkungen der für die Instandhaltung verfügbaren Zeiten.

Verbesserungen der Instandhaltungstechniken wie Zustandsüberwachung sowie Betriebserfahrung mit Einheiten können zu Änderungen der Art der vorbeugenden Vorgänge führen.

A.4.3 Instandhaltungsunterstützung

Bereits vorhandene Instandhaltungsunterstützungsmittel werden Einfluss darauf haben, was bei Erweiterungen oder Änderungen bestehender Systeme gemacht wird. Vorhandene Instandhaltungs- und Instandhaltungsunterstützungspraktiken werden wo möglich übernommen, insbesondere wenn Systeme zu bereits vorhandenen Systemen hinzugefügt werden. Dazu gehören Instandhaltungspersonal, Materialien und Ersatzteile, Werkzeuge, Unterstützungseinrichtungen, Instandhaltungsanlagen, Dokumentations- und Informationssysteme.

Pflegt der Anwender oder Betreiber, die gesamte oder Teile der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung nach außen zu vergeben, dann wird dies wahrscheinlich auch bei neu hinzugefügten Systemen so der Fall sein. Dies wird von der Art und der Zugänglichkeit der Instandhaltungsunterstützungsmittel für den Anwender oder Betreiber abhängen. Außerdem wird dies von der gewünschten Verfügbarkeit des Systems und der sich daraus ergebenden Anforderungen an die Instandhaltung beeinflusst sein.

Die Instandhaltungsunterstützung kann während der Betriebs- und Instandhaltungsphase durch folgende Änderungen modifiziert und verbessert werden:

- bessere Materialien und Ersatzteile;
- neue Unterstützungseinrichtungen;
- Verfügbarkeit externer Instandhaltungsanlagen;
- neue Politik für das Vergeben oder Auslagern der gesamten oder Teile der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung.

A.4.4 Sicherheitsanforderungen und behördliche Vorschriften

Auf das System anzuwendende Sicherheitsanforderungen und behördliche Vorschriften werden Gesichtspunkte der Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung bestimmen, wie zum Beispiel:

- Art und Häufigkeit der Instandhaltungsvorgänge;
- Qualifikation des Instandhaltungspersonals;
- für die Instandhaltung oder Reparatur zertifizierte Instandhaltungsanlagen;
- Materialien und Ersatzteile, die verwendet werden dürfen;
- bereitzustellende oder durchzuführende Dokumentation.

Literaturhinweise

IEC 60050(191):1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 191: Dependability and quality of service*.

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

ANMERKUNG Harmonisiert als EN ISO 9000:2000 (nicht modifiziert).

Anhang ZA (normativ)

Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokumentes 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).

ANMERKUNG Ist eine internationale Publikation durch gemeinsame Abänderungen modifiziert worden, gekennzeichnet durch (mod), dann gilt die entsprechende EN oder das HD.

Publikation	Jahr	Titel	EN/HD	Jahr
IEC 60300-1	2003	Dependability management Part 1: Dependability management systems	EN 60300-1	2003
IEC 60300-2	2004	Part 2: Guidelines for dependability management	EN 60300-2	2004
IEC 60300-3-2	– ¹⁾	Part 3: Application guide Section 2: Collection of dependability data from the field	–	–
IEC 60300-3-3	– ¹⁾	Part 3-3: Application guide – Life cycle costing	–	–
IEC 60300-3-10	– ¹⁾	Part 3-10: Application guide – Maintainability	–	–
IEC 60300-3-11	– ¹⁾	Part 3-11: Application guide – reliability centered maintenance	–	–
IEC 60300-3-12	– ¹⁾	Part 3-12: Application guide – Integrated logistic support	EN 60300-3-12	2004 ²⁾
IEC 60706-3	– ¹⁾	Guide on maintainability of equipment Part 3: Sections Six and Seven – Verification and collection, analysis and presentation of data	–	–
IEC 60706-5	– ¹⁾	Part 5 – Section 4: Diagnostic testing	–	–
IEC 60812	– ¹⁾	Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)	HD 485 S1	1987 ²⁾
IEC 61025	– ¹⁾	Fault tree analysis (FTA)	HD 617 S1	1992 ²⁾
IEC 61649	– ¹⁾	Goodness-of-fit tests, confidence intervals and lower confidence limits for Weibull distributed data	–	–

¹⁾ Undatierte Verweisung.

²⁾ Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm gültige Ausgabe.